



Inventário Preliminar de Emissões para Máquinas Agrícolas e Rodoviárias

Organização:

Eduardo R. Oliveira

Membro do Conselho Diretor – AFEEVAS

Desenvolvimento:

EnvironMentality

Consultoria Especializada – AFEEVAS

Colaboração Técnica:

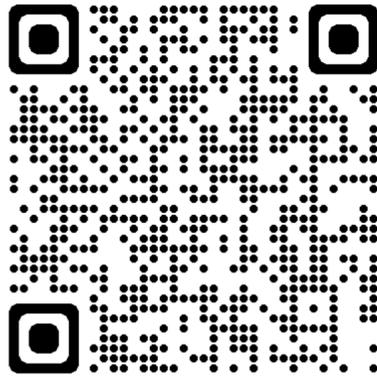
IMT – Instituto Mauá de Tecnologia

ATC – Agente Técnico Credenciado do IBAMA

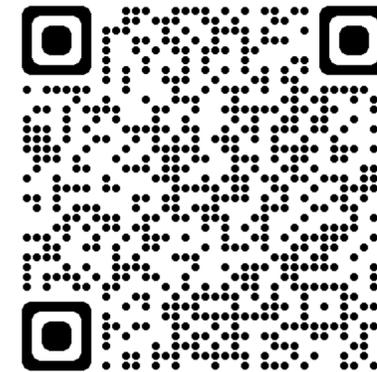
- O inventário de fontes de emissão é uma ferramenta que usa dados estatísticos da utilização de máquinas e seus fatores médios de emissão para estimar impactos ambientais.
- Os inventários não são verdades absolutas, mas estimativas exploratórias comparadas sob critérios semelhantes para verificar a necessidade de controle de emissões e estimar a intensidade necessária das ações propostas.
- 1ª fase → inventário preliminar, com dados conservadores:
 - avaliar a necessidade de intensificação do controle de emissão, sem o risco de superestimar;
 - categorizar as fontes comparativamente, definindo prioridades de controle;
 - estimar a ordem de grandeza das reduções necessárias
- 2ª fase → discutir o que será possível fazer à luz das necessidades apontadas pelo inventário preliminar
 - definir os limites de emissão técnica e economicamente viáveis;
 - criar cenários de implantação de limites por categoria;
 - refazer o inventário para cada cenário idealizado com dados mais realistas para que o programa de controle não seja definido a partir de expectativas muito otimistas e resultem ineficazes.

Este trabalho corresponde à 1ª fase e foi desenvolvido pela EnvironMentality por solicitação da AFEEVAS e discutido com as partes interessadas na Comissão Técnica Fora de Estrada e Geradores da AEA, tendo recebido das entidades participantes inúmeros ajustes em seus dados primários, especialmente os fatores de emissão que foram gentilmente compilados e fornecidos pelo Instituto Mauá de Tecnologia.

- Existem muitos dados sobre a frota circulante de veículos automotivos no Brasil
- Também existem dados com a quantidade de Máquinas vendidas no Mercado Brasileiro



Dados do Sindipeças
[Frota Circulante](#)



Anuários da
[ANFAVEA](#)

- Entretanto, não há dados públicos disponíveis que determinem o tamanho da frota circulante das Máquinas Agrícolas e de Construção no Brasil

Diante desse cenário, a AFEEVAS tomou a iniciativa de criar um inventário que não fosse tão complexo e caro, mas com nível de acurácia necessária que mostrasse a relevância das emissões oriundas das Máquinas Fora de Estrada.

PRINCIPAIS EIXOS DO TRABALHO

- Consolidação de dados de venda de máquinas dos Anuários da Anfavea e Relatório de Frota Circulante do Sindipeças (dados públicos)
- Extrapolação da venda de máquinas para 2023 e 2030
- Definição das curvas de sucateamento e ajuste para tratores de rodas, colhedadeiras e máquinas de construção, com base em dados do setor
- Determinação do tamanho da frota circulante em 2020 e projeções 2023 e 2030
- Cálculos das Emissões dos Gases de Escapamento
- Inclusão de dados compartilhados pelo Instituto Mauá Mauá
- Interpretação dos dados e conclusões

Venda de Máquinas - Histórico

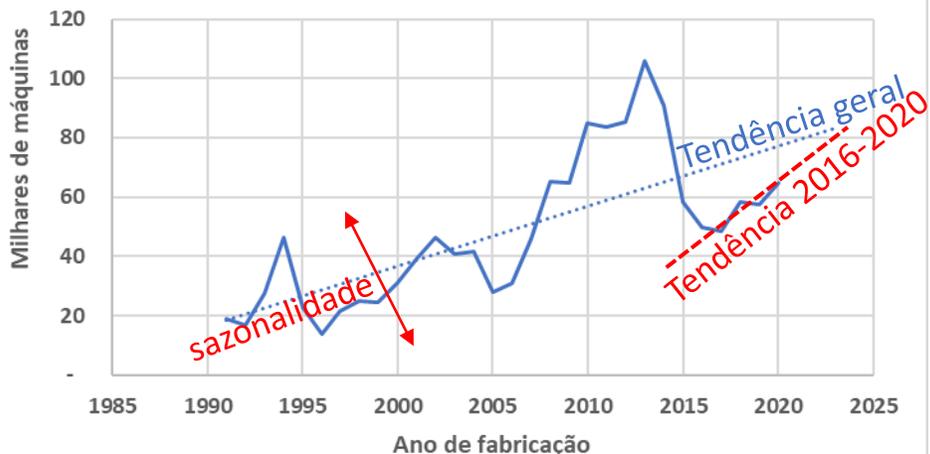
Vendas Internas de Máquinas Nacionais e Importadas

Ano	CULTIVADORES MOTORIZADOS	TRATORES DE RODAS	TRATORES DE ESTEIRAS	COLHEITADEIRAS DE GRÃOS	COLHEDORAS DE CANA	RETROESCAVADEIRAS	PAS CARREGADEIRAS	ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS	MOTONIVELADORAS	ROLOS COMPACTADORES	MINI- CARREGADEIRA	MANIPULADOR TELESCÓPICO	TOTAL
1960		37											37
1961	751	1.679											2.430
1962	1.240	7.586											8.826
1963	1.110	9.908											11.018
1964	1.765	11.535											13.300
1965	2.403	8.401											10.804
1966	3.120	9.543											12.663
1967	1.971	6.506	72										8.549
1968	2.535	9.376	104										12.015
1969	2.081	9.977	54			5							12.117
1970	2.241	14.586	24			154							17.005
...
2000	722	24.591	592	3.780		1.377							31.062
2001	856	28.203	496	4.098		1.870	1.538	834	574	304	137		38.910
2002	1.050	33.217	526	5.648		2.102	1.639	979	673	364	118		46.316
2003	1.585	29.476	450	5.440		1.196	1.502	654	312	186	90		40.891
2004	1.682	28.803	530	5.605		1.320	1.944	904	383	247	81		41.499
2005	2.141	17.729	409	1.534		1.672	1.905	1.360	583	325	170		27.828
2006	1.857	20.435	309	1.030		2.398	1.831	1.504	743	410	306		30.823
2007	1.548	31.300	439	2.377		3.396	2.753	2.091	1.000	477	643		46.024
2008	1.852	43.414	664	4.458		5.199	3.008	2.837	1.245	1.227	1.171		65.075
2009	1.759	45.437	612	3.817		5.119	2.252	2.522	1.245	1.432	583		64.778
2010	1.807	56.420	870	4.549		7.661	3.783	4.068	2.094	2.548	1.030		84.830
2011	1.307	52.296	1.022	5.343		8.239	3.986	4.284	1.922	2.177	2.947		83.523
2012	1.348	55.819	1.071	6.278		8.701	3.884	4.050	1.378	1.670	1.190		85.389
2013	1.618	65.089	927	8.539	1.406	11.295	4.467	3.899	4.132	1.774	2.646		105.792
2014	1.553	55.612	815	6.448	982	6.634	4.867	6.050	3.473	2.083	2.100	181	90.798
2015	1.059	37.381	408	3.917	713	6.273	2.614	3.728	399	798	806	87	58.183
2016	747	35.956	302	4.498	910	2.143	1.920	2.394	245	288	475	55	49.933
2017		35.622	295	4.537	721	2.016	1.905	2.325	372	290	489	56	48.628
2018		38.803	473	5.759	643	3.909	3.033	3.707	754	407	543	101	58.132
2019		33.148	547	5.580	645	5.772	3.661	5.435	928	649	790	150	57.305
2020		35.369	939	5.614	772	6.625	4.906	7.324	1.126	1.131	698	139	64.643

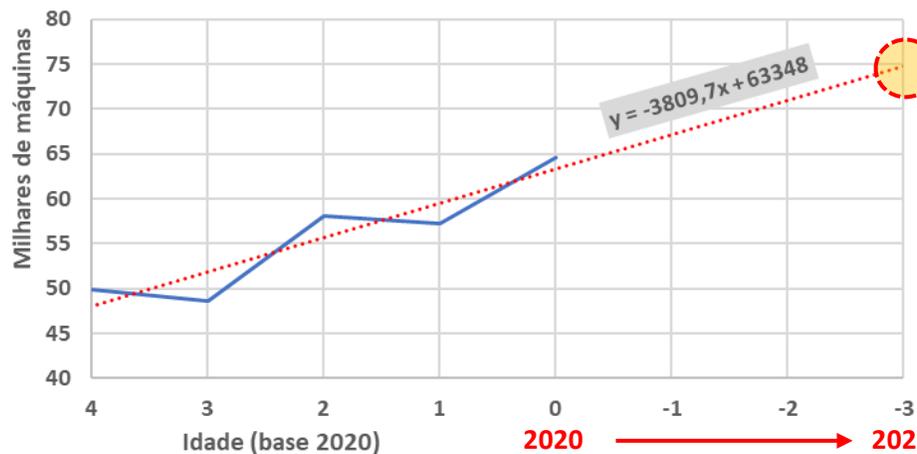
- Dados considerados desde 1960 até 2020
- Dados Abimaq (em azul) a partir de 2001
- Somatória > 2.5M de equipamentos vendidos

Venda de Máquinas – Atualização e projeção

Histórico de vendas



Vendas 2016 a 2020



- 1) Avaliação dos dados histórico de vendas dos últimos 30 anos
- 2) Estimativa da tendência dos últimos 5 anos → extrapolação

Estimativa de venda de motores (fabricantes)

Ano	Volume	mkt share	Vol. Est.
2023	42.000	56%	74.777
2024	49.000		87.240
2025	51.000		90.801
2026	56.000		99.703
2027	57.000		101.483
2028	58.000		103.264
2029	59.000		105.044
2030	59.000		105.044

Ano	CULTIV. MOT.	TRAT. RODAS	TRAT. ESTEIRAS	COLHEIT. GRÃOS	COLHED. CANA	RETRO.	PAS CARR.	ESC. HIDR.	MOTONIV.	ROLO COMP.	MINI-CARREG.	MANIP. TELESC.	TOTAL
2011	1.307	52.296	1.022	5.343		8.239	3.986	4.284	1.922	2.177	2.947		83.523
2012	1.348	55.819	1.071	6.278		8.701	3.884	4.050	1.378	1.670	1.190		85.389
2013	1.618	65.089	927	8.539	1.406	11.295	4.467	3.899	4.132	1.774	2.646		105.792
2014	1.553	55.612	815	6.448	982	6.634	4.867	6.050	3.473	2.083	2.100	181	90.798
2015	1.059	37.381	408	3.917	713	6.273	2.614	3.728	399	798	806	87	58.183
2016	747	35.956	302	4.498	910	2.143	1.920	2.394	245	288	475	55	49.933
2017		35.622	295	4.537	721	2.016	1.905	2.325	372	290	489	56	48.628
2018		38.803	473	5.759	643	3.909	3.033	3.707	754	407	543	101	58.132
2019		33.148	547	5.580	645	5.772	3.661	5.435	928	649	790	150	57.305
2020		35.369	939	5.614	772	6.625	4.906	7.324	1.126	1.131	698	139	64.643
2021		41.973	662	6.310	817	5.380	3.966	5.518	934	727	740	131	67.158
2022		44.254	699	6.668	863	5.685	4.191	5.831	987	769	782	138	70.967
2023		46.736	737	7.026	899	5.990	4.416	6.144	1.040	810	824	146	74.777
2024		54.523	866	8.197	1.061	6.989	5.151	7.168	1.213	945	961	170	87.240
2025		56.750	895	8.532	1.104	7.274	5.362	7.460	1.263	983	1.000	177	90.801
2026		62.314	983	9.368	1.212	7.987	5.887	8.192	1.386	1.080	1.099	194	99.703
2027		63.427	1.000	9.536	1.234	8.130	5.992	8.338	1.411	1.099	1.118	198	101.483
2028		64.540	1.018	9.703	1.256	8.273	6.098	8.484	1.436	1.118	1.138	201	103.264
2029		65.652	1.035	9.870	1.277	8.415	6.203	8.631	1.461	1.138	1.157	205	105.044
2030		65.652	1.035	9.870	1.277	8.415	6.203	8.631	1.461	1.138	1.157	205	105.044

Participação por tipo de máq. (média últimos 5 anos)	62%	1,0%	9,4%	1,2%	8,0%	5,9%	8,2%	1,4%	1,1%	1,1%	0,2%
--	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

- 3) Ajuste da projeção de vendas para o mercado total
- 4) Distribuição das vendas projetadas por tipo de máquina

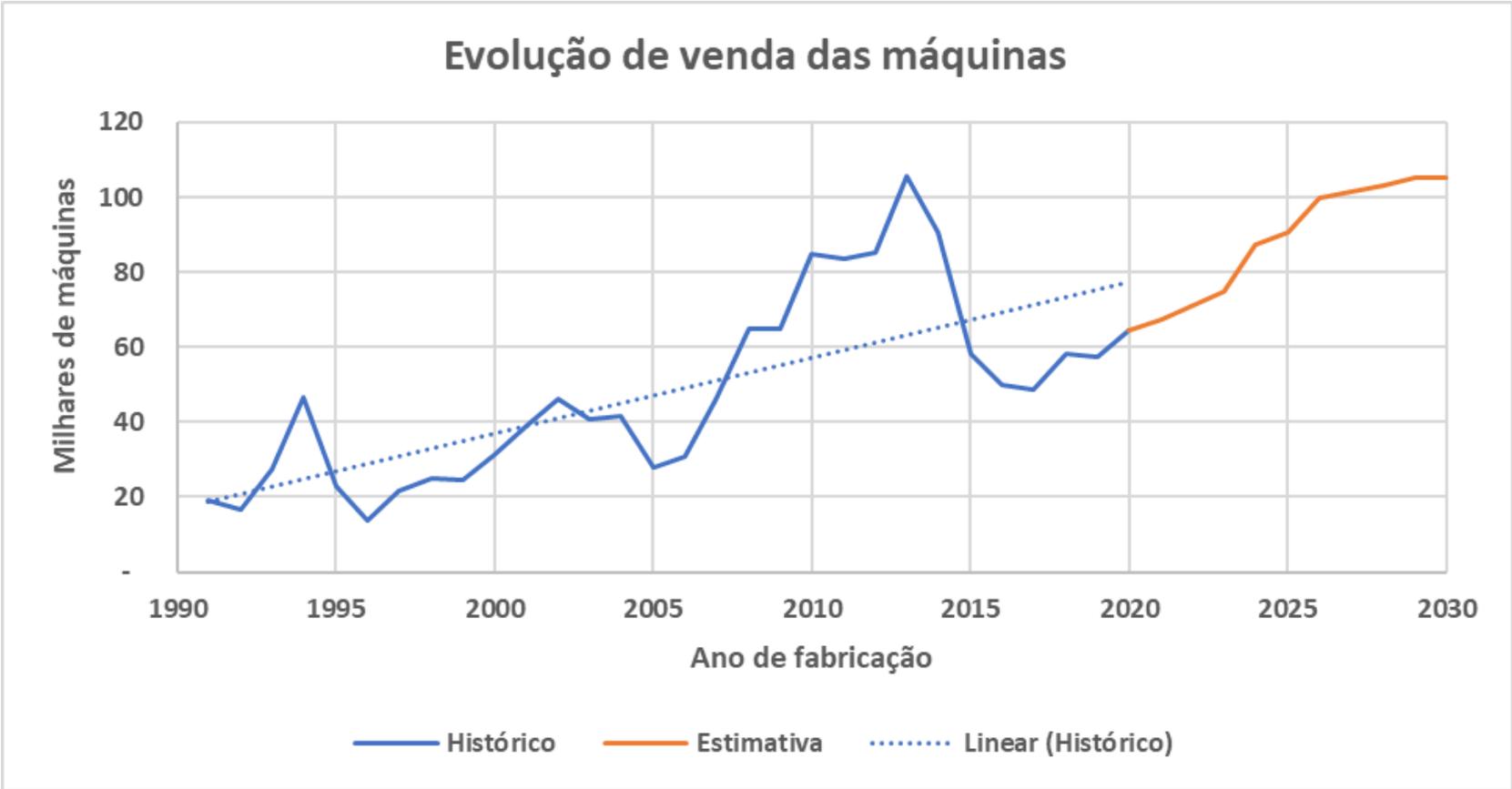
Anfavea: 65.000 em 2023

<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/anfavea-preve-queda-de-35-das-vendas-de-maquinas-agricolas-em-2023>

Estimativa de Venda de Máquinas (1990 - 2030)



ASSOCIAÇÃO DOS FABRICANTES DE EQUIPAMENTOS PARA CONTROLE DE EMISSÕES VEICULARES DA AMÉRICA DO SUL



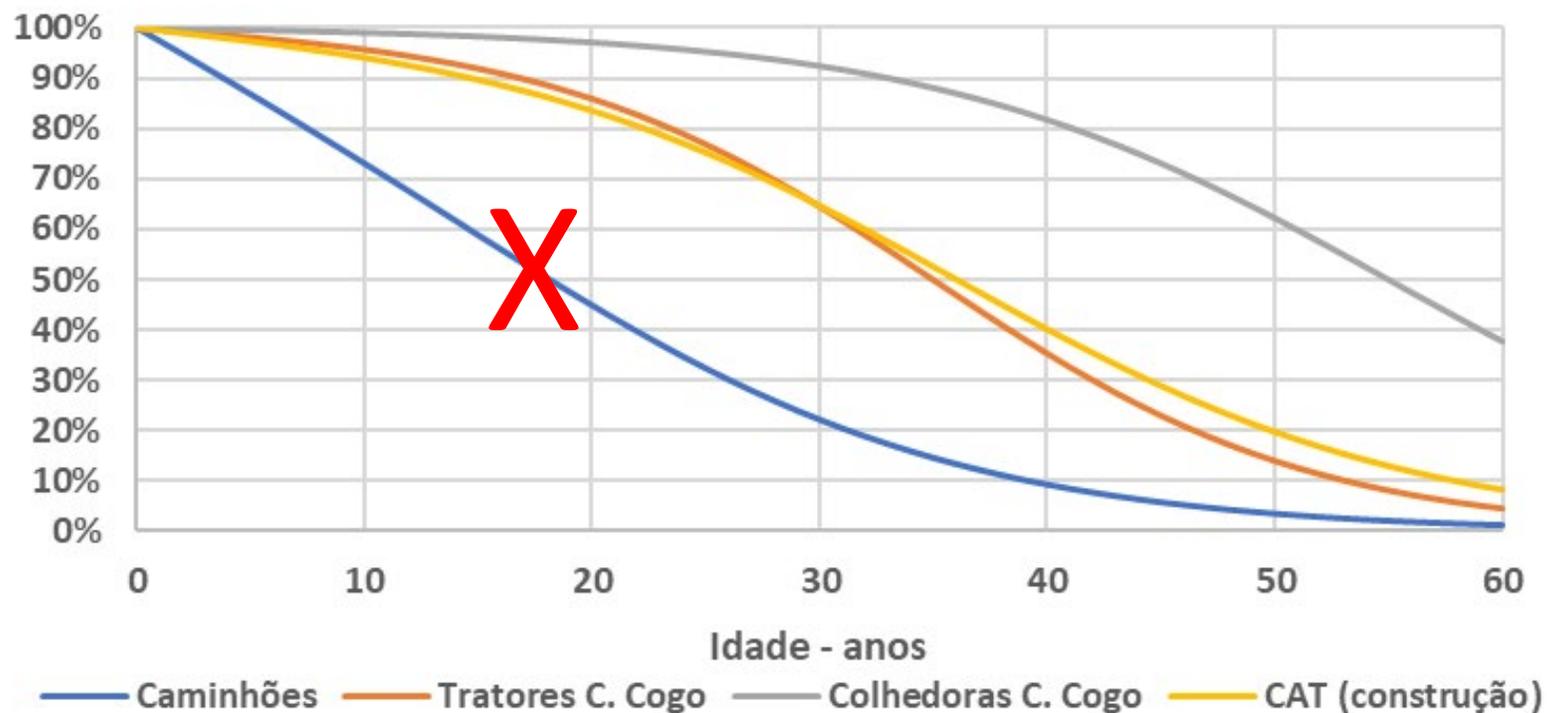
Definição das Curvas de Sucateamento

Gompertz: $(1/(1+EXP(a*(idade-t0))))+(1/(1+EXP(a*(idade+t0))))$

Constantes	Caminhões	Tratores Carlos Cogo	Colhedoras Carlos Cogo	Construção CAT
t0	17	35	55	36
a	0,1	0,12	0,1	0,1

ano de fabricação	Frota remanescente - aproximação por curva Gompertz			
	Caminhões	Tratores C. Cogo	Colhedoras C. Cogo	Construção CAT
2010 a 2020	79%	97%	99%	95%
1999 a 2009	48%	87%	97%	85%
1988 a 1998	23%	64%	92%	64%
pré 1988	6%	21%	65%	25%

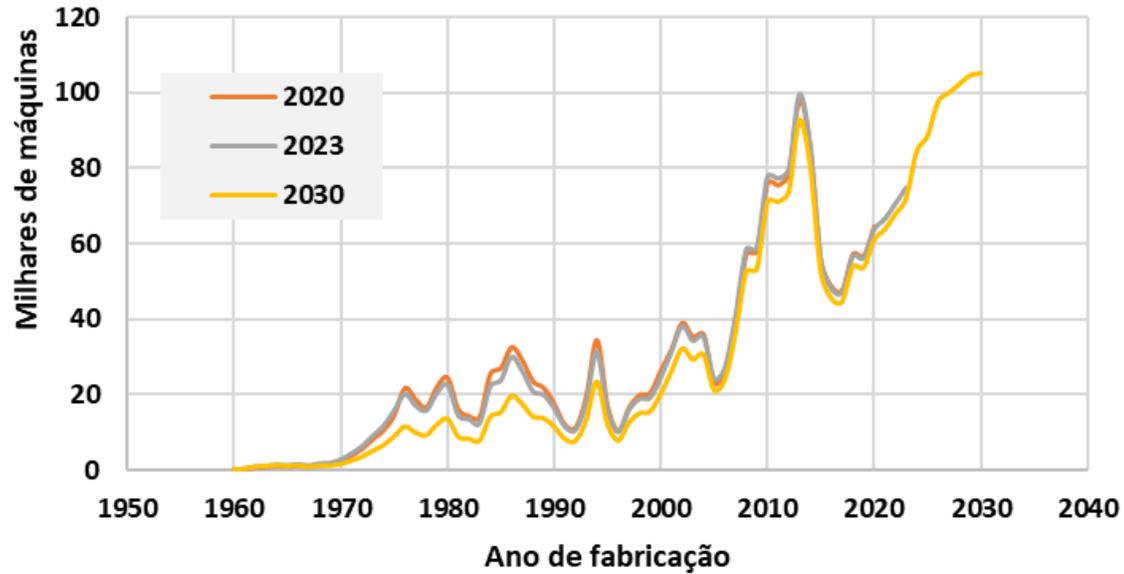
Permanência das frotas



- A experiência do Programa I/M de São Paulo mostrou que a permanência das frotas em função da idade segue curvas do tipo Gompertz
- A título de comparação foi tomada inicialmente a curva dos caminhões
- Os dados obtidos em campo para tratores, colhedoras e máquinas de construção permitiram a aproximação por novas curvas Gompertz
- As curvas mostraram comportamentos muito distintos dos caminhões, cuja curva foi abandonada nas estimativas

Estimativa da Frota Circulante

Comparação de frotas por ano-base

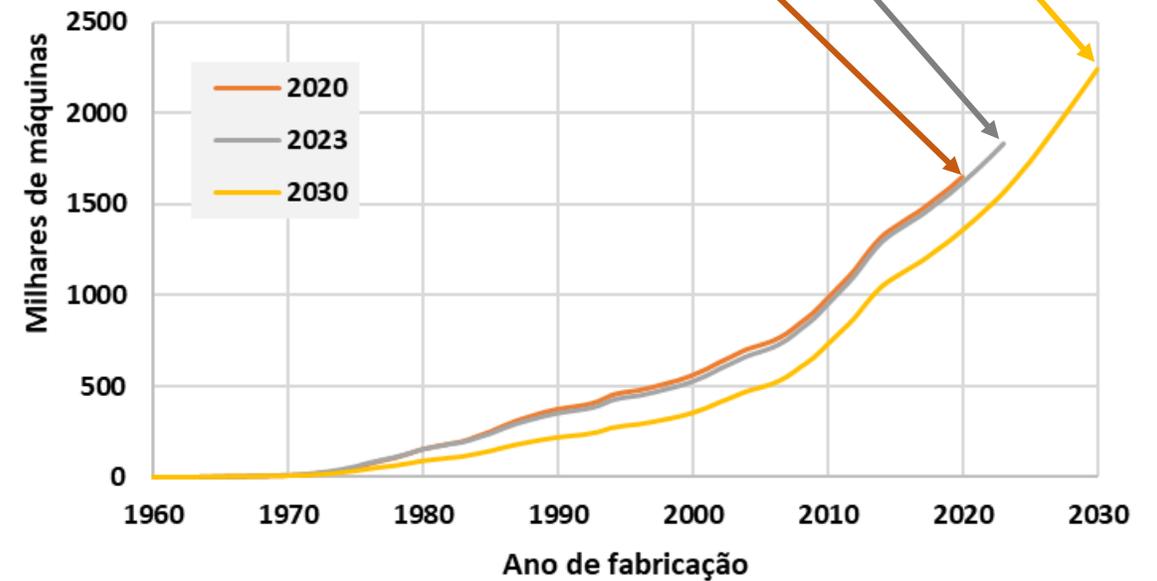


Frota em 2030 = 2,3 milhões

Frota em 2023 = 1,8 milhão

Frota em 2020 = 1,7 milhão

Comparação de frotas acumuladas por ano-base



Estimativa da Frota Circulante - Premissas



ASSOCIAÇÃO DOS FABRICANTES DE EQUIPAMENTOS PARA
CONTROLE DE EMISSÕES VEICULARES DA AMÉRICA DO SUL

Padrão de emissões	≤75 kW	>75 kW
Tier 1	Até 2018	até 2016
MAR-I	≥2019	≥2017

Distribuição de tamanhos			
Máquina	P	M	G
Tratores de rodas agrícolas	75%	22%	3%
Tratores de rodas construção	60%	30%	10%
Tratores de esteiras construção	45%	40%	15%
Pás carregadeiras construção	30%	17%	53%
Escavadoras hidráulicas construção	25%	60%	15%

Usos		
Tipo de máquina	Agrícola (%)	Construção (%)
CULTIVADORES MOTORIZADOS	100%	0%
TRATORES RODAS	70%	30%
TRATORES ESTEIRAS	30%	70%
COLHEITADEIRAS GRÃOS	100%	0%
COLHEDORAS CANA	100%	0%
RETROESCAVADEIRAS	30%	70%
PÁS CARREGADEIRAS	0%	100%
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS	10%	90%
MOTONIVELADORAS	0%	100%
ROLOS COMPACTADORES	0%	100%
MINI-CARREGADEIRAS	0%	100%
MANIPULADORES TELESCÓPICOS	0%	100%

Estimativa da Frota Circulante – 2023

	Agrícola (frota)		Construção (frota)		Total
	Tier 1	MAR-I	Tier 1	MAR-I	
CULTIVADORES MOTORIZADOS	54.163	-	-	-	54.163
TRATORES RODAS - PEQUENOS	539.229	105.143	184.878	36.049	1.227.374
TRATORES RODAS - MÉDIOS	146.947	42.069	85.878	24.586	
TRATORES RODAS - GRANDES	20.038	5.737	28.626	8.195	
TRATORES ESTEIRAS	8.622	1.288	-	-	33.034
TRATORES ESTEIRAS - PEQUENOS			9.053	1.352	
TRATORES ESTEIRAS - MÉDIOS	-	-	8.047	1.202	
TRATORES ESTEIRAS - GRANDES			3.018	451	
COLHEITADEIRAS GRÃOS	151.393	41.399	-	-	192.792
COLHEDORAS CANA	3.979	5.357	-	-	9.336
RETROESCAVADEIRAS	28.524	8.742	66.556	20.399	124.221
PÁS CARREGADEIRAS - PEQUENAS			13.394	6.276	65.567
PÁS CARREGADEIRAS - MÉDIAS	-	-	6.775	4.372	
PÁS CARREGADEIRAS - GRANDES			21.122	13.629	
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS	3.870	3.579	-	-	74.488
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - PEQUENAS			10.025	6.735	
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - MÉDIAS	-	-	20.897	19.327	
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - GRANDES			5.224	4.832	
MOTONIVELADORAS	-	-	18.665	6.056	24.720
ROLOS COMPACTADORES	-	-	14.959	4.719	19.679
MINI-CARREGADEIRAS	-	-	14.403	3.794	18.197
MANIPULADORES TELESCÓPICOS	-	-	308	849	1.157
TOTAL	956.764	213.314	511.827	162.823	1.844.727

Total agrícola	1.170.078	63%
Total construção	674.649	37%

Total MAR-I	376.136	20%
Total TIER 1	1.468.591	80%

Frota circulante em 2023

Projeção da Frota Circulante - 2030

	Agrícola (frota)		Construção (frota)		Total
	Tier 1	MAR-I	Tier 1	MAR-I	
CULTIVADORES MOTORIZADOS	38.411	-	-	-	38.411
TRATORES RODAS - PEQUENOS	435.636	326.812	149.361	112.050	1.452.281
TRATORES RODAS - MÉDIOS	117.008	106.644	68.381	62.324	
TRATORES RODAS - GRANDES	15.956	14.542	22.794	20.775	
TRATORES ESTEIRAS	6.311	3.248			31.864
TRATORES ESTEIRAS - PEQUENOS			6.627	3.410	
TRATORES ESTEIRAS - MÉDIOS	-	-	5.891	3.031	
TRATORES ESTEIRAS - GRANDES			2.209	1.137	
COLHEITADEIRAS GRÃOS	139.845	106.026	-	-	245.871
COLHEDORAS CANA	3.937	13.721	-	-	17.657
RETROESCAVADEIRAS	24.825	24.762	57.926	57.777	165.290
PÁS CARREGADEIRAS - PEQUENAS			12.211	18.092	101.010
PÁS CARREGADEIRAS - MÉDIAS	-	-	6.146	11.026	
PÁS CARREGADEIRAS - GRANDES			19.161	34.374	
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS	3.537	9.026	-	-	125.629
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - PEQUENAS			9.210	19.057	
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - MÉDIAS	-	-	19.101	48.739	
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - GRANDES			4.775	12.185	
MOTONIVELADORAS	-	-	17.022	15.273	32.295
ROLOS COMPACTADORES	-	-	13.664	11.900	25.564
MINI-CARREGADEIRAS	-	-	13.261	11.148	24.409
MANIPULADORES TELESCÓPICOS	-	-	288	2.142	2.430
TOTAL	785.465	604.779	428.027	444.439	2.262.710

Total agrícola	1.390.245	75%
Total construção	872.466	47%

Total MAR-I	1.049.218	57%
Total TIER 1	1.213.492	66%

Frota circulante em 2030

Estimativas de Potência, Consumo e Trabalho

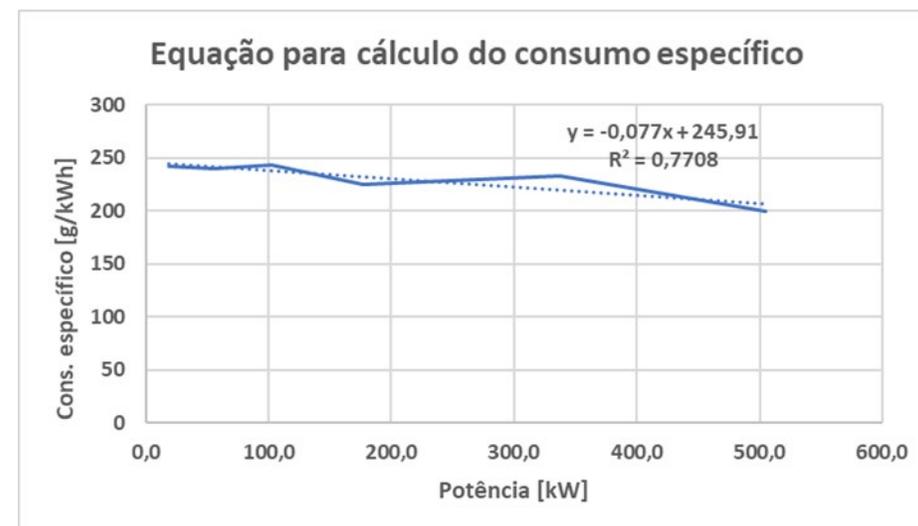
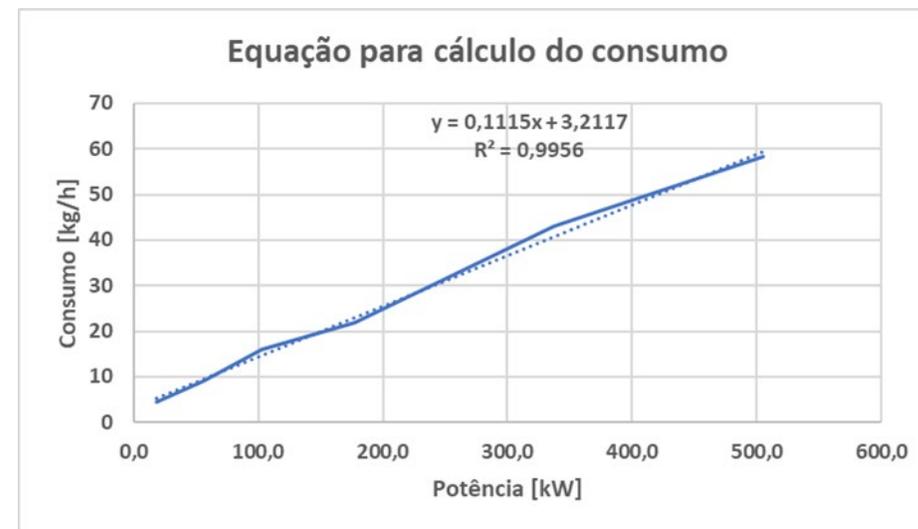


ASSOCIAÇÃO DOS FABRICANTES DE EQUIPAMENTOS PARA
CONTROLE DE EMISSÕES VEICULARES DA AMÉRICA DO SUL

Agricultura	Potência média (kW)	Consumo (L/h)	Consumo (g/kWh)	trabalho (h/ano)
CULTIVADORES MOTORIZADOS	10	5	246	400
TRATORES RODAS - PEQUENOS	54	11	245	740
TRATORES RODAS - MÉDIOS	116	19	245	1.443
TRATORES RODAS - GRANDES	216	32	244	2.119
TRATORES ESTEIRAS	83	15	245	2.000
COLHEITADEIRAS GRÃOS	224	33	244	750
COLHEDORAS CANA	224	33	244	2.420
RETROESCAVADEIRAS	43	9	246	1.875
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS	89	16	245	2.400

Construção	Potência média (kW)	Consumo (L/h)	Consumo (g/kWh)	trabalho (h/ano)
TRATORES RODAS - PEQUENOS	54	11	245	800
TRATORES RODAS - MÉDIOS	116	19	245	1.500
TRATORES RODAS - GRANDES	216	32	244	4.000
TRATORES ESTEIRAS - PEQUENOS	116	19	245	2.100
TRATORES ESTEIRAS - MÉDIOS	140	22	245	2.500
TRATORES ESTEIRAS - GRANDES	290	42	244	3.800
RETROESCAVADEIRAS	64	12	245	1.720
PÁS CARREGADEIRAS - PEQUENAS	74	14	245	2.300
PÁS CARREGADEIRAS - MÉDIAS	120	20	245	2.567
PÁS CARREGADEIRAS - GRANDES	220	33	244	3.100
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - PEQUENAS	75	14	245	2.967
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - MÉDIAS	118	19	245	2.733
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - GRANDES	234	35	244	3.533
MOTONIVELADORAS	130	21	245	2.000
ROLOS COMPACTADORES	113	19	245	1.733
MINI-CARREGADEIRAS	45	10	246	1.067
MANIPULADORES TELESCÓPICOS	78	14	245	1.000

Regressões de consumo e consumo específico feitas com base nos dados médios de certificação fornecidos pelo IMT



Premissas dos Cálculos dos Fatores de Emissões

EPA Tier 1 - nonroad diesel engine emission standards (g/kWh)

Engine power	Tier	Year	CO	HC	NMHC+NOx	NOx	PM
kW<8	1	2000	8	1,3	10,5	9,2	1
8≤kW<19	1	2000	6,6	1,2	9,5	8,3	0,8
19≤kW<37	1	1999	5,5	1,2	9,5	8,3	0,8
37≤kW<75	1	1998	11,4	1,3	-	9,2	1
75≤kW<130	1	1997	11,4	1,3	-	9,2	1
130≤kW<225	1	1996	11,4	1,3	-	9,2	0,54
225≤kW<450	1	1996	11,4	1,3	-	9,2	0,54
450≤kW<560	1	1996	11,4	1,3	-	9,2	0,54
kW≥560	1	2000	11,4	1,3	-	9,2	0,54

- Não é possível determinar as emissões de Máquinas não regulamentadas
- Por isso foi assumido (de forma conservadora) que todas as Máquinas atendem aos limites máximos do EPA/Tier 1.

Dados de homologação IMT MAR I – Emissões médias de escapamento - ciclo C1 (g/kWh)

Faixa de Potência	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NOx [g/kWh]	PM [g/kWh]
0 - 37 [kW]	2,224	0,628	5,281	0,247
37 - 75 [kW]	1,174	0,166	3,895	0,179
75 - 130 [kW]	1,082	0,169	3,391	0,131
130 - 225 [kW]	0,923	0,135	3,222	0,104
225 - 450 [kW]	1,237	0,093	3,357	0,093
450 - 560 [kW]	1,004	0,062	3,716	0,041

- Para as Máquinas comercializadas após a vigência do MAR-I, foram utilizados os valores médios fornecidos pelo IMT

Metodologia do Inventário

Metodologia de cálculo exemplo	Frota	Dados estimdos por máquina				Cálculo	Fatores de emissão (g/kWh)				Emissão por máquina (g _{poluente} /kg _{combustível})				Emissão anual por máquina (kg/ano)			
		Potência média (kW)	Consumo (L/h)	trabalho (h/ano)	Consumo esp. (g/kWh)		Consumo (kg_comb/ano)	CO	HC	NOx	MP	CO	HC	NOx	MP	CO	HC	NOx
TRATORES RODAS - PEQUENOS	200.415	54	11,0	800	245	7.424	11,4	1,3	9,2	1,00	46	5	37	4	345	39	278	30
TRATORES RODAS - MÉDIOS	93.568	116	19,1	1500	245	24.216	11,4	1,3	9,2	1,00	47	5	38	4	1.127	128	909	99
TRATORES RODAS - GRANDES	31.189	216	32,3	4000	244	109.252	11,4	1,3	9,2	0,54	47	5	38	2	5.099	581	4.115	242
TRATORES ESTEIRAS - PEQUENOS	10.181	116	19,1	2100	245	33.906	11,4	1,3	9,2	1,00	47	5	38	4	1.578	180	1.273	138
TRATORES ESTEIRAS - MÉDIOS	9.049	140	22,3	2500	245	47.054	11,4	1,3	9,2	0,54	47	5	38	2	2.191	250	1.768	104
TRATORES ESTEIRAS - GRANDES	3.394	290	42,1	3800	244	135.077	11,4	1,3	9,2	0,54	47	5	38	2	6.319	721	5.100	299
RETROESCAVADEIRAS	69.792	64	12,3	1720	245	17.823	11,4	1,3	9,2	1,00	46	5	37	4	828	94	668	73
PÁS CARREGADEIRAS - PEQUENAS	13.764	74	13,6	2300	245	26.364	11,4	1,3	9,2	1,00	46	5	37	4	1.225	140	989	107
PÁS CARREGADEIRAS - MÉDIAS	6.971	120	19,6	2567	245	42.585	11,4	1,3	9,2	1,00	47	5	38	4	1.982	226	1.599	174
PÁS CARREGADEIRAS - GRANDES	21.732	220	32,8	3100	244	85.999	11,4	1,3	9,2	0,54	47	5	38	2	4.014	458	3.240	190
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - PEQUENAS	10.280	75	13,7	2967	245	34.337	11,4	1,3	9,2	1,00	46	5	38	4	1.596	182	1.288	140
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - MÉDIAS	21.455	118	19,4	2733	245	44.741	11,4	1,3	9,2	1,00	47	5	38	4	2.082	237	1.680	183
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - GRANDES	5.364	234	34,7	3533	244	103.536	11,4	1,3	9,2	0,54	47	5	38	2	4.835	551	3.902	229
MOTONIVELADORAS	19.174	130	21,0	2000	245	35.413	11,4	1,3	9,2	0,54	47	5	38	2	1.648	188	1.330	78
ROLOS COMPACTADORES	15.360	113	18,7	1733	245	27.325	11,4	1,3	9,2	1,00	47	5	38	4	1.271	145	1.026	112
MINI-CARREGADEIRAS	14.757	45	9,7	1067	246	8.778	11,4	1,3	9,2	1,00	46	5	37	4	407	46	329	36
MANIPULADORES TELESCÓPICOS	314	78	14,1	1000	245	11.883	11,4	1,3	9,2	1,00	46	5	38	4	552	63	446	48

Densidade do diesel (0,845) x L/h x h/ano

1000*emissão/consumo g/kWh

Emissão (g/kg) * consumo (kg/ano)/1.000

Resultados – Frota Total 2023

Emissões	ano-base	Frota	CO (ton/ano)	HC (ton/ano)	NOx (ton/ano)	MP (ton/ano)	CO2 (ton/ano)
Máquinas - Agricultura	2030	1.390.245	530.610	61.984	530.371	40.390	62.915.258
Máquinas - Construção	2030	872.466	627.112	73.255	663.195	46.068	85.160.992
Total 2030		2.262.710	1.157.722	135.239	1.193.566	86.457	148.076.250
Máquinas - Agricultura	2023	1.170.078	599.690	69.060	522.827	44.535	50.704.598
Máquinas - Construção	2023	674.649	692.516	79.638	619.165	48.439	63.205.050
Total 2023		1.844.727	1.292.206	148.697	1.141.991	92.974	113.909.648
Máquinas - Agricultura	2020	1.122.436	631.670	72.466	528.995	46.689	47.619.076
Máquinas - Construção	2020	621.351	723.219	82.802	613.589	49.868	57.008.531
Total 2020		1.743.787	1.354.889	155.267	1.142.584	96.557	104.627.607
Inventário MMA veículos pesados (previsão de 2007 para 2020)		4.620.000	917.000	88.000	1.135.000	42.225	258.000.000
		38%	148%	176%	101%	229%	41%

- Frota de máquinas é pouco maior que 1/3 do total de veículos diesel rodoviários (38%)
- Emissão da frota de máquinas pode ser até ~2,3 vezes maior (a depender do poluente)
 - A emissão de NOx por cada máquina é **2,5 vezes** maior que a automotiva.
 - A emissão de PM por cada máquina é **6 vezes** maior que a automotiva.
- A emissão de CO₂ (portanto o consumo de combustível) total das Máquinas é cerca de 40% da emissão dos veículos rodoviários.
- **A Frota Total Circulante de máquinas emite menos CO₂, mas são até 2,3 vezes mais poluentes → Necessidade de MAR-II**

O impacto das emissões das Máquinas Agrícolas e Rodoviárias é muito relevante, principalmente quando levamos em consideração que os Equipamentos de **Construção**, responsáveis pela maior parte das emissões, estão nos canteiros de obras de **grandes centros urbanos**.

Resultados - Priorização

	Priorização por categoria: base MAR-I 2030					
	CO	HC	NOx	MP	CO2	Frota
TRATORES RODAS	42%	44%	42%	45%	41%	61%
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS	19%	17%	18%	17%	18%	8%
PÁS CARREGADEIRAS	15%	15%	15%	15%	16%	6%
COLHEITADEIRAS GRÃOS	8%	8%	9%	7%	9%	10%
RETROESCAVADEIRAS	6%	6%	6%	8%	6%	8%
COLHEDORAS CANA	3%	3%	4%	3%	4%	1%
MOTONIVELADORAS	2%	2%	2%	2%	2%	1%
TRATORES ESTEIRAS	2%	2%	2%	2%	2%	1%
ROLOS COMPACTADORES	1%	1%	1%	1%	1%	1%
MINI-CARREGADEIRAS	0%	0%	0%	1%	0%	1%
MANIPULADORES TELESCÓPICOS	0%	0%	0%	0%	0%	0%
CULTIVADORES MOTORIZADOS	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tratores de rodas MAR-I 2030

	CO	HC	NOx	MP	CO2
TRATORES RODAS - PEQUENOS	14%	14%	14%	17%	12%
TRATORES RODAS - MÉDIOS	17%	18%	16%	17%	16%
TRATORES RODAS - GRANDES	11%	11%	12%	10%	13%

Σ demais categorias	16%	16%	16%	17%	16%
---------------------	-----	-----	-----	-----	-----

Potência	Agricultura	Construção
TRATORES RODAS - PEQUENOS	54	54
TRATORES RODAS - MÉDIOS	116	116
TRATORES RODAS - GRANDES	216	216
TRATORES ESTEIRAS	82,7	
TRATORES ESTEIRAS - PEQUENOS		116
TRATORES ESTEIRAS - MÉDIOS		140
TRATORES ESTEIRAS - GRANDES		290
COLHEITADEIRAS GRÃOS	224,3	
COLHEDORAS CANA	224,3	
RETROESCAVADEIRAS	42,9	64
PÁS CARREGADEIRAS - PEQUENAS		74
PÁS CARREGADEIRAS - MÉDIAS		120
PÁS CARREGADEIRAS - GRANDES		220
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS	89,4	
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - PEQUENAS		75
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - MÉDIAS		118
ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS - GRANDES		234
MOTONIVELADORAS		130
ROLOS COMPACTADORES		113
MINI-CARREGADEIRAS		45
MANIPULADORES TELESCÓPICOS		78

Viabilidade econômica

Viabilidade econômica

Priorização por faixa de potência: base MAR-I 2030

	CO	HC	NOx	MP	CO2
130 - 225 [kW]	36%	36%	38%	33%	40%
75 - 130 [kW]	34%	37%	33%	34%	33%
37 - 75 [kW]	23%	23%	23%	29%	21%
225 - 450 [kW]	7%	4%	6%	4%	6%
0 - 37 [kW]	0%	0%	0%	0%	0%
450 - 560 [kW]	0%	0%	0%	0%	0%

- Categoria de 75 a 225 kW responde por aproximadamente 70% das emissões de todos os poluentes → **1ª PRIORIDADE**
- Categoria de 37 a 75 kW responde por outros 20% a 30% das emissões de todos os poluentes → **2ª PRIORIDADE**

Resultados – Estratégias de implantação

- Todo o racional utilizado na construção do inventário, que claramente sugere uma estratégia progressiva para a implantação de uma nova fase do Programa MAR-I, foi discutida e aprovada na CT Fora de Estrada da AEA.
- Como conclusão da Fase 1 do inventário, os autores consideram possível estudar estratégias que sejam viáveis tecnológica e economicamente em função dos recursos disponíveis, considerando, por exemplo, as seguintes hipóteses:

Faixas de Potência do MAR-I (Sub-divisão Mauá)	Potência (kW)				
	19 a 37	37 a 75	75 a 130	130 a 560	
	idem	idem	idem	130 a 225	225 a 560
Prioridade em função do NOx (por faixa de potencia)	0%	23%	33%	38%	6%
Anos após publicação	MAR-I	4	3	3	5

- Na fase MAR I foram definidas quatro categorias em função da potência do motor
- Nos dados levantados pelo IMT, a categoria de maior potência é subdividida em duas
- Pelo impacto sobre as emissões de NOx é possível priorizar a implantação da fase MAR II:
 - 75 a 225 kW → implantação 3 anos após a publicação;
 - 37 a 75 kW → implantação 4 anos após a publicação;
 - 225 a 560 kW → implantação 5 anos após a publicação;
 - 19 a 37 kW → mantidos na fase MAR I
- Considerando que o impacto no custo final do produto é maior para a atualização tecnológica das máquinas pequenas em comparação às máquinas grandes, pode-se subdividir a categoria de 37 a 75 kW (à exemplo do TIER IV final), concedendo um ano a mais para os motores de 37 a 56 kW, e reduzir para 3 anos o prazo para os motores acima de 225 kW

Escopo 1 – WW NRMM Emission



Roadmap

	Engine	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	...	2028 ...	
Emission		56 - 130 kW	EU Stage IV	EU Stage V NRSC / NRTC NO _x = 0.4 g/kWh PM = 0.015 g/kWh PN = 1x10 ¹² */kW								
		130 - 560 kW	EU Stage V	NRSC / NRTC NO _x = 0.4 g/kWh PM = 0.015 g/kWh PN = 1x10 ¹² */kW								
		56 - 130 kW	TIER 4 final	NRSC / NRTC NO _x = 0.4 g/kWh PM = 0.02 g/kWh							CARB TIER 5¹⁾ planned	
		130 - 560 kW										
		56(75) - 130	Phase III	NRSC NO _x (+HC) = 4.0 PM = 0.30 g/kWh			Phase IV NRSC / NRTC NO _x = 3.3 / PM=0.025 g/kWh PN = 5x10 ¹² */kW			Phase V ≈ EU St V		
		130 - 560 kW	Phase III	NRSC NO _x (+HC) = 4.0 PM = 0.20 g/kWh			Phase IV NRSC / NRTC NO _x =2.0 / PM=0.025 g/kWh PN = 5x10 ¹² */kW				Intro. assumed 2028	
		56(75) - 130	Bharat TREM III A	NRSC NO _x (+HC) = 4.0 g/kwh PM = 0.30 g/kWh			Bharat TREM IV		NRSC / NRTC NO _x = 0.4 g/kwh PM = 0.015 g/kWh PN = 1x10 ¹² */kW			
		130 - 560 kW	Bharat TREM III A	NRSC NO _x (+HC) = 4.0 g/kwh PM = 0.20 g/kWh			NRSC / NRTC NO _x = 0.4 g/kwh PM = 0.025 g/kWh		Bharat TREM V			

Fonte: AEA

Na América do Sul:

- Chile já adotou Tier 4F/Stage V, desde Outubro de 2023
- Colombia já formalizou a adoção de Tier 4i/Stage IIIB, iniciando em Julho de 2024
- Peru está iniciando conversas sobre regular emissões, mas ainda não definida

Pode resultar em barreira tecnológica para exportações de Máquinas e Componentes brasileiros!

PAÍS	NORMA ATUAL	PRÓXIMA FASE
Australia	Nenhum	Algumas licitações públicas já pedem Tier 4F/Stage V, mas sem definição formal de implementação nacional (possivelmente Tier 4F/Stage V - Jul/2026)
Singapura	Tier 2	Sem definição formal (possivelmente Tier 4F/Stage V - 2026)
Japão	Tier 4F Equiv.	-
Coréia do Sul	Stage V	-

Disponibilidade do Diesel S10

- O DIESEL S10 ESTÁ CADA VEZ MAIS DISPONIVEL E JÁ SUPEROU OS 60% DO CONSUMO NACIONAL
- PETROBRÁS COLOCOU EM SEU PLANEJAMENTO O FIM DA COMERCIALIZAÇÃO DO DIESEL S500 ATÉ 2026
- ANP DISCUTIRÁ UM CRONOGRAMA DE DESCONTINUAÇÃO DO S500



brasilpostos CURSOS E TREINAMENTOS ANUNCIE AQUI SOBRE NÓS f @ in v Q

Início > Combustíveis > Petrobras prevê fim do S-500

Combustíveis

Petrobras prevê fim do S-500

A Academia Brasil Postos oferece mentorias, cursos, consultorias que permitem ao revendedor desenvolver-se na gestão do posto e da loja de conveniência.

A empresa também pretende investir, até 2026, US\$ 2,6 bilhões na expansão da capacidade de suas refinarias, para produção adicional de mais de 300 mil barris por dia do óleo diesel S-10.

“Ao final desse prazo, todo o óleo diesel produzido pela Petrobras será S-10”, garante em nota.



ISTOÉ Dinheiro EDIÇÃO Nº 1309 27.01

ESTILO ECONOMIA NEGÓCIOS TECNOLOGIA FINANÇAS GIRO COLUNISTAS

GIRO

Fim do diesel S500 agrega incerteza à venda de refinarias da Petrobras, dizem fontes



Diesel S10 pode se tornar obrigatório no Brasil; PL tramita no Senado

Senado avalia a proposta de só permitir a venda do diesel S10 no uso rodoviário. Se aprovado o PL, o diesel S500 deixará de circular no País

Agradecimento

Este inventário de emissões de máquinas agrícolas e rodoviárias contou com uma contribuição inestimável da Comissão Técnica de Veículos Fora de Estrada e Geradores da AEA – Associação Brasileira de Engenharia Automotiva e seus associados, cujas críticas e sugestões aprimoraram os critérios adotados e trouxeram maior equilíbrio ao inventário de emissões.

Os autores agradecem por estas contribuições e esperam continuar contando com estes colaboradores na próxima etapa dos trabalhos, que será voltada à discussão das melhores estratégias para a implantação de novas fases do Programa e deverá utilizar os mesmos conceitos aqui desenvolvidos para a análise de cenários para a segunda fase MAR II do PROCONVE a ser sugerida ao CONAMA.

