

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GABRIELA GRESPAN CÂMARA

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA: COMPARAÇÃO ENTRE
METODOLOGIA GHG PROTOCOL E PEGADA DE CARBONO

CURITIBA

2024

GABRIELA GRESPAN CÂMARA

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA: COMPARAÇÃO ENTRE
METODOLOGIA GHG PROTOCOL E PEGADA DE CARBONO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de MBA em Projetos Sustentáveis e Inovações Ambientais, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.

Orientadora: Prof. Dra. Mariana Schuchovski

CURITIBA

2024

*Dedico este trabalho à minha mãe Ivone
Grespan Câmara, pelo amor incondicional e
incentivo aos estudos de seus filhos e netos.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me iluminado e estar sempre ao meu lado me dando forças durante toda esta etapa da minha vida.

Aos meus pais Luiz Fernando Dias Câmara e Ivone Grespan Câmara e ao meu marido Matheus Filipe Streb por todo carinho, amor e principalmente pela confiança em mim depositada.

Aos meus filhos Bianca Grespan Câmara Rodrigues e João Luiz Grespan Câmara Lopes por serem a razão para eu seguir estudando e aprimorando meu conhecimento.

A minha orientadora Prof^a Dra. Mariana Schuchovski, por ser tão prestativa e atenciosa e me auxiliar em todos os momentos que precisei.

Às outras pessoas que direta ou indiretamente colaboraram na elaboração desse trabalho, o meu agradecimento.

” Quanto ao futuro, não se trata de prevê-lo, mas de torná-lo possível.“

Antoine de Saint Exupéry, Citadelle, 1948

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA: COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIA GHG PROTOCOL E PEGADA DE CARBONO

Gabriela Grespan Câmara¹

¹Engenheira Industrial Química, Universidade Feevale, Mestre em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, na Área de Concentração Tecnologia Mineral, Ambiental e Metalurgia Extrativa, UFRGS-RS.

RESUMO

Os efeitos das mudanças climáticas são os principais problemas ambientais globais da atualidade, sendo que uma das causas deste fenômeno é o aquecimento global. A temperatura do planeta vem subindo ano após ano de uma forma acelerada, desta forma o Acordo de Paris foi assinado, objetivando limitar a mudança climática para menos que 2°C num determinado período. Este acordo foi ratificado por diversos países que se comprometeram com metas para juntos atingir este compromisso com o planeta. Neste contexto e com as evidências apontando cada vez mais que o aquecimento global está relacionado com as atividades humanas, várias organizações do setor privado de diversos países estão gerenciando de forma voluntária suas emissões de carbono. O foco deste trabalho se dá na análise e comparação das metodologias disponíveis para mensurar as emissões de gases de efeito estufa, o GHG Protocol e a Pegada de Carbono, analisando os limites (*boundaries*) e as vantagens e desvantagens de cada metodologia. O trabalho justifica-se pela necessidade de ampla discussão técnica a respeito das metodologias que as empresas estão utilizando para divulgar suas informações de intensidade de emissão de CO₂e, entendendo as diferenças, para que então se possa comparar dados dentro do mesmo setor. Para organizações que estão num nível inicial no gerenciamento das emissões de gases de efeito estufa, o ideal como primeiro passo é realizar a quantificação de GEE em nível organizacional, considerando os escopos 1 e 2 apenas, ou seja, o Inventário de GEE de acordo com o GHG Protocol. Após algum tempo, com o avanço no tema de Sustentabilidade na organização, o próximo passo seria quantificar o escopo 3 de forma gradual e/ou realizar a Pegada de Carbono dos seus produtos. Os principais aspectos que causam inconsistência quando é realizada a comparação direta das metodologias GHG Protocol e a Pegada de Carbono originam-se nos limites do sistema, critérios de corte, tratamento de carbono biogênico, alocação e outros requisitos. Sem coordenação nestes aspectos, os resultados não podem ser comparados e podem ser tendenciosos.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas, GHG Protocol, Pegada de Carbono

ABSTRACT

The effects of climate change are one of the main global environmental problems today, and one of the causes of this impact is global warming. The planet's temperature has been rising accelerated year after year, which is why the Paris Agreement was signed, aiming to limit climate change to less than 2°C in a given period of time. This agreement was ratified by several countries that committed to goals to together fulfill this commitment to the planet. In this context and with evidence increasingly showing that global warming is related to human activities, several private sector organizations in different countries are voluntarily managing their carbon emissions. The focus of this work is to analyze and compare the methodologies available to measure greenhouse gas emissions, the GHG Protocol and the Carbon Footprint, analyzing the limits (boundaries) and the advantages of each methodology. The work is justified by the need for broad technical discussion regarding the methodologies that companies are using to disclose their CO₂e emission intensity information, understanding the differences, so that data can then be compared within the same sector. For organizations that are at an initial level in managing greenhouse gas emissions, the ideal first step is to carry out GHG quantification at an organizational level, considering scopes 1 and 2 only, that is, the GHG Inventory according to the GHG Protocol. After some time, with progress in the topic of Sustainability in the organization, the next step would be to quantify scope 3 gradually and/or carry out the Carbon Footprint of its products. The main aspects that cause inconsistency when directly comparing the GHG Protocol and Carbon Footprint methodologies originate from system limits, cut-off criteria, biogenic carbon treatment, allocation and other requirements. Without cooperation in these aspects, results cannot be compared and may be biased.

Keywords: Climate Change, GHG Protocol, Carbon Footprint

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.2 OBJETIVOS	11
1.2.1 Geral.....	11
1.2.2 Específicos	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.2 O EFEITO ESTUFA E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	12
2.3 GHG PROTOCOL	14
2.4 PEGADA DE CARBONO	17
2.5 MERCADO	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
5. CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1. INTRODUÇÃO

A mudança climática é considerada, atualmente, o mais sério entre os problemas ambientais globais enfrentados. Não se trata de um problema pontual que afeta apenas alguns países, mas sim, um transtorno de caráter global em que depende da participação e engajamento de todas as nações.

Em 1988, o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, IPCC, foi criado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ONU Meio Ambiente) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) com o objetivo de fornecer aos formuladores de políticas avaliações científicas regulares sobre a mudança do clima, suas implicações e possíveis riscos futuros, bem como para propor opções de adaptação e mitigação (MCTI, 2023).

As atividades humanas, principalmente através das emissões de gases de efeito de estufa, têm causado o aquecimento global, com a temperatura da superfície global atingindo 1,1°C acima quando comparado os períodos de 1850–1900 e 2011–2020. Emissões globais de gases de efeito de estufa continuaram a aumentar ao longo de 2010-2019, com contribuições históricas contínuas e desiguais decorrentes de uso insustentável de energia, uso do solo e mudanças no uso do solo, estilos de vida e padrões de consumo e produção entre regiões, entre e dentro dos países e entre indivíduos. As alterações causadas pelo homem já estão afetando muitos extremos meteorológicos e climáticos em todas as regiões do mundo (IPCC, 2023).

As mudanças climáticas têm se tornado um dos assuntos mais importantes de política global. O Protocolo de Kyoto, 1997, foi o primeiro acordo internacional para redução de gases de efeito estufa (GEE). Após quase 20 anos o Acordo de Paris foi assinado, em 2015, e válido desde novembro de 2016, objetivou limitar a mudança climática para menos que 2°C. Esse acordo foi ratificado por 179 países, os quais se encontram em diferentes estágios de implantação e desenvolvimento de suas políticas. O Brasil se comprometeu a chegar a 2025 liberando 37% a menos de gases estufa na atmosfera em relação aos índices de 2005.

O CO₂ pode ser emitido por fontes naturais, mas nesse momento, a maior emissão de gases de efeito estufa ocorre por meio das atividades industriais. Dentre as principais atividades relacionadas ao aumento gradativo das emissões de GEE estão a queima de combustíveis fósseis (carvão, gás natural, petróleo), de resíduos

sólidos, de árvores e produtos de madeira; práticas agrícolas e industriais; e a decomposição de resíduos (GUIMARÃES, 2018).

Neste contexto e com as evidências apontando cada vez mais que o aquecimento global está relacionado com as atividades humanas, várias organizações do setor privado de diversos países estão gerenciando de forma voluntária suas emissões de carbono, evitando assim futuras sanções, além de diferenciar o seu negócio por meio de uma boa imagem corporativa e ambiental. Realizar a gestão dos gases de efeito estufa é uma das formas de garantir uma boa visibilidade das empresas e diferenciar o seu produto no mercado e, o inventário de GEE é um dos instrumentos que pode ser adotado para este fim.

A elaboração do inventário de emissões de gases de efeito estufa é fundamental para que as empresas e outras instituições compreendam o perfil de suas emissões e o volume de emissões de GEE que suas atividades lançam na atmosfera. A partir deste monitoramento é possível a implantação de ações consistentes, com o objetivo de promover metas de redução e a neutralização das emissões. Com a realização do inventário é possível mensurar corretamente quais as fontes emissoras de gases que contribuem para o aumento do aquecimento global, e assim direcionar corretamente as ações e políticas que visem diminuir e/ou minimizar os impactos ambientais decorrentes das atividades industriais ou de serviços que são desenvolvidas.

Esse consenso mundial de necessidade de tomar medidas contra as mudanças climáticas implica na aceleração de políticas e regulações que inevitavelmente impactam a competitividade industrial de todas as nações e suas respectivas economias.

Desta forma as empresas e órgãos governamentais vem se posicionando com dados de inventários de GEE utilizando ferramentas e normas diferentes, o que causa dificuldade na interpretação de resultados e do entendimento dos limites de cada metodologia.

Assim, a contribuição científica deste trabalho, está na análise e comparação das metodologias disponíveis para mensurar as emissões de gases de efeito estufa, o GHG Protocol e a Pegada de Carbono, analisando os limites (*boundaries*) e as vantagens e desvantagens de cada metodologia.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Realizar a comparação entre as metodologias GHG Protocol e Pegada de Carbono.

1.2.2 Específicos

- a) Analisar e comparar o modelo GHG Protocol, de acordo com a Norma ISO 14.064, referente a metodologia dos inventários de GEE e a Norma ISO 14.067, referente a metodologia de Pegada de Carbono
- b) Analisar os limites (*boundaries*) de cada metodologia
- c) Apresentar as vantagens e desvantagens de cada metodologia

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.2 O EFEITO ESTUFA E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O efeito estufa é um fenômeno natural que causa um aumento na capacidade do planeta em acumular energia na forma de calor, ou seja, é a propriedade da atmosfera que permite a passagem das ondas curtas, provenientes do sol, mas que aprisiona boa parte das ondas longas, emitidas pela superfície e pela atmosfera (GOMES, 2020).

O aquecimento global é um fenômeno climático de larga extensão, ou seja, um aumento da temperatura média superficial global, provocado por fatores internos e/ou externos. Fatores internos são complexos e estão associados a sistemas climáticos caóticos não lineares, isto é, inconstantes, devido a variáveis como a atividade solar, a composição físico-química atmosférica, o tectonismo e o vulcanismo. Fatores externos são antropogênicos e relacionados a emissões de gases-estufa por queima de combustíveis fósseis, principalmente carvão e derivados de petróleo, indústrias, refinarias, motores, queimadas etc. (SILVA e PAULA, 2009).

Os gases responsáveis pelo efeito estufa, como vapor de água, clorofluorcarbono (CFC), ozônio (O₃), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e o dióxido de carbono (CO₂), absorvem uma parte da radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra e irradiam, por sua vez, uma parte da energia de volta para a superfície. Como resultado, a superfície recebe quase o dobro de energia da atmosfera em comparação com a energia recebida do Sol, resultando em um aquecimento da superfície terrestre em torno de 30°C. Sem esse aquecimento, a vida, como a conhecemos, não poderia existir (SILVA e PAULA, 2009).

Além do gás carbônico ser o fator que mais retém energia na superfície da terra, há outro fato relevante que o coloca como o centro do debate sobre o aquecimento global. O gás carbônico permanece na atmosfera por mais tempo que outros gases do efeito estufa emitidos pela humanidade. Por exemplo, o gás metano demora aproximadamente uma década para sair da atmosfera, e o monóxido de nitrogênio aproximadamente um século. Já o gás carbônico emitido hoje ficará por mais de 1000 anos retido na atmosfera, 40% ainda estará na nossa atmosfera depois de 100 anos e 20% ainda estará presente depois de 1000 anos, segundo a *Union of*

Concerned Scientists de Cambridge. Sendo assim, ao pensarmos em políticas públicas e medidas de intervenção contra o aquecimento global, é de suma importância que tenhamos ênfase na diminuição, e na captação de gás carbônico (GASPARIN, 2022).

Nos últimos cinco séculos, análises mostraram que a temperatura média global do ar e dos oceanos teve aumento crescente, caracterizando um processo de aquecimento global, um dos fatores que causam as mudanças climáticas. A faixa provável de aumento total da temperatura da superfície global causada pelo homem de 1850-1900 a 2010-2017 é de 0,8°C a 1,3°C, sendo a melhor estimativa de 1,07°C. Esse número pode não parecer de grande importância, entretanto, de acordo o 6º Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), as consequências do efeito estufa já estão ocorrendo, e de forma intensificada. Eventos como a extinção de espécies animais e vegetais, alteração na frequência e intensidade de chuvas, elevação do nível do mar e intensificação de fenômenos meteorológicos como tempestades severas, inundações, vendavais, ondas de calor e secas prolongadas são os principais fenômenos apontados como consequência do aquecimento global.

A Figura 1, obtida do 6º Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), mostra que a mudança do clima já causou impactos generalizados, perdas e danos relacionados aos sistemas humanos e alterou os ecossistemas terrestres, de água doce e oceânicos em todo o mundo. A disponibilidade física de água inclui o equilíbrio da água disponível de várias fontes, incluindo água subterrânea, qualidade da água e demanda de água.



Figura 1 - Impactos generalizados e substanciais observados e perdas e danos relacionados, atribuídos à mudança do clima.

De acordo com um estudo publicado pela Revista “Página 22” (EAESP, 2016), se não houver um controle das emissões globais, até o fim do século a temperatura irá aumentar excessivamente e uma das piores consequências será a imprevisibilidade climática. O único caminho é buscar incentivar a redução das emissões e para garantir o envolvimento mundial com a gestão de carbono é importante a existência de determinados órgãos, como por exemplo, a Convenção-quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, que norteia para que todos atuem dentro de uma mesma estratégia global (GOMES, 2020).

As evidências científicas relacionadas as emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades antrópicas à mudança climática global começaram a despertar a preocupação pública. Com isso são desenvolvidas legislações e uma série de conferências internacionais que invocam para a urgência de um tratado mundial para enfrentar o problema (GOMES, 2020).

Essa preocupação, que antes estava limitada a organizações que tinham que se adequar a políticas de conformidade ou necessitavam mensurar as emissões de GEE para compor algum índice de sustentabilidade, tem extrapolado os limites corporativos e sido cada vez mais demanda por empresas e consumidores que procuram produtos com baixa emissão de carbono em todo seu ciclo de vida – em outras palavras, produtos que tenham menor emissão de carbono desde a produção das matérias-primas, no processo produtivo, na sua distribuição, durante seu uso e até no momento de seu descarte (WAY CARBON, 2023).

2.3 GHG PROTOCOL

O GHG Protocol é uma das ferramentas utilizadas para entender, quantificar e gerenciar emissões de GEE, desenvolvida nos Estados Unidos no ano de 1998, pelo *World Resources Institute (WRI)* e pelo *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*, reconhecendo a necessidade de um padrão internacional para contabilidade e relatórios corporativos de GEE, tornou-se o método mais utilizado por empresas e governos na realização de inventários de GEE. O GHG Protocol é compatível com os métodos de quantificação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) e com a norma ISO 14.064 (GHG PROTOCOL, 2024).

A versão brasileira é administrada pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade

da Fundação Getulio Vargas (GVces), desde 2008. O Programa Brasileiro GHG Protocol considera reportar emissões de GEE usando certificados de energia renovável como uma forma eficiente de promover o uso de energia renovável no país. Dado que é muito difícil garantir que um vendedor de energia entregará a percentagem exata de energia renovável contratada, existe sempre a possibilidade de um certificado não ser fiel ao nível real de emissões (DINIZ, et al., 2021).

A ISO 14.064 é uma norma que fornece diretrizes e requisitos para quantificar, relatar e verificar as emissões; o Serve de apoio para o cálculo da PC, Pegada de Carbono, quer a nível organizacional quanto de um projeto (ALVES, 2021).

A série ABNT NBR ISO 14.060 fornece clareza e consistência para quantificar, monitorar, relatar e validar ou verificar as emissões e remoções de GEE para apoiar o desenvolvimento sustentável por meio de uma economia de baixo carbono e beneficiar organizações, proponentes de projetos e partes interessadas em todo o mundo (ABNT, 2022).

A ABNT NBR ISO 14.064-2 detalha princípios e requisitos para determinação das linhas de base e para monitorar, quantificar e relatar projetos. Ela concentra-se em projetos de GEE ou atividades relacionadas, especificamente concebidas para reduzir emissões e/ou melhorar as remoções de GEE. Ela provê as bases para que projetos de GEE sejam verificados e validados (ABNT, 2022).

A ABNT NBR ISO 14.064-3 detalha os requisitos para verificar declarações de GEE relacionadas a inventários e projetos de GEE, e pegadas de carbono de produtos. Ela descreve o processo de validação ou verificação, incluindo planejamento da validação ou da verificação, os procedimentos de avaliação e a avaliação de declarações de GEE organizacionais, de projetos e de produtos (ABNT, 2022).

Os padrões do GHG Protocol sobre “contabilidade corporativa” definem como as organizações devem reportar as emissões de GEE associadas às suas operações. Especificamente, as emissões da empresa são divididas nas chamadas emissões “diretas” e “indiretas” e ainda dividido em três “escopos”:

- Emissões de Escopo 1 - As emissões diretas estão incluídas neste escopo, são as emissões que uma empresa produz diretamente – por exemplo, durante o funcionamento de suas caldeiras e veículos.

- Emissões de Escopo 2 - Estas são as emissões que a empresa produz

indiretamente – como quando consumo da eletricidade ou da energia comprada para aquecimento e arrefecimento de edifícios é produzida em seu nome.

- Emissões de Escopo 3 – As quantificações das emissões de GEE do escopo 3 são mais difíceis de serem obtidas. Nesta categoria estão todas as emissões associadas, não à própria empresa, mas pelas quais a organização é indiretamente responsável, ao longo de toda a sua cadeia de valor. Por exemplo, ao comprar produtos de seus fornecedores e de seus produtos quando os clientes os utilizam. Em termos de emissões, o Escopo 3 é quase sempre o mais relevante. É subdividido em outras 15 categorias, indicadas na Figura 2 (GHG Protocol, 2024).

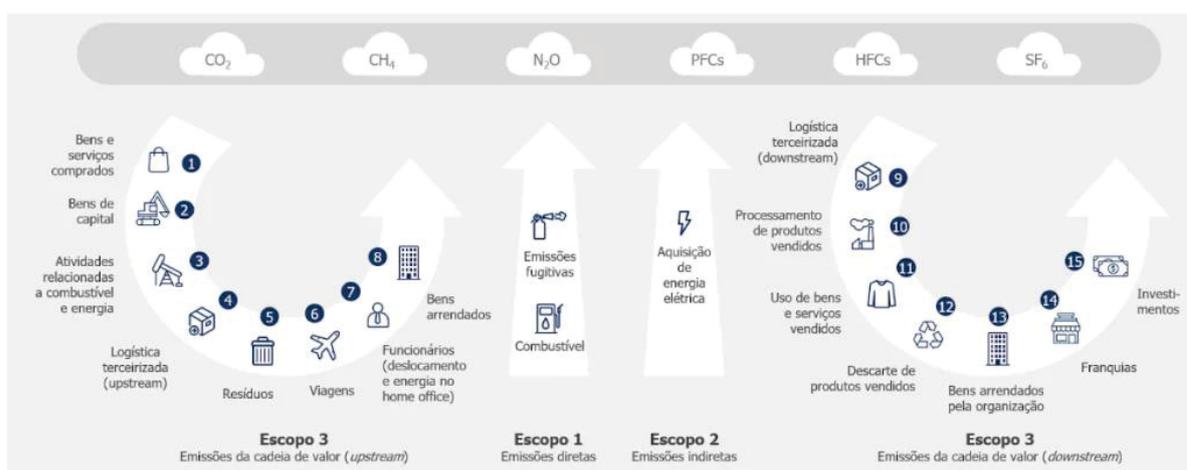


Figura 2 – Os 3 escopos das emissões de GEE

Os principais benefícios de realizar o inventário de gases de efeito estufa são:

- Utilizar o inventário como ferramenta de gestão, realizando o monitoramento das emissões ao longo do tempo (base histórica), estabelecendo metas e indicadores e implementando processo de melhoria interna: redução de emissões, economia de recursos e aumento da eficiência;

- A competitividade, possibilitando a abertura a novos mercados, com a participação em programas regionais e globais, acesso a linhas de créditos especiais, resposta aos investidores e desenvolvimento da pegada de carbono de produtos e serviços com informações aos clientes;

- E, por fim, a transparência, reputação e credibilidade da organização em seu meio, uso dos dados do inventário em outras iniciativas, como o *Carbon Disclosure Project - CDP*, *Global Reporting Initiative - GRI*, Índice Carbono Eficiente ICO2, Índice de Sustentabilidade Empresarial ISE, *Dow Jones Sustainability Index - DJSI*, entre

outras (GHG PROTOCOL, 2024).

2.4 PEGADA DE CARBONO

A Avaliação do Ciclo de Vida ou Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma técnica que estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais (positivos e negativos) ao longo da vida de um produto ou serviço, desde a extração da matéria-prima até a destinação final. A ACV é regida pelas Normas ISO 14.040 e ISO 14.044, compõem-se das fases iterativas de Definição do Objetivo e Escopo, Análise do Inventário, Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida e Interpretação (ACV BRASIL, 2023), sendo um dos principais indicadores o GWP, Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential*, em inglês), expresso em kg de CO₂ por tonelada de um produto. Esses indicadores auxiliam na tomada de decisão quanto à procura de produtos mais ambientalmente corretos e eficientes.

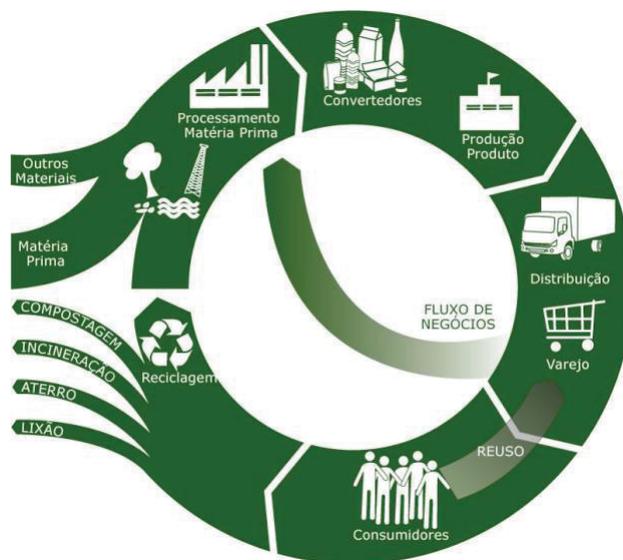


Figura 3 – Ciclo de Vida do Produto

Fonte: SEBRAE, 2017

A ISO 14.067 é a norma que diz respeito à Pegada de Carbono de Produto referindo específicas regras, requisitos e diretrizes para quantificação da mesma, permitindo assim às empresas apoiar os países a cumprir os objetivos de neutralidade do carbono. É específica para o cálculo da Pegada de Carbono de um produto (ABNT,

2022) e tem como única categoria de impacto a mudança climática expressa em massa de CO₂ equivalente (FUNES, 2016).

A ABNT NBR ISO 14.067 define os princípios, os requisitos e as diretrizes para a quantificação da pegada de carbono dos produtos. O objetivo desta norma é quantificar as emissões de GEE associadas às etapas do ciclo de vida de um produto, começando com a extração de recursos e a aquisição de matérias-primas e estendendo-se através das fases de produção, uso e fim de vida útil do produto (ABNT, 2022).

A pegada de carbono de um produto ou serviço é a quantificação das emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa) decorrentes de seu ciclo de vida, ou seja, a contabilização das emissões de carbono atreladas ao produto desde a extração da matéria-prima até a fase de pós-uso, ela permite identificar quais são as etapas do processo produtivo que mais contribuem com as emissões de GEE, possibilitando o aumento da eficiência do processo e o estabelecimento de metas para redução da pegada de carbono do produto ou serviço.

A ACV é a ferramenta usada para realizar o processo de análise do balanço energético, enquanto a pegada de carbono de produtos é a ferramenta para análise do balanço carbono (FUNES, 2016).

Quando se tem esse olhar analítico, de envolver todas as etapas do ciclo de vida, focando na quantificação de emissão de GEE, estamos falando da pegada de carbono do produto, onde todas as emissões e remoções de GEE são transformadas em dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}). As análises realizadas com esse fim são padronizadas pela ISO 14067:2018 – Gases de efeito estufa – Pegada de carbono de produtos – Requisitos e orientações sobre quantificação e comunicação, e pela PAS 2050:2011 – Especificação para a avaliação das emissões de gases de efeito estufa do ciclo de vida de produtos e serviços, que direcionam a prática ao descrever princípios, requisitos e estrutura que um estudo de pegada de carbono deve seguir (WAY CARBON, 2023).

Um estudo de pegada de carbono deve ser coerente, preciso, transparente e íntegro. Por isso, é importante que seja realizado com o máximo possível de informações que normalmente são controladas pela própria empresa, como a quantidade de matéria-prima comprada, a distância percorrida na obtenção dos insumos ou até mesmo pela quantidade gerada e tipo de tratamento aplicado aos

efluentes. Assim, a empresa terá resultados interessantes sobre os impactos de cada etapa do ciclo de vida de seu produto, sabendo onde atuar para mitigá-los. Vale ressaltar que a pegada de carbono deve ser atualizada sempre que ocorrer uma mudança no processo produtivo de matéria-prima, troca de fornecedor, de embalagem, entre outras mudanças possíveis (WAY CARBON, 2023).

2.5 MERCADO

A decisão de adotar ou não medidas para a redução de emissões e a extensão dessas medidas variam de empresa para empresa. Pinkse e Kolk (2009) compilaram uma série desses fatores que influenciam essa decisão, agrupando-os em externos; aqueles relacionados com a indústria à qual a empresa pertence; e internos, específicos da empresa. Os fatores externos envolvem os impactos físicos, as regulações ambientais e as pressões dos stakeholders. Os fatores relacionados à indústria consideram a estrutura e o crescimento industrial. Finalmente, entre os fatores específicos da empresa, destacam-se o posicionamento no mercado e na cadeia de suprimentos; a cultura organizacional e a percepção dos gestores; e a capacidade tecnológica e de gerenciamento dos riscos (ABREU, et al, 2014).

Com a maior pressão advinda de conselhos e do mercado, as informações sobre as emissões de gases de efeito estufa tornam-se cada vez mais demandadas para diferentes finalidades. Bancos, agências de rating, investidores institucionais passaram a entender não apenas o que significam os escopos 1, 2 e 3, mas também a questionar detalhes sobre fontes de emissão, tipos de gases, metas, compromissos, estratégias de mitigação e ferramentas de gestão empregadas para o cumprimento das metas propostas. O inventário de emissões de GEE, antes restrito à área de sustentabilidade e aos reportes específicos, ganha relevância e uma nova visibilidade organizacional. Em consequência, novas tendências a respeito da gestão das emissões de gases de efeito estufa ganham amplitude em termos de frequência e abrangência (WAY CARBON, 2021).

Precisamos urgentemente que as empresas reconheçam e relatem quais são os compromissos climáticos assumidos, quais os movimentos, as normas, as metodologias e as métricas a que aderiram para impulsionar a realização destes compromissos, como se organizam internamente para lidar com as questões

climáticas, se há um comitê independente, se há cargos de diretoria e gerenciais dedicados exclusivamente à pauta, se há iniciativas internas de conscientização e mobilização de todas as áreas e quais são as ações que já estão sendo implementadas (VALOR ECONÔMICO, 2023).

De acordo com o mercado de ações do Brasil as maiores empresas do país estão listadas na bolsa de valores B3. Para a B3, as maiores empresas do Brasil são aquelas com maior valor de mercado (*market cap*), ou seja, o valor total das ações em circulação de uma empresa em determinado momento. Segue o posicionamento de acordo com os Relatórios de Sustentabilidade de 5 das maiores empresas do Brasil.

PETROBRÁS

O inventário de emissões atmosféricas é elaborado segundo as orientações do Greenhouse Gas (GHG) Protocol, desenvolvido pelo World Resources Institute (WRI) e pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD). Para a composição do inventário, foi adotada a metodologia fonte a fonte, conhecida como “*bottom-up*”. Ou seja, o inventário total é composto pelo resultado da soma das emissões de cada fonte emissora. Em termos de limites organizacionais, foi utilizado para o inventário de emissões a abordagem de controle operacional, sendo assim, estão incluídas as emissões referentes a todos os ativos sob controle operacional da Petrobrás. Os cálculos das emissões se baseiam em referências internacionais, como o *American Petroleum Institute (API) Compendium*, o *Compilation of Air Pollutant Emission Factors* (AP-42) da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (US EPA) e a ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol (PETROBRÁS, 2024).

O inventário é publicado voluntariamente desde 2002 e verificado anualmente por terceira parte, representando o pioneirismo da empresa na gestão de GEE. Redução das emissões absolutas operacionais totais em 30% até 2030 é um dos compromissos de sustentabilidade publicados para o horizonte 2025 e 2030 da Petrobrás (PETROBRÁS, 2024).

VALE

Compromissos da Vale na redução de emissões GEE de Escopos 1 e 2: Redução das emissões absolutas de Escopos 1 e 2 em 33% até 2030 (ano-base 2017). Zerar as emissões líquidas de Escopos 1 e 2 (net zero) até 2050. 100% do

consumo global de energia elétrica renovável até 2030. O inventário de GEE da Vale é elaborado segundo as orientações do GHG Protocol (VALE, 2024).

O mercado vem cada vez mais exigindo discriminar as emissões de carbono a nível de produto e, para tal, a Vale aderiu aos requisitos do Padrão de Contabilidade e Relatório do Ciclo de Vida do Produto do GHG Protocol e à ISO 14.067 (Pegada de Carbono de Produtos). Para estimar as emissões dos produtos, foi adotada a abordagem do berço ao portão (*cradle-to-gate*, expressão em inglês), que contabiliza as emissões decorrentes da extração mineral, processamento e transporte interno, pelotização e briquetagem, e produção de insumos (Escopo 3 *upstream*). A Vale avançou significativamente no mapeamento da pegada de carbono das soluções de minério de ferro, aumentando a cobertura percentual do volume de vendas com pegada de carbono para 75,6%. Já para a Europa, este número sobe para 98,8% durante o mesmo período de 2023. Todos os produtos de níquel, cobre e cobalto têm suas pegadas de carbono estimadas e garantidas por terceiros (VALE, 2024).

AMBEV

A Ambev estabeleceu a ambição de alcançar o Net Zero, ou seja, descarbonizar ao máximo e neutralizar emissões residuais de carbono nas suas operações diretas até 2030 e em toda a cadeia de valor até 2040. A Ambev utiliza o GHG Protocol para medir, gerenciar e relatar as emissões de GEE em toda a cadeia de valor (AMBEV, 2024).

SUZANO

Todos os anos, A Suzano divulga mais de 100 indicadores utilizados para avaliar riscos e oportunidades climáticas. Por meio de procedimentos estabelecidos internamente, metodologias reconhecidas (incluindo o GHG Protocol) e verificação independente por terceira parte, o inventário e os demais indicadores e metas são publicados anualmente e servem como base para o monitoramento, acompanhamento e definição de estratégias de redução de emissões, além da gestão e prestação de contas dos Compromissos para Renovar a Vida (SUZANO, 2024).

A empresa fez parceria com a gráfica Box Print e a farmacêutica Merck na compensação das emissões geradas no processo de fabricação de 6 milhões de caixas de medicamentos. Para compensar as emissões, foram empregados 103

créditos de carbono distribuídos pela Suzano e pela Box Print. Cada crédito equivale a uma tonelada de CO₂ evitada ou compensada. A iniciativa também contou com o apoio de uma consultoria para mapear e calcular a pegada de carbono no ciclo de vida das embalagens, desde transporte das matérias-primas até a produção e o transporte final das caixas de medicamentos (SUZANO, 2024).

WEG

As metas de médio e longo prazo da WEG são de reduzir em 52% de suas emissões operacionais até 2030 e atingir o Net-zero em 2050, utilizando como ano base o ano de 2021. O inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa da WEG segue a metodologia do GHG Protocol e é auditado e validado por terceira parte (WEG, 2024).

Em relação à antecipação a regulamentações, Christmann (2000) sugere que, quanto mais cedo a empresa adotar estratégias ambientais, maior será a vantagem advinda da redução de custos e da antecipação da curva de aprendizado. Paralelamente à regulação ambiental, a opinião pública tem estado cada vez mais convencida de que as empresas devem tomar ações em relação às mudanças climáticas (Pinkse & Kolk, 2009). A falta de ação nesse sentido pode ser vista como um risco para a reputação da empresa (Hoffman, 2005), influenciando negativamente sua relação com consumidores, acionistas, Organizações Não Governamentais (ONGs) e com a sociedade em geral (ABREU, et al, 2014).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia escolhida adotou uma abordagem descritiva tendo como base pesquisas realizadas e as normas técnicas disponíveis abordando o tema de inventário de gases de efeito estufa, de acordo com o GHG Protocol e a Pegada de Carbono. A busca de dados aconteceu em ambiente virtual com a leitura e entendimento de artigos científicos, GHG Protocol e das Normas ISO 14.064 e ISO 14.067, aproximação com os principais autores sobre a temática abordada e consultas a sites noticiosos sobre formas de expressar o dado da intensidade de emissão de CO₂e de processos e produtos, para a filtragem de informações pertinentes a pesquisa.

O trabalho justifica-se pela necessidade de ampla discussão técnica a respeito das formas que as empresas estão divulgando suas informações de intensidade de emissão de CO₂e, se faz necessário entender e colocar em pauta os *boundaries* de cada metodologia, para que então se possa comparar dados dentro do mesmo setor.

Considerando o esforço desta pesquisa, somado aos objetivos propostos por este trabalho de conclusão, percebe-se a relevância deste assunto que está em ampla discussão na sociedade. A visão estática que reflete emissões passadas – e sobre as quais não há o que fazer – perde espaço para uma outra dinâmica, a de acompanhar as emissões no ritmo da produção e das vendas, seja por inventário de Gases de Efeito Estufa, ou seja, por Pegada de Carbono de acordo com a Avaliação do Ciclo de Vida de Produto, viabilizando o planejamento e monitoramento de ações de curto, médio e longo prazos.

Com isso ser transparente pode ser um bom negócio, na medida em que as empresas que menos emitem (na comparação com seus pares) ou que tem melhores indicadores não financeiros em geral, podem ser percebidas como menos arriscadas e serem valorizadas, ou seu custo de captação pode ser reduzido – e isso deve, ao final, ajudar a limitar as emissões e de fato atender a agenda climática e trazer benefícios concretos para o planeta.

.4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Inventário de gases de efeito estufa (GEE) baseado na Norma ISO 14.064 e de acordo com o GHG Protocol e a Pegada de Carbono de Produtos baseado na Norma ISO 14.067 são duas importantes ferramentas de sustentabilidade ambiental que diversas empresas vêm utilizando. Com ambas é possível quantificar as emissões de GEE, identificar oportunidades de redução destes gases, estabelecer metas e criar programas para redução, avaliar o desempenho e ainda envolver fornecedores nas estratégias de redução de GEE. Porém, qual a diferença entre o inventário de GEE e a pegada de carbono de produtos?

De forma geral, pode-se dizer que essas duas ferramentas são similares, pois ambas quantificam as emissões de GEE e relatam este resultado numa unidade única, geralmente quilogramas de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂eq). No entanto, o inventário de GEE é voltado para as emissões de uma organização, enquanto a pegada de carbono de produtos é voltada para as emissões dos produtos manufaturados por esta organização. Como consequência, o escopo destas duas metodologias é diferente.

A metodologia que abrange o inventário de GEE de acordo com a Norma ISO 14.064 e GHG Protocol considera o indicador de GEE e em fronteiras definidas pelos escopos 1, 2 e 3, sendo o escopo 1 onde as emissões diretas da organização devem ser quantificadas, o escopo 2 onde são quantificadas as emissões indiretas relacionadas ao consumo de eletricidade, e o escopo 3 relacionado às outras emissões indiretas da organização. O Protocolo GHG estabelece que a quantificação do escopo 3 seja opcional, até porque este escopo é mais complexo e poderia inviabilizar o estabelecimento desta metodologia nas corporações.

Grande parte das empresas quantificam apenas as emissões de GEE do escopo 1 e 2. Em alguns casos é possível observar o cálculo parcial do escopo 3, ou seja, de apenas alguns itens (por exemplo, viagens a negócios ou transporte ou distribuição), mas é muito raro encontrar a quantificação total das emissões no escopo 3. A visão de inventário fica restrita a visão da empresa ou unidade operacional.

De acordo com a Norma ISO 14.064 para a quantificação adequada, a organização deve contabilizar e documentar as emissões e remoções de GEE, completando, quando aplicáveis, as seguintes etapas: Seleção e coleta de dados

utilizados para quantificação; Seleção ou desenvolvimento do modelo de quantificação de GEE; Cálculo das emissões e remoções de GEE; Inventário de GEE do ano-base.

Ainda de acordo com a NBR ISO 14.064, a organização deve selecionar e usar metodologias de quantificação que irão reduzir incerteza e fornecer resultados fundamentais. As metodologias que são utilizadas para a quantificação se baseiam em muitos casos, prescritas por programas de GEE e podem ser classificadas com relação ao cálculo que consiste na junção dos dados de atividade de GEE multiplicados pelos fatores de emissão ou remoção de GEE, com a utilização de modelos, através das correlações específicas nas instalações e também pela abordagem feita com balanço de massa. Outro método utilizado é pela medição contínua, ou intermitente e também pela junção do cálculo e a medição.

Para escolher a abordagem de cálculo é necessário que ocorra uma mensuração direta com fatores de emissão de GEE. Deve-se coletar dados de atividades da empresa e escolher fatores de emissão, por fonte ou unidade, são preferíveis aos genéricos de banco de dados. Também é possível aplicar ferramentas de cálculo, como o GHG Protocol disponibiliza ferramentas intersetoriais e algumas setoriais para o cálculo das emissões de GEE.

O *Carbon Footprint Product* (CFP) também possui diferentes metodologias de quantificação. A maioria delas é baseada nas normas ISO 14.040, uma vez que o CFP nada mais é que uma Análise do Ciclo de Vida de produtos, porém, focado no impacto de Mudanças Climáticas. Entre as metodologias existentes, podemos mencionar a ISO 14.067, os CFP deverão inventariar os GEE que ocorrem em todo o ciclo de vida do produto, ou seja, desde a extração das matérias-primas, processamento, transportes, até produção final do produto (se for do berço ao portão), podendo incluir ainda a fase de uso e disposição final (se for do berço ao túmulo). Portanto, como podemos ver, a pegada de carbono é focada nos produtos, e vão além dos limites físicos das organizações, que geralmente são responsáveis apenas pela produção final deste produto em questão.

Na definição de escopo do estudo de *Carbon Footprint Product*, os itens a seguir devem ser considerados e descritos claramente, considerando os requisitos e orientações dados nas subseções relevantes da Norma ISO 14.067:

- a) o sistema de produto a ser estudado e suas funções;
- b) a unidade funcional ;
- c) a fronteira de sistema, inclusive o escopo geográfico do sistema de produto;
- d) dados e qualidade de dados requeridos;
- e) limite de tempo dos dados;
- f) hipóteses especialmente para estágio de uso e estágio de fim da vida;
- g) procedimentos de alocação;
- h) emissões e remoções específicas de GEE, por exemplo, devido à mudança no uso do solo (LUC);
- i) métodos para tratar questões que ocorrem com categorias específicas de produto, por exemplo, armazenamento de carbono;
- j) relatório de estudo de CFP;
- k) tipo de análise crítica, se houver;
- l) limitações do estudo de CFP.

Como se pode observar, a principal diferença entre o Inventário de gases de efeito estufa (GEE) e o *Carbon Footprint Product* (CFP) está no escopo. A primeira ferramenta tem o foco nos limites da organização, visão empresa / site, e deve ser dividida em escopo 1, 2 e 3. Já o CFP é focado no produto, que pode ser do berço-ao-portão ou do berço-ao-túmulo. Os objetivos também podem ser diferentes, por exemplo, o Inventário Corporativo de GEE pode gerar uma certificação ambiental à organização, enquanto a Pegada de Carbono pode gerar uma rotulagem ambiental ao produto. Para um melhor entendimento, a Figura 4 demonstra simplificada as principais diferenças de escopo das duas metodologias:

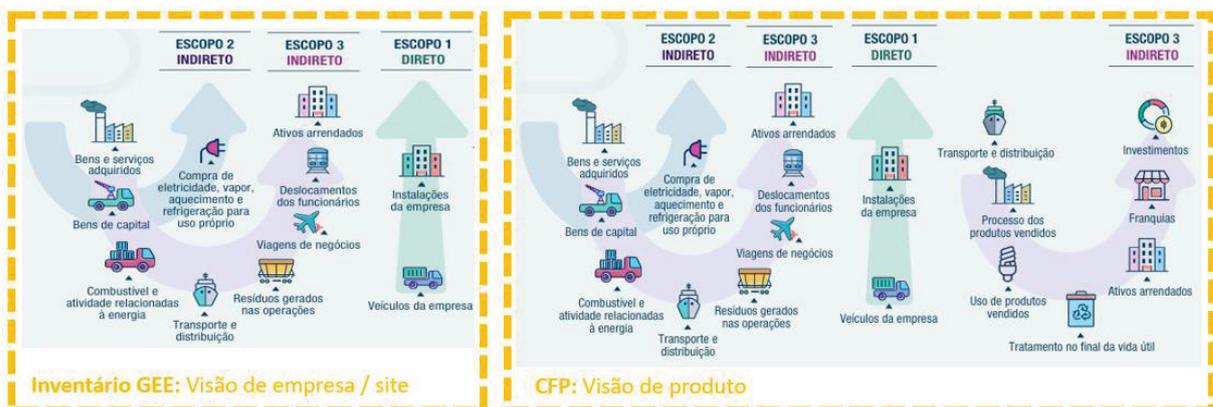


Figura 4 - Principais diferenças de escopo do Inventário GEE e Pegada de Carbono

Quando é comparado as metodologias de Inventário de GEE e a Pegada de Carbono há diferenças de escopos, metodologias e fronteiras. A Pegada de Carbono considera a avaliação de diversos impactos e do berço ao túmulo. O inventário considera o indicador de GEE e em fronteiras definidas pelos escopos 1, 2 e 3.

O Inventário de GEE abrange as emissões relacionadas a uma unidade operacional ou organização específica, num determinado ano de referência, como por exemplo, a unidade de Mogi das Cruzes da empresa Suzano que produz os seguintes bens de consumo: Mimmo, Neve, Grand Hotel, Scott, Scott Duramax, Kleenex, Professional, WypAll, enquanto a Pegada de Carbono abrange apenas as emissões de GEE relacionadas a um determinado produto específico, como por exemplo, o produto Neve produzido na unidade Mogi das Cruzes da empresa Suzano.

Quando olhamos o inventário de GEE de uma unidade operacional como a que foi utilizada como exemplo, a unidade Mogi das Cruzes da Suzano, será contabilizado todos os consumos relacionados ao Escopo 1 e 2, sendo o Escopo 3 parcial e ou até mesmo opcional, mas caso este escopo também seja completo, será realizado o levantamento como um todo dos consumos da unidade operacional e de seus processos. Quanto a Pegada de Carbono, esta será focada nos consumos e processos específicos para produzir o produto em questão, no caso do exemplo, o papel Neve.

5. CONCLUSÕES

Por meio deste estudo foi possível constatar que tanto a realização do Inventário de GEE quanto da Pegada de Carbono de produtos pode ser muito útil para as empresas, pois através de ambas ferramentas pode-se medir tais emissões, estabelecer metas e programas de redução e demonstrar aos seus clientes a inserção da variável ambiental no negócio. A escolha de qual ferramenta utilizar ou de qual estratégia adotar para uso das ferramentas depende da realidade de cada organização, bem como de qual é o principal objetivo.

Os principais aspectos que causam inconsistência quando é realizada a comparação direta destas duas metodologias originam-se nos limites do sistema, critérios de corte, tratamento de carbono biogênico, alocação e outros requisitos. Sem coordenação nestes aspectos, os resultados não podem ser comparados e podem ser tendenciosos.

Para organizações que estão num nível inicial no tema, o ideal como primeiro passo é realizar a quantificação de GEE em nível organizacional, considerando os escopos 1 e 2 apenas, ou seja, o Inventário de GEE. Após algum tempo, com o avanço no tema de Sustentabilidade na organização, o próximo passo seria quantificar o escopo 3 de forma gradual e/ou realizar a pegada de carbono dos seus produtos.

Caso o interesse da organização seja em relação às possibilidades de posicionamento de produto, a divulgação dos resultados da pegada de carbono é uma demonstração de compromisso, transparência e credibilidade. A pegada de carbono permite a comparação com outros produtos da mesma categoria, o que possibilita a demonstração de melhor desempenho em relação a alternativas presentes no mercado ou apresentar as reduções de emissões atingidas através de melhorias implementadas no processo produtivo do produto, quando comparado com sua versão anterior.

A realização da pegada de carbono pode trazer diversos benefícios para a empresa que a realiza. A mais evidente delas é um maior conhecimento das emissões do produto analisado, com resultados que são muitas vezes contraintuitivos em relação a qual matéria-prima é mais representativa ou quando identificado que as emissões mais representativas estão fora da área de atuação direta da empresa, por exemplo. Esses resultados são insumos importantes para melhoria na gestão de

dados e para balizar futuras ações na agenda climática.

Além de gerar credibilidade, a divulgação da pegada de carbono é uma forma de empoderar o consumidor e outras partes interessadas, como o cliente da cadeia que utiliza um determinado produto intermediário para compor o produto final, que poderão considerar as emissões de GEE em suas tomadas de decisão, além de uma forma de engajar toda a cadeia de valor do produto na agenda climática e outras questões ambientais.

Por fim, o inventário de emissões é a primeira etapa de uma estratégia de descarbonização de uma organização, assim como a pegada de carbono também é o primeiro passo no processo de descarbonização de produtos, pois as informações resultantes da pegada de carbono compõem o panorama de emissões que são utilizadas nas as próximas etapas da estratégia, que incluem o mapeamento de ações prioritárias, a definição de metas e o desenvolvimento de projetos de redução, visando a obtenção de um produto de baixo carbono.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M., ALBUQUERQUE, A., FREITAS, A. **Posicionamento estratégico em resposta às restrições regulatórias de emissões de gases do efeito estufa.** Sustentabilidade. Rev. Adm., São Paulo, Set 2014.

ACV BRASIL. **Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).**

<https://acvbrasil.com.br/consultorias/avaliacao-do-ciclo-de-vida-acv> Acessado em outubro de 2023.

ALVES, Ana Rita Oliveira. **Determinação da Pegada de Carbono de rolhas de cortiça segundo o Protocolo de Gases com Efeito de Estufa.** Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biológica da Universidade do Minho, 2021, 75 páginas.

AMBEV. **Relatório Anual e ESG 2022.**

https://www.ambev.com.br/sites/g/files/wnfebl5836/files/2023-05/Relato%CC%81rio%20ESG%202022_0.pdf Acessado em abril de 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14064-2: Gases de efeito estufa Parte 2: Especificação e orientação a projetos para quantificação, monitoramento e elaboração de relatórios das reduções de emissões ou da melhoria das remoções de gases de efeito estufa.** Segunda edição, 28.10.2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14064-3: Gases de efeito estufa Parte 3: Especificação e orientação para a validação e verificação de declarações relativas a gases de efeito estufa.** Primeira edição, 05.11.2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14067: Gases de efeito estufa — Pegada de carbono de produtos — Requisitos e orientações sobre quantificação e comunicação.** Primeira edição, 09.09.2015.

DINIZ, E. H., YAMAGUCHI, J.A.; SANTOS, T. R., CARVALHO, A. P., ALÉGO, A. S., CARVALHO, M. **Greening inventories: Blockchain to improve the GHG Protocol Program in scope 2.** Journal of Cleaner Production, Volume 291, 2021.

FUNES, Rodrigo Hartkoff. **Avaliação do Ciclo de Vida e Pegada de Carbono da reciclagem de CO₂ em um sistema de produção de etanol de cana-de-açúcar.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Universidade de São Paulo, 2016, 127 páginas.

GASPARIN, Pietro Witt. **O aquecimento glocal e as emissões de gases de efeito estufa pelo setor de energia dos Estados Unidos da América.** Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2022, 86 páginas.

GHG PROTOCOL. 2024. Disponível em <https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol> Acessado em março de 2023.

GOMES, Danielle Alves de Novaes. **Quantificação e análise das emissões de gases de efeito estufa na indústria siderúrgica.** Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, 2020, 93 páginas.

GUIMARÃES, Claudinei de Souza. **Controle e monitoramento de poluentes atmosféricos.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **AR6 Synthesis Report: Climate Change.** 2023. Disponível em <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologias e Inovações. **Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima.**

https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/ciencia_do_clima/pai

[nel intergovernamental sobre mudanca do clima.html](#) Acessado em novembro de 2023.

PETROBRÁS. **Relatório de Sustentabilidade 2022.**

<https://sustentabilidade.petrobras.com.br/documents/1449993/80c5cf69-cb78-5ae4-aa27-46f958da64ba> Acessado em abril de 2024.

SEBRAE. **Pensamento do ciclo de vida: negócios conscientes à caminho da sustentabilidade.** Cuiabá, MT, 2017. 39p.:il.

SILVA R. W. C., PAULA B. L. **Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural.** Terræ Didatica, 5 (1) : 42-49 www.ige.unicamp.br/terraedidatica/ 2009.

SUZANO. **Relatório de Sustentabilidade 2023.** https://assets-global.website-files.com/652e86223e44678d24f55b54/65f3629fdbcb01bab47a7624_Suzano_RelatorioSustentabilidade2023.pdf Acessado em abril de 2024.

VALE. **Relatório Integrado 2023.**

https://vale.com/documents/44618/6969831/VALERelatoIntegrado2023-BR-120424_Final.pdf/19acddf1-a117-4c86-ca89-865dfb10dbb5?version=2.0&t=1713202549924&download=false Acessado em abril de 2024.

VALOR ECONÔMICO. **Mudanças climáticas e as empresas: precisamos voltar ao bê-a-bá.** 2023. Disponível em

<https://valor.globo.com/empresas/esg/artigo/mudancas-climaticas-e-as-empresas-precisamos-voltar-ao-be-a-ba.ghtml> Acessado em abril de 2024.

WAY CARBON. **O novo protagonismo do inventário de GEE.** 2021. Disponível em

<https://blog.waycarbon.com/2021/09/o-novo-protagonismo-do-inventario-de-gee/> Acesso em abril de 2024.

WAY CARBON. **Pegada de carbono como posicionamento de produto.** 2023.

Disponível em <https://blog.waycarbon.com/2023/02/pegada-de-carbono-como-posicionamento-de-produto/> Acesso em abril 2024.

WEG. Relatório Anual Integrado 2022.

<https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/50c1bd3e-8ac6-42d9-884f-b9d69f690602/1df423d1-01fc-7b90-3639-79c5870425ac?origin=1> Acesso em abril de 2024.