



Ecofinance

NEGÓCIOS

PEGADA DE CARBONO

CARRETÉIS MADEM

ANO BASE 2024



INSTITUCIONAL



OBJETIVO E ESCOPO



RESULTADOS



RECOMENDAÇÕES

A MADEM

A Madem é uma empresa brasileira de alcance global, especializada na fabricação de carretéis de madeira destinados à indústria de fios e cabos elétricos. Fundada em Garibaldi, no Rio Grande do Sul, expandiu sua presença para unidades fabris em seis países: Brasil, Espanha, Bahrein, México, Colômbia e Estados Unidos. Hoje, atende mais de 150 clientes em mais de 40 mercados.

O compromisso ambiental é um dos pilares da empresa. Toda a matéria-prima utilizada é renovável e de origem controlada, reforçada por certificações internacionais como a ISO 9001 e ISO 14001, FSC e PEFC. A Madem também investe em inovação tecnológica e eficiência operacional, assegurando produtos competitivos e de alto desempenho.

Além da sustentabilidade, a empresa valoriza o desenvolvimento humano e a responsabilidade social, cultivando uma cultura organizacional sólida e voltada ao crescimento contínuo. Com mais de 75 anos de trajetória, segue ampliando sua presença global e consolidando-se como referência mundial em seu segmento.



OBJETIVO DO ESTUDO

O objetivo deste estudo de Análise de Ciclo de Vida (ACV) é **calcular a contribuição de carretéis de madeira da empresa Madem para o aquecimento global**, expressa em CO₂ equivalente (CO₂e), seguindo as recomendações da NBR ISO 14.067/2023.

O estudo é realizado em conformidade com o a regra de categoria de produto (Product Category Rules) PCR 2019:13, versão 1.1.3 (Packaging).

Os carretéis objetos deste estudo são produzidos pela Madem em suas unidades: **Madem Rio Negro/PR (Brasil), Madem Moorecraft em Denton/Tx (EUA), Madem Moorecraft em Tarboro/NC (EUA), EuroMadem em Barcelona (Espanha), Madem Gulf em Askar (Bahrain)**. Além disso, os carretéis produzidos em Rio Negro são transportados até **Cali/ Valle del Cauca (Colômbia), Barcarena/PA (Brasil) e Sorocaba/SP (Brasil)** para montagem e distribuição. A unidade de Sorocaba é também uma planta de reciclagem de carretéis.

ESCOPO DO ESTUDO

Unidade declarada

1 m³ (um metro cúbico) de carretel produzido.

Representatividade temporal

Os dados coletados referem-se ao ano de **2024**.

Critério de corte

Foram incluídos todos os dados dos fluxos de entrada e saída do sistema de produto que contribuem para, no mínimo, **99% dos impactos ambientais declarados**, excluindo as entradas que estão explicitamente fora da análise, conforme PCR utilizada. **Todos os dados disponíveis foram utilizados**, com exceção dos excluídos pela PCR.

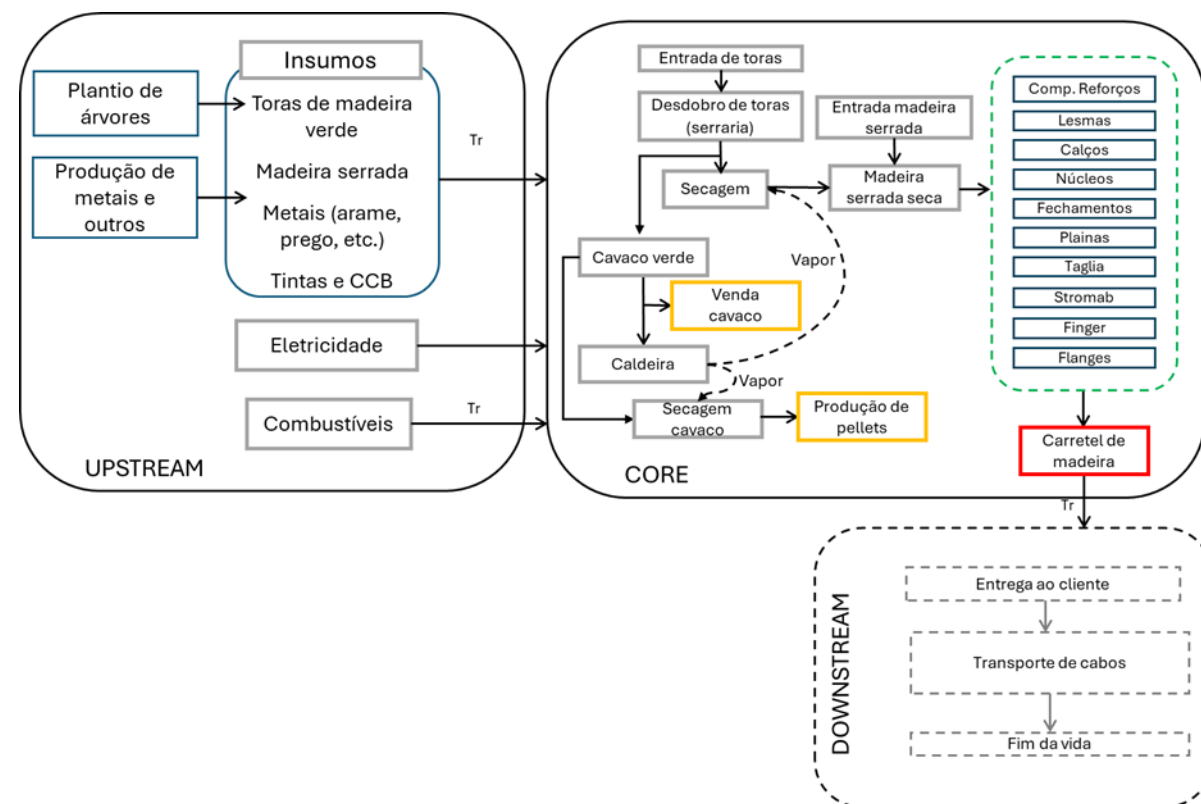
ESCOPO DO ESTUDO

Limites do sistema

As emissões foram contabilizadas cobrindo as seguintes etapas:

- Upstream - “Suprimento de matérias-primas”
- Core - “Transporte” e “manufatura do carretel”

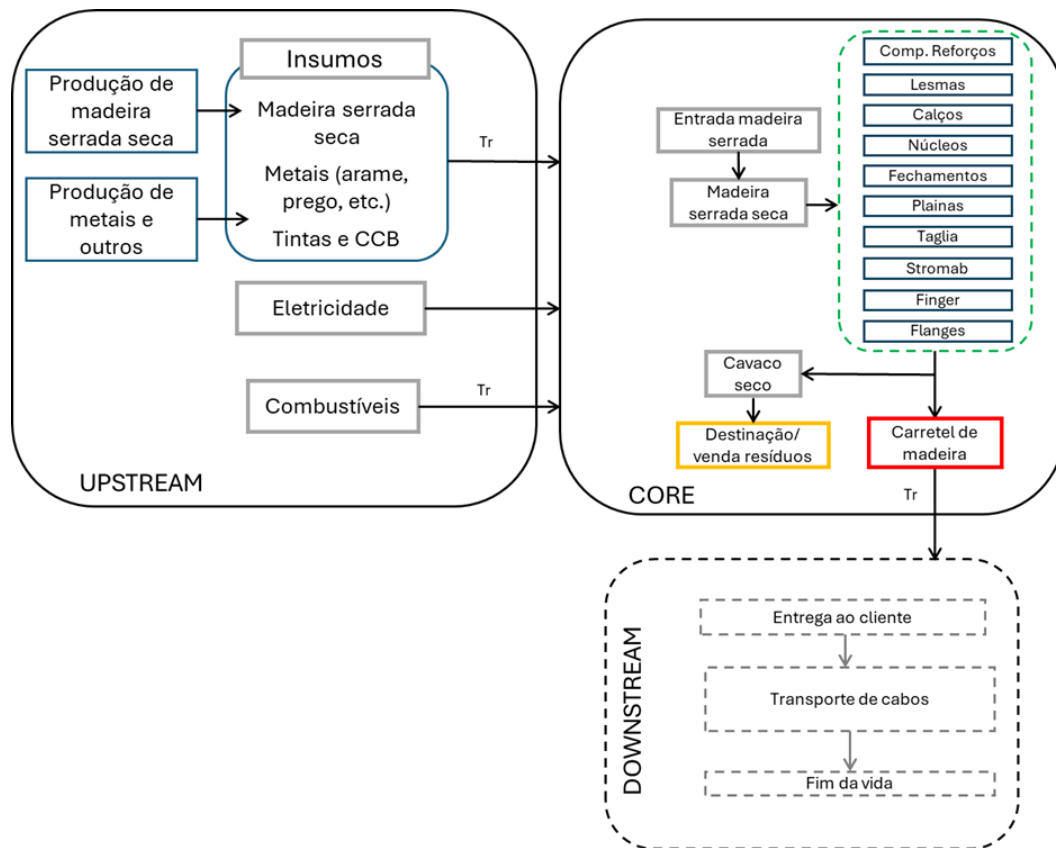
Fluxograma de processamento de Madem Rio Negro



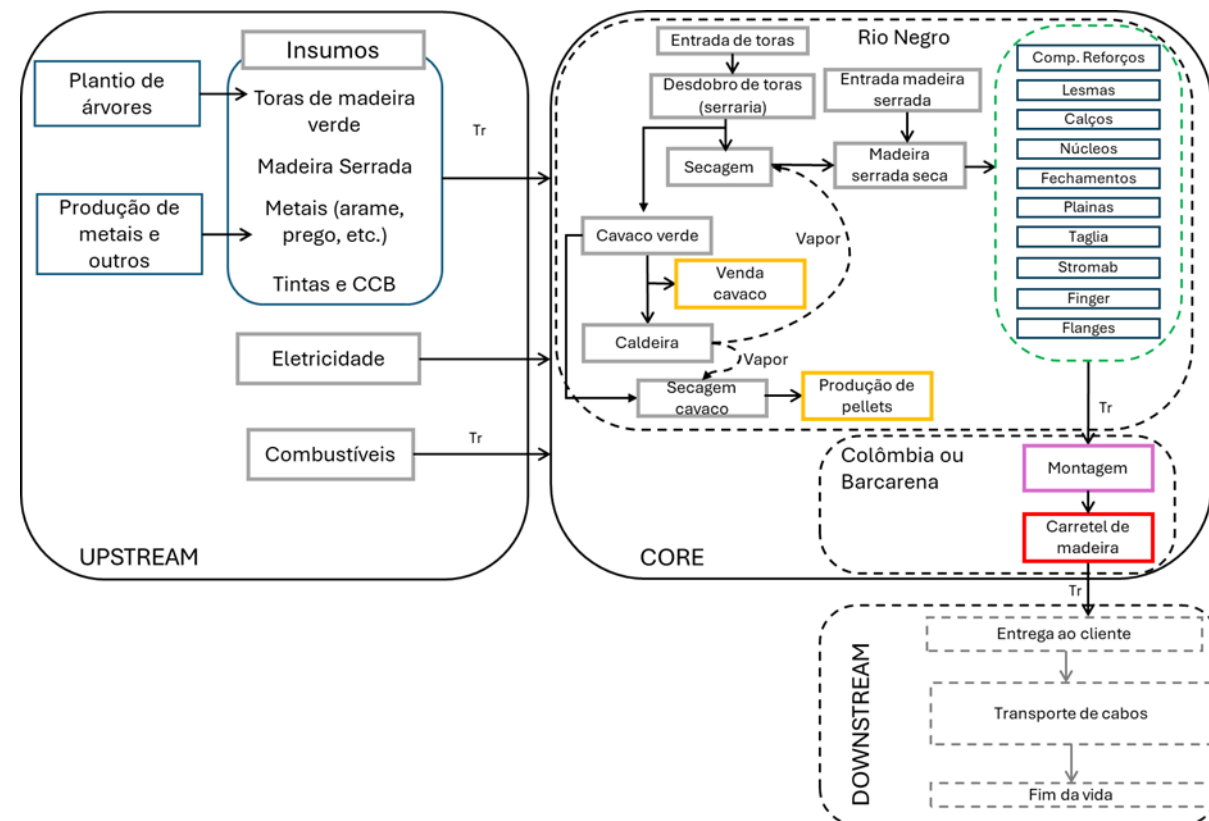
Objetivo **Escopo**

ESCOPO DO ESTUDO

Fluxograma de processamento de Madem Moorecraft – Denton, Madem Moorecraft – Tarboro e EuroMadem



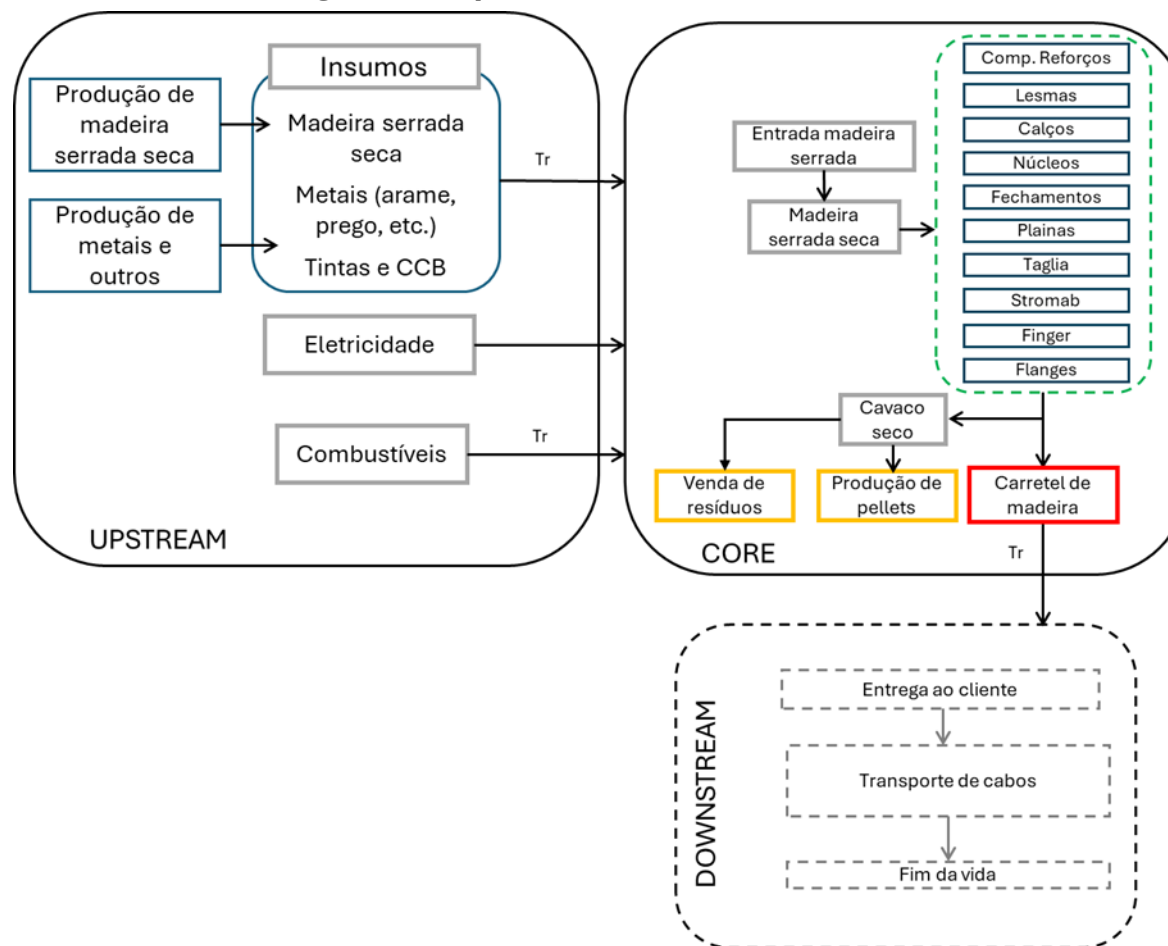
Fluxograma de processamento de Madem Colômbia e Madem Barcarena



Objetivo **Escopo**

ESCOPO DO ESTUDO

Fluxograma de processamento de Madem Gulf



ESCOPO DO ESTUDO

Premissas e procedimento de alocação

Para as unidades **Madem Florestal Rio Negro (PR) e Madem Florestal Mostardas (RS)**, foi elaborada uma ACV das toras de madeira produzidas, posteriormente incorporadas ao sistema da unidade industrial Madem Rio Negro.

Para as demais toras de madeira recebidas pela Madem Rio Negro, considerou-se que as provenientes **de fornecedores do Paraná e Santa Catarina** apresentam uma pegada de carbono semelhante à da Madem Florestal Rio Negro. Já para as toras **de fornecedores do Rio Grande do Sul**, assumiu-se uma pegada de carbono similar à da Madem Florestal Mostardas.

O procedimento de **alocação econômica** foi utilizado para algumas fontes (aquisição e uso de acetileno, gasolina, GLP, óleo diesel e geração de resíduos) **na unidade industrial de Rio Negro**, que produz não apenas carretéis de madeira, mas cavaco verde e pellets de madeira.

Cálculo de emissões

Para a estimativa das emissões de GEE decorrentes dos **insumos energéticos, recursos materiais e resíduos**, foram utilizados os valores de impacto de ciclo de vida fornecidos pelo **Ecoinvent v. 3.11**.

As emissões **do transporte dos insumos, por via rodoviária e marítima**, foram calculadas a partir da carga e da quilometragem e/ou milhas náuticas percorridas, com valores de impacto de ciclo de vida fornecidos **pelo Ecoinvent v. 3.11**.

Para as emissões da **queima de combustíveis**, foram utilizados fatores de emissão do **GHG Protocol**.

O **software OpenLCA** foi utilizado nos cálculos desta ACV.



AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA

A performance ambiental da unidade declarada de 1 metro cúbico de carretel, reportada para **GWP Total (excl. CO₂ biogênico) e GWP Total (incl. CO₂ biogênico)**, considerando o método **IPCC 2021** - potencial de aquecimento global **GWP 100** é apresentada nas tabelas a seguir, por unidade de negócio.



AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA

Madem Rio Negro

A pegada de carbono de 1 m³ de carretel produzido em Rio Negro, considerando o GWP Total (excl. CO₂ biogênico), é de **105,16 kg CO₂e**. O **transporte rodoviário** é a principal fonte de emissões, respondendo por 23,5% do impacto total, o que evidencia a relevância das distâncias percorridas e dos combustíveis fósseis na logística. O **consumo de eletricidade (18,5%) e o uso de metais (16,7%)** também se destacam.

Na categoria GWP Total (incl. CO₂ biogênico), observam-se valores fortemente negativos associados a madeira. A **produção das toras de madeira**, principalmente nas unidades florestais da Madem, incorporam o **sequestro de carbono** da biomassa.

	Climate change - IPCC 2021		Climate change - IPCC 2021 (incl. CO2 biogênico)	
	GWP Total (excl. CO2 biogênico)		GWP Total (incl. CO2 biogênico)	
	Total [kg CO2-Eq]		Total [kg CO2-Eq]	
TOTAL	105,16	100%	-729,96	100%
Transporte Rodoviário	24,75	23,5%	25,17	-3,4%
Eletricidade	19,43	18,5%	18,19	-2,5%
Metais (ex: pregos, parafusos, arruelas)	17,56	16,7%	17,90	-2,5%
Madeira serrada	7,17	6,8%	-80,87	11,1%
Arames	6,90	6,6%	6,81	-0,9%
Tintas	4,48	4,3%	4,11	-0,6%
Tora de Madeira (Rio Negro Florestal)	2,95	2,8%	-1420	194,5%
Ferros	1,75	1,7%	1,75	-0,2%
Borato de Cobre Cromatado (CCB)	1,55	1,5%	1,56	-0,2%
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	0,85	0,8%	0,85	-0,1%
Chapas	0,76	0,7%	0,76	-0,1%
Óleo Diesel	0,53	0,5%	0,53	-0,1%
Tora de Madeira (Mostardas Florestal)	0,15	0,1%	-91,77	12,6%
Resíduos	0,18	0,2%	0,23	0,0%
Gasolina	0,05	0,0%	0,05	0,0%
Tubos	0,02	0,0%	-0,01	0,0%
Acetileno	0,01	0,0%	0,01	0,0%
Transporte Marítimo	0,0001	0,0%	0,0001	0,0%
Emissões diretas	16,09	15,3%	784,82	-107,5%

AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA

EuroMadem

Na unidade EuroMadem, o GWP Total (excl. CO₂ biogênico) atinge **226,37 kg CO₂e**, valor superior ao observado na Madem Rio Negro, em decorrência principalmente do **transporte rodoviário e das madeiras serradas adquiridas**.

A **logística terrestre** concentra **45,9%** do impacto climático total. O valor em t.km (tonelada por quilometragem) da Espanha é 153,7% superior ao valor de Rio Negro, o que justifica o maior nível de emissões.

A produção e o fornecimento da **madeira serrada** representam **24,8%**.

	Climate change - IPCC 2021		Climate change - IPCC 2021 (inclu. CO2 biogênico)	
	GWP Total (excl. CO2 biogênico)		GWP Total (inclu. CO2 biogênico)	
	Total [kg CO2-Eq]		Total [kg CO2-Eq]	
TOTAL	226,37	100%	-561,17	100%
Transporte Rodoviário	104,00	45,9%	104,09	-18,5%
Tora de Madeira	56,09	24,8%	-739,00	131,7%
Tintas	18,00	8,0%	16,55	-2,9%
Metais (ex: pregos, parafusos, arruelas)	16,77	7,4%	17,09	-3,0%
Eletricidade	8,86	3,9%	8,92	-1,6%
Arames	6,90	3,0%	6,81	-1,2%
Resíduos	4,77	2,1%	13	-2,4%
Transporte Marítimo	2,62	1,2%	2,62	-0,5%
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	1,55	0,7%	1,56	-0,3%
Óleo Diesel	0,87	0,4%	0,87	-0,2%
Emissões diretas	5,95	2,6%	5,95	-1,1%

AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA

Madem Gulf

O carretel produzido em Bahrein tem o GWP Total (excl. CO₂ biogênico) de **196,01 kg CO₂e**. O resultado decorre, principalmente, do **transporte marítimo**, responsável por **37,2%** do GWP total. Outro fator determinante no perfil de emissões é o **uso da madeira serrada**, que responde por **34,2%** do impacto climático total, quando o sequestro de carbono não é considerado. Em conjunto, madeira serrada e transporte marítimo concentram mais de 71,4% das emissões totais.

A **eletricidade** também apresenta contribuição significativa, com **11,3% do impacto**.

	Climate change - IPCC 2021		Climate change - IPCC 2021 (inclu. CO2 biogênico)	
	GWP Total (excl. CO2 biogênico)		GWP Total (inclu. CO2 biogênico)	
	Total result [kg CO2-Eq]		Total result [kg CO2-Eq]	
TOTAL	196,01	100%	-625,05	100%
Tora de Madeira	67,05	34,2%	-755,15	120,8%
Transporte Marítimo	72,97	37,2%	72,96	-11,7%
Resíduos	4,76	2,4%	5,92	-0,9%
Eletricidade	22,07	11,3%	22,07	-3,5%
Metais (ex: pregos, parafusos, arruelas)	20,97	10,7%	21,20	-3,4%
Óleo Diesel	7,38	3,8%	7,13	-1,1%
Transporte Rodoviário	0,82	0,4%	1	-0,1%
Emissões diretas	0,00	0,0%	0,00	0,0%

AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA

Madem Moorecraft – Denton

O GWP Total (excl. CO₂ biogênico) do carretel alcança **255,14 kg CO₂e**. O resultado é influenciado pelo **transporte rodoviário**, que responde por **49,7%**. **Esse é o maior impacto entre as unidades da Madem.**

A **madeira serrada** representa a segunda maior contribuição, com **23,5%** do total. O **consumo de eletricidade** responde por **12,8%** das emissões e os **metais** utilizados no processo produtivo contribuem com **8,3%**.

	Climate change - IPCC 2021		Climate change - IPCC 2021 (inclu. CO2 biogênico)	
	GWP Total (excl. CO2 biogênico)		GWP Total (inclu. CO2 biogênico)	
	Total [kg CO2-Eq]		Total [kg CO2-Eq]	
TOTAL	255,14	100%	-479,66	100%
Transporte Rodoviário	126,68	49,7%	126,78	-26,4%
Tora de Madeira	59,97	23,5%	-675,64	140,9%
Eletricidade	32,60	12,8%	32,63	-6,8%
Metais (ex: pregos, parafusos, arruelas)	21,23	8,3%	21,42	-4,5%
Transporte Marítimo	2,81	1,1%	2,81	-0,6%
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	2,05	0,8%	2,05	-0,4%
Resíduos	2,21	0,9%	3	-0,6%
Tintas	0,77	0,3%	0,71	-0,1%
Tambor de plástico	0,74	0,3%	0,69	-0,1%
Chiller CNC	0,00	0,0%	0,00	0,0%
Emissões diretas	6,08	2,4%	6,08	-1,3%

AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA

Madem Moorecraft – Tarboro

A unidade Madem Moorecraft – Tarboro, tem o GWP Total (excl. CO₂ biogênico) de **157,94 kg CO₂e**, valor inferior ao observado em Denton. Os principais motivos para a diferença de emissões entre Denton e Tarboro são as menores distâncias percorridas para recebimento de madeira serrada e um menor uso de eletricidade na unidade de Tarboro.

A **madeira serrada é a principal fonte** de emissões, respondendo por **37,8%** do GWP total. O **transporte rodoviário** aparece como a segunda maior contribuição, com **32,3%**.

	Climate change - IPCC 2021		Climate change - IPCC 2021 (inclu. CO2 biogênico)	
	GWP Total (excl. CO2 biogênico)		GWP Total (inclu. CO2 biogênico)	
	Total [kg CO2-Eq]		Total [kg CO2-Eq]	
TOTAL	157,94	100%	-575,31	100%
Tora de Madeira	59,78	37,8%	-673,65	117,1%
Transporte Rodoviário	51,09	32,3%	51,13	-8,9%
Eletricidade	18,81	11,9%	18,86	-3,3%
Metais (ex: pregos, parafusos, arruelas)	22,47	14,2%	22,68	-3,9%
Transporte Marítimo	3,58	2,3%	3,58	-0,6%
Resíduos	1,08	0,7%	1,38	-0,2%
tambor de fibra	0,21	0,1%	0	0,0%
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	0,19	0,1%	0,19	0,0%
Óleo Diesel	0,04	0,0%	0,04	0,0%
Chiller CNC	0,00	0,0%	0,00	0,0%
Emissões diretas	0,69	0,4%	0,69	-0,1%

AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA

Madem Colômbia

O produto fabricado em Cali, na Colômbia, apresenta GWP Total (excl. CO₂ biogênico) de **175,90 kg CO₂e**. Às emissões do **ciclo de vida até o portão de Rio Negro Indústria, 59,8%** do GWP total, são acrescentadas as emissões do **transporte marítimo (24,7% do total) e rodoviário (14,1% do total)** do carretel até a unidade da Madem Colômbia. Na unidade da Colômbia, o consumo de eletricidade responde por 0,9% das emissões do carretel na unidade, seguido pela gasolina (0,3%) e gás liquefeito de petróleo (0,2%).

	Climate change - IPCC 2021		Climate change - IPCC 2021 (inclu. CO2 biogênico)	
	GWP Total (excl. CO2 biogênico)		GWP Total (inclu. CO2 biogênico)	
	Total [kg CO2-Eq]		Total [kg CO2-Eq]	
TOTAL	175,90	100%	-656,92	100%
Carretel de Madeira (Rio Negro Indústria)	105,20	59,8%	-729,92	111,1%
Transporte Marítimo	43,41	24,7%	43,41	-6,6%
Transporte Rodoviário	24,87	14,1%	24,89	-3,8%
Eletricidade	1,52	0,9%	1,52	-0,2%
Gasolina	0,56	0,3%	0,51	-0,1%
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	0,31	0,2%	0,31	0,0%
Resíduos	0,02	0,0%	2	-0,4%
Emissões diretas	0,00	0,0%	0,00	0,0%

AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA

Madem Barcarena

Em Barcarena, o GWP Total (excl. CO₂ biogênico) é de **226,10 kg CO₂e**. O carretel de madeira, **até o portão da fábrica de Rio Negro, responde por 46,5%** do impacto. O **transporte rodoviário** de Rio Negro a Barcarena representa **47,7%** do GWP total, seguido pelo marítimo que responde por 5,6%. Os consumos energéticos de gás liquefeito de petróleo (GLP), eletricidade e gasolina, na unidade de Barcarena, representam, juntos, menos de 0,2% das emissões.

	Climate change - IPCC 2021		Climate change - IPCC 2021 (inclu. CO2 biogênico)	
	GWP Total (excl. CO2 biogênico)		GWP Total (inclu. CO2 biogênico)	
	Total [kg CO2-Eq]		Total [kg CO2-Eq]	
TOTAL	226,10	100%	-608,95	100%
Transporte Rodoviário	107,80	47,7%	107,88	-17,7%
Carretel de Madeira (Rio Negro Indústria)	105,20	46,5%	-729,92	119,9%
Transporte Marítimo	12,55	5,6%	12,55	-2,1%
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	0,38	0,2%	0,38	-0,1%
Eletricidade	0,10	0,0%	0,10	0,0%
Gasolina	0,06	0,0%	0,06	0,0%
Emissões diretas	0,00	0,0%	0	0,0%

AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA

Há diferenças significativas no GWP Total (excl. CO₂ biogênico) entre as unidades, com valores variando de 105,16 kg CO₂e na **Madem Rio Negro, o menor impacto** observado, até 255,14 kg CO₂e na **Madem Moorecraft – Denton, o maior entre as unidades avaliadas**. Os cenários da **Madem Moorecraft – Tarboro e Madem Colômbia apresentam impactos intermediários** e relativamente próximos entre si, enquanto a **EuroMadem, Madem Gulf e Barcarena se destacam por valores mais elevados**.

Os principais fatores determinantes do desempenho climático são a **logística de transporte e o fornecimento da tora de madeira e madeira serrada, seguidos pelo consumo de eletricidade e pelo uso de metais**. Unidades com cadeias de suprimento mais próximas e maior integração produtiva, como a Madem Rio Negro, tendem a apresentar menores impactos,.

Pelo GWP Total (inclu. CO₂ biogênico), o carretel que promove a **maior remoção é a Madem Rio Negro**, com o resultado de **-729,96 kg CO₂e**, seguido da unidade da Colômbia com **-656,92 kg CO₂e**. A unidade com **menor remoção é Denton (-479,66 kg CO₂e)**, em razão, principalmente, do impacto do transporte de insumos no GWP total.

ANÁLISE DE INCERTEZA

A análise de incerteza foi realizada através da **Matriz de Qualidade de Dados (Matriz Pedigree)**, uma ferramenta utilizada em ACVs para avaliar e descrever a incerteza e a confiabilidade dos dados no inventário. A partir destes dados, foi realizada a **Simulação de Monte Carlo**.

A média representa o valor médio do impacto obtido nas iterações, o desvio padrão absoluto mostra o quanto o resultado pode variar em termos absolutos. O coeficiente de variação mede a incerteza relativa em porcentagem, e os **percentis de 5% e 95%** indicam os valores mínimo e máximo que o impacto pode alcançar, respectivamente.

Unidade	Média (kgCO2e)	Desvio Padrão Absoluto (kgCO2e)	Coeficiente de variação (%)	Percentil 5% (kgCO2e)	Percentil 95% (kgCO2e)
Madem Rio Negro	105,6	10,3	9,75	91,5	124,2
EuroMadem	224,0	41,2	18,4	168,0	299,3
Madem Gulf	193,0	31,7	16,4	148,8	251,8
Madem Moorecraft – Denton	252,1	48,0	19,0	187,4	340,5
Madem Moorecraft – Tarboro	156,9	24,4	15,6	123,5	201,0
Madem Colômbia	181,3	22,19	12,2	149,9	220,9
Madem Barcarena	260,7	42,7	16,4	201,6	338,0

ESTUDO SOBRE RECICLAGEM DE CARRETÉIS (UNIDADE MADEM SOROCABA)

Objetiva identificar a **distância máxima de transporte do carretel usado para qual a reciclagem constitui a alternativa mais vantajosa**, considerando que, a partir desse limite, seria mais favorável o descarte do carretel.

Foram comparados dois ciclos de vida alternativos:

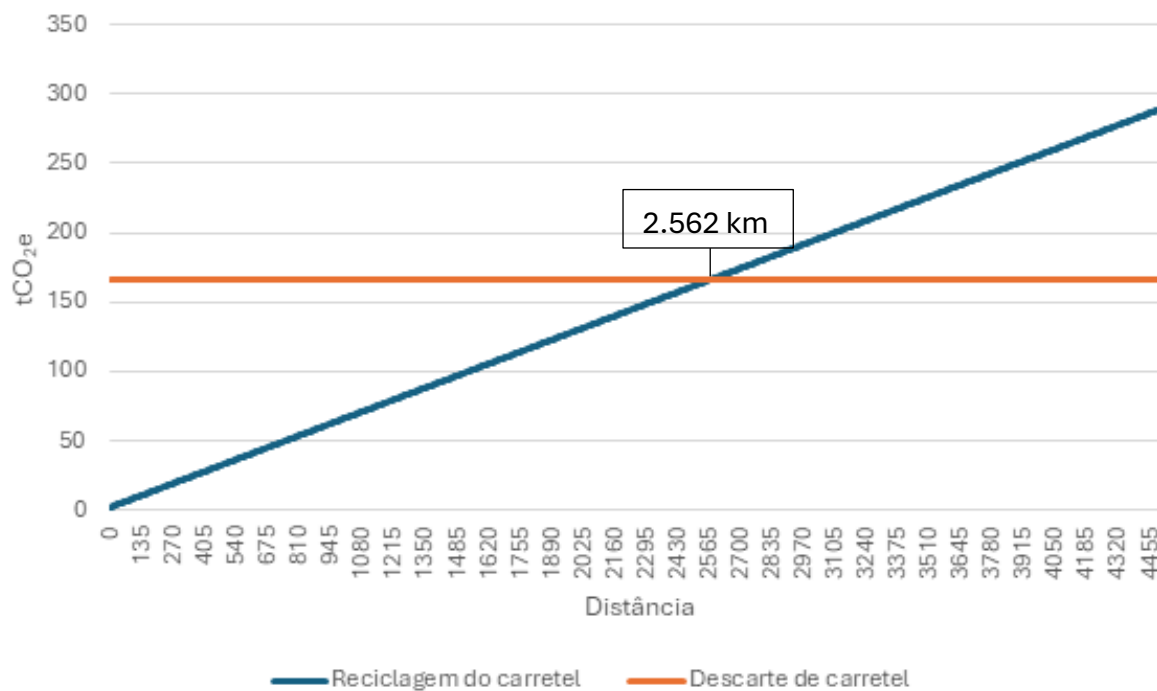
- ciclo de vida completo do carretel produzido pela unidade industrial Madem Rio Negro (excluindo a etapa de entrega ao cliente), com descarte do carretel ao final do uso;
- destinação do carretel usado para reciclagem (até o portão da fábrica).

Como premissa, para o fim de vida do carretel utilizou-se a mesma presente no inventário do Ecoinvent v.11 **para “market for waste wood, untreated” (Brazil – BR)**, o qual define proporções para a destinação do resíduo de madeira para aterro insalubre, classe de infiltração úmida (500 mm) (88,1%), lixão (8,4%), queima aberta (2,9%) e incineração municipal (0,6%).

A madeira serrada utilizada para reciclar o carretel usado é transportado da Madem Rio Negro para a Madem Sorocaba e corresponde, em média, a **0,4% do volume do carretel**.

ESTUDO SOBRE RECICLAGEM DE CARRETÉIS (UNIDADE MADEM SOROCABA)

Apresenta-se abaixo os resultados do estudo de análise do ponto de indiferença (break-even), **estabelecendo 2.562 km como a distância máxima que um carretel reciclado pode percorrer para que a reciclagem permaneça a alternativa mais vantajosa** em relação ao descarte do carretel.



LIMITAÇÕES DO ESTUDO E RECOMENDAÇÕES

- No transporte, rodoviário e marítimo, é indicado a **otimização das rotas logísticas**, a **redução de distâncias entre fornecedores** e unidades produtivas, a **substituição gradual de modais mais intensivos em emissões**, bem como o **uso de combustíveis renováveis**.
- No consumo energético é recomendável a substituição de fontes fósseis de energia (como o GLP, a gasolina e o óleo diesel) por **fontes renováveis**, obter **certificações** e potencializar a **compra de eletricidade renovável**.
- Com relação aos metais, a busca **por fornecedores que realizem a análise de ciclo de vida** dos próprios produtos é desejável, visto que seria possível obter a pegada de carbono dos insumos a partir de dados primários.