

...

INVENTÁRIO DE EMISSIONES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

NARDINI AGROINDUSTRIAL

Ano Safra 2022/2023

Vista Alegre do Alto, 2023



INFORMAÇÕES GERAIS

SOBRE A EMPRESA:

RAZÃO SOCIAL: NARDINI AGROINDUSTRIAL LTDA

CNPJ: 48.708.267/0461-56

ENDEREÇO: Fazenda Vista Alegre, km 2,5
Zona Rural - Vista Alegre do Alto/SP

ATIVIDADE(S): Usina de açúcar e etanol

CONTATO Fábio Luiz Gonçalves

PRINCIPAL: fabio.goncalves@nardini.ind.br | (16) 99786-1977

SOBRE O INVENTÁRIO:

PERÍODO: 01/04/2022 - 30/03/2023 (ano-safra)

ABORDAGEM: Controle operacional

ESCOPOS 1 e 2

RESPONSABILIDADE TÉCNICA

EMPRESA: FERRAZ CONSULTORIA LTDA - SOLUTA CONSULTORIA

CNPJ: 39.929.403/0001-55

PROFISSIONAIS: Ana Carolina de Godoy Silva - Eng. Ambiental
CREA RNP 1412163145 | e-mail: anacarolina@soluta.eco.br
Priscila Ferraz de Andrade - Gestora Ambiental
CREA RNP 261333826-1 | e-mail: priscila@soluta.eco.br



DESENVOLVIDO POR

soluta
GESTÃO E MEIO AMBIENTE



SUMÁRIO EXECUTIVO

O presente documento diz respeito ao segundo inventário de emissões da NARDINI AGROINDUSTRIAL LTDA, tendo como ano-base adotado no primeiro inventário (ano safra 2021/2022).

O inventário foi realizado conforme premissas do GHG Protocol, bem como métodos de referência do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), além de dados da literatura específica.

No total, para o ano-safra 2022/2023, foram contabilizadas 81.467,20 emissões totais em tCO₂e e 1.753.058,2073 emissões biogênicas em tCO₂.

Os principais gases emitidos foram o CO₂ e N₂O, e as principais categorias foram referentes à combustão móvel e às emissões agrícolas. Em relação a emissões totais, as fontes individuais mais representativas foram consumo de óleo diesel e queima de bagaço de cana.

Para emissões biogênicas a fonte mais significativa foi a combustão estacionária, seguida da fermentação alcoólica.

Ao final, o indicador principal obtido foi de emissões totais por área cultivada, no valor de 0,020 tCO₂eq/tonelada de cana.

O inventário servirá como base para a implantação de práticas de gestão de emissões, devendo ser adotada a sistematização de informações para a melhoria contínua da pegada de carbono.

Sumário

1	Introdução.....	2
1.1	A Empresa.....	3
1.2	Sobre Inventários de Emissão.....	4
1.3	Objetivo.....	5
2	Métodos.....	6
2.1	Referências Metodológicas.....	6
2.2	Princípios do Inventário.....	7
2.3	Gases de Efeito Estufa.....	8
2.4	Limites.....	9
2.4.1	Limites Organizacionais.....	9
2.4.2	Limites Geográficos.....	10
2.4.3	Limite Temporal.....	10
2.4.4	Limites Operacionais.....	10
2.5	Fontes de Emissão.....	11
2.6	Coleta e Tratamento de Dados.....	13
2.7	Incertezas.....	14
3	Resultados.....	18
3.1	Escopo 1.....	18
3.1.1	Combustão Estacionária.....	19
3.1.2	Combustão Móvel.....	20
3.1.3	Emissões Fugitivas.....	22
3.1.4	Atividades Agrícolas.....	24
3.1.5	Processos Industriais.....	27
3.2	Escopo 2.....	29
3.2.1	Energia Elétrica Adquirida.....	29
3.3	Resultados Gerais.....	31
3.4	Resultados por Categoria.....	32
3.5	Resultados por Fonte.....	33
4	Considerações.....	34
4.1	Considerações Gerais.....	34
4.2	Análise de Desempenho.....	34
4.3	Ações de Redução.....	35
4.4	Melhoria Contínua.....	35
5	Referências.....	37

1 INTRODUÇÃO

As discussões visando o desenvolvimento de ações efetivas a serem tomadas para meio ambiente, iniciadas com a Conferência de Estocolmo¹ em 1972 e seguida de tantos outros encontros e acordos entre nações, sempre buscaram uma receita que agradasse os países dispostos a barrar o aquecimento global.

O Brasil desde 2009 já se encontra atuante frente à necessidade de repensarmos os padrões de desenvolvimento econômico na sociedade, pois em 29 de dezembro desse ano sancionou a Lei nº 12.187, que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). Após diversas outras iniciativas, mais recentemente o país se comprometeu a reduzir suas emissões de GEEs para 37% abaixo dos níveis de 2005 até 2025 e para 43% até 2030 ao assinar o Acordo de Paris, em 2015.

Sabe-se que atualmente o setor agropecuário tem uma forte representatividade nas emissões de GEE no cenário brasileiro, por ser uma atividade de grande importância para a economia desse país, principalmente quando a prática agrícola está associada às mudanças do uso no solo e conversão de florestas para o uso agropecuário.

No entanto, o setor sucroenergético ocupa um papel de extrema importância no contexto de produção de energia limpa e renovável, onde além de contribuir na redução do consumo de combustíveis de fontes fósseis de energia e neutralizar as emissões de GEE em sua produção. Somado a isso, as empresas desse setor vêm buscando cada vez mais fazer a gestão de suas atividades alicerçada nos pilares do desenvolvimento sustentável.

¹ Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, Suécia, em 1972. O evento é considerado um marco mundial na história da conscientização ambiental.

1.1 A EMPRESA

A Nardini Agroindustrial Ltda é uma indústria brasileira que se tornou uma das maiores do setor sucroenergético nacional. Possui uma produção focada nos melhores resultados e em produtos com maior valor agregado, como açúcar cristal e etanol anidro. A empresa também produz energia elétrica a partir de biomassa através da subsidiária CEN (Companhia Energética Nardini).

A empresa foi fundada em 1973 por Aurélio Nardini, e sempre foi pautada em valores baseados na transparência, na responsabilidade e na atuação ética.

Atualmente as atividades industriais da Nardini são desenvolvidas no município de Vista Alegre do Alto e Aporé (GO). No entanto, essa segunda unidade não foi contemplada no presente inventário.



Figura 1 – Vista aérea da Nardini Agroindustrial LTDA.

1.2 SOBRE INVENTÁRIOS DE EMISSÃO

A proposta do inventário é a realização de um levantamento que pode ser feito em diversas escalas, desde uma empresa, para um estado ou até mesmo um país. Consiste na organização de dados sobre as emissões de gases de efeito estufa (GEE) do que se quer analisar, fundamentada em protocolos e padrões já renomados, através da contabilização dos GEE. Dessa forma, é uma ação importante, e até mesmo inicial, para que uma instituição possa de fato contribuir para o combate às mudanças climáticas, possibilitando o desenvolvimento de um plano de ação para reduzir e mitigar emissões.

Vale salientar que para que o inventário seja de fato eficiente, ele não deve ser considerado como um evento pontual, mas sim operar como um processo contínuo, constantemente monitorado. Isso possibilita a identificação da evolução das ações de mitigação dos impactos tomadas pela instituição que o está implementando.

Dentre as diversas vantagens que podem ser obtidas através da realização de um Inventário de emissões tem-se:

- Mais espaço para participação no desenvolvimento de políticas públicas;
- Diferencial no mercado frente a estabelecimentos não sustentáveis;
- Mais oportunidades de receita como por exemplo participando do Mercado de Carbono;
- Atendimento à padrões internacionais de sustentabilidade;
- Prevenção de criação de leis e regulamentos programáticos futuros ao ter um registro histórico sobre os dados de carbono.

Diante do atual cenário econômico, o inventário pode ser considerado uma ferramenta estratégica para o posicionamento de uma empresa perante o mercado e a sociedade em prol do desenvolvimento sustentável.

1.3 OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é a realização do primeiro inventário de emissões de gases de efeito estufa da Nardini, para o ano safra 2022/2023, incluindo:

- A contabilização das emissões de gases de efeito estufa do ano safra;
- O cálculo de indicadores, para posterior comparação e revisão de metas e estratégias para a gestão de emissões da unidade;
- A divulgação dos resultados obtidos, contribuindo para a comunicação entre o empreendimento e seus stakeholders.

2 MÉTODOS

2.1 REFERÊNCIAS METODOLÓGICAS

A elaboração do inventário foi respaldada em dois métodos principais: O GHG Protocol e os Relatórios de Referência para Inventários do IPCC².

O **GHG Protocol** é uma iniciativa de contabilização e gerenciamento de emissões de Gases de Efeito Estufa, originalmente desenvolvida nos Estados Unidos, em 1998, pelo *World Resources Institute* (WRI).

No Brasil o método foi adaptado ao contexto nacional no ano de 2008, pelo GVCes (Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas) e pelo WRI em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), o World Business Council for Sustainable Development (WBSCD) e 27 Empresas Fundadoras. A primeira versão da Ferramenta de Cálculo desenvolvida pelo GHG Protocol Brasil foi disponibilizada no ano de 2010, encontra-se atualmente na versão 2018.1.4³

Hoje é o método mais usado mundialmente pelas empresas e governos para a realização de inventários de GEE. É compatível com a norma ISO 14.064 - que trata especificamente de inventários - e com os métodos de quantificação do IPCC.

O GHG Protocol compila ferramentas de cálculo do IPCC e outras instituições de referência. Todavia, suas especificações e definição de limites e abordagens são importantes para entender o que deve ser efetivamente incorporado no inventário e como deve ser comunicado. Assim, tais especificações foram seguidas e justificativas ao longo deste documento.

² Intergovernmental Panel on Climate Change, órgão científico de referência em emissões de gases de efeito estufa.

³ Disponível em www.ghgprotocolbrasil.com.br

Especificamente quanto às quantificações, a versão mais recente da ferramenta do Programa Brasileiro GHG Protocol (v 2023.03) foi consultada para verificação de premissas de cálculos e fatores de emissão.

Em virtude de lacunas nessa ferramenta para a contabilização de emissões associadas às atividades agrícolas, a Ferramenta do GHG Agricultura v3.10 foi utilizada como referência. Todavia, muitas as informações foram extraídas dos guias para inventários disponibilizados desenvolvidos pelo IPCC (2006).

Estes guias são divididos em cinco volumes, conforme Figura 2.



Figura 2. Guias do IPCC para Inventários Nacionais, 2006.

Informações mais específicas além daquelas disponibilizadas pelas ferramentas mencionadas foram obtidas em estudos da literatura reconhecidos no setor de citricultura, além do contato com instituições que realizam pesquisas nesse tema, tais como o Centro de Citricultura e a Embrapa.

2.2 PRINCÍPIOS DO INVENTÁRIO

Todo e qualquer inventário de emissões de gases de efeito estufa deverá seguir os princípios estabelecidos pela ABNT ISO 14.064 (2015), conforme Figura 3.



Figura 3. Princípios de um inventário de emissões.

2.3 GASES DE EFEITO ESTUFA

Os gases de efeito estufa a serem reportados, segundo o GHG Protocol, são:

- Dióxido de Carbono (CO₂);
- Gás Metano (CH₄);
- Óxido Nitroso (N₂O);
- Hexafluoreto de Enxofre (SF₆);
- Hidrofluorcarbonetos (HFCs);
- Perfluorcarbonetos (PFCs)
- Trifluoreto de Nitrogênio (NF₃).

Neste inventário, foram obtidas emissões de CO₂, CO₂ biogênico, CH₄ e N₂O

Emissões de GEE são contabilizadas em uma unidade padrão chama dióxido de carbono equivalente (CO₂e), que converte os demais gases para o CO₂ através do Potencial de Aquecimento Global, conhecido por sua sigla do inglês – GWP⁴.

⁴ Global Warming Potential.

Os valores de GWP são determinados pelo IPCC, sendo a última versão (IPCC, 2013) a apresentada na **Tabela 1**.

Tabela 1. Potenciais de Aquecimento Global.

COMPOSTO	NOME	GWP
CO ₂	Dióxido de Carbono	1
CH ₄	Gás metano	28
N ₂ O	Óxido nitroso	265
R-410A	Gás refrigerante composto	1.924
HCFC-22 (R22)	Hidroclorofluorcarboneto	1.760

2.4 LIMITES

O estabelecimento dos chamados **limites** é o passo primordial para definir a estrutura e abrangência de um inventário. As justificativas dos limites do inventário aqui apresentado são demonstradas a seguir

2.4.1 Limites Organizacionais

O estabelecimento dos limites organizacionais visa delimitar as unidades de operações que devem ser incluídas no inventário de emissões. A abordagem de consolidação utilizada foi a de controle operacional, na qual 100% das emissões relativas a fontes controladas pela empresa foram incorporadas no inventário final.

Para fins de delimitação deste inventário, considerou-se a unidade administrativa da Nardini Agroindustrial LTDA, localizada no município de Vista Alegre do Alto – SP.

Por se tratar de atividade que envolve áreas agrícolas para o plantio de cana-de-açúcar, o inventário incluiu também propriedades rurais totalmente controladas pela empresa.

2.4.2 Limites Geográficos

Os limites geográficos do inventário referem-se à unidade administrativa, a subsidiária e as áreas produtivas por ela controlada. Tendo como limite geográfico o território brasileiro.

2.4.3 Limite Temporal

O limite temporal definido para as quantificações desse inventário foi o **ano-safra 2022/2023**, ou seja, o período de **01 de abril de 2022 a 31 de março de 2023**. O inventário anterior, elaborado para o período de 01 de abril de 2021 a 31 de março de 2022, consistindo no chamado ano-base para os demais inventários, por ser o primeiro a ser realizado.

No setor sucroenergético é prática comum adotar esse limite temporal, uma vez que, a colheita, e consequentemente a produção, se inicia no mês de abril e todas as informações são disponibilizadas para o ano-safra.

2.4.4 Limites Operacionais

Os limites operacionais são entendidos como o conjunto de fontes emissoras consideradas no inventário que estejam dentro dos limites organizacionais e geográficos.

O método do GHG Protocol propõe a distinção destas fontes dentro dos limites operacionais em 03 classificações distintas, para emissões não biogênicas, conforme Figura 4.

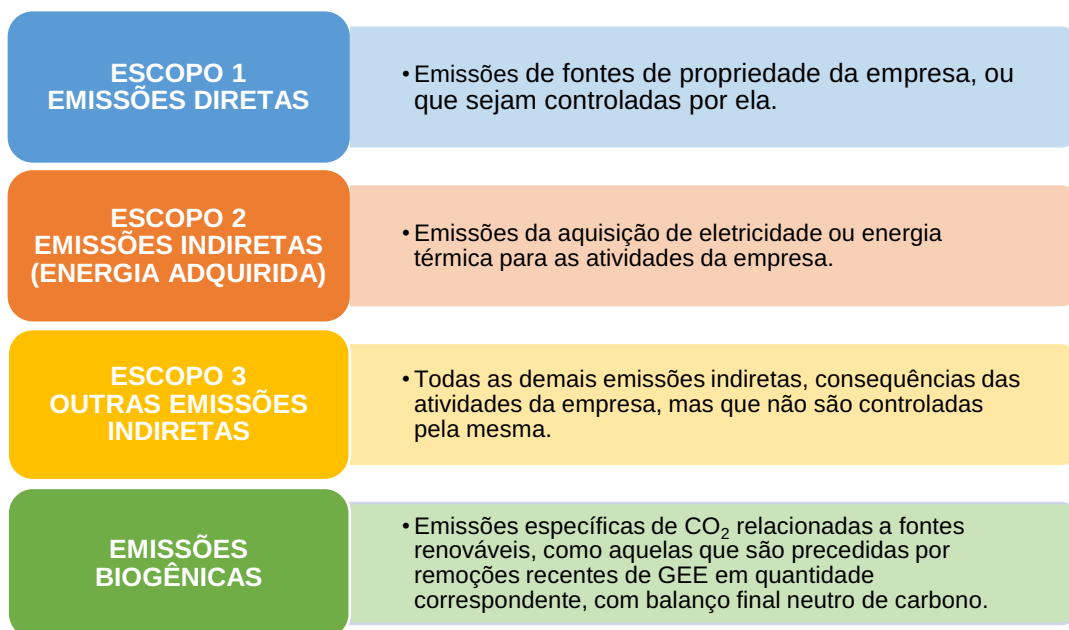


Figura 4. Escopos e Inventário

Emissões biogênicas devem ser consideradas, todavia, não somadas ao total, mas sim reportadas separadamente.

O *GHG Protocol* estabelece obrigatoriedade dos Escopos 1 e 2, tendo em vista que emissões de Escopo 3 nem sempre são facilmente obtidas. Assim, ele pode não ser reportado ou ser reportado de forma parcial ou completa. Neste inventário, optou-se por não incluir as emissões de Escopo 3.

Emissões biogênicas são relevantes para atividades que utilizam processos naturais, como é o caso do setor sucroalcooleiro, que realiza queima de biomassa (bagaço de cana), além de fazer uso da fermentação alcoólica para a produção do etanol, resultando em emissões do tipo.

2.5 FONTES DE EMISSÃO

As fontes de emissão são categorizadas tanto pelo GHG Protocol quanto pelo IPCC nas seguintes **categorias**:

- Combustão Estacionária;
- Combustão Móvel;
- Processos Industriais;
- Emissões Agrícolas;

- Emissões Fugitivas;
- Resíduos e Efluentes.

As fontes são identificadas e categorizadas, organizadas também segundo os respectivos escopos. Neste inventário, as fontes identificadas, dentro de cada Categoria e Escopo são apresentadas na **Tabela 2**.

Tabela 2. Fontes de Emissões identificadas

CATEGORIA	ESCOPO 1	ESCOPO 2	ESCOPO 3	EMISSIONES BIOGÊNICAS
Combustão Estacionária	• Motores Estacionários e Geradores • Caldeira Biomassa	Energia adquirida	-	• Queima de biocombustíveis (% de biodiesel no óleo diesel) • Queima de biomassa
Combustão Móvel	• Veículos Leves, Utilitários e Motocicletas • Veículos e Maquinários Agrícolas	-	-	• Queima de Biocombustíveis (% de biodiesel no óleo diesel e uso de etanol)
Emissões Fugitivas	• Uso Extintores de Incêndio • Recarga de Ar Refrigerante	-	-	-
Atividades Agrícolas	• Adubação Nitrogenada • Aplicação de Calcário • Aplicação de Gesso • Adubação Verde (soja) • Adubação Orgânica (vinhaça, torta de filtro, esterco e composto orgânico)	-	-	-
Processos industriais	-	-	-	• Fermentação alcoólica para a produção de etanol

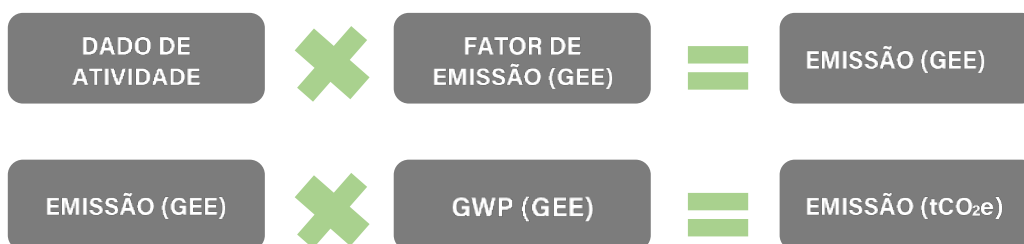
2.6 COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

A coleta de dados aconteceu após conhecimento das principais atividades da Nardini. Foi enviada uma planilha com questionários e orientações de todas as informações necessárias.

Durante todo o desenvolvimento do trabalho foram realizadas reuniões para esclarecimentos e definições sobre os dados a serem reportados.

Os dados brutos foram mantidos em diretório digital e todos os dados utilizados foram organizados, tanto suas evidências documentais, quanto os dados compilados em planilha de Microsoft Office Excel®.

Todos os dados foram tratados e realizadas as conversões necessárias, e dispostos em uma planilha, na qual se realizaram os cálculos das emissões, a partir da premissa básica:



Os dados referentes às fontes de cada setor foram calculados conforme categoria de emissão (combustão estacionária, combustão móvel, energia adquirida, atividades agrícolas, emissões fugitivas e distribuição de frutas), a partir dos métodos de referência.

Os fatores de emissão foram aplicados por gás, considerando:

- Padrões do IPCC;
- Indicações do GHG Protocol;
- Referências da Literatura.

Cada resultado individual de GEE foi multiplicado pelo respectivo GWP e as emissões foram categorizadas por Escopo, **sendo as biogênicas reportadas separadamente.**

Os cálculos foram realizados em planilha de Excel®, disponibilizada juntamente deste relatório, na qual encontram-se todas as referências, fatores de emissões e conversões realizada.

2.7 INCERTEZAS

O processo de elaboração de um inventário de emissões está sujeito à variação na qualidade dos dados em virtude de incertezas inerentes.

A análise dessas incertezas permite a compreensão da existência de risco de quantificação relevante e é imprescindível para assegurar a aderência do inventário de emissões aos níveis de materialidade almejados.

A análise que segue promoveu uma avaliação do processo e cálculo de emissões vis-à-vis as causas das incertezas apontadas pelo IPCC, com potencial impacto na quantificação das emissões de GEE e é organizado de forma a permitir uma avaliação de incertezas por fonte de emissões.

- **Falta de Integridade:** Ocorre quando faltam dados disponíveis, seja pelo não reconhecimento do processo ou pela não existência de métodos de medição. Geralmente, a falta de integridade pode gerar uma tendência de conceitos incompletos, mas também pode contribuir para erros aleatórios dependendo da situação.
- **Modelo:** Pode ser simplesmente um fator de multiplicação simples ou dado seu grau de complexidade até se tornar um complicado modelo de processo. A utilização de modelos para estimar emissão e remoção de GEE pode apresentar incertezas, tanto como tendência ou erro aleatório.
- **Falta de Dados:** Em algumas situações, simplesmente não há dados suficientes disponíveis necessários para caracterizar uma remoção ou emissão em particular. Nessas situações, costuma-se usar dados substitutos de categorias similares ou realizar a interpolação ou extrapolação para estimar os dados faltantes.

- **Falta de Representatividade dos Dados:** Acontece quando os dados disponíveis não correspondem totalmente às reais condições de emissão/remoção de GEE.
- **Erro de Amostragem Estatística Aleatória:** Esta fonte de incerteza está associada ao dado que é uma amostra aleatória de tamanho finito e geralmente dependente da variância da população da qual a amostra foi extraída e do tamanho da amostra em si.
- **Incertezas de Medição:** Pode ser aleatório ou sistêmico; resultado do arquivamento e da transmissão de informações; da resolução de instrumentos finitos; da inexatidão de valores de padrões de medidas e referências de materiais; da inexatidão dos valores das constantes e de outros parâmetros, obtidos de fontes externas, usados na redução matemática; da aproximação e suposição incorporados aos métodos de medição e estimação de procedimentos; e/ou das variações em observações repetidas da emissão ou remoção ou variável associada sob condições aparentemente idênticas.
- **Apresentação Incorreta ou Erros de Classificação:** As incertezas são, neste caso, devido a definições erradas, incompletas e confusas de emissões ou remoções.
- **Dados Perdidos:** Quando há tentativa de medição, porém, não há valores disponíveis.

As incertezas desse inventário de emissões estão associadas à coleta de dados, ao cálculo dos fatores de emissão e aos registros dos dados utilizados (**Tabela 3**)

Tabela 3. Análise de incertezas

Natureza da Incerteza	Origem da Incerteza	Análise
Fatores de Emissão	Construção dos fatores	São inerentes aos fatores de emissão utilizados na ferramenta de cálculo e de responsabilidade dos agentes que os publicam.

Natureza da Incerteza	Origem da Incerteza	Análise
Medidores	Balanças	A incerteza inerente é o desvio permitido pelo INMETRO para balanças ($\pm 2\%$).
	Bombas Combustíveis de	A imprecisão nas bombas de combustíveis é estabelecida pelo INMETRO ($\pm 0,5\%$).
	Botijões	A imprecisão no peso exato de cada botijão é estabelecida pelo IPEM ($\pm 2,3\%$).
	Extintores de incêndio	A recarga deve ser feita somente com a carga nominal do agente extintor, com uma tolerância de carga de 5% para menos (INMETRO - Portaria nº 005, de 04 de janeiro de 2011).
	Medidores de vazão de efluentes líquidos	O fluxo de efluentes é obtido através de medidores de vazão com precisão da ordem de $\pm 1\%$, e as demais características são obtidas através de medidores específicos de boa precisão, que devem ser calibrados periodicamente para não perder a acuidade.
	Medidores de gás natural	A precisão dos aparelhos para medição de consumo de gás natural é estabelecida em $\pm 1,5\%$ (Portaria INMETRO ANP nº 1 de 19 de junho de 2000).
	Medidores Eletricidade de	A exatidão das medições é objeto de controle tanto do usuário quanto dos organismos governamentais. Sendo assim, espera-se que, nesses parâmetros, as incertezas sejam

Natureza da Incerteza	Origem da Incerteza	Análise
		bastante reduzidas – inferiores a 3,5% (ANEEL).
Registros	Coleta e Transcrição dos dados	Os registros da organização estão sujeitos a auditorias recorrentes, de forma que se pode considerar que eventuais desvios são revistos tempestivamente de forma a manterem-se precisos e completos para o inventário de Emissões.

3 RESULTADOS

3.1 ESCOPO 1

Para determinar as emissões diretas de GEE por tipo de fonte, foram utilizados fatores emissão, equações, parâmetros e cálculos aderentes à norma ABNT NBR ISO 14064:2007 e ao GHG Protocol - Programa Brasileiro.

A seguir encontram-se os dados utilizados para os cálculos, emissões por gases de efeito estufa e emissões em tCO₂e para cada Categoria de emissão de Escopo 1.

3.1.1 Combustão Estacionária

Combustão estacionária é a queima de diferentes combustíveis, para geração de energia com o uso de equipamento estacionário (caldeiras, fornos, queimadores, turbinas, aquecedores, incineradores, motores, etc.).

Os dados para o cálculo das emissões foram disponibilizados pela Nardini, e encontram-se na **Tabela 4** a seguir. Na Tabela 5 encontram-se as emissões por gases, para cada fonte de Combustão Estacionária.

Tabela 4. Dados de consumo de combustíveis e biomassa (Combustão Estacionária)

Fonte de Emissão	Especificação da Fonte	Detalhamento	Quantidade	Unidade
Motores Estacionários e Gerador	Consumo de óleo diesel em motores e bombas	Óleo Diesel	328.105,33	litros
Caldeira Biomassa	Queima de bagaço de cana em caldeira para a produção de energia	Bagaço de Cana	920.294,30	toneladas
Caldeira Biomassa	Queima de lenha de eucalipto em caldeira para a produção de vapor	Lenha de Eucalipto	49,29	toneladas
Caldeira Biomassa	Queima de biomassa em caldeira para a produção de vapor	Biomassa	31.561,57	toneladas

Tabela 5. Emissões decorrentes das fontes de Combustão Estacionária

CATEGORIA	FONTE	CO ₂ (t)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	CO ₂ e (t)	CO ₂ bio (t)
COMBUSTÃO ESTACIONÁRIA	Consumo de óleo diesel em motores e bombas	776,8935	0,1158	0,0069	781,9758	80,5830
	Queima de bagaço de cana em caldeira para a produção de energia	0,0000	246,2123	32,8283	15.593,4479	821.528,4918
	Queima de lenha de eucalipto em caldeira para a produção de vapor	0,0000	0,1919	0,0000	5,3738	71,5441
	Queima de biomassa em caldeira para a produção de vapor	0,0000	10,9834	1,4645	695,6171	36.648,0361
	Total Emissões Combustão Estacionária	776,8935	257,5035	34,2997	17.076,4146	858.328,6551

3.1.2 Combustão Móvel

Combustão móvel é a queima de diferentes combustíveis, para transportes em geral (frota operacional da empresa) e veículos fora de estrada, tais como os usados em construção, agricultura e florestas.

Os dados para o cálculo das emissões foram disponibilizados pela Nardini, e encontram-se na Tabela 6 a seguir. Na

CATEGORIA	FONTE	CO ₂ (t)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	CO ₂ e (t)	CO ₂ bio (t)
-----------	-------	---------------------	---------------------	----------------------	-----------------------	-------------------------

COMBUSTÃO MÓVEL	Consumo de etanol em veículos leves e utilitários	0,0000	0,1956	0,0065	7,2031	741,8090
	Consumo de gasolina em veículos leves e utilitários	9,7718	0,0039	0,0012	10,1903	2,4934
	Consumo de óleo diesel em maquinários agrícolas, caminhões e veículos	41.562,0018	2,8002	2,2472	42.235,9206	4.312,8538
	Total Emissões Combustão Móvel	41.571,7736	2,9997	2,2549	42.253,3140	5.057,1562

Tabela 7 encontram-se as emissões por gases, para cada fonte de Combustão Móvel

Tabela 6. Dados de consumo de combustíveis (Combustão Móvel)

Fonte de Emissão	Especificação da Fonte	Detalhamento	Quantidade	Unidade
Veículos Leves e Utilitários	Consumo de etanol em veículos leves e utilitários	Etanol	509.134,53	litros
Veículos Leves e Utilitários	Consumo de gasolina em veículos leves e utilitários	Gasolina	6.051,56	litros
Veículos e Maquinários Agrícolas	Consumo de óleo diesel em maquinários agrícolas, caminhões e veículos	Óleo Diesel	17.741.068,78	litros

Tabela 7. Emissões decorrentes das fontes de Combustão Móvel

CATEGORIA	FONTE	CO ₂ (t)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	CO ₂ e (t)	CO ₂ bio (t)
COMBUSTÃO MÓVEL	Consumo de etanol em veículos leves e utilitários	0,0000	0,1956	0,0065	7,2031	741,8090
	Consumo de gasolina em veículos leves e utilitários	9,7718	0,0039	0,0012	10,1903	2,4934
	Consumo de óleo diesel em maquinários agrícolas, caminhões e veículos	41.562,0018	2,8002	2,2472	42.235,9206	4.312,8538
	Total Emissões Combustão Móvel	41.571,7736	2,9997	2,2549	42.253,3140	5.057,1562

3.1.3 Emissões Fugitivas

Emissões fugitivas podem ser decorrentes de: liberações da produção, processamento, transmissão, armazenagem e uso de combustíveis e liberações não intencionais de substâncias que não passem por chaminés, drenos, tubos de escape ou outra abertura funcionalmente equivalente, tais como liberação de hexafluoreto de enxofre (SF6) em equipamentos elétricos, vazamento de hidrofluorcarbonos (HFCs) durante o uso de equipamento de refrigeração e ar condicionado e vazamento de metano (CH4) no transporte de gás natural.

Os dados para o cálculo das emissões foram disponibilizados pela Nardini, e encontram-se na Tabela 8 a seguir. Na

CATEGORIA	FONTE	CO ₂ (t)	HFCs	CO ₂ e (t)
EMISSIONES FUGITIVAS	Recargas de extintores de incêndio a base de CO2	0,0000	0,0000	0,4990
	Recargas de gás refrigerante	9,7718	0,0520	100,0220

Tabela 9	Recargas de gás refrigerante (não-Quito)	41.562,0018	0,2340	411,8400	encontram-se as gases, para Emissão Fugitiva.
	Total de Emissões Fugitivas	41.571,7736	0,2860	512,3610	

Tabela 8. Dados de consumo gases refrigerantes e recarga de extintores (Emissões Fugitivas)

Fonte de Emissão	Especificação da Fonte	Detalhamento	Quantidade	Unidade
Uso Extintores de Incêndio	Recargas de extintores de incêndio a base de CO ₂	CO ₂	499,00	kg
Recarga de Ar Refrigerante	Recargas de gás refrigerante	R-410A	52,00	kg
Recarga de Ar Refrigerante	Recargas de gás refrigerante (não-Quito)	HCFC-22 (R22)	234,00	kg

CATEGORIA	FONTE	CO ₂ (t)	HFCs	CO ₂ e (t)
EMISSIONES FUGITIVAS	Recargas de extintores de incêndio a base de CO ₂	0,0000	0,0000	0,4990
	Recargas de gás refrigerante	9,7718	0,0520	100,0220
	Recargas de gás refrigerante (não-Quito)	41.562,0018	0,2340	411,8400

Tabela 9.
decorrentes

Total de Emissões Fugitivas	41.571,7736	0,2860	512,3610	Emissões das fontes de
Emissões Fugitivas				

3.1.4 Atividades Agrícolas

As emissões associadas às Atividades Agrícolas são todas aquelas associadas aos tratos culturais do cultivo: drenagem e preparo do solo (CO2, CH4, N2O), adição de fertilizantes sintéticos (N2O), resíduos de culturas deixados sobre o solo (CO2, CH4, N2O), adição de ureia e calcário para solos (CO2), fermentação entérica (CH4), cultivo de arroz (CH4), queimada de resíduos de culturas deixados no terreno (CO2, CH4, N2O), manejo florestal (CO2), oxidação de substratos suportes de cultura hortícola (CO2), entre outros.

Os dados para o cálculo das emissões foram disponibilizados pela Nardini, e encontram-se na Tabela 10 a seguir. Na

CATEGORIA	FONTE	CO2 (t)	CH4 (t)	N2O (t)	CO2e (t)	CO2bio (t)
-----------	-------	---------	---------	---------	----------	------------

ATIVIDADES AGRÍCOLAS	Aplicação de fertilizante nitrogenado sintético	0,0000	0,0000	19,3198	5.119,7441	0,0000
	Correção do solo com calcário dolomítico	8.321,0479	0,0000	0,3473	8.413,0860	0,0000
	Correção do solo com gesso agrícola	4.066,5056	0,0000	0,0000	4.066,5056	0,0000
	Adubação verde com utilização de leguminos	0,0000	0,0000	0,0012	0,3060	0,0000
	Aplicação de vinhaça	0,0000	0,0000	9,8496	2.610,1332	0,0000
	Aplicação de torta de filtro	0,0000	0,0000	0,0008	0,2176	0,0000
	Aplicação de composto orgânico	0,0000	0,0000	0,0114	3,0132	0,0000
	Aplicação de esterco	0,0000	0,0000	0,0002	0,0501	0,0000
	Total de Emissões Atividades Agrícolas	12.387,5535	0,0000	29,5302	20.213,0558	0,0000

Tabela 11 encontram-se as emissões por gases, para cada fonte de Atividade Agrícola.

Tabela 10. Dados de consumo e aplicação de insumos (Atividades Agrícolas)

INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Fonte de Emissão	Especificação da Fonte	Detalhamento	Quantidade	Unidade
Adubação Nitrogenada	Aplicação de fertilizante nitrogenado sintético	N	1.709.715,83	kg
Aplicação de Calcário	Correção do solo com calcário dolomítico	Calcário Dolomítico	17.456.743,88	kg
Aplicação de Gesso	Correção do solo com gesso agrícola	Gesso Agrícola	10.166.263,95	kg
Adubação Verde	Adubação verde com utilização de leguminos	Soja	3.020,00	kg
Adubação Orgânica	Aplicação de vinhaça	Vinhaça	1.221.813.140,00	litros
Adubação Orgânica	Aplicação de torta de filtro	Torta de Filtro	2.934,21	kg
Adubação Orgânica	Aplicação de composto orgânico	Composto orgânico	56.529,09	kg
Adubação Orgânica	Aplicação de esterco	Esterco	939,47	kg

Tabela 11. Emissões decorrentes das fontes de Atividades Agrícolas

CATEGORIA	FONTE	CO ₂ (t)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	CO ₂ e (t)	CO ₂ bio (t)
ATIVIDADES AGRÍCOLAS	Aplicação de fertilizante nitrogenado sintético	0,0000	0,0000	19,3198	5.119,7441	0,0000
	Correção do solo com calcário dolomítico	8.321,0479	0,0000	0,3473	8.413,0860	0,0000
	Correção do solo com gesso agrícola	4.066,5056	0,0000	0,0000	4.066,5056	0,0000
	Adubação verde com utilização de leguminos	0,0000	0,0000	0,0012	0,3060	0,0000
	Aplicação de vinhaça	0,0000	0,0000	9,8496	2.610,1332	0,0000
	Aplicação de torta de filtro	0,0000	0,0000	0,0008	0,2176	0,0000
	Aplicação de composto orgânico	0,0000	0,0000	0,0114	3,0132	0,0000
	Aplicação de esterco	0,0000	0,0000	0,0002	0,0501	0,0000
Total de Emissões Atividades Agrícolas		12.387,5535	0,0000	29,5302	20.213,0558	0,0000

3.1.5 Processos Industriais

As emissões decorrentes de Processos Industriais agrupam todas as emissões de GEE que não sejam de combustão, resultantes de processos físicos ou químicos, tais como as emissões de CO₂ da calcinação na fabricação de cimento, as emissões de CO₂ da quebra catalítica no processamento petroquímico, as emissões de PFCs da fundição do alumínio, etc.

Os dados para o cálculo das emissões foram disponibilizados pela Nardini, e encontram-se na Tabela 12**Tabela 8** a seguir. Na Tabela 13 encontram-se as emissões por gases, para a fonte de Processos Industriais.

Tabela 12. Dados dos Processos Industriais

Fonte de Emissão	Especificação da Fonte	Detalhamento	Quantidade	Unidade
Fermentação Alcoólica	Fermentação alcoólica para a produção de etanol	Etanol	1.085.263.097,00	litros

Tabela 13. Emissões decorrentes da fonte de emissão de Processos Industriais

CATEGORIA	FONTE	CO ₂ (t)	CO ₂ biogênico (t)	CO ₂ bio (t)
Processos Industriais	Fermentação alcoólica para a produção de etanol	0,0000	819.916,2698	819.916,2698
	Total Emissões Processos Industriais	0,0000	819.916,2698	819.916,2698

3.2 ESCOPO 2

Para determinar as emissões indiretas de GEE decorrentes do consumo de energia elétrica, foram utilizados fatores emissão, equações, parâmetros e cálculos de acordo com Ferramenta GHG Protocol Versão v2023 0.3, e os fatores de emissão disponibilizados pelo MCTIC.

3.2.1 Energia Elétrica Adquirida

Combustão móvel é a queima de diferentes combustíveis, para transportes em geral (frota operacional da empresa) e veículos fora de estrada, tais como os usados em construção, agricultura e florestas.

Os dados para o cálculo das emissões foram disponibilizados pela Nardini, e encontram-se na Tabela 14 a seguir. Na Tabela 15 encontram-se as emissões por gases, para cada fonte de Combustão Móvel

Tabela 14. Dados de Energia Elétrica adquirida da rede de distribuição e da CEN

Fonte de Emissão	Especificação da Fonte	Detalhamento	Quantidade	Unidade
Aquisição de Energia Elétrica	Energia adquirida da Companhia Elétrica Nardini (CEN)	Energia Elétrica (CEN)	96.786,45	MWh
Aquisição de Energia Elétrica	Energia adquirida do Sistema Nacional Interligado (SIN)	Energia Elétrica (SIN)	2.457,90	MWh

Tabela 15. Emissões decorrentes da aquisição de Energia Elétrica

CATEGORIA	FONTE	CO ₂ (t)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	CO ₂ e (t)	CO ₂ bio (t)
ENERGIA ELÉTRICA ADQUIRIDA	Energia adquirida do Sistema Nacional Interligado (SIN)	88,0134	0,0000	0,0000	88,0134	0,0000
	Energia adquirida da Companhia Elétrica Nardini (CEN)	0,0000	20,9059	2,7875	1.324,0424	69.756,1263
	Total Emissão Energia Adquirida	88,0134	20,9059	2,7875	1.412,0557	69.756,1263

3.3 RESULTADOS GERAIS

Ao todo o período safra de 2022/2023 da Nardini resultou em **81.467,20 toneladas de CO₂e** e **1.753.058,21 tCO₂ biogênico** (Tabela 16Tabela 16). O Escopo 1 representou 99,7% das emissões totais não-biogênicas, sendo Escopo 2 responsável por apenas 0,3%, conforme Figura 5.

Tabela 16. Emissões Totais

Escopo 1 (tCO₂e)	80.055,1454
Escopo 2 (tCO₂e)	1.412,0557
Emissões biogênicas (tCO₂)	1.602.590,28

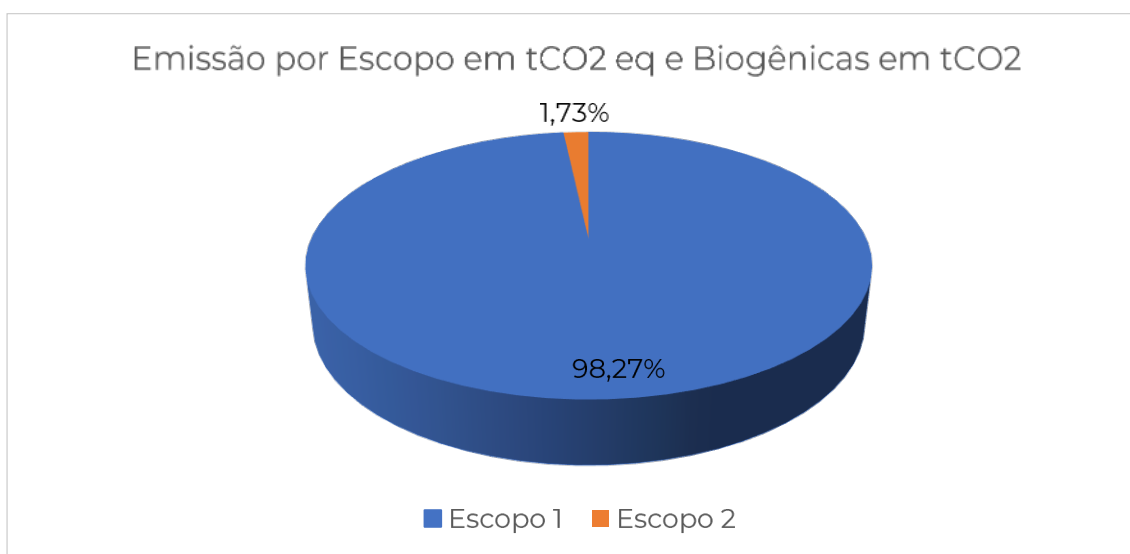


Figura 5. Emissões por Escopo em tCO₂e

As emissões biogênicas por sua vez, representam 95,56% das emissões totais no ano-safra inventariado, enquanto 4,44% refere-se ao não-biogênico.

Pela Figura 6, verifica-se que o CO₂ biogênico foi o principal gás emitido,

A expressividade dos resultados de Escopo 1 é justificada por algumas razões:

- Emissões de Escopo 3 não foram reportadas, por se tratar de um primeiro inventário e a dificuldade em obter essas informações.
- Grande parte dos processos é controlado pela usina, ou seja, existe grande controle operacional e, portanto, maior parte das fontes de emissão está alocada no Escopo 1.
- A empresa gera e consome energia renovável, reduzindo a necessidade de aquisição de energia elétrica ou térmica e, portanto, com menos emissões de Escopo 2.

3.4 RESULTADOS POR CATEGORIA

Para fins de maior comparabilidade, os resultados foram apresentados por categoria, conforme distribuição utilizada pelo GHG Protocol.

Em termos de **emissões totais**, a principal categoria foi a de Combustão Móvel (51,87%), seguida pela Atividades Agrícolas (24,81%) e Combustão Estacionária (20,96%), com pouca representatividade para Emissões Fugitivas, Processos Industriais e Energia Adquirida (Figura 6).

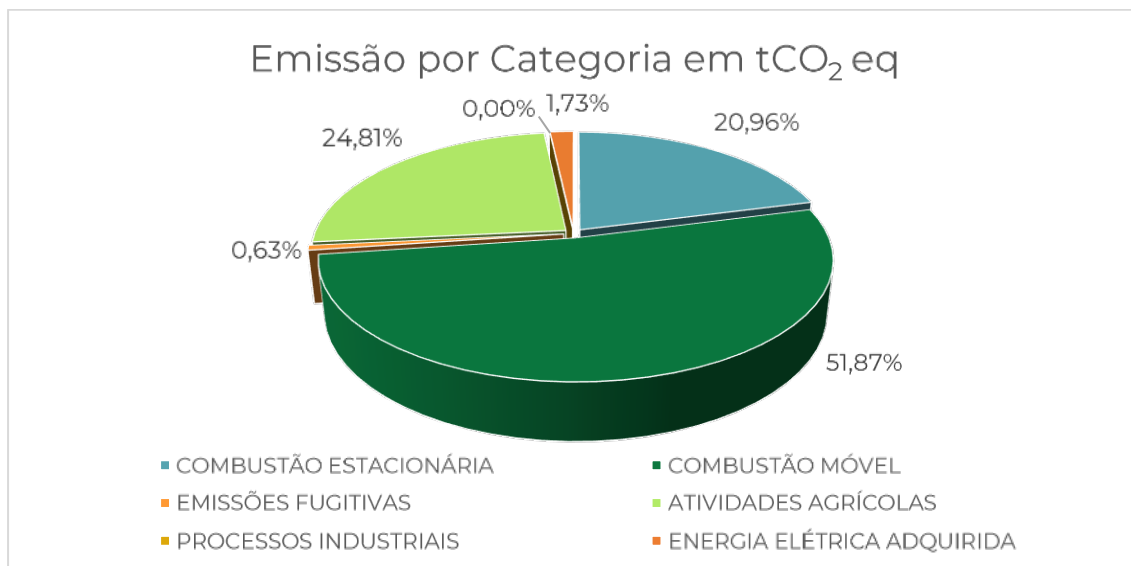


Figura 6 - Emissões Totais por Categoria (tCO₂e)

3.5 RESULTADOS POR FONTE

A fim de compreender o impacto individual de cada fonte, foram listadas as contribuições totais das emissões não-biogênicas, conforme apresentado na Figura 7.

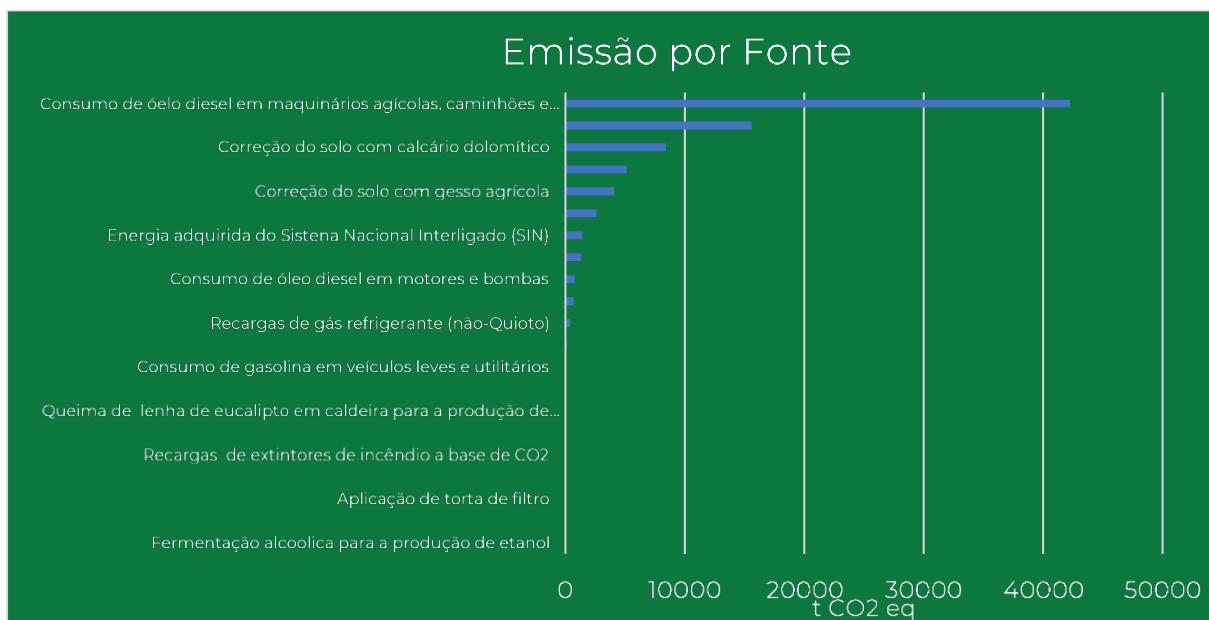


Figura 7. Emissões não-biogênicas por Fonte (tCO₂e).

As principais fontes em relação às emissões totais foram: Consumo de óleo diesel em maquinários agrícolas, caminhões e veículos, queima de bagaço de cana em caldeira para produção de energia e vapor e aplicação de gesso agrícola.

A representatividade das emissões por fonte é importante para a realização de ações pontuais ou o estabelecimento de metas direcionadas.

4 CONSIDERAÇÕES

4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O documento consiste no segundo inventário da Nardini, e sua elaboração faz parte da estratégia de sustentabilidade da empresa, alinhada com o Relatório de Sustentabilidade publicado.

Como principais resultados, observou-se a relevância das fontes das emissões relacionadas à combustão móvel, representando pouco mais da metade das emissões totais no ano safra, principalmente decorrente do consumo de óleo diesel em maquinários agrícolas e caminhões. Outra fonte de grande importância foram as atividades agrícolas, relacionadas ao manejo do solo, aplicação de fertilizante nitrogenado e correção do solo com calcário.

Assim, estas fontes deverão ser observadas nos planejamentos internos da empresa, visando adotar tecnologias que permitam o uso de combustíveis renováveis, otimizar rotas feitas durante o transporte de cana-de-açúcar até a usina e através de melhores práticas na aplicação de produtos no campo.

4.2 ANÁLISE DE DESEMPENHO

Através da disponibilização de suas informações, a Nardini espera contribuir com a transparência no mercado.

Para os indicadores deste relatório considerou-se como base a quantidade de área cultivada, tonelada de cana-de-açúcar moída e tonelada de açúcar produzida no período, conforme dados disponíveis na Tabela 17. A Tabela também apresenta as emissões relativas referente ao ano safra anterior, como forma de comparar a evolução das emissões da companhia.

Tabela 17. Indicadores Finais

INDICADORES	Safra 22/23	Safra 21/22	Unidade
Emissão total por área cultivada	1,3357	1,5550	tCO ₂ eq/ha
Emissão total por tonelada de cana-de-açúcar	0,0203	0,0214	tCO ₂ eq/tonelada de cana
Emissão total por total de açúcar produzido	0,2369	0,2531	tCO ₂ eq/tonelada de açúcar

4.3 AÇÕES DE REDUÇÃO

O processo produtivo sucroalcooleiro possibilita que emissões de gases de efeito sejam evitadas, devido ao reaproveitamento durante etapas. Por exemplo, a utilização dos principais resíduos e efluentes na reaplicação no campo, como a vinhaça, torta de filtro e cinzas.

Além disso, a energia gerada a partir do bagaço de cana de açúcar alimenta boa parte dos processos da usina, além de gerar um excedente para o Sistema Elétrico Nacional. Neste aspecto, é possível considerar que a energia renovável consumida pela unidade consiste uma redução evitada, a partir do momento em que ela deixa de ser adquirida do sistema.

4.4 MELHORIA CONTÍNUA

Compreendendo a relevância de atender aos princípios do inventário, a Nardini deverá reportar suas emissões anualmente, buscando maior inclusão de fontes. Isto poderá ser obtido a partir de:

- Implantação de sistema específico para controle de dados;
- Atualização de fatores de emissão;
- Reporte e transparência, incluindo em plataformas públicas.

A partir dos resultados obtidos neste inventário piloto, a Nardini poderá iniciar um plano de ação, contemplando estratégia para definir metas de redução de suas emissões de GEE. Ações relacionadas ao consumo de energia renovável, principalmente em seus motores de combustão e maquinários agrícolas,

além de maior precisão na coleta de dados dos resíduos culturais aplicados, podem ser o início do planejamento.

5 REFERÊNCIAS

ANP, 2023 AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (Brasil). Fatores de conversão, densidades e poderes caloríficos inferiores: valores médios para o ano de 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2022/outras-pecas-documentais/fatores-conversao-2022.pdf/view>

BEN, 2022 EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético nacional (BEN) - Ano base 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>

IPCC, 2013 INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. (2013). Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

IPCC, 2006 "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories:

Chapter 2: Stationary Combustion

Chapter 3: Mobile Combustion

Chapter 4: Agriculture, Forest and Other Land Use"

MMA, 2014 Ministério do Meio Ambiente. Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013. Ano-base 2012. Relatório Final. Disponível em: http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Inventario_de_Emissoes_por_Veiculos_Rodoviaros_2013.pdf

MCTIC, 2016 Ministério da Ciência, Tecnologia, Comunicação e Inovação. Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações. Disponível em: <http://sirene.mctic.gov.br>

MCTIC, 2023 Ministério da Ciência, Tecnologia, Comunicação e Inovação. Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações. Disponível em: <http://sirene.mctic.gov.br>

SEABRA, 2008 SEABRA, J.E.A. Avaliação técnico-econômica de opções para o aproveitamento integral da biomassa de cana no Brasil (2008). Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas.