



**UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU
ENGENHARIA CIVIL**

Luana Novaes	81727803
Millena Reis Rojo	81715591
Vitor Yuri Tonon	819215934
Yago Furlaneto	820144649

**QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA
NA CONSTRUÇÃO DE UNIDADES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES:
UM ESTUDO DE CASO**

São Paulo, SP

2022

Luana Novaes	81727803
Millena Reis Rojo	81715591
Vitor Yuri Tonon	819215934
Yago Furlaneto	820144649

**QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA
NA CONSTRUÇÃO DE UNIDADES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES:
UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho apresentado a Universidade São Judas Tadeu
Engenharia Civil – USJT, Campus Butantã, como requisito
para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof^a. Dra. Natália Rodrigues Guimarães

São Paulo, SP

2022

Resumo

A atividade de construção tem um impacto significativo sobre o meio ambiente, dado que a indústria cimentícia, ligada diretamente à construção civil, tem suas emissões de dióxido de carbono representando 2,3% de todas essas emissões no Brasil e 7% no mundo. Os impactos ambientais mais significativos da construção são devido ao consumo de energia e de utilização de recursos naturais, podendo ter um impacto negativo na qualidade do ar, do solo e recursos hídricos.

A pesquisa em questão consistiu em quantificar as emissões de gases do efeito estufa (GEE) e sugerir materiais alternativos visando a redução destas emissões na construção de um empreendimento. Isto foi feito através de uma abordagem de estudo de caso, na qual foram coletados dados do local em questão e depois analisados a fim de tirar conclusões sobre os níveis de emissões. A ferramenta escolhida para quantificar os dados foi a CECarbon, os resultados mostraram uma emissão total de 6,2187 tCO₂e/m² da obra. Com a escolha de materiais alternativos foi possível garantir uma redução nas emissões de GEE estimada em 18% em relação ao que a empresa de fato emitiu, segundo a ferramenta utilizada. A implementação de ações de eficiência logística, bem como a aplicação de metodologias sustentáveis, pode ajudar a melhorar a eficiência geral da gestão da cadeia de abastecimento, e, em particular, reduzir o desperdício e otimizar a utilização de recursos. Adicionalmente, ao promover práticas sustentáveis dentro da cadeia de abastecimento, as organizações podem ajudar a mitigar seu impacto ambiental e contribuir para um o desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: carbono, dióxido de carbono, GEE, inventário de emissões, obra de engenharia, mudanças climáticas.

Abstract

The construction activity significantly impacts the environment, since the cement industry, directly linked to civil construction, has its carbon dioxide emissions representing 2.3% of all such emissions in Brazil and 7% in the world. The most significant environmental impacts of construction are related to energy consumption and the use of natural resources, which can have a negative impact on the quality of air, soil, and water resources.

The research in question consisted of quantifying greenhouse gas (GHG) emissions and suggesting alternative materials aimed at reducing these emissions in the construction of a project. This was done through a case study approach, in which data was collected from the site in question and then analyzed in order to draw conclusions about the levels of emissions. The tool chosen to quantify the data was CE-Carbon, the results showed a total emission of 6.2187 tCO₂e/m² from the construction site. By choosing alternative materials it was possible to ensure a reduction in GHG emissions estimated at 18% in relation to what the company actually emitted, according to the tool used. The implementation of logistics efficiency actions, as well as the application of sustainable methodologies, can help improve the overall efficiency of the supply chain management, and in particular reduce waste and optimize the use of resources. Additionally, by promoting sustainable practices within the supply chain, organizations can help mitigate their environmental impact and contribute to sustainable development.

KEYWORDS: carbon, carbon dioxide, GHG, emissions inventory, engineering work, climate change.

Lista de Figuras

<i>Figura 1 - Temperatura da Superfície Terrestre Global</i>	13
<i>Figura 2 - CECarbon Alinhada com a Sustentabilidade</i>	20
<i>Figura 3 - Guia de USO CECarbon</i>	22
<i>Figura 4 - Tela inicial gerencial CECarbon</i>	23
<i>Figura 5 - Etapas de preenchimento CECarbon</i>	23
<i>Figura 6 - Calculadora de conversão de valores CECarbon</i>	24
<i>Figura 7 - Exemplo de preenchimento na ferramenta considerando as etapas construtivas</i>	25
<i>Figura 8 - Exemplo do que considerar como dados de insumos e processos complementares</i>	25
<i>Figura 9 - Preenchimento informação na ferramenta</i>	26

Lista de Tabelas

<i>Tabela 1 - Principais materiais utilizados e seus fatores de emissão</i>	<u>19</u>
<i>Tabela 2 - Materiais Alternativos e seus fatores de emissão de gee respectivos</i>	<u>32</u>
<i>Tabela 3 - Resultado da ferramenta por fonte individual</i>	<u>35</u>
<i>Tabela 4 - Tabela Proposta de Materiais de Mitigação</i>	<u>39</u>

Lista de Abreviaturas e Siglas

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CP II – Cimento Portland tipo dois

ESG – Environmental Social and Governance

GEE – Gases de Efeito Estufa

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

SINDUSCONSP – Sindicato da Construção Civil do Estado de São Paulo

UNEP - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

Lista de Unidades

CO₂e – Dióxido de carbono equivalente

kg – unidade de massa em kilograma

kgCO₂/unidade - unidade do fator de emissão do dióxido de carbono de um determinado material

kgCO₂e/unidade – unidade do fator de emissão de GEE de um determinado material

m – unidade linear de comprimento

m² - unidade de área em metro quadrado

m³ - unidade de volume em metro cúbico

t – unidade de massa em tonelada

tCO₂e – unidade da massa de tonelada de dióxido de carbono equivalente (resultado das emissões de GEE)

Sumário

1. Introdução	11
1.1. Justificativa	12
1.2. Objetivos	14
1.2.1. Objetivos Específicos	14
2. Revisão Bibliográfica	15
2.1. Os Gases de Efeito Estufa (GEE)	15
2.2. Os Objetivos De Desenvolvimento Sustentável (ODS)	16
2.3. A Sustentabilidade Na Construção Civil	17
2.3.1. Alvenaria Estrutural	17
2.3.2. Os Materiais Que Compõem O Edifício E Seus Fatores De Emissão	18
2.3.3. Ferramentas De Medição De GEE: CECarbon	19
3. Metodologia	20
3.1. Características Do Empreendimento	20
3.2. Como a CECarbon Funciona	21
3.3. Dados Escolhidos Para Input Na Ferramenta	24
3.4. Análise Dos Resultados Da Ferramenta	27
3.5. Critérios Para Proposição De Novos Materiais Ou Operações Para Reduzir As Emissões De GEE	28
3.5.1. Estudo Da Situação - Elaboração Do Critério De Seleção Dos Materiais E Estratégia De Redução De GEE	30
4. Resultados e Discussão	32
4.1. Resultado Da Ferramenta	34

4.2. Propostas De Mitigação De Emissão De GEE	36
4.3. Resultado Ferramenta Vs Resultado De Materiais E Ações De Mitigação	39
5. Considerações Finais	41
6. Referências	43

1. Introdução

O dióxido de carbono é um dos gases de efeito estufa (GEE) mais comuns emitidos para a atmosfera da Terra (CETESB/SP, 2022). Embora muitas vezes pensado como proveniente apenas da queima de combustíveis fósseis, muitas outras atividades humanas também liberam este gás.

A indústria da construção civil é responsável por uma parcela significativa das emissões de carbono, devido ao uso de materiais e energia na construção e operação (STACHERA, 2008). Essas emissões vêm da queima de combustíveis fósseis para produzir energia, bem como da produção de materiais de construção.

A indústria cimentícia, ligada diretamente à construção civil é uma importante fonte de emissões de dióxido de carbono, responsável por aproximadamente 2,3% de todas essas emissões no Brasil (FIESC, 2022) e 7% no mundo (STACHERA, 2008). Além do cimento, há vários processos envolvidos na construção que liberam este gás.

A quantificação das emissões de carbono na indústria da construção é uma tarefa complexa que requer um profundo conhecimento do setor. São muitos fatores a considerar, tais como o tipo de projeto de construção, os materiais utilizados, o transporte de materiais e os resíduos gerados. Uma variedade de métodos foi desenvolvida para avaliar quantitativamente as emissões de carbono na indústria da construção. O método mais comum é uma ferramenta de cálculo de emissões da construção, chamada CECarbon, que usa dados sobre materiais, uso de energia e resíduos gerados durante as atividades de construção para estimar as emissões. Outros métodos incluem a avaliação do ciclo de vida e a análise de entradas-saídas. Cada um desses métodos tem vantagens e desvantagens, e o método mais apropriado para um determinado projeto depende das circunstâncias específicas.

É importante considerar as emissões de carbono na construção por uma variedade de razões. Primeiro, a indústria da construção, de acordo com o UNEP (202), é uma das principais fontes de emissão de gases de efeito estufa. Em segundo lugar, as emissões das obras podem ter um impacto significativo na mudança climática (PIGA; MANSANO, 2015). Terceiro, a análise das emissões de carbono pode ajudar a identificar e quantificar as fontes de emissões das atividades de construção. Quarto,

olhar para as emissões da construção pode ajudar a desenvolver estratégias para reduzir ou mitigar essas emissões.

Há várias maneiras de reduzir as emissões na construção, sendo uma delas a escolha de materiais de construção que tenham uma baixa emissão de carbono (ARCHDAILY, 2020).

Segundo Goldemberg, Agopyan e John (2011), estima-se que o crescimento da indústria de materiais de construção civil, cresça 2,5 vezes entre 2010 e 2050, sendo que no Brasil a expectativa é que o setor da construção dobre de tamanho até 2022. Portanto, calcular a quantidade de gases de efeito estufa produzido pela construção civil traz à luz os efeitos deste setor no ambiente e permite a busca pela redução das emissões de carbono utilizando tecnologias mais eficientes e materiais sustentáveis não como fim, mas também considerando a análise de ciclo de vida do produto (ACV).

1.1. Justificativa

A quantificação dos GEE se faz necessária, devido a ação emergencial da ONU para todas as nações, para que seja possível alcançar as emissões líquidas zero até 2050 (UNEP, 2022). No Acordo de Paris, os Estados Membros se comprometeram a limitar o aquecimento global bem abaixo de 2°C, dando preferência a 1,5°C, em comparação com os níveis pré-industriais (UNEP, 2022).

Em 2020 a temperatura mundial foi de 1,2°C acima das temperaturas da era pré-industrial (1880). Cada Estado Membro que concordou com o Acordo de Paris realizou a contribuição nacional determinada (CND) para reduzir as emissões de gases de efeito estufa até 2030 (UNEP,2022). Na Figura 1, é possível verificar a tendência crescente da temperatura da superfície terrestre comparada por 4 fontes de pesquisa independentes (NASA, NOAA, Agência de Meteorologia Japonesa e Centro de Pesquisa Climática Hadley) (UNEP, 2022).

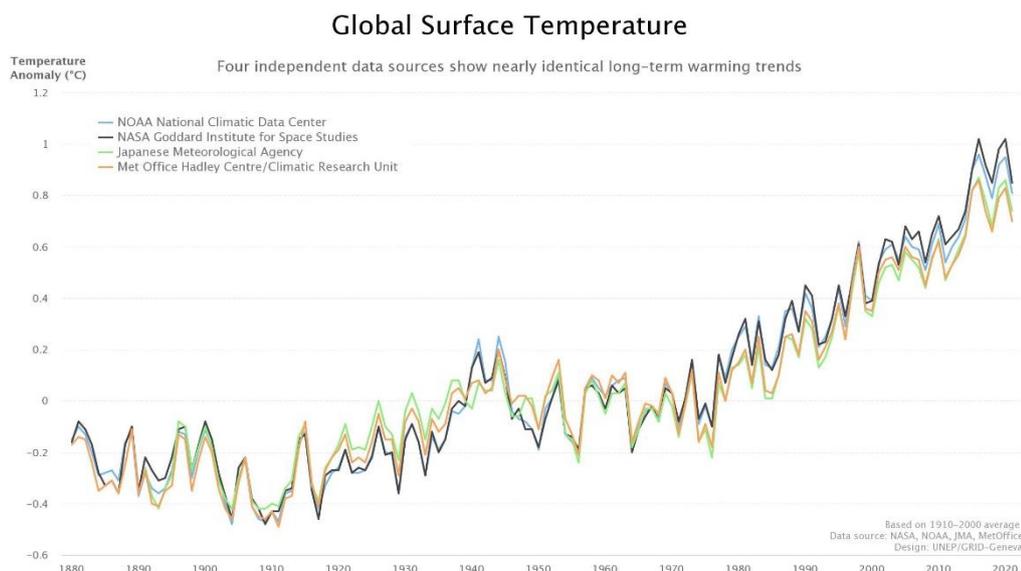


Figura 1 - Temperatura da Superfície Terrestre Global
Fonte: UNEP (2022)

Como termômetro dessas ações, ocorreu a criação da Agenda 2030 que visa atingir um mundo melhor para todos os povos e nações assumindo então os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Este compromisso foi assumido por 193 Estados Membros e envolve medidas ousadas, abrangentes e essenciais (STF, 2022).

Silva (2012), explica que a construção civil é o setor produtivo com elevada demanda de recursos naturais, independente se for na fase de extração da matéria prima, construção ou operacionalização das edificações. O autor complementa informando que a energia indireta é o maior consumidor dos recursos naturais apresentando um consumo de 30% de energia direta e 50% de energia indireta e a construção civil, no cenário mundial, é responsável por aproximadamente 30% do total de CO₂ (SILVA, 2012).

Há vários processos que liberam dióxido de carbono na construção. Uma das fontes mais significativas de emissão de dióxido de carbono na construção é a queima de combustíveis fósseis como o carvão, o petróleo e o gás natural. A combustão desses materiais libera dióxido de carbono para a atmosfera. Outras fontes de emissões de dióxido de carbono na construção incluem a produção de cimento, o uso de maquinário pesado e o transporte de materiais de construção (MACIEL, 2018).

Na Alemanha foram reduzidos em 42% as emissões de GEE contabilizados de 1990 até 2020, no setor de edificações (CECarbon, 2020). E conforme diz Arnd

Helmk, diretor da empresa alemã Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ): *“Só podemos gerir o que podemos medir”*.

Sendo assim, se faz necessária a quantificação dos gases de efeito estufa para que se possa identificar oportunidades de substituir os materiais e/ou operacionalizações com o objetivo de diminuir a emissão dos gases de efeito estufa e consumo de energia pela indústria da construção civil.

1.2. Objetivos

Este trabalho teve como objetivo geral quantificar e analisar as emissões de GEE considerando a construção de 3 edifícios do mesmo condomínio residencial unifamiliar de alvenaria estrutural levando em consideração as etapas de infraestrutura, alvenaria e revestimento, e apontar materiais e operações alternativas para mitigar a emissão de GEE.

1.2.1. Objetivos Específicos

Esse estudo teve como objetivos específicos:

- Quantificar as emissões de GEE que ocorreram durante a construção das 3 torres do empreendimento;
- Centralizar as informações na ferramenta CECarbon;
- Propor, com base nos resultados apresentados pela ferramenta, materiais e tecnologias alternativas que visam mitigar a emissão dos GEE originadas pelo empreendimento.

2. Revisão Bibliográfica

Conforme o histórico da ONU, as preocupações com o meio ambiente tiveram início em 1968, quando o Secretário-Geral das Nações Unidas apresentou o relatório sobre as “*Atividades da Organizações das Nações Unidas e Programas Relevantes ao Meio Ambiente Humano*”, onde foram estabelecidas as bases para o estabelecimento do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Acompanhado deste início, em 1972 a ONU então realizou a primeira conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano e após este encontro, ao longo dos anos, os países envolvidos realizaram ações que visavam diminuir o impacto negativo já causado após a revolução industrial (UNEP, 2020). Entre estas ações está a redução dos gases dos efeitos estufa. Além destas ações, a ONU e os países integrantes das Convenções idealizaram a Agenda 2030, que contém os 17 objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS). Entre eles, os ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura, 12 - Consumo e Produção Sustentáveis, 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima tratam das metas de redução dos GEE (ODS Brasil, 2022).

2.1. Os Gases de Efeito Estufa (GEE)

Os gases de efeito estufa (GEE) são substâncias atmosféricas que causam o aquecimento global e conseqüentemente a mudança climática (UNEP, 2022). Tendo o aumento dessas emissões provenientes das atividades humanas.

Os principais gases de efeito estufa regulados pelo Protocolo de Quioto e que devem ser reduzidos, são: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF₆) (CARDOSO,2021).

O dióxido de carbono é comumente liberado pelas atividades de desmatamento e queima de combustíveis fósseis que os humanos causam, além de processos naturais como as erupções de vulcões. Em 2021 o CO₂ representou mais de 70% das emissões dos GEE tendo como permanência mínima na atmosfera de 100 anos (CARDOSO, 2021).

O metano é o principal componente do gás natural e possui potencial de aquecimento global mais de 20x superior ao dióxido de carbono, este gás é comumente produzido pelo processo de decantação e compostagem das matérias orgânicas, assim como na queima da biomassa (MACIEL, 2018).

2.2. Os Objetivos De Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Os ODS referem-se ao objetivo das Nações Unidas de promover o desenvolvimento sustentável em todo o mundo. Este objetivo é importante porque aborda a necessidade de um crescimento econômico que seja equilibrado com a proteção ambiental e a equidade social. A estrutura dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) consiste em 17 objetivos que cobrem uma gama de tópicos relacionados ao desenvolvimento sustentável, incluindo redução da pobreza, mudança climática, igualdade de gênero e acesso a água limpa e saneamento (ESTRATÉGIA ODS, 2022).

Em 2015 a ONU criou os ODS como parte de uma nova agenda global, com diferentes objetivos e metas (UNEP, 2020) cujo visa atingir a Agenda 2030.

Com isso, a frente de ESG (Environmental, Social and Governance) nas empresas passou a ganhar visibilidade a fim de garantir os vieses de sustentabilidade empresarial. Atualmente no Brasil, o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) da B3, contém cerca de 83% das companhias com integração dos ODS às estratégias, metas e resultados (PACTO GLOBAL, 2022).

As organizações têm ampliado o olhar para as necessidades ambientais devido à preocupação do mercado financeiro sobre a sustentabilidade. Ou seja, os assuntos ambientais, sociais e de governança passaram a ser considerados essenciais em análises de riscos e nas tomadas de decisão de investimentos (PACTO GLOBAL, 2022).

Ao implementar as ações de ESG nas construtoras, busca-se reduzir a emissão de GEE, proteger a biodiversidade, realizar a gestão adequada de resíduos, promover a diversidade da equipe e da equidade de gênero, garantir a satisfação dos clientes e o engajamento dos funcionários entre outros benefícios (ABRAINC, 2021).

2.3. A Sustentabilidade Na Construção Civil

Segundo o Relatório de Situação Global 2020 para Edifícios e Construção, da Aliança Global para Edifícios e Construção, a indústria da construção civil foi responsável por 38% do total das emissões globais de CO₂ relacionadas à energia e para que o setor encaminhe para a neutralidade das emissões até 2050, todos os envolvidos na cadeia de valor devem aumentar em 5 vezes as ações de descarbonização de seu impacto (UNEP, 2020).

As emissões brasileiras de gases de efeito estufa em 2020 cresceram 9,5%, enquanto em todo o mundo elas cresceram 3,6% (IEMA, 2021). Em 2021 a indústria da construção civil teve um impacto significativo na economia brasileira, com um crescimento do PIB de 9,7% (CBIC, 2022). É essencial que sejam tomadas medidas para garantir que o setor da construção se torne mais sustentável, a fim de proteger tanto o meio ambiente quanto a economia. Tendo então como desafio, fazer a economia evoluir, atendendo às expectativas da sociedade e mantendo o ambiente sadio para esta e a geração futura (GOLDEMBERG, AGOPYAN, JOHN, 2011).

Segundo MACIEL (2018), os principais materiais utilizados na construção civil e que emitem maior volume de GEE são referentes na verdade aos processos de obtenção do cimento, cal, aço, areia e brita (considerando extração e transporte), cerâmica vermelha, PVC além das queimas dos combustíveis fósseis. O autor ainda comenta que somente na produção do cimento é emitida de 2 a 7% do volume do total das emissões de GEE, sendo este o material mais utilizado nas obras civis e o segundo mais consumido no mundo.

2.3.1. Alvenaria Estrutural

TAUIL e NESE (2010) explica que a alvenaria é um conjunto de peças unidas e coladas em sua interface por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso capaz de resistir a cargas provenientes da gravidade, garantir um ambiente seguro resistindo a impactos oriundos de diversas intempéries, além de contribuir para o conforto térmico e impedir a entrada de vento e chuva nos ambientes.

O uso de alvenaria estrutural no Brasil é regido pela NBR 16868 – Alvenaria estrutural que é dividida em 3 partes, sendo: (1) Projeto, (2) Execução e (3) Métodos de ensaios. Tal conjunto de normas estabelece os requisitos mínimos para o projeto e construção de edifícios que utilizam a metodologia de alvenaria estrutural, incluindo seu desempenho (CBIC, 2020).

A escolha do material a ser utilizado no projeto e execução não deve apenas levar em consideração os requisitos mínimos de desempenho norteados pelas NBRs referências, mas também a avaliação do impacto ambiental deste material, analisando o ciclo de vida do produto, com isso, considerando as emissões relacionadas ao processo de produção deste material. Tendo então a finalidade de assegurar as conformidades necessárias perante a Gestão de Riscos e Política de Responsabilidade Social, Ambiental e Climática (PR SAC), que estabelecem, integram e aprimoram os requisitos aplicáveis à gestão tradicional de riscos aos demais riscos (sociais, ambientais e climáticos) (SECOVIS P, 2022).

2.3.2. Os Materiais Que Compõem O Edifício E Seus Fatores De Emissão

Maciel (2018) cita 13 materiais utilizados em seu estudo, sendo: Cimento, Aço, Alumínio, Concreto, Bloco de Concreto de Bloco Cerâmico Furado, Argamassa Usinada, Óxido de Cálcio (cal), Agregados: areia e brita, Madeira, Vidro laminado, Monômeros Etileno Propileno Dieno – EPDM, Tintas, Impermeabilizantes, Lã de rocha e Poliestireno Expandido – EPS, Gesso, Placas de Gesso e Fachadas “Structural Glazing” e “Aluminium Composite Material”, onde explica todo o processo de cada material, desde extração a aplicação.

Na Tabela 1 são apresentados os materiais mais utilizados na construção do edifício do estudo de caso deste trabalho, levando-se em consideração as informações que facilitam na discussão e proposta de solução para mitigar a emissão dos gases de efeito estufa.

Material	Fator de emissão
Aço	1,46 kgCO ₂ /kg aço

Areia	0,00261 kgCO _{2eq} /kg
Brita	0,00211 kgCO _{2eq} /kg
Cal hidráulica	0,59 tCO ₂ /tCal
Cimento	0,601 tCO ₂ /t cimento
Concreto e Bloco de Concreto	282 kgCO ₂ /m ³
Gesso	0,6386 tCO ₂ /t de gesso
Madeira	404,6kgCO ₂ /m ³
Tinta	1,09kgCO ₂ /m ²

Tabela 1 - Principais materiais utilizados e seus fatores de emissão

Fonte: MACIEL, 2018

2.3.3. Ferramentas De Medição De GEE: CECarbon

A CECarbon é a calculadora de consumo energético e emissões de carbono na construção civil, que foi criada como uma metodologia para a construção civil em 2013 e transformada em ferramenta online em 2016. Tendo o lançamento da ferramenta em 2020 para 23 incorporadoras e em 2021 foi disponibilizado treinamento online e nova versão com incrementos (SindusConSP, 2022). Além disso, a ferramenta está alinhada com as políticas públicas – Programa Casa Verde e Amarela, além de estar alinhada com os ODS 7, 9, 11, 12, 13 e 17. Desta forma, a ferramenta se mantém alinhada às iniciativas globais de reporte e transparência (SindusConSP, 2022).



Figura 2 - CECarbon Alinhada com a Sustentabilidade

Fonte: SindusConSP (2022)

3. Metodologia

O presente estudo foi realizado na forma de estudo de caso, realizando, primeiramente, o levantamento das características do empreendimento a ser analisado e os dados necessários para input na ferramenta CECarbon a fim de quantificar as emissões de GEE.

Posteriormente foi realizada uma análise de materiais propostos para redução das emissões averiguadas, conforme explicitado nos itens a seguir.

3.1. Características Do Empreendimento

A obra instrumento de estudo de caso refere-se a um empreendimento privado realizado por uma incorporadora com 60 anos de trabalho, especializada em obras residenciais e comerciais de alto padrão sediada em São Paulo e com atuação em 16 Estados e 66 cidades do Brasil, além da Argentina e Uruguai.

O empreendimento a ser analisado neste trabalho está localizado na cidade de São Bernardo do Campo em São Paulo, com área total a ser construída (considerando todo o terreno) de 71.121,56m², no entanto para caráter de estudo será considerado a área construída de 44.838,46 m² considerando as torres B, D e E que totalizam 474 unidades de apartamentos domiciliares unifamiliares variando as áreas entre 69m²,

55,5m² e 50m². A estrutura de construção conta com 8 apartamentos por andar, sendo 19 andares além do térreo, sendo que no térreo contém seis apartamentos tipo “Garden” mais dois andares de garagem, subsolo e sobressolo.

A metodologia utilizada na construção é de alvenaria estrutural, utilizando blocos de concreto e CP II em suas dosagens necessárias projetadas para as peças de concreto armado, como pilares e vigas.

3.2. Como a CECarbon Funciona

De acordo com a CECarbon (2022), a ferramenta é focada em edifícios, tendo os dados de entrada referentes à compilação de materiais para cada uma das etapas do ciclo de vida do edifício, incluindo construção, operações e desmobilização. Os dados incluem as emissões de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases de efeito estufa (GEE), bem como o uso de energia. Os dados de saída fornecem uma maneira de comparar as emissões e o uso de energia de diferentes edifícios e de identificar oportunidades para reduzir seu impacto ambiental.

A ferramenta baseia-se em dois parâmetros primários:

- a)** O consumo que se refere ao conjunto de gastos energéticos realizados. Aplicando o conceito de energia embutida em todos os materiais, até nos demais insumos utilizados no canteiro de obra. Os números significativos são convertidos em megajoules, enquanto megawatts-hora são apresentados no relatório final.
- b)** As emissões dos gases de efeito estufa refere-se ao conjunto dos gases (CO₂, CH₄, N₂O, CFCs, PFCs, SF₆) medidos em toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (tCO_{2e}).

A CECarbon ainda permite inserir os dados em momentos distintos de uma obra, possibilitando então três edições, tendo suas finalidades descritas a seguir. 1ª edição: Dados de Projeto, 2ª edição: Dados de Construção e a 3ª edição: Dados de Conclusão (CECarbon, 2022), conforme possível visualizar na figura 4.

“Os fatores de emissão de GEE que a própria ferramenta utiliza para realizar os cálculos de conversão são baseados na metodologia GHG Protocol, sendo estes

fatores periodicamente analisados e revisados pela consultoria ambiental da SindusConSP, podendo sofrer alterações e/ou atualizações conforme valores que refletem a realidade regional. As empresas que estão em piloto com a ferramenta efetuam essas verificações e sinalizam em caso de divergências ou diferenças exuberantes.” SindusConSP (2022).

O SindusConSP oferece um curso a distância, gratuito, com duração de 5h30min para os interessados em utilizar a ferramenta (SindusConSP, 2022). O curso é dividido em três módulos, sendo o Módulo 1: Contextualização, Módulo 2: Como usar a ferramenta e o Módulo 3: Estudo Prático. Além do curso, a ferramenta conta com o Guia de Uso em formato de vídeo que auxilia no entendimento e no preenchimento das informações, como demonstrado na figura 3.

Guia de Uso



Figura 3 - Guia de USO CECarbon

Fonte: CECarbon, 2022

Ao realizar o login, a tela apresentada consta as informações sobre as obras que o profissional gerencia, trazendo informações gerais de nome da obra, data de criação do controle, qual o gestor da obra e qual o status, como demonstrado na figura 4. Ao escolher editar, tem-se acesso à ferramenta onde é possível identificar as etapas de preenchimento da ferramenta, como demonstrado na figura 5.

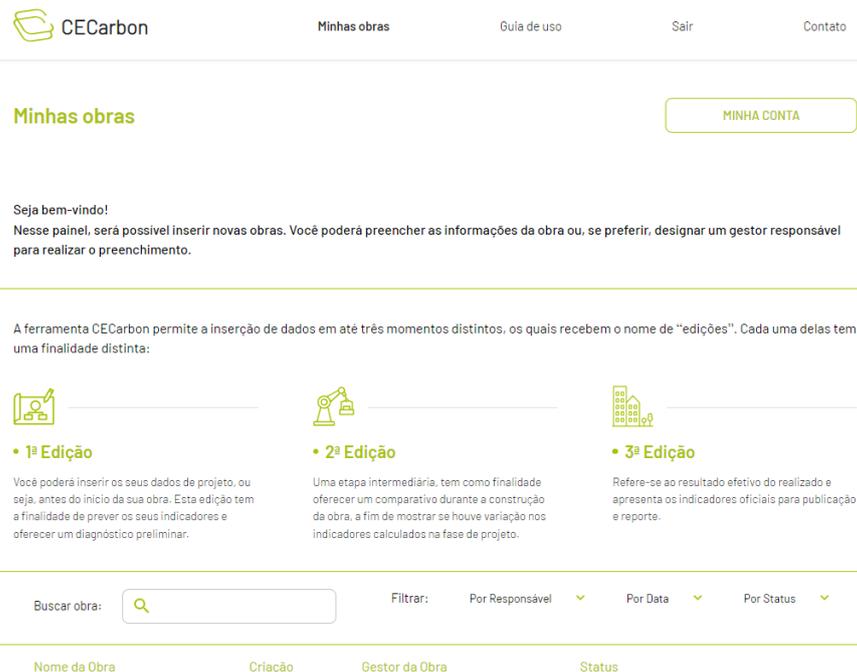


Figura 4 - Tela inicial gerencial CECarbon

Fonte: CECarbon

Calcule os indicadores de sua obra

Nome da Obra



Esta seção representa a fase de coleta dos dados principais, os quais permitirão calcular os indicadores de emissões de GEE e consumo energético, divididos por etapas construtivas e outras categorias agregadas em Insumos e Processos Complementares, para possibilitar a apresentação de resultados setorizados para o empreendimento.

Figura 5 - Etapas de preenchimento CECarbon

Fonte: CECarbon

O ícone de calculadora ao lado das classificações demonstrada na imagem 5, é um apoio para conversão de valores conforme demonstrado na figura 6.



Figura 6 - Calculadora de conversão de valores CECarbon

Fonte: CECarbon

3.3. Dados Escolhidos Para Input Na Ferramenta

A ferramenta solicita informações de acordo com a divisão da etapa da obra, então deve-se incluir os dados conforme é solicitado por cada etapa, sendo a divisão entre (a) Etapas Construtivas que se relaciona aos materiais utilizados na obra e os (b) Dados de Insumos e Processos Complementares que incluem todos os processos complementares para execução do empreendimento, como por exemplo, transporte de material (Curso CECarbon, 1.3 Etapas Construtivas e Insumos, 2022). Ambas as informações devem ser levadas em conta no preenchimento da ferramenta, pois influenciam no valor de energia consumido e no volume de gases emitidos.

Para realização dos cálculos, a ferramenta considera as informações de uso de quantidade dos materiais utilizados na obra (em tonelada, metro ou metro cúbico) e multiplica este valor pelo fator de emissão de gases de efeito estufa ($\text{kgCO}_2\text{e/unidade}$), sendo que para atividades de uso do solo e/ou uso de biocombustível multiplica-se o total utilizado pelo fator de emissão de biogênico ($\text{tCO}_2\text{/unidade}$). Para o consumo energético multiplica-se pelo fator de consumo energético (MJ/unidade), resultando então o volume de GEE emitidos em tCO_2e , volume de emissões biogênicas em tCO_2 e consumo energético em MJ (Curso CECarbon, 1.3 Etapas Construtivas e Insumos, 2022).

Para especificidade do estudo de caso deste trabalho, serão considerados os volumes dos materiais utilizados nas etapas de infraestrutura, alvenaria e revestimento, desconsiderando então as volumetrias de energia elétrica,

movimentação de terra e os combustíveis utilizados. As volumetrias cadastradas na ferramenta estão descritas conforme tabela 3.

Etapa Construtiva	Dado de Entrada 1	Dado de Entrada 2	Dado de Entrada 3
Serviços Preliminares	Transporte de solo	Uso de combustíveis	-
Fundações	Consumo de materiais	Frete de materiais	Uso de combustíveis
Estrutura	Consumo de materiais	Frete de materiais	Uso de combustíveis
Vedações	Consumo de materiais	Frete de materiais	Uso de combustíveis
Revestimentos	Consumo de materiais	Frete de materiais	Uso de combustíveis
Esquadrias e Vidros	Consumo de materiais	Frete de materiais	Uso de combustíveis
Pintura	Consumo de materiais	Frete de materiais	Uso de combustíveis
Cobertura	Consumo de materiais	Frete de materiais	Uso de combustíveis
Pavimentação e Infraestrutura	Consumo de materiais	Frete de materiais	Uso de combustíveis
Instalações Prediais	Consumo de materiais	Frete de materiais	Uso de combustíveis

Figura 7 - Exemplo de preenchimento na ferramenta considerando as etapas construtivas
 Fonte: Curso CECarbon, 1.3 Etapas Construtivas e Insumos



Figura 8 - Exemplo do que considerar como dados de insumos e processos complementares
 Fonte: Curso CECarbon, 1.3 Etapas Construtivas e Insumos

1. Dados das Etapas Construtivas

1.2. Fundações [?]

Considera emissões e a energia embutida associadas aos materiais utilizados, bem como aqueles referentes ao seu transporte, além do uso de combustíveis fósseis na etapa.

Orientação: inserir o material utilizado na etapa, dentre uma lista pré-determinada, na quantidade já adequada à unidade da ferramenta. Para o frete, inserir qual o fornecedor, a distância até o empreendimento e o nº estimado de percursos. Na etapa você também poderá inserir o consumo de combustíveis.

Consumo de Materiais e Frete Associado

Para prosseguir é necessário informar pelo menos 1 valor

Material	Quantidade	Unidade	
<input type="text" value="Brita"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="t"/>	
Fornecedor	Distância até o empreendimento	Unidade	Nº Estimado de Percursos
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="km"/>	<input type="text"/>

[ADICIONAR MATERIAL](#)

Figura 9 - Preenchimento informação na ferramenta
Fonte: CECarbon

3.4. Análise Dos Resultados Da Ferramenta

A ferramenta recebe os dados dos materiais para resultar em dados de análises e relatórios, cujo tem o intuito de incentivar a melhoria contínua da gestão das empresas e maior precisão de dados da realidade do setor da Construção. Conforme a ferramenta for sendo utilizada, com mais certeza e consistência os resultados serão elaborados (Curso CECarbon, 3.5 Resultados e Relatórios, 2022).

A calculadora permite sair de estimativas, para uma gestão mais precisa da realidade dos dados em relação ao controle de GEE e o consumo de energia na obra (Curso CECarbon, 3.5 Resultados e Relatórios, 2022).

Além dos relatórios resultantes do preenchimento de cada edição, a ferramenta também fornece um relatório comparativo entre as edições, que possibilita a análise detalhada referente a troca de materiais, fornecedores entre outros aspectos que geram impacto positivo na diminuição dos GEE (Curso CECarbon, 3.5 Resultados e Relatórios, 2022).

Não existe uma padronização dos resultados, na verdade a ferramenta fornece dados para a organização utilizar da forma que melhor entende, seja na gestão, nas melhorias de projeto e obras, nos indicadores de metas específicas ou até mesmo nos reportes de inventários oficiais. Logo, a CECarbon possui a possibilidade de flexibilizar o uso dos dados gerados (Curso CECarbon, 3.5 Resultados e Relatórios, 2022).

Os resultados emitidos pelo relatório refere-se ao volume de emissões de GEE em unidade de medida internacionalmente reconhecida e padronizada (CO₂e) que representa os demais gases de efeito estufa em forma de dióxido de carbono (GOLD ENERGY, 2022), resultando então os volumes em toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e). A ferramenta também traz as informações referentes às emissões biogênicas, que são aquelas referentes a utilização de biomassa e subprodutos, dado que estes referem-se a cadeia natural do carbono e conforme o Protocolo de Quioto, tais emissões são neutras, pois são alternativas às emissões de CO₂ de origem geológica – origem fóssia (WRI BRASIL, 2015).

3.5. Critérios Para Proposição De Novos Materiais Ou Operações Para Reduzir As Emissões De GEE

A atuação da cadeia da construção será decisiva para que as metas de redução de emissão de GEE sejam atingidas, uma vez que o setor é um dos maiores responsáveis pela emissão de gases do efeito estufa no planeta. Na França, por exemplo, calcula-se que 25% das emissões tenham origem na construção. No Brasil, estima-se que a atividade de construir responda por um terço das emissões totais do país (CTE, 2021).

“O SindusCon-SP lançou em 2013 o Guia Metodológico para Inventários de Gases de Efeito Estufa (GEE) na Construção Civil – Setor Edificações. A publicação propõe um padrão metodológico para as construtoras e incorporadoras, e algumas delas elaboraram inventários de carbono de seus empreendimentos. Porém, mais de 95% das emissões de Gases de Efeito Estufa da construção civil são geradas fora do canteiro de obras” (ENGEMA,2016), portanto é necessário considerar quais medidas podem ser tomadas para estruturar uma metodologia/programa para avaliar e reduzir as emissões não apenas dentro do canteiro de obras, mas em toda a cadeia de fornecimento, entretanto o foco desse estudo é a execução do empreendimento.

Sendo assim, ao longo da construção de um edifício, deve-se considerar os efeitos da emissão de gases de efeito estufa em dois momentos 1 - Durante o período de construção e 2 - Ao longo dos anos de uso. Ou seja, não adianta projetar uma casa eficiente se não forem considerados materiais e técnicas em sua construção. A etapa da obra geralmente é quando se tem o maior impacto. Desta forma, um bom projeto e gerenciamento de obra são fundamentais para otimizar o processo (UGREEN, 2020).

Deve-se sempre prestar atenção no momento de especificar os materiais. Cada material da construção (revestimentos, iluminação, estrutura, tijolos, portas, janelas...) também passa por um processo de fabricação. A Pegada de Carbono do empreendimento representa o total de emissões de Gases de Efeito Estufa emitido ao longo do ciclo de vida deste “produto”, é

importante entender o impacto desse processamento no ciclo de vida do material, contemplando o total de emissões associadas a todo o processo de construção, incluindo a extração, processamento e transporte das matérias-primas, o processamento e transporte dos produtos, as atividades realizadas no canteiro de obras, o transporte e descarte de resíduos e todas as atividades relacionadas ao processo de construção que acontecem até a entrega do empreendimento (ENGEMA, 2016).

Um dos pontos críticos quando se considera a pegada de carbono setorial é a origem dos componentes. Os principais materiais usados na execução de edificações são importantes geradores de emissões. A indústria do aço, por exemplo, produz mais de 30% das emissões de carbono originadas no setor industrial brasileiro. O cimento gera quase 20% das emissões totais da indústria. Contudo, o aço pode ser reciclado, já o cimento, não (Centro de tecnologia de Edificações, 2021). Se não houver uma logística de reciclagem, é muito possível que a destinação final seja o aterro sanitário ou algum lixão. Ambos são grandes emissores de gás metano e dióxido de carbono. Ou seja, quanto menos processado for o material, melhor. Devemos priorizar o uso de materiais naturais facilmente assimilados pelo ambiente (UGREEN, 2020).

Além disso, o processo construtivo, especialmente o mais tradicional, exerce grande impacto no meio ambiente, desde a preparação do terreno até a finalização da obra. Entre outros danos, ele promove alterações no solo, gera uma quantidade absurda de resíduos, exige o transporte de materiais ao canteiro e utiliza equipamentos emissores de poluentes (CTE, 2021).

A boa notícia é que há muitas e diversas oportunidades para o setor da construção reduzir sua pegada de carbono. As estratégias devem começar ainda na etapa de concepção dos empreendimentos, com a adição de soluções de projeto mais sustentáveis. Elas passam, ainda, pela especificação de materiais que resultem em menor impacto ambiental ao longo do seu ciclo de vida e pela reutilização ou reciclagem dos resíduos nas obras. Outras ações bem-vindas são privilegiar fornecedores situados próximos ao local da obra, utilizar sistemas construtivos industrializados, buscar certificações ambientais

que atestem a eficiência dos edifícios, e implantar mecanismos para compensação das emissões (CTE, 2021).

Segundo Anicia Pio, gerente de Desenvolvimento Sustentável da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp), as companhias deveriam começar suas jornadas de redução de pegadas de maneira simples, com pequenas economias que não afetam a eficiência ou a qualidade dos processos e dos produtos, para ela é importante começar pelo básico, ou seja, trabalhar para a conservação dos recursos naturais e para a aplicação do conceito de desperdício zero (AECWEB, 2021).

Exemplos de adesão de práticas que visam a redução de emissão de GEE vão além dos materiais a serem utilizados para a execução de um edifício, no canteiro, as boas práticas podem se estender tanto nas áreas de produção, quanto nos setores de apoio. O projeto de escritórios e alojamentos, por exemplo, pode ser desenhado para tirar partido da ventilação cruzada, reduzindo o consumo de ar-condicionado. Além disso, a instalação de dispositivos para favorecer o aproveitamento da iluminação natural e das águas pluviais também ajudam a adicionar eficiência e reduzir o consumo de água e energia. A utilização de tapumes de materiais duráveis, que possam ser aproveitados em mais de uma obra, é outra prática recomendada (AECWEB, 2021).

3.5.1. Estudo Da Situação - Elaboração Do Critério De Seleção Dos Materiais E Estratégia De Redução De GEE

Ao buscar uma “redução”, a mesma deve estar vinculada a um critério pré-estabelecido como base, optou-se pelo uso de um prognóstico inicial como parâmetro a partir da sequência de execução da obra deste estudo, a partir dos materiais sugeridos para a redução da emissão de GEE e através da ferramenta CECarbon. Conforme o ENGEMA (2016), o desenvolvimento da estratégia pode ser dividido nas seguintes etapas:

- a) Prognóstico:** Antes do início da construção do empreendimento deverá ser elaborada uma previsão das emissões, baseada na planilha de serviços a serem executados, no orçamento e no planejamento da obra. Para cada material serão considerados dados de processo e fatores de emissão. Dados de processo incluem o consumo de materiais, energia, emissões atmosféricas dos processos, resíduos gerados, coprodutos, etc. Fatores de emissão indicam a quantidade de emissão de Gases de Efeito Estufa associada aos dados de processo e serão utilizados nos casos de indisponibilidade de dados de processo.
- b) Plano de Redução de Emissões:** A previsão das emissões possibilitará a identificação das atividades e materiais de maior impacto. Considerando estas informações, irá ser desenvolvida uma estratégia de redução refletida em planos de ação específicos para cada item. Estas estratégias podem ser agrupadas em três categorias, descritas abaixo:
1. Melhorias logísticas que contemplaram iniciativas como as i) Usinas de concreto no canteiro; ii) a Coleta seletiva e reaproveitamento dos resíduos; iii) Reciclador de concreto, recuperação do cimento, areia e brita para reciclagem.
 2. Seleção de fornecedores que contemplam iniciativas como i) Substituição de fornecedores de cimento; ii) Substituição do fornecedor de aço; iii) Substituição do fornecedor de madeira.
- c) Relatórios de acompanhamento:** As emissões devem ser contabilizadas periodicamente, o que possibilitará a revisão regular do Plano de Redução de Emissões e das estratégias de atuação, sendo analisados os dados das atividades por meio de relatórios.

Há várias maneiras de reduzir as emissões na construção, sendo uma delas a escolha de materiais de construção que tenham uma baixa emissão de carbono (ARCHDAILY), partindo desse princípio para a seleção de materiais mais sustentáveis, aplicando a metodologia para os principais materiais que compõem o edifício, conforme detalhado na tabela 1, apresenta-se as possíveis substituições para a redução de GEE, levando em consideração as informações dos seus fatores de emissão, como mostra a tabela 3:

Material referência	Material alternativo	Fator de emissão mat. alternativo	Referência
Aço	Madeira Engenheirada	1,168 kgCO ₂ /kg	CTE (2021)
Brita	RCC	0,00211 kgCO _{2eq} /kg	MORIS, BOZZI, BARRIOS, MENDES, PAIVA (2018)
Concreto e Bloco de Concreto	Concreto e Bloco de Concreto RCD	4,2469 kgCO ₂ /m ³	CAVALLI, VOGT, CHIELE, BIGOLIN, SILVA FILHO (2020).
Cimento	Cimento Ecológico	30,05 kgCO ₂ /t cimento	PENSAMENTO VERDE (2013)
Madeira Sustentável	Madeira Sustentável	40,46 kgCO ₂ /m ³	OLIVEIRA, PUNHAGUI (2022)

Tabela 2 - Materiais Alternativos e seus fatores de emissão de gee respectivos

Para os seguintes materiais, não foram localizados estudos suficientes com informações de emissão de CO₂e para indicar possíveis substituições, sendo: pó de pedra como substituto da areia, cal hidráulica, gesso e tinta.

4. Resultados e Discussão

Calcular o envio dos gases e o efeito estufa na construção civil, é a primordialidade para encontrar soluções para mitigar/ reduzir danos provenientes das obras no meio.

Sobre o estudo de caso, será explorado diante da ferramenta CECarbon concepções acerca do empreendimento que está localizado na cidade apêndice da Grande São Paulo - São Bernardo do Campo, contendo área total construída de 44.838,46 m². Importante se atentar a todas as etapas, mas em especial as que constem explicações sobre a calculadora de emissão de gases de efeito estufa, bem como a conversão de valores, além de levar em consideração todos os itens que gerem influência no valor de energias consumidas e no volume dos gases emitidos.

A ferramenta realiza os cálculos através de informações a respeito do uso de quantidade dos materiais e acaba por multiplicar este valor por uma constante de gases de efeito estufa assim como a constante de energia. Por fim, o programa CECarbon exige o preenchimento das quantidades de forma unitária, mas respeitando as unidades de medida de maneira uniformizada.

Para que um projeto fundamental seja realizado, se faz necessário reforçar atenção no início da obra, pois essa etapa é a que gera o maior impacto, por ser através desta em que se realiza todo o cronograma, inclusive de compras e projeção de todos os materiais como revestimentos, iluminação, estrutura, tijolos, etc. entendendo também o ciclo de vida do material e da obra, principais materiais usados na execução de edificações e seus geradores de emissões, bem como o transporte e descarte de resíduos, reciclagem, pela reutilização ou reciclagem dos resíduos nas obras, fonte de energia elétrica e também renováveis em todas fases de construção que acontecem até a entrega da obra.

Todas as alternativas que gerem melhorias ambientais e previnam emissões de gases que contribuam para a geração de GEE, devem ser devidamente apontadas, se possível desde o início, pensando em implantar mecanismos para compensação das emissões tanto nas áreas de produção, quanto nos setores de apoio, desde "o básico" pensando no conceito de desperdício zero com a conservação dos recursos naturais.

Com isso, e dado o resumo sobre o caso e estudo, a partir dos materiais sugeridos para a redução da emissão de GEE e através da ferramenta CECarbon, validou-se em duas etapas finais, sendo elas: Prognóstico e plano de redução de emissões.

O prognóstico, refere-se a prévia diante das etapas da obra buscando assim uma previsão das emissões baseada em evidências e números alvos. Já no plano de redução de emissão, é um cronograma eficaz sobre as atividades e materiais de maior impacto e com isso, desenvolver estratégias de redução convertidas essencialmente em planos de ação específicos para cada item, como: melhorias logísticas; Seleção de fornecedores com foco em sustentabilidade; Relatório de acompanhamento, com revisão regular visando em âmbito geral, plano de redução de emissão de gases e estratégias de atuação, por meio de análise de dados, relatórios e atuação constante com olhar atento as necessidades junto ao meio ambiente.

Acreditou-se em um primeiro momento, antes do início deste trabalho apenas com experiências de mercado, que poderia ser o cimento o maior item de obra a corroborar para emissão de gases para o efeito estufa considerado em nível mundial. Contudo, de acordo com os resultados desta ferramenta em específico, constatou-se que, o maior emissor é então o Revestimento Cerâmico e com isso, deixando o Cimento em sexto e nono lugar no que refere a emissões de GEE. Esse número é observável uma vez que o caráter de estudo refere-se para uma obra privada, residencial com sistema construtivo de alvenaria estrutural de médio padrão, onde se fará necessário estudar novos materiais e suas atualizações diante da realidade e finalidade de cada projeto.

4.1. Resultado Da Ferramenta

Ao realizar o preenchimento das informações conforme descrito no tópico 3.3 deste trabalho, resulta-se a emissão de GEE, considerando as três torres analisadas, sendo o total de 442.215,0435 tCO₂e. Os valores embutidos e seus resultados considerando os fatores de emissão de GEE (kgCO₂e/unidade) já oriundos da ferramenta são demonstrados na tabela 3.

Fonte	Dados de atividade	Unidade	Fator de emissão de GEE (kgCO ₂ e/unidade)	Emissão GEE (tCO ₂ e)
Aço	718,62	t	1.900,0000	1.365,3780
Areia	19,81	t	2,3900	0,0473
Argamassa (genérico)	34,55	t	91,4080	3,1581
Argamassa polimérica	333,34	t	400,0000	133,3352

Bloco de concreto (genérico)	1.441,40	m ³	84,0000	121,0776
Bloco de concreto de vedação fbk 02 MPa (14x19x39) cm	1.249,50	t	78,2000	97,7109
Bloco de concreto estrutural fbk 04 MPa (14x19x39) cm	10,30	t	91,3600	0,9406
Bloco de concreto estrutural fbk 06 MPa (14x19x39) cm	472,40	t	95,7100	45,2134
Bloco de concreto estrutural fbk 08 MPa (14x19x39) cm	460,40	t	114,3800	52,6606
Bloco de concreto estrutural fbk 10 MPa (14x19x39) cm	472,00	t	129,6000	61,1712
Bloco de concreto estrutural fbk 12 MPa (14x19x39) cm	440,72	t	157,8400	69,5632
Brita	42,2109	t	4,2700	0,1802
Cabos (fiação)	474,00	m	5,7500	2,7255
Cimento (genérico)	1.236,90	t	654,5340	809,5931
Cimento CP II-E	903,30	t	649,6700	586,8469
Concreto (genérico)	1.603,00	m ³	229,2750	367,5278
Concreto 30-32 MPa	2.499,78	m ³	251,9980	629,9396
Concreto 40 MPa	695,00	m ³	274,0000	190,4300
Esquadrias de alumínio	60.930,00	kg	5.061,3810	308.389,9443
Esquadrias de madeira (portas)	11.820,00	kg	2,4300	28,7226
Gesso	1.769,00	t	342,4000	605,7056
Graute	1.549,00	m ³	347,0000	537,5030
Manta asfáltica a quente	72,95	t	530,0000	38,6635
Produtos sanitários (louças)	1.191,00	t	1.980,0000	2.358,1800
Revestimentos cerâmicos	174.465,00	t	514,0000	89.675,0100
Tinta a base d'água	11.192,00	t	2.540,0000	28.427,6800
Tinta a base de solvente	2.025,00	t	3.760,0000	7.614,0000
Tubo de pvc - água	763,00	m	2,8000	2,1364

Tabela 3 - Resultado da ferramenta por fonte individual
Fonte: Resultado Ccarbon – Autoria Própria

O material que obteve maior volume de emissão de GEE, segundo a ferramenta foi a Esquadria de Alumínio, tendo o total de 308.389,944 tCO₂e, no entanto, há certa

estranheza desse resultado, dado o material e sua finalidade. Ao entender o fator de emissão de GEE utilizado com a equipe da ferramenta, identificou-se que haverá necessidade de atualização desses fatores, assim como, inclusão de novos materiais para que relate melhor a realidade dos materiais e emissões recorrentes das utilizações nacionais.

O cimento que é o material responsável por altas emissões e o segundo material mais utilizado mundialmente, resultou para este estudo o total (soma de todas as subclassificações de cimento com dados cadastrados) de emissão de GEE de 1.396,44 tCO_{2e}, ficando alocado entre os 10 materiais que mais emitem GEE.

Os dez principais materiais nas emissões de GEE para este estudo, desconsiderando as Esquadrias de Alumínio, são: Revestimentos Cerâmicos (89.675,0100 tCO_{2e}), Tinta à base d'água (28.427,6800 tCO_{2e}), Tinta à base de solvente (7.614,0000 tCO_{2e}), Produtos Sanitários (Louças) (2.358,1800 tCO_{2e}), Aço (1.365,3780 tCO_{2e}), Cimento (Genérico) (809,5931 tCO_{2e}), Concreto 30-32 MPa (629,9396 tCO_{2e}), Gesso (605,7056 tCO_{2e}), Cimento CP II-E (586,8469 tCO_{2e}) e Graute (537,5030 tCO_{2e}) que totalizam 132.609,84 tCO_{2e}.

No relatório emitido é apresentado a equivalência das emissões totais ao conteúdo de carbono armazenado em 63.183,48 árvores típicas da Mata Atlântica. Como a ferramenta também calcula o consumo energético embutido nos materiais e/ou serviços, a equivalência de tal consumo seria capaz de abastecer 77.918,20 casas de famílias de 4 pessoas anualmente. As emissões totais da obra são de 6,2187 tCO_{2e}/m² o que resulta que seu indicador de emissões totais seja 442.284,3366 tCO_{2e}.

4.2. Propostas De Mitigação De Emissão De GEE

As propostas de mitigação de emissão de GEE, consideram os principais materiais em emissões de GEE, sendo a busca por alternativas considerando a metodologia descrita no tópico 3.5.1 deste trabalho e alguns dos materiais descritos na tabela 3. Na tabela 4, é demonstrada os materiais e suas emissões considerando

as alternativas escolhidas para substituição de todos os principais materiais com alta emissão de GEE.

Para a substituição das tintas, as pesquisas retornaram resultados referentes a inovações no setor, mas sem conclusões concretas sobre o fator de emissão de GEE ou até mesmo o percentual de redução de emissões, no entanto, para caráter de estudos futuros, foi considerado como possível substituição para as tintas à base de água, utilização de tintas minerais, dado que seu processo de produção garante maior sustentabilidade por não haver emissões tóxicas (SIQUEIRA, 2018).

Não há alternativas para substituição do gesso, dado que sua matéria prima é a gipsita e o processo de produção é dado por britagem e calcinação deste mineral (ARQUITECTANDO, 2012), logo, as pesquisas retornaram resultados referentes à reciclagem do resíduo gerado pela utilização do gesso que é outro problema ambiental devido a toxicidade e inflamabilidade (XIV FÓRUM AMBIENTAL, 2018), podendo servir de insumo para muitos outros estudos, como por exemplo, definição do destino ou reuso do resíduo de gesso além de outras alternativas para tal finalidade. No entanto, para buscas com caráter de redução de emissão de GEE devido a alternativas para o gesso, não foi possível chegar a conclusões.

Para substituição do Graute, foi sugerida a utilização do Graute que tem em seus agregados a utilização de blocos cerâmicos estruturais, tal alternativa visa reutilizar os RCDs e aplicá-los para garantir resistência do material, optando por opções mais sustentáveis (MEDEIROS, TUTIKIAN, EHRENBRING, 2017).

Assim como para o gesso, a preocupação quanto aos Produtos Sanitários (Louças) que se referem às peças de vaso sanitário e pia, comumente produzidos de cerâmica, tem atenção maior dada ao descarte e reuso destes materiais, sendo recomendado a reutilização deste produto para resultar em outros (ALBACH, SILVA, WITT, 2018).

O valor total de emissões considerando as substituições demonstradas na tabela 4, resulta em 362.626,07, totalizando uma diminuição de estimada de 18% quando comparado com o volume calculado gerado pela obra.

Além das substituições que podem ser realizadas considerando os materiais, algumas possibilidades de operações que visam ter comportamentos mais sustentáveis podem ser planejadas, como: Melhorias logísticas que contemplam iniciativas como as usinas de concreto no canteiro; a coleta seletiva e reaproveitamento dos resíduos; reciclador de concreto, recuperação do cimento, areia e brita para reciclagem, como descrito no item 3.5 deste trabalho. Também podem ser consideradas ações oriundas da metodologia dos 5Rs da sustentabilidade, que objetivam ações com vieses de Reduzir, Repensar, Recusar, Reutilizar e Reciclar (SENAC, 2022).

Fonte	Substituição	Novo fator de emissão de GEE (kgCO2e/unidade)	Novo valor de emissão GEE (tCO2e)	Referência
Revestimentos Cerâmicos	Cerâmica monoporosa	257	44.837,5050	PPGCEM (2022)
Tinta a base d'água	Tinta mineral	-	Sem informação	SIQUEIRA, M. M. (2018)
Tinta a base de solvente	Tinta a base d'água, tinta mineral	2540,00	5.143,5000	CECarbon
Produtos Sanitários (Louças)	-	-	-	ALBACH, SILVA, WITT (2018)
Aço	Madeira Engenheirada	1,168	0,8393	CTE (2021)
Cimento (Genérico)	Cimento Ecológico	30,05	37,1688	PENSAMENTO VERDE (2013)

Concreto 30-32 MPa	Concreto RCD	4,2429	10,6063	CAVALLI, VOGT, CHIELE, BIGOLIN, SILVA FILHO (2020).
Gesso	-	-	-	
Cimento CP II- E	Cimento Ecológico	30,05	27,1442	PENSAMENTO VERDE (2013)
Graute	Graute com chamote de blocos estruturais cerâmicos	-	Sem informação	MEDEIROS, TUTIKIAN, EHRENBRING (2017)

Tabela 4 - Tabela Proposta de Materiais de Mitigação

4.3. Resultado Ferramenta Vs Resultado De Materiais E Ações De Mitigação

A partir da análise das emissões de GEE e das mitigações propostas acima, tem-se como principais resultados:

- Estimativa de redução de 79.589,19 tCO₂e de emissões de GEE, tendo a redução de 1.332,1270 tCO₂e de emissões de GEE para o cimento (soma de todas as subclassificações de cimento com dados cadastrados).
- Sugestão de utilização de materiais inovadores como: a tinta mineral ao invés de tinta a prova d'água, a cerâmica monoporosa ou até mesmo cerâmicas oriundas da reutilização de lodo ativo ao invés de revestimentos cerâmicos comuns e o graute com chamote de blocos estruturais cerâmicos para substituir o graute comumente utilizado.
- Necessidade de mais informações e estudos voltados para os materiais sustentáveis que podem ser utilizados como substituição dos materiais

comumente utilizados, em obras de diversos tipos e que utiliza outras metodologias construtivas.

Além destes, a ferramenta promoveu uma experiência satisfatória para identificação e classificação de materiais em relação a emissão de GEE, mesmo estando em piloto com construtoras específicas já demonstra potencial para auxiliar na busca pela emissão zero até 2050 para o setor da construção civil.

5. Considerações Finais

Conforme evidenciado no decorrer deste trabalho, ressalta-se o quanto a construção civil gera um grande impacto frente ao meio ambiente, e por isso é importante validar e salientar os efeitos de um desenvolvimento ambiental estruturado buscando promovê-lo de forma sustentável contribuindo para amenizar a curto e longo prazo as mudanças climáticas.

Com isso, os resultados deste trabalho, contribuem para a real necessidade de ações emergenciais e mensuração quanto ao cuidado com o Meio, em decorrência visível do aumento das temperaturas globais, uma vez que o setor civil é o que tem sido apontado como o que mais demanda recursos naturais de forma direta e indireta, por meio de extração de energias renováveis. Além da emissão de dióxido de carbono na atmosfera através da queima de materiais a combustão (gás natural, combustíveis fósseis e petróleo) de forma exacerbada e com projeções para dobrar seu volume nos próximos anos.

Visando melhorias para o futuro, as análises apresentadas, em suma possuem o intuito final de incentivar a melhoria contínua da gestão das empresas e maior precisão de análise dos dados de acordo com a realidade do setor da Construção e assim também contribuir com o meio ambiente. Sendo importante salientar que no Brasil existe a necessidade de realizar a construção de forma mais sustentável uma vez que, os números revelam que a atividade de obra civil corresponde a um terço das emissões totais do país.

O maior volume de emissão de GEE está em processos da construção civil como a extração, queimas de combustíveis fósseis e transporte com substâncias como: Obtenção do cimento, cal, aço, areia e brita, cerâmica vermelha e PVC. Sendo estas substâncias as básicas para a construção de uma alvenaria estrutural.

Como resultado da pesquisa e proposta para estudos futuros, tem-se uma redução estimada de 18% de emissões de GEE ao analisar os materiais com maiores emissões e propor alternativas para estes. Importante salientar que o desenvolvimento sustentável é necessário para garantir o sucesso de acordos mundiais ambientais, como “Emissões zero até 2050”, podendo então, além de substituições de materiais, realizar escolhas mais sustentáveis no dia a dia das

edificações e demais métodos que visam diminuir a pegada de carbono, podendo usufruir da ferramenta apontada neste trabalho – CECarbon, como grande precursor de apontamento de melhorias diante de obras na emissão de GEE.

Por fim, concluiu-se que a ferramenta contempla as necessidades quanto a quantificação da emissão de GEE nas etapas da elaboração e execução de um empreendimento, porém com ressalvas quanto as precisões dos dados oriundos do programa referente aos Fatores de Emissões de GEE de cada material considerados para cálculos em formulação sistêmica que resulta no relatório a nível nacional, por ainda ser uma ferramenta em evolução e estudo, podendo ter atualizações e revisões recorrentes destas informações, entende-se que a ferramenta poderá ganhar espaço no mercado conforme concretizados os dados de origem de fatores de emissões de cada material, diversificando entre os fornecedores e suas metodologias de produção, garantindo então com que a ferramenta transmita a informação coerente e aderente a realidade nacional e/ou regional.

6. Referências

ABRAIN (2021). “ABRAIN Explica: ESG na prática: Construção Civil lidera bons exemplos”. Disponível em: <<https://www.abrain.org.br/abrain-explica/2021/07/22/esg-na-pratica-setor-de-construcao-civil-lidera-bons-exemplos/>>. Acesso em: 20/09/2022.

AECWEB (2021). “Como reduzir a pegada de carbono nos canteiros de obras?”, Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-reduzir-a-pegada-de-carbono-nos-canteiros-de-obras/22643>>. Acesso em: 30/10/2022

ALBACH, SILVA, WITT (2018). “Destinação Planejada De Resíduos Cerâmicos No Contexto Do Design Para Sustentabilidade”. Disponível em <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjriO8l8P7AhW2q5UCHYcYB48QFnoECCoQAQ&url=https%3A%2F%2Ffojs.sites.ufsc.br%2Findex.php%2Fmixsustentavel%2Farticle%2Fdownload%2F2538%2F2203&usq=AOvVaw1IsN-VofZ-xhqzsGVsG5n>>. Acesso em: 22/11/2022

Associação Brasileira de Cimento Portland (2022), “Básico sobre Cimento”, Disponível em: <<https://abcp.org.br/cimento/>>. Acesso em: 04/10/2022

Associação Brasileira de Cimento Portland (2022), “Tipos”, Disponível em: <<https://abcp.org.br/cimento/tipos/>>. Acesso em: 04/10/2022

Associação Mineira de Defesa do Ambiente, “Ciclo de Vida do Cimento”, Disponível em: <<https://www.amda.org.br/images/ciclodevida/ciclo-de-vida-do-cimento.jpg>> Acesso em: 27/09/2022

AQUOS (2022). “A Tinta Mineral Aquos Deixa Seu Projeto Novo Sempre!”. Disponível em: <https://www.aquostintamineral.com.br/?gclid=Cj0KCQiAg_KbBhDLARIsANx7wAy7X9cBulx44jatcRGp1pel0L4pkk3r-ZQWlou4fBjmLIMkNXVAgw4aApRAEALw_wcB>. Acesso em: 22/11/2022

ARCHDAILY (2020). “Questão urgente: 10 estratégias para descarbonizar a arquitetura”. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/943680/questao-urgente-10-estrategias-para-descarbonizar-a-arquitetura>>. Acesso em: 07/09/2022

ARQUITECTANDO (2012). “Materiais de Construção – Gesso”. Disponível em: <<https://arquitectandoufpb.blogspot.com/2012/06/materiais-de-construcao-gesso.html>>. Acesso em: 22/11/2022

CARVALHO, MESQUISA E MELO (2016). “Panoramas Setoriais – Cimento”. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/7207/1/Cimento_P.pdf>. Acesso em: 27/09/2022

CAVALLI, VOGT, CHIELE, BIGOLIN, SILVA FILHO (2020). “Análise De Índices Ambientais E Aspectos Econômicos De Blocos De Concreto Fabricados Com Resíduo De Construção E Demolição E Cinzas De Casca De Arroz”. Disponível em <<https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/download/998/626/1955>>. Acesso em: 23/10/2022

CBIC (2020). “Normas de Alvenaria Estrutural em Consulta Nacional na ABNT”. Disponível em: <<https://cbic.org.br/normas-de-alvenaria-estrutural-em-consulta-nacional-na-abnt/>>. Acesso em: 18/09/2022

CBIC (2022). “PIB da construção fecha o ano com crescimento de 9,7%, a maior alta em 11 anos”. Disponível em: <[https://cbic.org.br/pib-da-construcao-fecha-o-ano-com-crescimento-de-97-a-maior-alta-em-11-anos/#:~:text=04%2F03%2F2022-,%20da%20constru%C3%A7%C3%A3o%20fecha%20o%20ano%20com%20crescimento%20de%209,sexta%2Dfeira%20\(4\).](https://cbic.org.br/pib-da-construcao-fecha-o-ano-com-crescimento-de-97-a-maior-alta-em-11-anos/#:~:text=04%2F03%2F2022-,%20da%20constru%C3%A7%C3%A3o%20fecha%20o%20ano%20com%20crescimento%20de%209,sexta%2Dfeira%20(4).)>. Acesso em: 04/10/2022

CECARBON (2022). “Guia de Uso”. Disponível em: <<https://www.cecarbon.com.br/guide>>. Acesso em: 07/10/2022

CECARBON (2022). “Minhas Obras”. Disponível em: <<https://www.cecarbon.com.br/admin/works>>. Acesso em: 07/10/2022

CECARBON (2022). “Sobre o Projeto”. Disponível em: <<https://www.cecarbon.com.br/about>>. Acesso em: 04/09/2022.

CECARBON (2020). “Relatório Metodológico V01 – SP/Brasil”.

CESTESB/SP (2022). “Gases do Efeito Estufa e Fontes de Emissão”. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/proclima/gases-do-efeito-estufa/>>. Acesso em: 04/09/2022

CTE (2021). “Como reduzir as emissões da construção civil para atingir metas ambientais?”. Disponível em: <<https://cte.com.br/blog/sustentabilidade/como-reduzir-as-emissoes-da-construcao-civil-para-atingir-metas-ambientais/>>. Acesso em: 30/10/2022

CTE (2021). “Madeira engenheirada: confira quatro mitos a serem desconstruídos”. Disponível em: <<https://cte.com.br/blog/inovacao-tecnologia/madeira-engenheirada-confira-quatro-mitos-a-serem-desconstruidos/#:~:text=Um%20metro%20c%C3%ABico%20de%20madeira,das%20transfer%C3%Aancias%20globais%20de%20CO%E2%82%82>>. Acesso em: 30/10/2022

COSTA, C.L.B. (2012). “Quantificação das emissões de CO₂ geradas na produção de materiais utilizados na construção civil no Brasil”. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Bruno-Costa-18/publication/303850992_Quantificacao_das_Emissoes_de_CO2_geradas_na_Producao_de_Materiais_Utilizados_na_Construcao_Civil_no_Brasil_Quantification_of_Carbon_Dioxide_Releases_Generated_by_the_Production_of_Building_Materials_links/5758169b08ae05c1ec19f385/Quantificacao-das-Emissoes-de-CO2-geradas-na-Producao-de-Materiais-Utilizados-na-Construcao-Civil-no-Brasil-Quantification-of-Carbon-Dioxide-Releases-Generated-by-the-Production-of-Building-Materials.pdf>. Acesso em: 21/09/2022

CUNHA, I. B. D. (2016). “Quantificação das emissões de CO₂ na construção de unidades residenciais unifamiliares com diferentes materiais”. Disponível em: <https://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/6884/2/DIS_IASMINY_BORBA_DA_CUNHA_COMPLETO.pdf>. Acesso em: 05/09/2022

ENGEMA (2016). “Pegada de carbono na construção civil: Estudo de caso que evitou a emissão de mais de 62.000ton CO₂e e reestruturou o setor de madeira nativa certificada no Rio de Janeiro”. Disponível em: <<http://engemausp.submissao.com.br/18/anais/arquivos/19.pdf>>. Acesso em: 30/10/2022

ESTRATÉGIA ODS (2022). “O que são os ODS?”. Disponível em: <<https://www.estrategiaods.org.br/o-que-sao-os-ods/>>. Acesso em: 21/04/2022

FERREIRA, T. C. (2018). Impactos e desafios da construção civil brasileira para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo). Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde-22102018-093936/publico/TamirisCFerreira_Corrigida.pdf> Acesso em: 03/09/2022

FIESC (2022). “Indústria brasileira faz a sua parte na redução de emissões de gases de efeito estufa”. Disponível em: <<https://fiesc.com.br/pt-br/imprensa/industria-brasileira-faz-sua-parte-na-reducao-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa#:~:text=A%20ind%C3%BAstria%20cimenteira%2C%20globalmente%2C%20responde,um%20ter%C3%A7o%20da%20m%C3%A9dia%20mundial>>. Acesso em: 04/09/2022.

GOLDEMBERG; AGOPYAN; JOHN (2011). “O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil”, Vol.5 - 3ªed. Disponível em: <https://www.google.com.br/books/edition/O_desafio_da_sustentabilidade_na_constru/J3i5DwAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=materiais+de+constru%C3%A7%C3%A3o+sustent%C3%A1veis&printsec=frontcover>. Acesso em: 04/09/2022

GOLD ENERGY (2022). “Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂e)”. Disponível em: <<https://goldenergy.pt/glossario/dioxido-carbono-equivalente-co2e/>>. Acesso em: 21/11/2022

IEMA (2021). “Análise das Emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil (1970-2020)”. Disponível em: <[JR, STACHERA \(2008\). “Avaliação de emissões de CO₂ na construção civil: um estudo de caso de habitação de interesse social no Paraná”. Disponível em: <\[https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_090_554_12351.pdf\]\(https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_090_554_12351.pdf\)>. Acesso em: 04/09/2022](https://energiaeambiente.org.br/produto/analise-das-emissoes-brasileiras-de-gases-de-efeito-estufa-e-suas-implicacoes-para-as-metas-climaticas-do-brasil-1970-2020#:~:text=Emiss%C3%B5es%20brasileiras%20no%20ano%20da%20pandemia&text=O%20total%20de%20emiss%C3%B5es%20brutas,desde%20o%20ano%20de%202006.>”. Acesso em: 04/10/2022</p></div><div data-bbox=)

LIMA, R.A.J. (2010). “Avaliação das consequências da produção de concreto no Brasil para as mudanças climáticas”. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-23082010-105858/publico/Tese_Jose_Antonio_Ribeiro_Lima.pdf>. Acesso em: 27/09/2022

MACIEL, D.A.M. (2018). “Levantamento de inventário de emissões de gases de efeito estufa em obra da indústria da construção civil em Maringá/ PR”. Disponível em: <<https://www.unicesumar.edu.br/presencial/wp-content/uploads/sites/2/2018/05/MARCO-AURELIO-DINIZ-MARCIEL.pdf>>. Acesso em: 18/09/2022

MEDEIROS, TUTIKIAN, EHRENBRING (2017). “Estudo de teores de substituição de agregado natural por chamote de blocos estruturais cerâmicos para desenvolvimento de grautes”. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rmat/a/pnGHqGsCYkHPcmK8jq7LDVv/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 22/11/2022

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (2021). “Resultados do Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa por Unidade Federativa”. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/arquivos/LIVRORESULTADOINVENTARIO30062021WEB.pdf>>. Acesso em: 27/09/2022

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (2021). “SIRENE”. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/emissoes/participacao-de-gee-por-setor-1>> . Acesso em: 27/09/2022

Monzoni, M. (2008). Contabilização, quantificação e publicação de inventários corporativos de emissões de gases de efeito estufa. Centro de Estudos em Sustentabilidade (FGVces). Disponível em: <<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/15413/Especificacao%20do%20Programa%20Brasileiro%20GHG%20Protocol.pdf>>. Acesso em: 04/09/2022.

MORIS, BOZZI, BARRIOS, MENDES, PAIVA (2018). “Análise Da Gestão De Resíduos Da Construção Civil: Um Estudo De Caso Em Uma Obra Na Cidade De São Paulo”. Disponível em: <

https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_266_528_36151.pdf>. Acesso em: 30/10/2022

NBR ISO 14040. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-14.040-Gest%C3%A3o-Ambiental-avaliac%C3%A3o-do-ciclo-de-vida-principios-e-estrutura.pdf>>. Acesso em: 03/09/2022

NBR ISSO 14044. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5560109/mod_resource/content/3/NBRISO14044%20.pdf>. Acesso em: 04/09/2022.

ODM (2022). “Os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio”. Disponível em: <<http://www.odmbrasil.gov.br/os-objetivos-de-desenvolvimento-do-milenio>> Acesso em: 04/09/2022

ODS BRASIL (2022). “Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável”. Disponível em: < <https://odsbrasil.gov.br/>>. Acesso em: 04/10/2022

OLIVEIRA, PUNHAGUI (2022). “Emissão de CO2 da madeira nativa proveniente de florestas sem manejo e destinada à construção civil”. Disponível em: < <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiq7Mquk777AhWHq5UCHb2yBSoQFnoECA0QAw&url=https%3A%2F%2Feventos.antac.org.br%2Findex.php%2Fentac%2Farticle%2Fdownload%2F1971%2F1947&usq=AOvVaw3CxlDj6ieelgmof2NI2qzM>>. Acesso em: 19/11/2022

ONU Brasil (2022). “Sobre o Nosso Trabalho para Alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil”. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 18/09/2022

PACTO GLOBAL (2022). “Entenda o significado da sigla ESG (Ambiental, Social e Governança) e saiba como inserir esses princípios no dia a dia de sua empresa”. Disponível em: <<https://www.pactoglobal.org.br/pg/esg>>. Acesso em: 21/09/2022

PENSAMENTO VERDE (2013). “Cimento ecológico: uma alternativa verde para a construção civil”. Disponível em: <<https://www.pensamentoverde.com.br/arquitetura-verde/cimento-ecologico-alternativa-verde-construcao-civil/>>. Acesso em: 30/10/2022

PPGCEM (2022). “Cerâmica Sustentável”. Disponível em: < <https://www.inovacao.ufscar.br/pt-br/news/patentes/4053-ceramica-sustentavel>>. Acesso em: 22/11/2022

SENAC (2022). "5 Rs da sustentabilidade: Saiba como preservar o meio ambiente". Disponível em <<https://www.mt.senac.br/ecos/dicas/210/>>. Acesso em: 22/11/2022

SILVA, S.E. (2014). "Inventário De Gases De Efeito Estufa Na Etapa De Construção De Edificações Residenciais Multifamiliares Na Região Da Grande Florianópolis (SC)". Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/129120/331964.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 04/10/2022

SindusConSP (2022). "Workshop CECarbon: CALCULADORA DE CONSUMO ENERGETICO E EMISSOES DE CARBONO NA CONSTR. CIVIL_GEE_CECarbon_SindusCon-SP". São Paulo, SP, Brasil.

SindusConSP (2022) "Curso Prático para uso da ferramenta CECarbon - Calculadora de Consumo Energético e Emissões de Carbono na Construção civil". Disponível em: <<https://sindusconsp.ead.voxeldigital.com.br/curso/curso-cecarbon-calculadora-de-consumo-energetico-e-emissoes-de-carbono-na-construcao-civil>>. Acesso em: 06/10/2022

SIQUEIRA, M. M. (2018). "Construção Civil Sustentável: Estudo Dos Minerais Para A Produção De Tinta Ecológica Mineral". Disponível em < <https://www.conic-semesp.org.br/anais/files/2018/1000000315.pdf>>. Acesso em: 22/11/22

SOUZA, E. (2019) "Como podemos reduzir a emissão de carbono em projetos de arquitetura?" 2019. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/919037/como-podemos-reduzir-a-emissao-de-carbono-em-projetos-de-arquitetura>> Acesso em: 04/09/2022

STF (2022). "Agenda 2030". Disponível em: < <https://portal.stf.jus.br/hotsites/agenda-2030/>>. Acesso em: 06/10/2022

TAUIL; NESE (2010). "Alvenaria Estrutural: Metodologia do Projeto, Detalhes, Mão de obra, Normas e ensaios". vol. Único – 1ª ed. Disponível em: < <https://engucm.files.wordpress.com/2017/12/alvenaria-estrutural.pdf>>. Acesso em: 20/09/2022

UGREEN (2020). “Como reduzir a pegada de carbono na construção civil”. Disponível em: < <https://www.ugreen.com.br/como-reduzir-a-pegada-de-carbono-na-construcao-civil/> >. Acesso em: 30/10/2022

UNEP (2020). “Emissões do Setor de Construção Civil Atingiram Records em 2019 – Relatório da ONU”. Disponível em: <<https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/emissoes-do-setor-de-construcao-civil-atingiram>>. Acesso em: 04/09/2022.

UNEP (2020). “Marcos Ambientais: Linha do Tempo dos 75 anos da ONU”. Disponível em: <<https://www.unep.org/pt-br/news-and-stories/story/environmental-moments-un75-timeline>>. Acesso em: 04/10/2022

UNEP (2022). “O aumento alarmante da temperatura global”. Disponível em: <<https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/o-aumento-alarcante-da-temperatura-global#:~:text=O%20ano%202020%20foi%20de,j%C3%A1%20a%20partir%20de%202024.>> Acesso em: 06/10/2022

UNEP (2022). “Você Sabe Como os Gases de Efeito Estufa Aquecem o Planeta?”. Disponível em: < <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/voce-sabe-como-os-gases-de-efeito-estufa-aquecem-o-planeta>>. Acesso em: 04/10/2022

WRI BRASIL (2015). “Metodologia do GHG Protocol da Agricultura”. Disponível em: < https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards_supporting/Metodologia.pdf>. Acesso em: 21/11/2022

XVI FÓRUM AMBIENTAL (2018). “Sustentabilidade do Gesso”. Disponível em < <https://www.eventoanap.org.br/data/inscricoes/3929/form228212826.pdf>>. Acesso em: 22/11/2022