



Inventario Preliminar de Emisiones de Maquinaria Agrícola y Vial

Organización:

Eduardo R. Oliveira

*Member of the Board of Directors – AFEEVAS
Reg Affairs Manager for LATAM – Cummins*

Desarrollo

EnvironMentality

Specialized Consultant – AFEEVAS

Colaboración

Técnica:

IMT – Instituto Mauá de Tecnologia

ATC – IBAMA Accredited Technical Agent

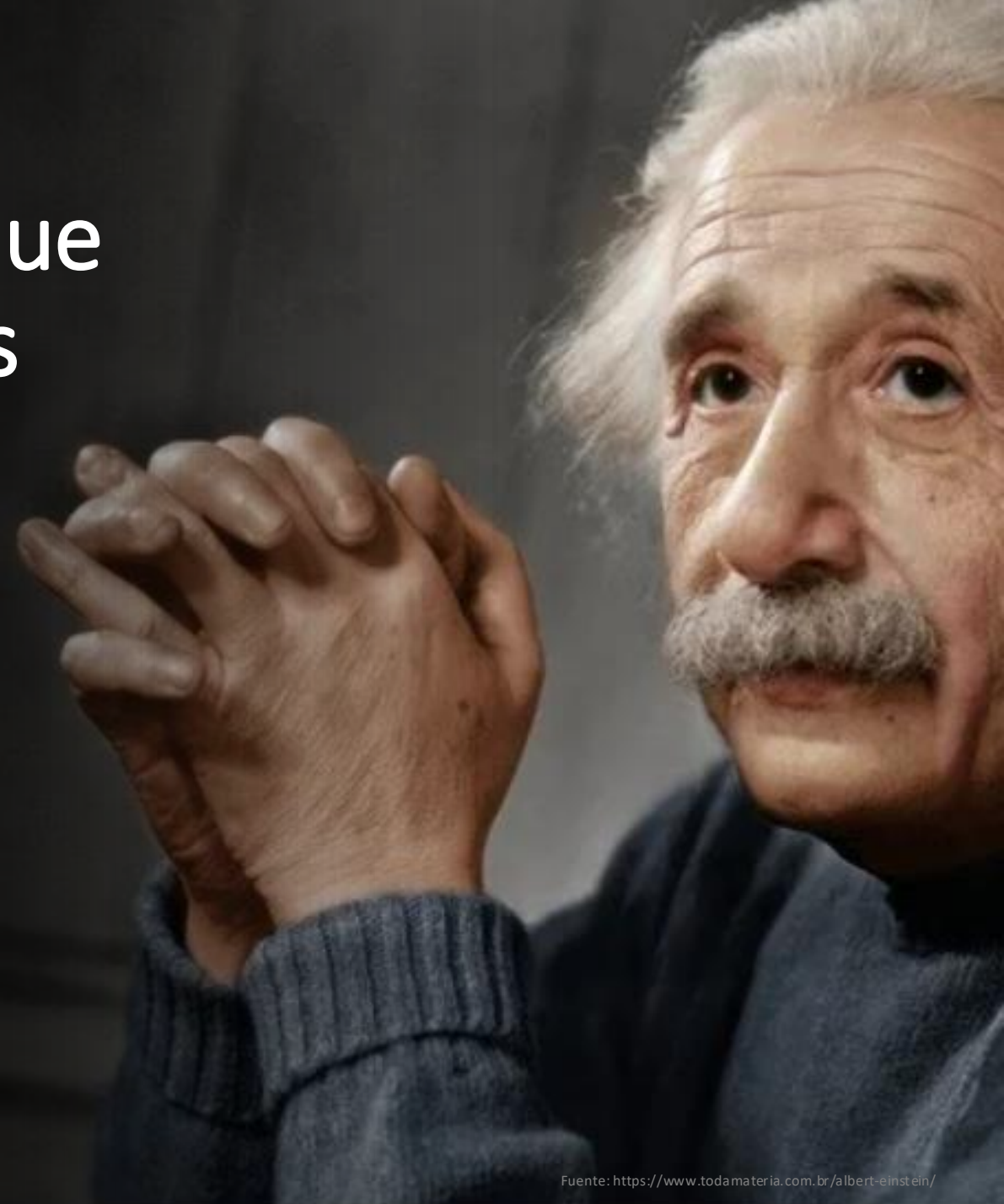
Julio/2024



—

“No son las respuestas las que mueven al mundo, son las preguntas”

Albert Einstein



¿Cuál es la relevancia de las emisiones generadas por los vehículos fuera de ruta?



1 - Ventas de máquinas - Historial

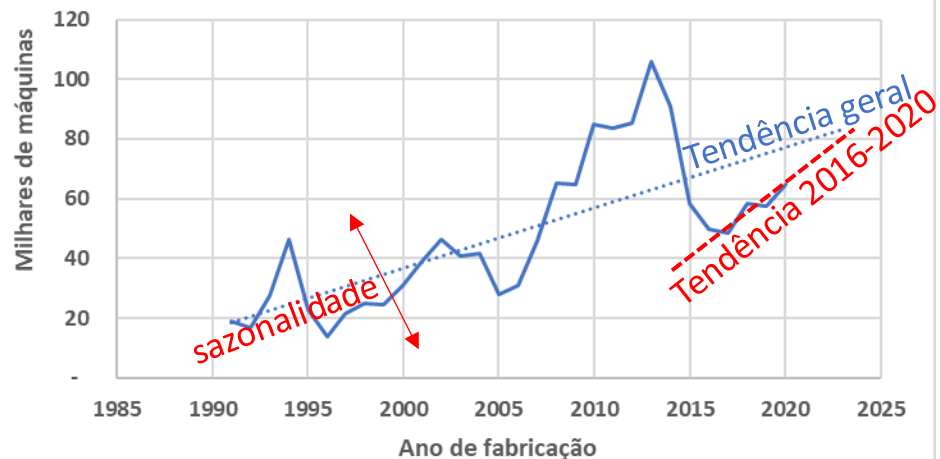
Venta Interna de Máquinas Nacionales e Importadas

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

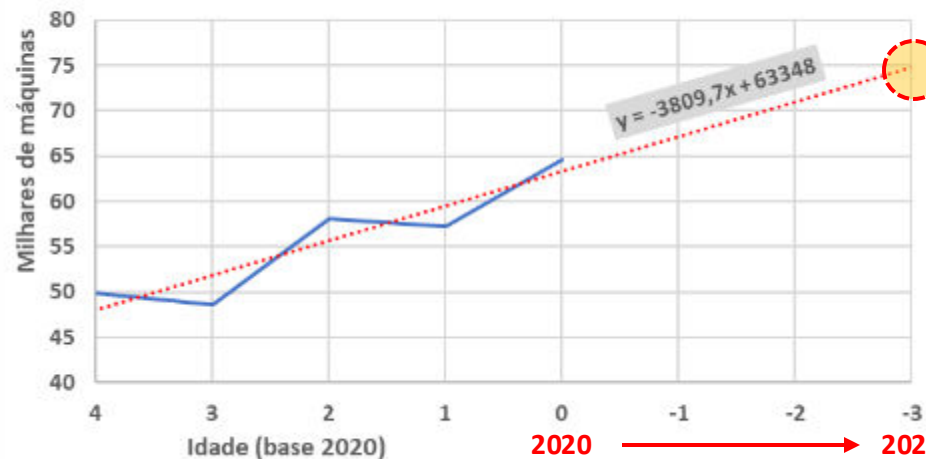
- Datos considerados de 1960 a 2020
- Datos de Abimaq (en azul) de 2001
- Total > 2,5 millones de equipos vendidos

1.1 - Venda de Máquinas – Atualização y proyección

Histórico de vendas



Vendas 2016 a 2020



- 1) Evaluación de datos históricos de ventas de los últimos 30 años.
- 2) Estimación de la tendencia de los últimos 5 años $\hat{?}$ extrapolación

Estimativa de venda de motores (fabricantes)

Ano	Volume	mkt share	Vol. Est.
2023	42.000	56%	74.777
2024	49.000	\div	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		44.251	699	6.668	863	5.685	4.191	5.831	987	769	782	138	70.967
2023		46.736	737	7.026	898	5.990	4.416	6.144	1.040	810	824	146	74.777
2024		54.525	868	8.197	1.061	6.989	5.151	7.168	1.215	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 de la proyección de ventas para el mercado total.
- 4) Distribución de ventas proyectadas por tipo de máquina

Anfavea: 65.000 em 2023

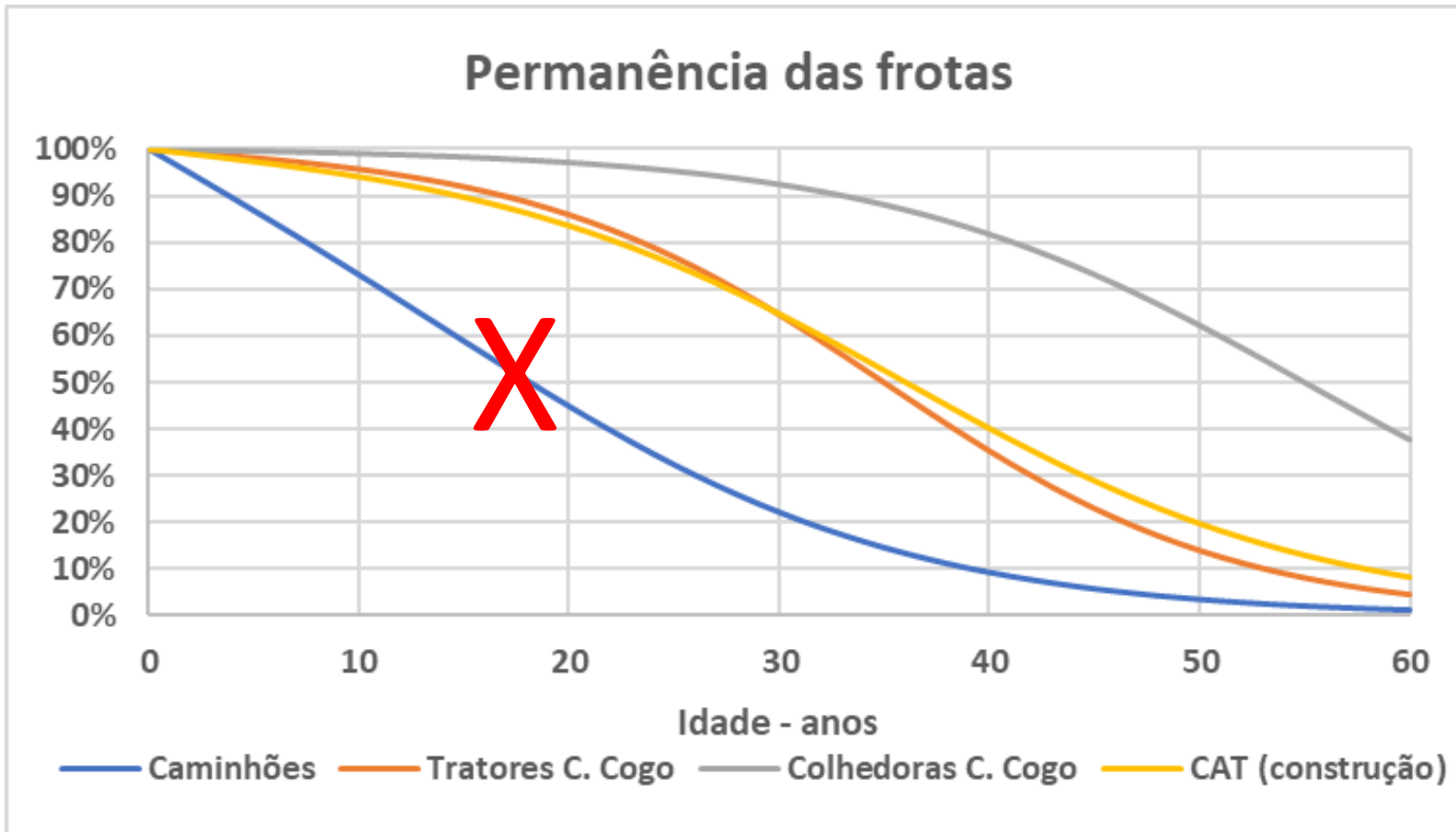
<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/anfavea-preve-queda-de-35-das-vendas-de-maquinas-agricolas-em-2023>

2 - Definição de curvas de desguace

Gompertz: $(1/(1+EXP(a*(idade-t_0))))+(1/(1+EXP(a*(idade+t_0))))$

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

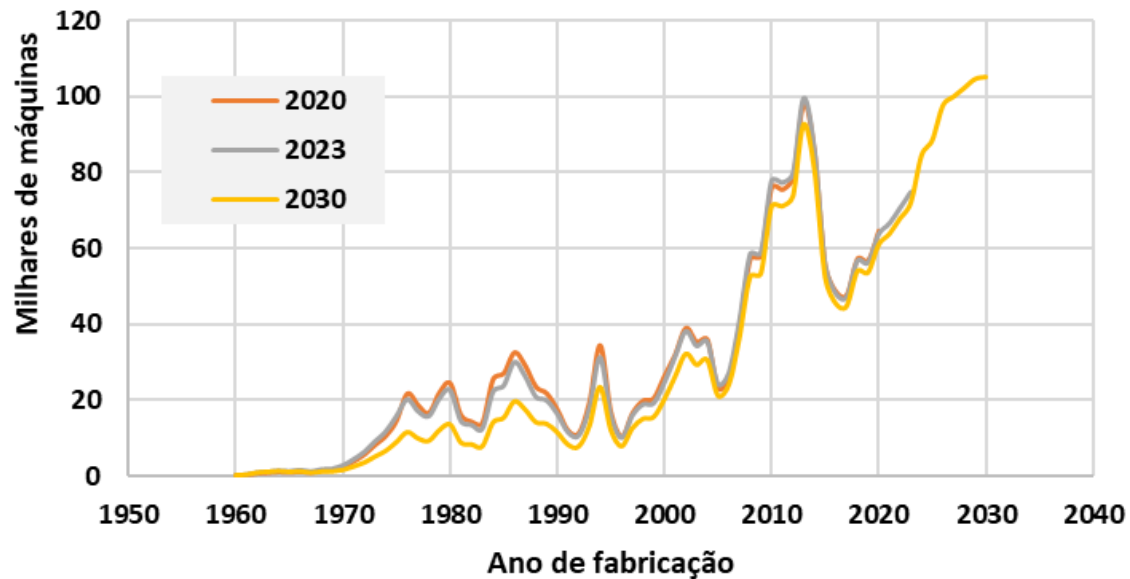
ano de fabricação	Frota remanescente - aproximação por curva Gompertz			
	Caminhões	Tratores C. Cogo	Colhedoras C. Cogo	Construção CAT
2010 a 2020	79%	97%	99%	95%
1999 a 2009	48%	87%	97%	85%
1988 a 1998	23%	64%	92%	64%
pré 1988	6%	21%	65%	25%



- La experiencia del Programa I/M de São Paulo demostró que la permanencia de las flotas en función de la edad sigue curvas tipo Gompertz
- Para fines de comparación, inicialmente se tomó la curva del camión
- Los datos obtenidos en campo para tractores, cosechadoras y máquinas de construcción permitieron la aproximación mediante nuevas curvas de Gompertz.
- Las curvas mostraron un comportamiento muy diferente al de los camiones, cuya curva fue abandonada en las estimaciones.

2.1 - Estimación de la flota circulante

Comparação de frotas por ano-base

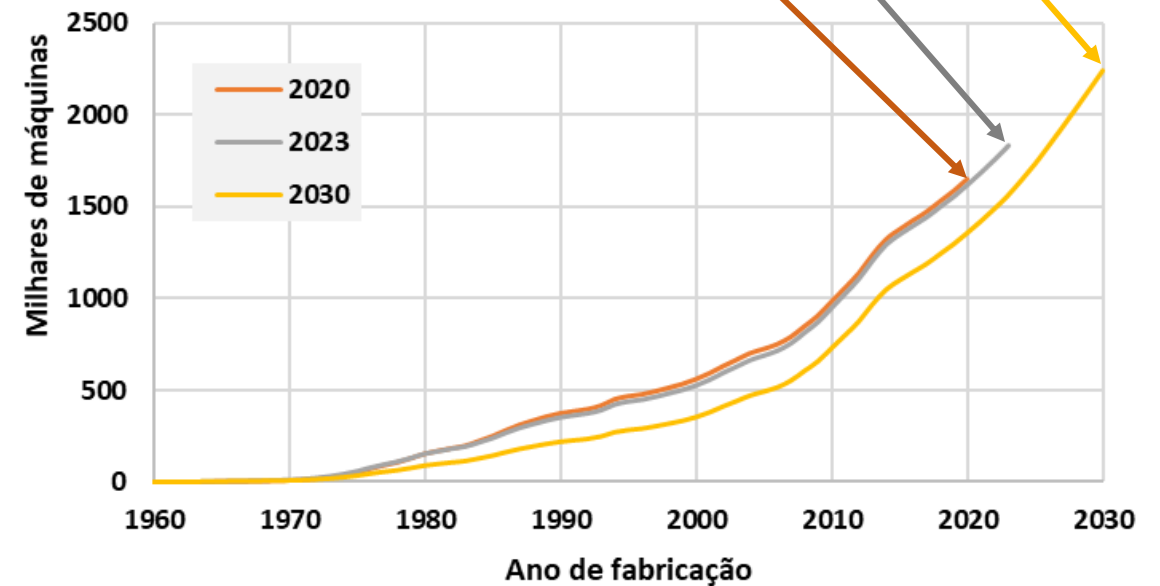


Flota en 2030 = 2,3 millones

Flota en 2023 = 1,8 millones

Flota en 2020 = 1,7 millones

Comparação de frotas acumuladas por ano-base



2.3 - Estimación de la flota 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%

Flota circulante en 2023

2.4 - Projeção de 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			
TRATORES ESTEIRAS - PEQUENOS			6.627	3.410	31.864
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%

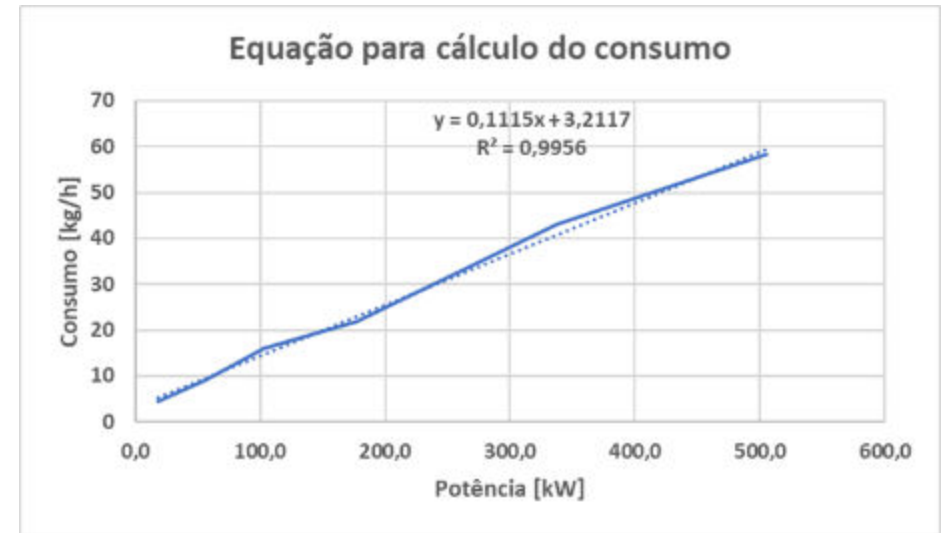
Total MAR-I	1.049.218	57%
Total TIER 1	1.213.492	66%

Flota circulante em 2030

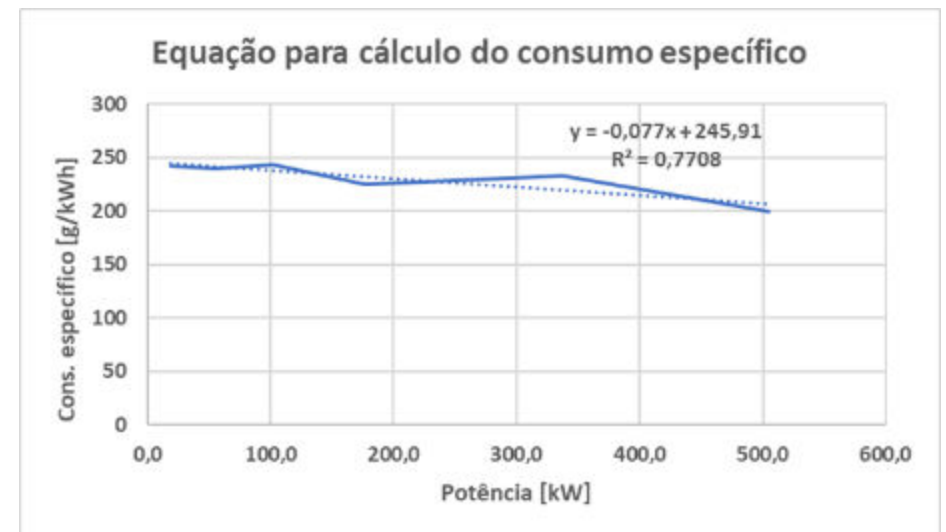
3 - Estimaciones de potencia, consumo y trabajo.

Regresiones de consumo y consumo específico basadas en datos de certificación promedio proporcionados por el Instituto Mauá

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



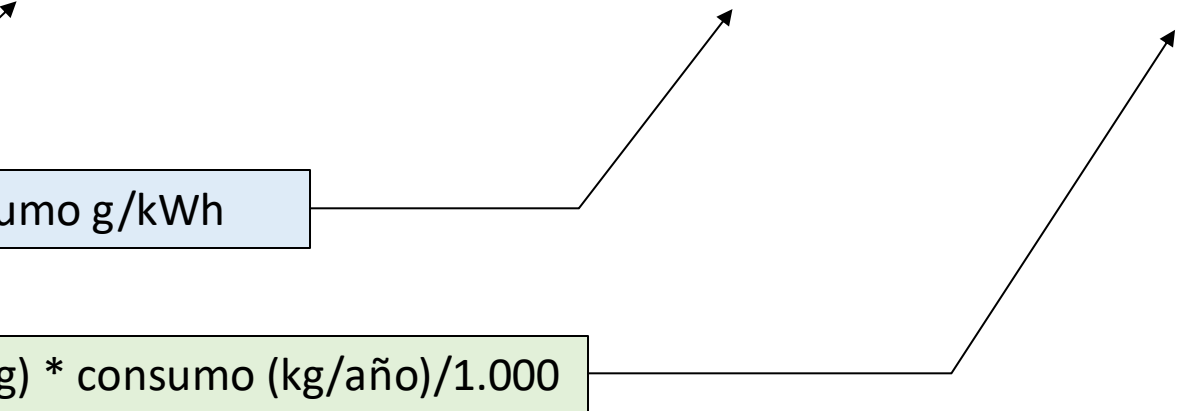
4 - Metodología de Inventario

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
RETROSCAVADEIRAS	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

Densidad diésel (0,845) x L/h x h/año

1000*emisiones/consumo g/kWh

Emisión (g/kg) * consumo (kg/año)/1.000



5 - 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%

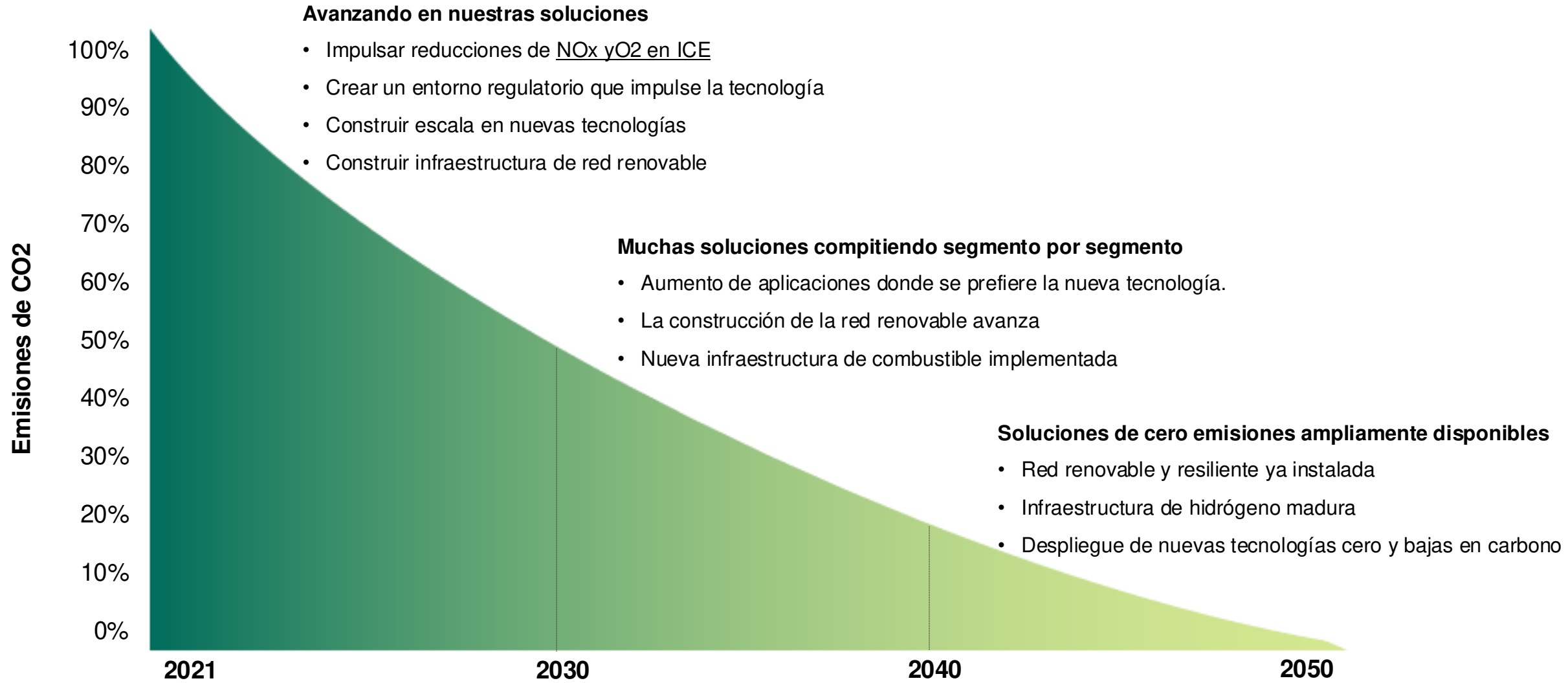
- El parque de máquinas representa algo más de 1/3 del total de vehículos diésel de carretera (38%)
- Las emisiones del parque de máquinas pueden ser hasta ~2,3 veces más grande (dependiendo del contaminante)
 - La emisión de NOx de cada máquina es **2,5 veces** más grande que la de los vehículos pesados de carretera
 - La emisión de PM de cada máquina es **6 veces** más grande que los vehículos pesados de carretera
- Las emisiones totales de CO2 (y, por tanto, el consumo de combustible) de las máquinas representan alrededor del 40% de las emisiones de los vehículos pesados de carretera
 - **El Parque Total Circulante de máquinas emite menos CO2, pero es hasta 2,3 veces más contaminante → Necesidad de MAR-II**

El impacto de las emisiones de Maquinaria Agrícola y de Construcción es muy relevante, especialmente si tenemos en cuenta que los Equipos de Construcción se encuentran en obras de construcción en **grandes centros urbanos**.



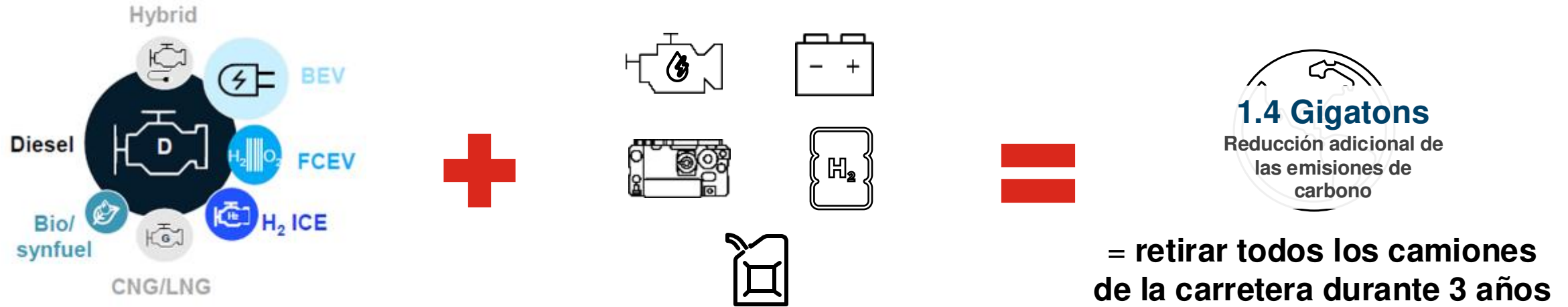
Destino Cero

LLEGANDO AL DESTINO CERO



Factores impulsores: Descarbonización de fuentes de energía e inversión en infraestructura, avances regulatorios y atracción de clientes.

PODEMOS REDUCIR LAS EMISIONES MÁS RÁPIDO



Reduzca las emisiones hoy con una combinación de ICE avanzado y soluciones de cero emisiones

Avanzar en tecnologías bajas en carbono

Mayor reducción acumulada de carbono que esperar hasta 2035 con todos los ZEV



HELM™

HIGHER EFFICIENCY. LOWER EMISSIONS. MULTIPLE FUELS.

PLATAFORMA GLOBAL UNIFICADA: X15 SERIES

Confiable | Duradera | Escala | Común



Gas Natural



Diésel avanzado



Hidrógeno



FUNDACIÓN PARA EL FUTURO

TECNOLOGÍAS CENTRALES DE ACCELERA

Electrolizadores



Creando soluciones para la generación industrial y comercial de hidrógeno y el almacenamiento de energía a escala de MW

Celdas de combustible



Creación e integración de pilas de combustible para aplicaciones de movilidad y energía estacionaria.

eMobility



Baterías

Creación de tecnologías y productos para vehículos eléctricos de batería comerciales y sistemas de almacenamiento de energía en batería.

Sistema ePowertrain

Creando tecnologías y entregando eAxles para vehículos electrificados

Sistemas de tracción

Creando tecnologías y entregando sistemas de tracción eléctrica para vehículos electrificados.

EXPERIENCIA DEL MUNDO REAL

Batería



Autobús Escolar



Camión de última milla



Camión Clase 8



Tractor Terminal



Autobús Urbano



Miniexcavadora

Pila de combustible



Tren de Pasajeros



Camión Clase 8



Autobús Urbano



Camión de basura



E-ferry



Energía estacionaria

Electrolizador



Generación de hidrógeno



Mezcla de hidrógeno



Estación de repostaje de hidrógeno

THE



POWER

OF CHOICE

eduardo.r.oliveira@cummins.com