

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE CIÊNCIAS EXATAS E EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA TÊXTIL
CURSO DE ENGENHARIA TÊXTIL

Hiana Nahring

**A POLÍTICA DO CARBONO ZERO E OS DESAFIOS DA INDÚSTRIA TÊXTIL
PARA A NEUTRALIZAÇÃO NA EMISSÃO DE CO₂**

Blumenau

2022

Hiana Nahring

**A POLÍTICA DO CARBONO ZERO E OS DESAFIOS DA INDÚSTRIA TÊXTIL
PARA A NEUTRALIZAÇÃO NA EMISSÃO DE CO₂**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Graduação em Engenharia Têxtil do Centro Tecnológico de Ciências Exatas e Educação da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Têxtil.

Orientador: Prof. Alexandre José Souza Ferreira,
Dr.

Blumenau

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Nahring, Hiana

A POLÍTICA DO CARBONO ZERO E OS DESAFIOS DA INDÚSTRIA
TÊXTIL PARA A NEUTRALIZAÇÃO NA EMISSÃO DE CO₂ / Hiana
Nahring ; orientador, Alexandre José Sousa Ferreira,
coorientador, Fernanda Steffens, 2023.

47 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau,
Graduação em Engenharia Têxtil, Blumenau, 2023.

Inclui referências.

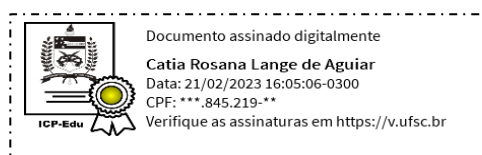
1. Engenharia Têxtil. 2. Indústria Têxtil. 3. Créditos
de Carbono. 4. Sustentabilidade. I. Sousa Ferreira,
Alexandre José. II. Steffens, Fernanda . III. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Têxtil.
IV. Título.

Hiana Nahring

A POLÍTICA DO CARBONO ZERO E OS DESAFIOS DA INDÚSTRIA TÊXTIL PARA A NEUTRALIZAÇÃO NA EMISSÃO DE CO₂

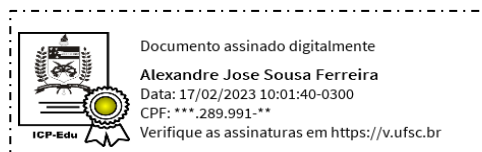
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Têxtil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Têxtil.

Blumenau, 21 de dezembro de 2022.

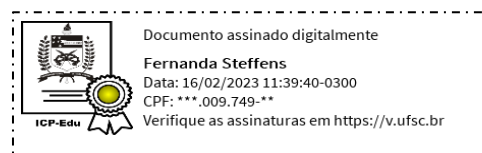


Prof.(a) Catia Lange de Aguiar, Dr.(a)
Coordenação do Curso

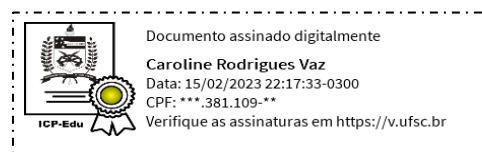
Banca examinadora



Prof. Alexandre José Sousa Ferreira, Dr.
Orientador



Prof.(a) Fernanda Steffens, Dr.(a)
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.(a) Caroline Vaz, Dr.(a)
Universidade Federal de Santa Catarina

Blumenau, 2022.

Este trabalho é dedicado aos meus colegas
de classe e aos meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha família pelo apoio, paciência e preocupação ao longo dos anos de graduação. Em muitos momentos de dificuldades e incertezas, este apoio foi sem dúvidas o que me deu forças para continuar.

Dedico esse trabalho ao meu pai Fernando, a quem tanto amo e admiro por sua resiliência e sabedoria diante da vida.

À minha mãe Carmen, pela dedicação e amor incondicional do qual compartilhamos.

Ao meu companheiro Alfredo que me inspira com sua trajetória e dedicação.

Ao meu tio Cezar que por tantas vezes me acolheu e auxiliou.

Aos professores com os quais tive a honra de aprender.

Aos colegas de curso que tornaram esta caminhada mais completa, e por fim, à UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, instituição da qual me orgulho de ter feito parte.

Quando o homem compreende sua realidade, pode levantar hipóteses sobre o desafio dessa realidade e procurar soluções. Assim, pode transformá-la e com seu trabalho pode criar um mundo próprio: seu eu e suas circunstâncias.
(FREIRE, 1979, p. 16)

RESUMO

Existe na atualidade uma grande preocupação relativa ao tema ambiental e o ônus da indústria têxtil nos impactos causados pela sua robusta cadeia produtiva. Os inúmeros processos desde o cultivo ou síntese da fibra, fiação a tecelagem, bem como, beneficiamento de tecidos, demandam de grande quantidade de energia térmica e processamento mecânico. No qual, utilizam-se recursos naturais e combustíveis fósseis para sua autonomia produtiva. Visando esta perspectiva, o fenômeno do aquecimento global é uma consequência direta vinculada às questões energéticas e a elevada emissão de gases gerados pelos combustíveis fósseis empregados na indústria. Os efeitos desse aquecimento mostram-se cada vez mais devastadores, evidenciando a necessidade de adequação por parte da indústria, na tentativa de minimizar os danos causados ao meio ambiente, e com isso, preservar não somente o planeta, mas também a economia global, que deve caminhar para modelos de negócio cada vez mais ambientalmente sustentáveis e “limpos”, além de socialmente responsáveis. Para tanto, a comunidade internacional vem traçando medidas e acordos que visam estabelecer metas de redução de agentes poluentes através de mecanismos que englobam crescimento econômico, responsabilidade e interesses sociais, corroborando para um sistema em equilíbrio com as demandas climáticas severas e atuais. Diante deste contexto, a política de créditos de carbono foi estabelecida com o Protocolo de Kyoto no ano de 1997, com o objetivo de ser uma ferramenta econômica que fomenta meios de produção mais limpos, com a redução na emissão de gases poluentes, responsáveis pelo aquecimento global. Este trabalho tem como objetivo a contextualização acerca dos impactos causados ao meio ambiente pela indústria têxtil e quais as medidas para diminuir a emissão de gases. Além do impacto na comercialização de créditos de carbono para a transformação da indústria em um modelo mais sustentável e economicamente viável. Para tanto, a metodologia utilizada baseou-se na revisão bibliográfica de termos relacionados ao tema. Bem como, estudo de caso do emprego da política de carbono em uma indústria têxtil. Os resultados demonstraram que as estratégias adotadas pela empresa contribuíram positivamente para a gestão de carbono.

Palavras-chave: Créditos de carbono; Indústria têxtil; Sustentabilidade.

ABSTRACT

There is currently a great concern regarding the environmental issue and the burden of the textile industry in the impacts caused by its robust production chain. The different processes from fiber cultivation or synthesis, spinning to weaving, as well as fabric improvement, demand a large amount of thermal energy and mechanical processing. In which, natural resources and fossil fuels are used for their productive autonomy. From this perspective, the phenomenon of global warming is a direct consequence linked to energy issues and the high emission of gases generated by fossil fuels is industry. The effects of this warming are becoming more and more devastating, highlighting the need for control by the industry, in an attempt to minimize the damage caused to the environment, and with that, to preserve not only the planet but also the global economy, that must move towards increasingly environmentally responsible and "clean" business models, as well as socially responsible. To this end, the international community has been drawing up measures and agreements that aim to establish targets for the reduction of polluting agents through exchanges that encompass economic growth, responsibility and social interests, corroborating for a system in balance with the diverse and current climatic demands. In this context, the carbon credit policy was established with the Kyoto Protocol in 1997, with the aim of being an economic tool that encourages cleaner means of production, with a reduction in the emission of polluting gases, responsible for global warming. This work aims to contextualize the impacts caused to the environment by the textile industry and what measures to reduce gas emissions, in addition to the impact on the transformation of carbon credits for the transformation of the industry into a more sustainable model and economically viable. Therefore, the methodology used was based on a bibliographical review of terms related to the theme. As well as a case study of the use of carbon policy in a textile industry. The satisfactory results that the strategies adopted by the company contributed positively to carbon management.

Keywords: Carbon credits; Textile industry; Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Atuação das indústrias nacionais nas emissões de gases poluentes.	16
Figura 2 – Acúmulo de emissões (em ton/CO ₂) entre 1850 e 2021.	17
Figura 3 – Deserto do Atacama (Chile) como local de deposição irregular de peças de roupas.....	18
Figura 4 – Emissões de CO ₂ (em Gt) e aquecimento previsto até 2100.	22
Figura 5 – Bases do desenvolvimento sustentável.	24
Figura 6 – Combustíveis e suas aplicações.	30
Figura 7 – Resultado global entre pegadas de carbono e compensação após implementação da política de créditos de carbono.....	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Atividades incluídas no inventário de carbono, por escopo.....	39
Quadro 2 – Total de emissões de cada atividade industrial.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Emissões do setor têxtil (GgCO _{2e}).....	26
Tabela 2 – Progressão das emissões de GEEs entre 2010 e 2050 (GgCO _{2e}).	27
Tabela 3 – Consumo energético do setor têxtil (mil tep).	28
Tabela 4 – Consumo energético do setor têxtil (%).	289
Tabela 5 – Impacto das emissões de CO ₂ das embalagens utilizadas.	38
Tabela 6 – Emissões de carbono da cadeia produtiva terceirizada.	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção
APEC	Cooperação Econômica Asia-Pacífico
CCCs	Créditos de Compensação de Carbono
CE	Comissão Europeia
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CO ₂	Dióxido de Carbono
CO ₂ e	Dióxido de Carbono Equivalente
COP	Conferência das Partes
CRCs	Créditos de Redução de Carbono
FSC	Forest Stewardship Council
GEEs	Gases do Efeito Estufa
GgCO ₂ e	Giga grama de Dióxido de Carbono Equivalente
IC	Implementação Conjunta
IPCC	Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PIB	Produto Interno Bruto
REDD	Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal
RS	Relatório de Sustentabilidade
UNFCCC	Convenção das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima
VCS	Verified Carbon Standard

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	PROBLEMÁTICA DE PESQUISA.....	15
1.2	CARACTERÍSTICAS DESTA PESQUISA	18
2	OBJETIVOS	19
2.1	OBJETIVO GERAL	19
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3	METODOLOGIA	19
3.1	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
4.1	MUDANÇAS CLIMÁTICAS	20
4.1.1	Aquecimento global	21
4.2	SUSTENTABILIDADE.....	23
4.2.1	Desenvolvimento sustentável	23
4.3	A INDÚSTRIA TÊXTIL E OS NÍVEIS DE EMISSÕES DE GASES POLUENTES	25
5	POLÍTICA DE CRÉDITOS DE CARBONO	31
5.1	ORIGEM DAS DISCUSSÕES SOBRE A REDUÇÃO NAS EMISSÕES DE GASES POLUENTES	31
5.2	COTAS DE EMISSÃO DE GASES POLUENTES.....	33
5.3	MERCADO DE CRÉDITOS DE CARBONO EM TERMOS OPERACIONAIS	34
6	POLÍTICA DE REDUÇÃO DE CARBONO DA INDÚSTRIA TÊXTIL NO BRASIL	35
6.1	IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICAS DE CRÉDITO DE CARBONO APLICADO NA EMPRESA AMARO	36
6.1.1	Métodos da política de créditos de carbono aplicados	38
6.2	RESULTADOS OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICAS DE REDUÇÃO NA EMISSÃO DE CARBONO NA INDÚSTRIA TÊXTIL.....	41
7	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

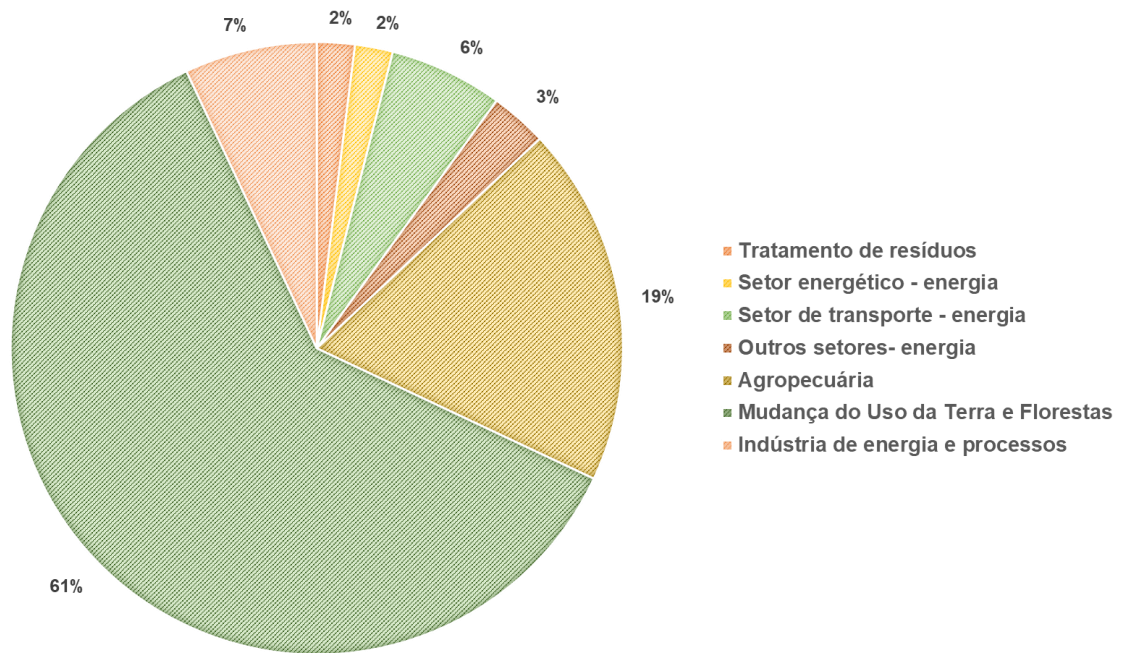
A indústria têxtil devido a sua enorme importância na sociedade moderna, está presente em todo o mundo de maneira ampla e abrangendo diversos segmentos no setor (GALATTI; BARUQUE-RAMOS, 2022). Esta onipresença torna a indústria têxtil um dos principais atores no que tange às emissões de gases na atmosfera e são apelidadas de “pegadas ambientais” ou “pegadas de carbono”, tendo grande responsabilidade nos elevados índices de emissões. Visando a preservação não somente do meio ambiente, mas também da economia, protocolos de regulamentação de créditos de carbono foram estabelecidos para criar uma política de controle, redução e remoção dos gases responsáveis pelo efeito estufa, que são emitidos pela indústria têxtil. Desta forma, pode-se comercializar créditos tanto de cotas de emissão quanto de permissão de emissão por excedente, por empresas que compensam mais dióxido de carbono equivalente (CO₂e) do que emitem, criando um mercado que dinamiza a economia e protege o meio ambiente (MEZATIO et al, 2022).

1.1 PROBLEMÁTICA DE PESQUISA

Nos dias atuais, um dos maiores desafios da sociedade é conseguir estabelecer um equilíbrio entre crescimento econômico e a preservação do meio ambiente, com a comprometida redução da utilização de combustíveis fósseis e a redução na emissão de gases poluentes na atmosfera. Relativamente a indústria têxtil é um dos maiores responsáveis pelas emissões de gases poluentes em todo o mundo devido ao seu tamanho e resiliência da indústria. A Figura 1 ilustra a participação da indústria nos níveis de emissão de gases poluentes.

Diante dos reflexos devastadores ao meio ambiente e do crescente aquecimento global, políticas públicas voltadas para a regulação na emissão de gases, unindo interesses econômicos e atendendo aos protocolos ambientais são mecanismos para frear as mudanças climáticas e incentivar meios de produção mais sustentáveis.

Figura 1 – Atuação das indústrias nacionais nas emissões de gases poluentes.

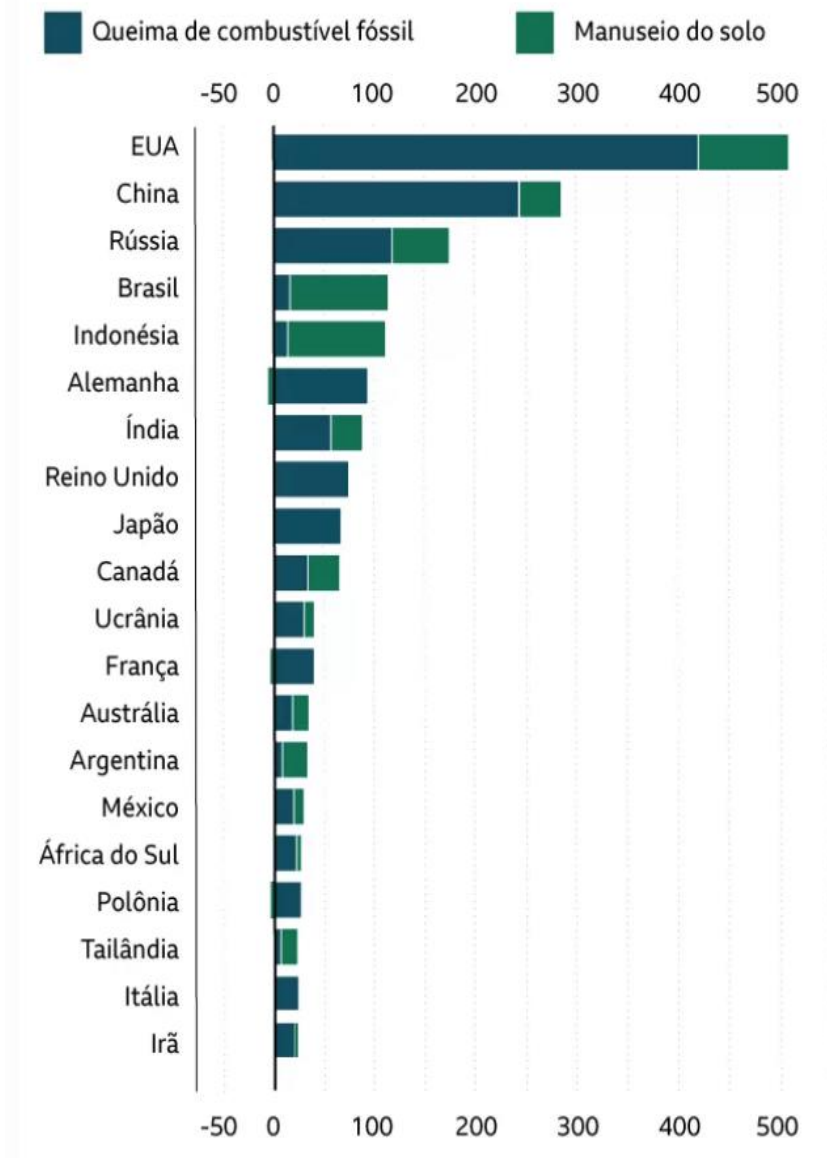


Fonte: Adaptado de ICF International (2010).

Com a revolução industrial, o aumento no consumo e meios produtivos elevaram de forma expressiva o consumo de combustíveis fósseis, sem qualquer preocupação com a poluição gerada a partir das cadeias produtivas da indústria, acumulando ao longo dos anos um longo histórico de emissão de gases e exploração de recursos naturais. A Figura 2 demonstra o histórico de acúmulo de emissões a partir da queima de combustível fóssil e o manuseio do solo, bem como, seus maiores emissores tendo o Brasil na quarta colocação entre os países que mais emitiram gases poluentes ao longo dos anos.

O segmento de vestuário e têxteis correspondem a aproximadamente 10% do total de impacto de carbono no planeta (CUS; VIDOVIC, 2014). A Figura 3 demonstra o descarte indevido de peças de roupa no deserto do Atacama. O consumo estimado para uma produção global anual de 60 bilhões de quilos de tecido, que correspondem a 1 trilhão de kilowatts/h de eletricidade e até 9 trilhões de litros de água (VALLERIO ZAFFALON, 2010; SHIRVANIMOGHADDAM et al., 2020). Diante deste cenário, as organizações multinacionais de varejo e empresas do setor têm dedicado cada vez mais espaço em sua agenda ética para tratar de questões ambientais.

Figura 2 – Acúmulo de emissões (em ton/CO₂) entre 1850 e 2021.



Fonte: PASSARINHO (2021).

A contribuição direta da pegada de carbono das fábricas de artigos têxteis incluindo fiação, tecelagem/malharia, tingimento, acabamento, corte e costura, adicionando o transporte até o centro de distribuição pode chegar a até 12,5 kg de CO₂ por kg de tecido (ZAFFALON, 2010; ZHANG; CHEN, 2019). As emissões de carbono da fabricação de camisetas em CO₂ equivalentes podem ser mais de doze vezes maiores que o peso do produto. Considerando que a pegada de carbono do aço é de cerca de 2 kg de equivalentes de CO₂ por kg de aço, estes dados evidenciam a dimensão do desafio da indústria têxtil, sendo relativamente 6 vezes mais poluente que a indústria do aço (ZAFFALON, 2010).

Figura 3 – Deserto do Atacama (Chile) como local de deposição irregular de peças de roupas.



Fonte: MARTIN BERNETTI; EXAME (2021).

Em resposta a estes dados e também na tentativa de minimizar os impactos do protocolo de Kyoto, entre as economias da Cooperação Econômica Asia-Pacífico (APEC), a cidade de Taipei (Taiwan) tem grande potencial produtivo na fabricação de artigos têxteis. Para tanto, uma série de programas objetivam promover o controle de pegada de carbono, como especificações de algoritmo para a avaliação de emissões de gases de efeito estufa do ciclo de vida de bens e serviços. Em março de 2013, haviam 77 produtos e serviços finais que passaram por especificação do algoritmo e verificação da pegada de carbono. Sob este cenário, é construída uma plataforma neutra em carbono, para então equilibrar uma quantidade medida de carbono liberado com um equivalente compensatório, ou comprar créditos de carbono suficientes para compensar a diferença.

1.2 CARACTERÍSTICAS DESTA PESQUISA

Esta pesquisa pode ser categorizada como uma pesquisa retrospectiva baseada na bibliografia que se considerou mais relevante para a temática.

2 OBJETIVOS

Este tópico contempla os objetivos gerais desta pesquisa, abordando também os objetivos específicos deste estudo.

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a política de créditos de carbono como ferramenta de incentivo a um meio de produção mais limpo e seus impactos nos índices de emissão de gases poluentes no meio ambiente, especialmente no setor da indústria têxtil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Descrever os conceitos de aquecimento global, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável;
- b) Contextualizar os efeitos das emissões de gases poluentes e consumo de recursos naturais pelo setor têxtil e os reflexos nos problemas climáticos;
- c) Descrever mecanismos de incentivo a modelos de produção mais sustentáveis, suas consequências e perspectivas;
- d) Analisar a política de créditos de carbono como ferramenta econômica na tentativa de equilibrar crescimento econômico e meio produtivo mais sustentável.

3 METODOLOGIA

Através dos objetivos mencionados, as pesquisas realizadas para fundamentar este trabalho foram oriundas de conteúdo bibliográfico como livros, artigos, sítios na internet e relatórios oficiais de instituições de referência, que verificam as questões climáticas a fundo e descrevem a situação atual na política de créditos de carbono e os impactos alcançados com este mecanismo. Este trabalho tem caráter descritivo e a partir da exploração do tema, visa contribuir com o conhecimento acerca da comercialização de créditos de carbono e os impactos

positivos na indústria têxtil.

3.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo inicial encontra-se descrita a problemática que é objeto de estudo do trabalho, objetivos, objetivos específicos, metodologia e estrutura do trabalho, dando um panorama geral do que será abordado ao longo deste estudo. Na sequência, o segundo capítulo visa fazer a fundamentação teórica dos termos e conceitos que serão amplamente utilizados nesta monografia, entre os quais aquecimento global, sustentabilidade e modelo energético sustentável, além de uma contextualização acerca dos problemas climáticos causados a partir da emissão de gases poluentes e a exploração dos recursos naturais na indústria têxtil, os reflexos no meio ambiente e mudanças climáticas. O terceiro capítulo descreve os mecanismos de incentivo a produções mais limpas e suas perspectivas na tentativa de suprimir os impactos causados pela indústria, criando um paralelo entre o crescimento econômico e modelos de negócio mais sustentáveis. Por fim, o quarto e último capítulo discorre a respeito do cenário atual da comercialização dos créditos de carbono e qual a participação da indústria têxtil neste montante considerando os desafios econômicos mundiais.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados conceitos e abordagens cujo conhecimento é imprescindível para o entendimento do conteúdo deste trabalho, buscando teoricamente os termos, ferramentas e métodos de modo a fundamentar os tópicos que serão aprofundados ao longo deste estudo.

4.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Na revolução industrial, as indústrias iniciaram um crescimento exponencial em sua produtividade se utilizando de recursos para atender às demandas energéticas das empresas, e com isso, alcançar expressivos números de crescimento econômico. Entretanto, este crescimento acelerado aconteceu de maneira

desordenada sem que existisse qualquer tipo de controle e sem atender a qualquer protocolo visando a preservação do meio ambiente e redução dos poluentes emitidos pela indústria. Em resposta a estas ações, vê-se na atualidade diversos fenômenos atrelados às mudanças climáticas que ameaçam o meio ambiente e o crescimento econômico da maneira que conhecemos hoje. O aquecimento global é o principal foco a ser observado, uma vez que é a causa central de fenômenos naturais que ganham dimensões cada vez mais devastadoras no mundo (AMEUR et al., 2022).

4.1.1 Aquecimento global

A origem das discussões acerca das ações humanas como agente transformador do clima foi entre os anos de 1768 a 1830, com trabalhos realizados pelo matemático e cientista Jean Baptiste Joseph Fourier. No caso, o autor cujo artigo publicado na *Académie Royale des Sciences* em Paris discorreu pela primeira vez a respeito das temperaturas planetárias, mencionando o calor interno da terra e o calor do sol, além de contemplar o calor oriundo das estrelas circundantes como sendo fatores predominantes na determinação da temperatura do planeta.

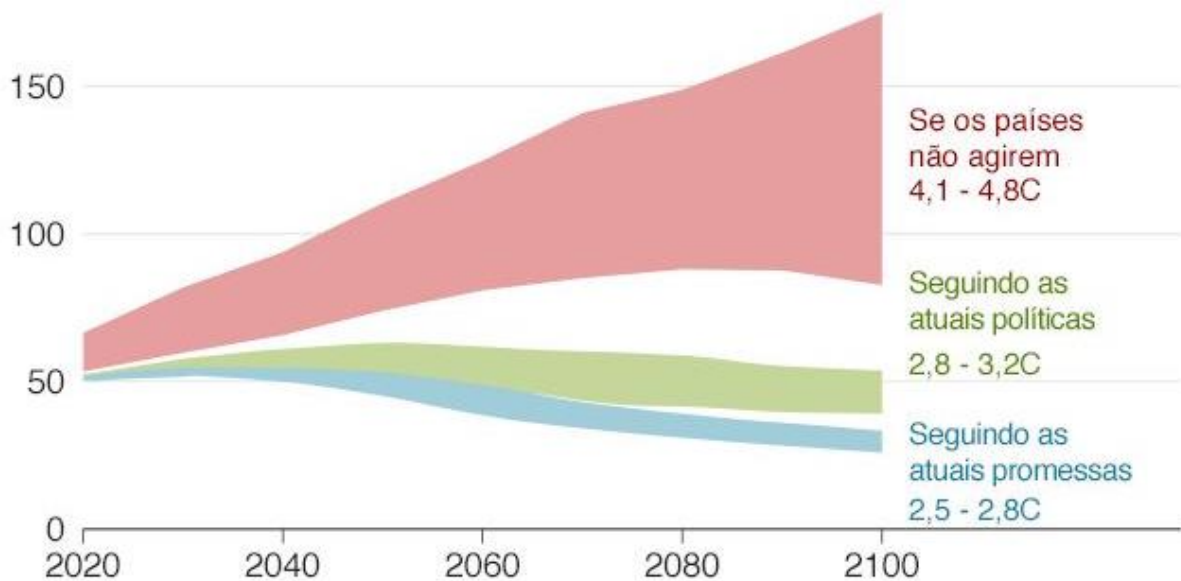
Fourier (1824) apud Fleming (1998) inferiu ainda, que a atmosfera teria importante papel na determinação da temperatura da terra, onde afirma que “a temperatura (da Terra) pode ser aumentada pela interposição da atmosfera, por que o calor no estado de luz encontra menos resistência em penetrar o ar, do que em repassar pelo ar quando convertido em calor não luminoso.” Entretanto, foi o engenheiro inglês John Tyndall que deu início em 1859, a diversos experimentos sobre propriedades radioativas, concluindo que gases como dióxido de carbono (CO₂) e vapor de água (H₂O) exibiam propriedades de absorção da radiação infravermelha, ao passo que o oxigênio, o nitrogênio e o hidrogênio não apresentaram este mesmo comportamento, sendo que não evidenciaram poder de absorção de radiação infravermelha (FLEMING, 1998).

No que tange o papel do CO₂ para o aquecimento global e outros agentes contribuintes, a partir de dados coletados pela NASA foi possível quantificar esta contribuição mensurando seus impactos. O vapor d'água representa 50 % do efeito estufa na terra, as nuvens 25 %, o CO₂ corresponde a 20 % e 5 % dos demais gases aproximadamente (LACIS et al., 2010). Apesar do vapor d'água apresentar maior contribuição no efeito estufa, há diferenças substanciais em relação ao CO₂ que o

tornam mais nocivo e preocupante do que o vapor d'água. Pelo fato de o CO₂ ser um gás não condensável, ele pode permanecer na atmosfera por longos períodos de tempo, chegando a centenas de anos (YUZHEN et al., 2019).

O CO₂ também está correlacionado com as eras do gelo que o planeta já enfrentou, uma vez que cilindros de gelo obtidos com a perfuração dos mantos de gelo da Antártica e da Groenlândia - chamados de testemunhos de gelo - evidenciam a influência da presença de CO₂ nas eras glaciais. Os dados coletados destes testemunhos de gelo permitiram explorar informações que datam de 400 mil anos atrás, contemplando um total de quatro eras glaciais. Diante disso, pode-se inferir a forte correlação entre a temperatura e os índices de CO₂ presentes na atmosfera. O período interglacial caracterizado por altas temperaturas, é acompanhado de elevados níveis de CO₂, ao passo que baixas temperaturas estão atreladas a baixos níveis de CO₂, comportamento observado no período glacial, comumente chamado de era do gelo. A partir disso, tem-se que o CO₂ teve participação direta nas condições climáticas do planeta ao longo de sua existência. Importante observar que atualmente os níveis de CO₂ emitidos - a partir da revolução industrial - alcançaram 400 ppm, número acima dos níveis mais altos observados anteriormente, cujo índice de emissões de CO₂ não ultrapassaram os 300 ppm (HASHIMOTO, 2019). Diante disso, pode-se observar na Figura 4, uma projeção dos próximos oitenta anos das emissões e respectivas temperaturas em três cenários possíveis.

Figura 4 – Emissões de CO₂ (em Gt) e aquecimento previsto até 2100.



Fonte: STYLIANOU et al. (2019).

Estes números corroboram com o aumento da temperatura da terra e por consequência pode-se observar mudanças climáticas e desastres naturais, fenômenos em que a intensidade e frequência apresentam-se cada vez mais elevadas. Diferente do CO₂, o vapor d'água é um gás estufa condensável, assim a sua quantidade na atmosfera é regulada pela temperatura e não o contrário, ou seja, a uma determinada temperatura da atmosfera qualquer quantidade excedente de vapor d'água presente na atmosfera irá condensar, não podendo, portanto, o vapor d'água ser determinante ao desencadeamento do aquecimento global (WEI et al., 2019).

4.2 SUSTENTABILIDADE

No mais puro sentido da palavra, sustentabilidade é aquilo que tem a capacidade de sustentar-se e, portanto, manter-se perene e constante no longo prazo. De modo a generalizar, as definições criam paralelos entre viabilidade econômica, responsabilidade ambiental e justiça social, conhecido por tripé da sustentabilidade ou *Tripple Bottom Line* (ALMEIDA, 2002; MOURA, 2002). Do ponto de vista econômico, seria a exploração de recursos naturais de modo que não haja o esgotamento, permitindo um negócio cujos recursos permitam sustentar seus meios produtivos sem que haja degradação de forma desequilibrada, evitando colocar elementos da biodiversidade em risco (OLIVEIRA NETO et al., 2019).

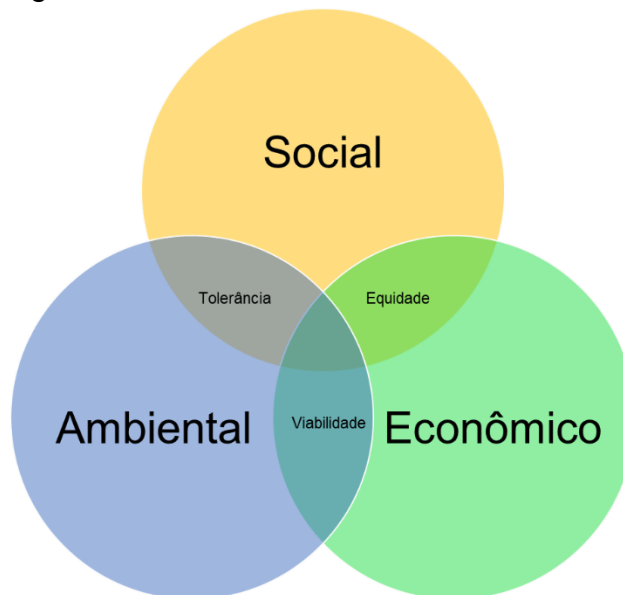
4.2.1 Desenvolvimento sustentável

Entende-se por desenvolvimento sustentável, aquele que proporciona melhora na qualidade de vida da sociedade atrelado ao crescimento econômico, ao passo que respeita a capacidade produtiva dos ecossistemas preservando os biomas, e com isso, garantindo crescimento equilibrado e sustentável.

O termo desenvolvimento sustentável é usado pela primeira vez pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Nações Unidas, 1987). O termo foi então definido pela Comissão Brundtland como: o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades (SMITH e REES, 1998), e tornou-se

cada vez mais popular a partir da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), que aconteceu no ano de 1992 no Rio de Janeiro, embora a expressão já fosse utilizada anteriormente. Segundo Riechmann e Buey (1994), havia um anseio por parte das sociedades industriais às reações críticas pelos danos causados e a destruição, sendo este movimento observado não somente através dos autores e da literatura, como também por movimentos sociais que ascenderam na sociedade, a despeito das correntes centradas no produtivismo. A Figura 5 apresenta os três pilares do desenvolvimento sustentável.

Figura 5 – Bases do desenvolvimento sustentável.



Fonte: Adaptado de Mann (2009).

Em textos de autores europeus e americanos, é possível identificar o início do movimento de desenvolvimento sustentável datado da década de 70, tendo a isso um paralelo com a esfera pública e a criação de partidos políticos, menosprezando movimentos anteriores e de diversas outras regiões do planeta como marco inicial nas discussões acerca do tema. Em busca da melhoria da qualidade de vida das pessoas sem elevar a exploração dos recursos naturais além da capacidade terrestre, o desenvolvimento sustentável pode demandar diferentes ações de acordo com as mais diversas regiões do planeta, considerando as especificidades de cada uma delas. Por esse motivo, a união de interesses e integração formam um tripé chave de ações de modo que seja possível construir um meio de vida com crescimento sustentável:

- I. Crescimento e equidade econômica formam um dos três pilares mencionados anteriormente, diante dos sistemas econômicos hoje interligados pela globalização as demandas requerem ações que integrem crescimento responsável e perene, garantindo que a sociedade e nações como um todo sejam incluídas (MANN, 2009).
- II. Como segundo pilar, pode-se mencionar a conservação de recursos naturais e do meio ambiente, cujo objetivo é a preservação de toda a herança ambiental para as futuras gerações, desenvolvendo tecnologias, mecanismos e procedimentos cada vez mais alinhados com a questão ecológica e com isso fomentando modelos de negócio economicamente viáveis e ecologicamente responsáveis (MANN, 2009).
- III. Por fim, fechando o terceiro pilar de ações base para sustentabilidade, temos desenvolvimento social, cujo tema abrange todas as camadas da sociedade impactando em pontos chave como educação, saneamento, energia, emprego, saúde, água, entre outros recursos básicos para um meio de vida digno (MANN, 2009).

4.3 A INDÚSTRIA TÊXTIL E OS NÍVEIS DE EMISSÕES DE GASES POLUENTES

A indústria têxtil é um grande emissor de gases responsáveis pelo efeito estufa, além de consumir uma quantidade expressiva de combustíveis fósseis e recursos naturais para atender as necessidades energéticas de sua complexa e longa cadeia produtiva (ZHANG et al., 2016; YUKSELER et al., 2017). Sobretudo, considerando desde o plantio de fibras, a síntese de fibras poliméricas até o beneficiamento de tecidos, confecção do produto final e toda a logística envolvida na comercialização não somente do produto como também dos insumos e suprimentos (OLIVEIRA NETO et al., 2019). A Tabela 1 demonstra dados sobre a emissão de carbono do setor têxtil em giga grama de dióxido de carbono equivalente (GgCO_{2e}), projetados entre os anos de 2010 a 2050.

Tabela 1 – Emissões do setor têxtil (GgCO₂e).

GgCO₂e	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2050
Energia								
CO ₂	1015	670	1011	1088	1321	1346	1314	1746
Não CO ₂	11	7	15	16	14	13	10	13
Total	1026	677	1026	1104	1335	1359	1324	1758

Fonte: CENTRO CLIMA (2016).

Diante deste cenário, métodos e conceitos foram criados para mapeamento e controle a fim de mensurar os níveis de emissão dos Gases do Efeito Estufa (GEEs), para tanto, o termo “pegada de carbono” define-se pela quantidade total de CO₂ e outros gases poluentes considerando todo o ciclo de vida e todos os processos envolvidos na fabricação de um produto ou serviço. Utilizando-se de um método de avaliação do ciclo de vida conhecido como do berço ao túmulo, é possível estimar o cálculo das pegadas de carbono considerando todos os elementos do ciclo como a extração de matérias-primas, insumos, processos de transformação, logística até a utilização e descarte final. Devido a robustez da indústria têxtil e sua longa cadeia produtiva, há neste setor um dos maiores emissores de GEEs do planeta, uma vez que para alimentar a demanda energética em todos os seus processos utiliza-se quantidades elevadas de combustíveis fósseis. Os números atrelados ao consumo de recursos naturais impressionam, para uma produção de tecido estimada em 60 bilhões de quilos, a demanda energética é de 1 trilhão de quilowatts-hora e o consumo de água representa 9 trilhões de litros.

No Reino Unido, o mercado de varejo de moda criou o primeiro rótulo de pegada de carbono, chamado de *Carbon Reduction Label* e desenvolvido pela Carbon Trust, com isso calculou-se a pegada de carbono de uma camiseta branca de 155 g com produção tradicional, sem utilizar-se de energias renováveis para suprir sua demanda energética, representando 6,574 kg de CO₂ ao passo que a mesma camiseta produzida na Índia em uma fábrica cuja energia utilizada é 100 % renovável e o algodão orgânico totalizando 671 g de pegada de carbono, isto é, 90 % de redução na emissão de CO₂ com relação ao meio de confecção tradicional, utilizando-se de energias não renováveis. Esta mesma camiseta confeccionada com outras composições e estruturas de tecido podem apresentar variação nesses números, tendo em vista que diferentes tecidos terão diferentes coeficientes de emissão de CO₂. O cálculo do coeficiente de emissão de gases no desenvolvimento de uma camiseta

se dá através da Equação 1 (TAIWAN TEXTILE RESEARCH INSTITUTE, 2013).

$$CF = \sum_{b=1}^B S_b K_b \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: CF é o total de emissões geradas a partir do consumo do tecido, unidade de medida (kgCO₂e); b é o índice de acordo com o tipo de tecido; B é o número total de tipos de tecido; S_b é o consumo do tecido b, unidade de medida (kg); K_b é o coeficiente de emissão de carbono do tecido b, unidade de medida (kg CO₂e/kg).

Existem diversos outros parâmetros que devem ser considerados, consumo de material, consumo de energia de máquinas contínuas e descontínuas, equipamentos e consumo de mão de obra, os modelos de cálculos empregados fazem a conversão desses consumos em equivalentes de dióxido de carbono. O Relatório de Emissão de Gases de Efeito Estufa – 2050 (CENTRO CLIMA, 2016), traz resultados das estimativas de emissões de gases na indústria brasileira até 2050, incluindo o setor têxtil, considerando o consumo de materiais, o nível de emissão a partir do uso de energia e os processos industriais, como pode-se observar na Tabela 2.

Tabela 2 – Progressão para a indústria nacional das emissões de GEEs entre 2010 e 2050 (GgCO₂e).

Setor industrial GgCO₂e	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2050	Varição 2050/2010
Cimento	35610	38845	38654	39238	40410	41276	52714	58455	1,6
Ferro gusa e aço	47833	50324	56903	65653	65638	72683	90369	100165	2,1
Ferroligas	1466	1031	1251	1023	1174	1231	1360	1608	1,1
Mineral	13278	13403	14689	18965	19259	18755	23551	26897	2,0
Não ferroso e outras de metalurgia	13052	11500	12934	14305	14155	16546	20509	22927	1,8
Química	18196	17390	21395	23967	22653	23211	27821	30148	1,7
Alimentos e bebidas	5546	5669	5774	6806	8238	10611	13905	19094	3,4
Têxtil	1026	677	1026	1104	1335	1359	1324	1758	1,7
Papel e celulose	4198	4426	4408	4998	5497	6916	8715	10603	2,5
Cerâmica	5203	5347	4936	5910	6500	7690	9576	13299	2,6
Outros	16405	16658	17053	20261	23793	27436	33140	43298	2,6
Total	161812	165268	179022	202230	208652	227713	282983	328253	

Fonte: CENTRO CLIMA (2016).

Para tal estimativa, foram consideradas hipóteses de crescimento do produto interno bruto (PIB) entre outras variáveis que interferem no desempenho e desenvolvimento da indústria. Como também, considerar planos governamentais e a consistência no uso de materiais, combustíveis e tecnologias que estejam alinhados com o compromisso na redução de emissão de gases do efeito estufa, deste modo, existe também a intrínseca estimativa da evolução dos diversos setores da indústria e com isso, seus níveis de emissões.

Utilizando-se como base, o relatório considerou em sua modelagem o ano de 2005, a evolução da produção industrial acompanha as estimativas de crescimento do PIB dadas pelo modelo macroeconômico de equilíbrio geral - IMACLIM-BR e as fontes energéticas tem como parâmetro o consumo energético do Balanço Nacional até o ano de 2015. No que se refere ao que se pode estimar das emissões do uso de energia, pode-se elencar 17 diferentes fontes de energia utilizadas pela indústria, dentre as quais sete são consideradas fontes renováveis; biodiesel, lixívia, resíduo urbano, resíduo industrial, bagaço de cana, eletricidade e lenha, ao passo que as outras dez fontes de energia são de origem fóssil; óleo diesel, óleo combustível, outros energéticos de petróleo, querosene iluminante, alcatrão, coque de carvão mineral, gás de coqueira, gás natural, gás liquefeito de petróleo (GLP) e carvão mineral 5900, 3700 e 3100 (kcal/kg). A Tabela 3 e 4 expressa a evolução do consumo energético pelo setor têxtil em tonelada equivalente de petróleo (mil tep) e em porcentagem (%), respectivamente (CENTRO CLIMA, 2016).

Tabela 3 – Consumo energético do setor têxtil (mil tep).

Evolução do consumo energético têxtil (mil tep)	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2050
Diesel	3	2	6	6	7	8	8	9
Eletricidade	715	560	692	740	851	845	805	1003
Gás natural	329	215	272	292	381	411	443	643
GLP	10	37	60	65	75	74	72	80
Lenha	92	62	140	151	121	99	68	90
Óleo combustível	64	19	61	66	64	50	20	-
Querosene	0	0	-	-	-	-	-	-
Total	1212	895	1230	1320	1500	1487	1415	1826

Fonte: CENTRO CLIMA (2016).

Tabela 4 – Consumo energético do setor têxtil (%).

Evolução do consumo energético têxtil (%)	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2050
Diesel	0,23	0,26	0,47	0,47	0,48	0,53	0,53	0,47
Eletricidade	58,94	62,59	56,21	56,05	56,75	56,83	56,91	54,95
Gás natural	21,11	24,02	22,07	22,15	25,43	27,63	31,33	35,23
GLP	0,84	4,08	4,89	4,91	4,98	4,99	5,01	4,39
Lenha	7,58	6,9	11,39	11,44	8,08	6,63	4,79	4,95
Óleo combustível	5,30	2,15	4,97	4,99	4,28	3,39	1,42	0,00
Querosene	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: CENTRO CLIMA (2016).

Considerando os níveis de atividade da indústria e seus determinantes calculados pelo nível de atividade, intensidade energética por unidade produzida, uso final dos combustíveis e suas eficiências para cada tecnologia, tem-se a Equação 2 (CENTRO CLIMA, 2016).

$$ECi = (NA)Ie \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde: ECi é a energia consumida na indústria; NA é o nível de atividade; Ie a intensidade energética.

Para a determinação do nível de atividade tem-se a Equação 3.

$$Q_{k,j} = N_{k,j} \cdot P_{k,j} \cdot M_{k,j} \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde; Q_{k,j} é o nível de atividade, N_{k,j} é o número de unidades industriais num determinado setor industrial j; P_{k,j} representa a penetração de equipamentos industriais para uso final i no segmento industrial j; M_{k,j} é a quantidade de produto j em toneladas requerendo serviço de energia final i.

No que tange a intensidade energética, as intensidades são divididas em j usos por energia útil, isto é, em cada processo produtivo dentro da indústria, a energia é transformada em energia útil (j) para alguma de suas formas, seja como força motriz, calor de processo, refrigeração, iluminação entre outros usos. A divisão percentual destes usos são especificidades de cada setor da indústria, uma vez que as diferenças

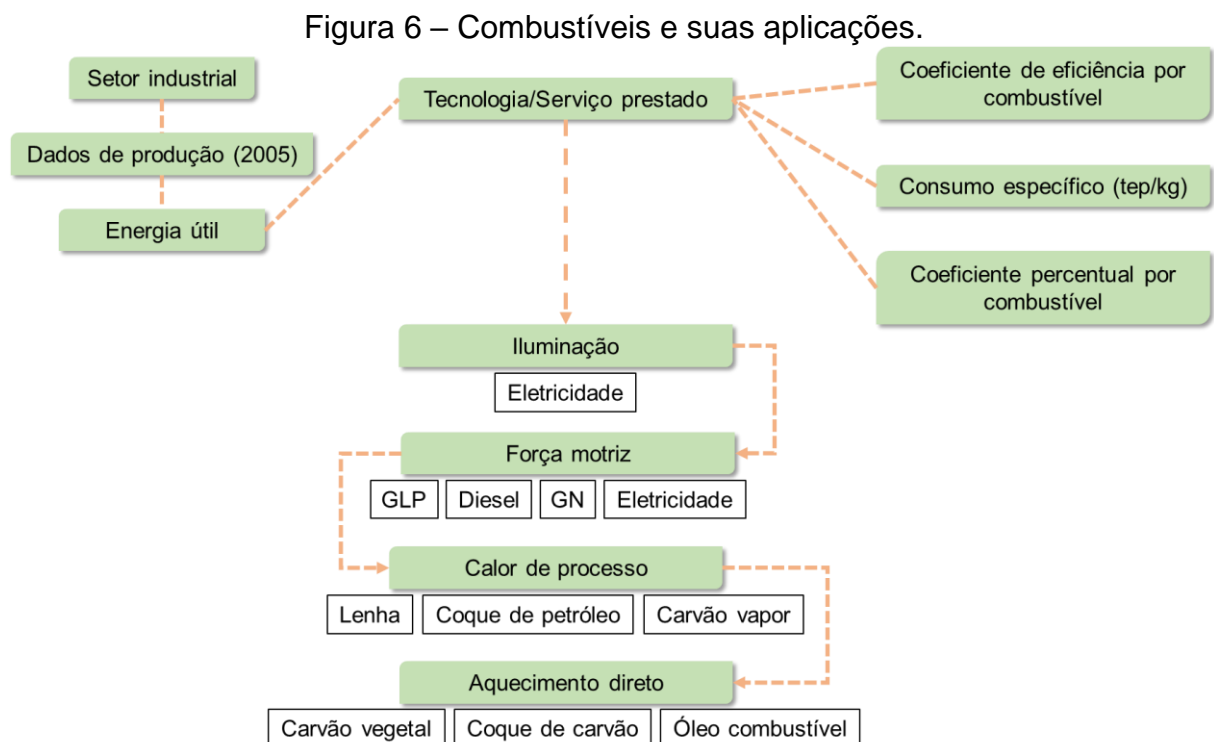
nos processos demandam de energia em formas e quantidades diferentes. O último parâmetro a ser mencionado são os combustíveis (i) que a tecnologia empregada pode consumir, uma vez que cada combustível possui um determinado nível de eficiência, tendo em vista as propriedades específicas e qual o tipo de energia é fornecida e sua finalidade. A partir da Equação 4 e 5, tem-se o coeficiente de intensidade energética (CENTRO CLIMA, 2016).

$$\text{Coeficiente de Intensidade Energética} = \sum_i^n E \sum_j^n C \times Efic_{Tec} \quad (\text{Equação 4})$$

$$\sum_i^n E \sum_j^n C \times Efic_{Tec} = \%Energia_{\text{útil}_j} \times \%Combustível_i \times Efic_{Tec_{\text{combustível}_i}}$$

(Equação 5)

Pode-se observar os tipos de combustíveis e para qual finalidade são utilizados, considerando cada necessidade dentro de uma determinada indústria na Figura 6.



Fonte: Adaptado de CENTRO CLIMA (2016).

É importante observar que o consumo de combustíveis não é o único responsável pelas emissões de gases poluentes, a própria utilização de produtos e suprimentos e principalmente os diversos processos dentro da linha produtiva de uma indústria são emissores de gases (CENTRO CLIMA, 2016).

5 POLÍTICA DE CRÉDITOS DE CARBONO

Do ponto de vista econômico, a política de créditos de carbono é o resultado da comercialização de permissões de emissão ou créditos de redução, mecanismo do mercado que tem como objetivo atingir as metas de redução na emissão de gases poluentes, atendendo as exigências do protocolo de Kyoto. Pode-se dizer que o mercado de créditos de carbono é uma junção de diversas ações soltas, estas ações servem de ferramenta cuja redução nas emissões de gases do efeito estufa são trocadas. Portanto, não há um único mercado de carbono definido por uma única *commodity*.

5.1 ORIGEM DAS DISCUSSÕES SOBRE A REDUÇÃO NAS EMISSÕES DE GASES POLUENTES

Diante da preocupação com as mudanças climáticas e os elevados números no consumo de combustíveis fósseis e recursos naturais, as discussões acerca da redução na emissão de GEEs, com o objetivo de reverter os impactos causados pelo aquecimento global tiveram seus primeiros passos a partir de três marcos importantes, a Nações Unidas sobre a Mudança Climática (UNFCCC) em 1992, o Protocolo de Kyoto em 1997 e Acordos de Marrakesh, em 2001. O parâmetro mundial com relação a um modelo legislativo internacional à estabilização da emissão de GEEs foi elaborado em 1992 com a II Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco92). Alguns anos após este marco inicial, com a terceira Conferência das Partes (COP) realizada em 1997 em Kyoto, no Japão, foi estabelecido um acordo inicialmente entre mais de 170 países para que juntos, pudessem reduzir seus níveis de emissões de GEEs em 5,2 % entre os anos de 2008 e 2012 quando comparados com os dados de 1990. O *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) destaca que:

As políticas que fornecem um preço real ou implícito do carbono podem criar incentivos para produtores e consumidores a investir significativamente em produtos, tecnologias e processos. Tais políticas podem incluir instrumentos econômicos, financiamento do governo e regulamentação (IPCC, 2007).

Ainda de acordo com o IPCC, um sistema de licenças negociáveis é uma das ferramentas de política que evidenciou ser ambientalmente relevante e eficaz no setor industrial, com tanto que haja um nível seguro de previsibilidade sobre o mecanismo de alocação inicial e preço de longo prazo. Este mecanismo foi estabelecido no Protocolo de Kyoto. Entretanto, houve a necessidade de ratificar o protocolo firmado e fazê-lo vigorar. Para tanto, a correção foi realizada entre 55 partes da UNFCCC e os países que juntos, representam 55 % das emissões de CO₂ emitidas no ano-base de 1990 (REZENDE, 2008).

Em 16 de fevereiro de 2005 entrou em vigor o Protocolo de Kyoto com a assinatura de 141 países, ainda que o país responsável pela maior emissão no planeta, os EUA, não tenha feito parte do acordo, os países comprometidos somaram 61,6 % das emissões de 1990. Para que os países do grupo cumpram com as exigências na redução de emissões fora de seus territórios, o protocolo definiu três mecanismos de flexibilização (REZENDE, 2008):

1. Implementação Conjunta (IC):
Viabiliza a comercialização de créditos de carbono derivados de projetos entre os países parceiros.
2. Comércio de Emissões:
Possibilita a comercialização de cotas de emissão entre os países parte do acordo.
3. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL):
Permite que os países industrializados financiem projetos que fomentem a redução na emissão de gases poluentes e o desenvolvimento sustentável do país hospedeiro.

Durante o período em que se estabeleceu e o período de vigência, houve o início de diversos programas de redução de gases poluentes sob iniciativa de empresas e estados, estas iniciativas fomentaram um mercado de carbono incipiente.

No que tange às regras operacionais do mercado de créditos de carbono, estas foram estabelecidas em 2001 através dos Acordos de Marrakesh (REZENDE, 2008).

5.2 COTAS DE EMISSÃO DE GASES POLUENTES

Com o Protocolo de Kyoto um dos acordos firmados foi a possibilidade de haver cotas, isto é, limites máximos de emissão de gases a serem respeitados para os países em desenvolvimento, ao passo que cada país por sua vez, estabelece suas próprias cotas para as emissões de instalações administradas por *operadores* - um termo que se refere a negócios locais e outras organizações - cujos países gerenciam através de seus próprios registros nacionais, e são validados e monitorados no que se refere ao cumprimento das metas estabelecidas pela UNFCCC. Em termos práticos, há um subsídio de emissão de carbono para cada operador, que tem o direito de emitir uma tonelada métrica de GEEs, portanto, um crédito de carbono equivale a 1 tonelada métrica de emissão de gases poluentes que um proprietário tem como cota de emissão. Crédito de Carbono é um termo geral que abrange diversas abordagens de comércio de emissão de carbono, uma vez que um crédito de carbono pode ser uma licença de emissão originalmente atribuída, pode ser leiloada pelos administradores, ou ainda, pode ser em forma de compensação de emissões (REZENDE, 2008).

Aqueles operadores que não consumiram toda a sua cota de emissões, podem comercializá-las e estas licenças são convertidas em créditos de carbono para um outro operador que comprou esta cota e, portanto, o direito de emitir GEEs, subterfúgio utilizado por empresas que estão no limite em exceder suas cotas e compram licenças extras. Tendo em vista que com o passar do tempo, a demanda energética se eleva, as emissões tendem a permanecer dentro do limite ao passo que oferecem certa flexibilidade e previsibilidade no seu planejamento, abrindo espaço para acomodar alguma variação do esperado. Com a comercialização dessas licenças de emissão, o operador tende a buscar por meios de produção mais eficientes, com investimentos em equipamentos e processos mais sustentáveis e limpos, com isso reduzindo seus índices de emissão de GEEs. Este mecanismo de mercado direciona a indústria para modelos de negócio mais sustentáveis uma vez que se pode investir em equipamentos e processos mais limpos ou adquirir cotas de emissões de um operador que esteja comercializando seu excedente (REZENDE, 2008).

5.3 MERCADO DE CRÉDITOS DE CARBONO EM TERMOS OPERACIONAIS

Em países desenvolvidos cujo nível de emissão é limitado, uma vez que para respeitar os compromissos firmados para redução nas emissões é necessário respeitá-los, os operadores têm a possibilidade de adquirir créditos de carbono através dos mecanismos estabelecidos pelo Protocolo de Kyoto. Pode-se considerar duas diferentes formas de aplicar as ferramentas dos créditos de carbono (REZENDE, 2008):

1. Créditos de Compensação de Carbono (CCC's)
Consiste na produção de energia se utilizando de formas mais sustentáveis e limpas como energia de biocombustíveis, eólica, solar e também hidrelétrica.
2. Créditos de Redução de Carbono (CRC's)
Consiste na retirada e armazenamento de carbono da atmosfera por meio de ações de reflorestamento, além de esforços para preservação do solo e dos oceanos.

A união destas duas formas de reduzir a presença de CO₂ na atmosfera são complementares, podem ser adotadas de forma conjunta ou mesmo individual, são igualmente eficazes para atingir as projeções para a redução na emissão de gases poluentes (REZENDE, 2008).

No mercado de créditos de carbono é possível identificar estruturas dentre agentes e organizações que dão fundamento e poder executivo às questões operacionais deste mecanismo. Como agentes reguladores, pode-se citar o secretariado da UNFCCC, o Conselho Executivo do MDL, o Comitê Compliance, além de agências nacionais. No que tange a elaboração do quadro legal, temos a Comissão Europeia (CE), organizações voluntárias padronizadoras e a UNFCCC (REZENDE, 2008).

Como ofertantes, estão autoridades de políticas ambientais, financiadores, desenvolvedores de projetos entre outros. Os intermediários são os *traders*, empresas privadas, setor financeiro e outras instituições de investimento. Por fim, estão os

consumidores finais, juntamente com os compradores no *compliance market* e também o mercado voluntário (REZENDE, 2008).

6 POLÍTICA DE REDUÇÃO DE CARBONO DA INDÚSTRIA TÊXTIL NO BRASIL

A indústria têxtil no Brasil é de grande relevância, representa um dos grandes setores que mais empregam com 1,36 milhões de empregos diretos e 8 milhões indiretos, deste montante de trabalhadores, 60 % representam mão de obra feminina (ABIT, 2022). No que se refere ao volume de produção têxtil, em 2020 foram 1,91 milhões de toneladas, com um faturamento de R\$ 161 bilhões (ABIT, 2022). Com o objetivo de propor uma nova agenda de desenvolvimento sustentável pelos próximos 15 anos aos seus países membros, a ONU estabeleceu em 2015 a agenda para 2030, composta pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). No qual, as ODSs:

Visam assegurar os direitos humanos, acabar com a pobreza, lutar contra desigualdade e a injustiça, alcançar a igualdade de gênero e o empoderamento de mulheres e meninas, agir contra as mudanças climáticas, bem como enfrentar outros dos maiores desafios de nossos tempos (ONU, 2015).

As empresas e organizações têm papel fundamental neste processo, uma vez que é o grande propulsor do poder econômico, com novas tecnologias e inovações que impactam não somente na economia, mas na sociedade como um todo. Para que a indústria têxtil no Brasil ganhe mais espaço no cenário internacional e esteja cada vez mais competitiva e com o mercado interno aquecido, medidas de redução de emissões e gestão estratégica de carbono são grandes diferenciais competitivos para ganhar espaço internacionalmente e o fortalecimento do mercado nacional. Com políticas públicas e acordos cada vez mais severos com relação às emissões de GEEs, indústrias que investem e optam por um posicionamento que visam uma produção mais limpa, não somente contribuem com o meio ambiente e o compromisso em reduzir a presença de CO₂ na atmosfera, mas também se beneficiam de vantagens com processos produtivos mais eficientes, enxutos e otimizados. Além de se colocar no mercado com um perfil de negócio que se preocupa com as questões climáticas e com a responsabilidade social, uma vez que os consumidores e organizações estão

cada vez mais exigentes com relação aos impactos causados pelos seus hábitos de consumo e a origem dos produtos que consomem.

6.1 IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICAS DE CRÉDITO DE CARBONO APLICADO NA EMPRESA AMARO

Para empresas cujo desenvolvimento econômico, responsabilidade ambiental e desenvolvimento social são aspectos centrais em suas ações estratégicas, a implementação de políticas que visam a redução e compensação na emissão de GEEs são medidas substanciais para adequação da indústria a um cenário menos poluente e com isso, contribuir com a neutralização na emissão de gases pela indústria têxtil. Por tratar-se de uma cadeia produtiva bastante extensa e de grande complexidade, as oportunidades de ações para redução da emissão de GEEs podem estar no campo dos processos e atividades operacionais, na reutilização de energia térmica, em novos equipamentos cujo consumo de energia é reduzido e produtividade elevada, na utilização de fontes de energia renováveis, modelos logísticos de baixo impacto, além de insumos de origem sustentável e renovável. São amplas e abrangentes as possibilidades para criação de planos de ação que tenham como objetivo um modelo de negócio mais competitivo e alinhado com as demandas de desenvolvimento sustentável atuais.

Neste contexto, empresas do setor têxtil no Brasil têm se utilizado das políticas de redução na emissão de gases poluentes para se posicionar no mercado, colocando-se em posição de destaque frente aos concorrentes que não se posicionaram de maneira tão evidente relativamente às questões climáticas. A exemplo de empresas comprometidas com a redução na emissão de GEEs com ações de inovação buscando fomentar novas culturas em suas organizações, pode-se citar a Malwee®, que como estratégia de gestão de carbono fechou parcerias com outras empresas de diferentes setores, destacando-se o desenvolvimento de fibras de poliéster a partir de PET reciclado, reduzindo a utilização de material virgem oriundo do petróleo e fazendo uma gestão de resíduo sustentável e viável economicamente. Outro exemplo é a Puma®, que:

Passou a utilizar energia elétrica a partir de fontes com baixo impacto e 100 % renováveis, além de implantar uma planta fotovoltaica em seu principal ponto de logística na Alemanha e instalar lâmpadas mais eficientes em suas lojas (CNI, 2015).

A marca também investiu na redução das emissões de gases poluentes ao disponibilizar o uso de veículos mais eficientes em suas frotas, além de monitorar de maneira constante as emissões provenientes da logística de seu negócio. Modelos como estes são importantes para que a indústria possa aos poucos modernizar seu modelo de negócio e fomentar essa cultura no mercado, uma vez que iniciam com projetos menores dentro da empresa, afim de validar ações de cunho sustentável mesclando com seu modelo de negócio "tradicional".

Na contramão de organizações mais conservadoras, e alinhada com os objetivos propostos pela ODS, destaca-se a empresa do segmento de vestuário e *home wear*, AMARO®, cuja sustentabilidade é um dos principais pilares do seu modelo de negócio e utilizando-se de diversas ferramentas das políticas de redução na emissão de CO₂, além de projetos que visam o desenvolvimento social, para ganhar espaço no mercado interno com produtos de alto valor percebido e 100 % de compensação do carbono emitido em suas operações.

Todas as ações e números relativos a esta política de carbono zero, estão descritas no Relatório de Sustentabilidade (RS) da empresa, atualizados e disponibilizados anualmente no site da marca, utilizando como base as Normas GRI 2016, o padrão internacional certifica as melhores práticas globais para relatórios de sustentabilidade. Sendo a AMARO® um canal que nasceu no digital e onde apresenta seus melhores resultados expandindo posteriormente para canais físicos, as embalagens e caixas utilizadas nos seus processos de logística são feitas a partir do papelão e os envelopes em papel kraft biodegradável que levam certificação Forest Stewardship Council (FSC). As dimensões das embalagens são disponibilizadas nos mais diversos tamanhos, para que estejam sempre proporcionais ao tamanho da encomenda, gerando melhor aproveitamento e cubagem nos veículos que farão o transporte destes pacotes.

Em 2021 a empresa comprou em parceria com a EURECICLO, 50 % de todas as embalagens, fomentando a cadeia de reciclagem com capacitação e remuneração, contribuindo com o serviço ambiental realizado por cooperativas. Essa é uma ação que tem como objetivo reduzir a poluição com uma gestão de resíduos eficiente e

integrada. Neste sentido, a Tabela 5 expressa o impacto das emissões de CO₂ das embalagens utilizadas e a compensação de 50 % do impacto gerado.

Tabela 5 – Impacto das emissões de CO₂ das embalagens utilizadas.

Material	Toneladas	Compensação 50 %
Papel	46584	23292
Papelão	253605	126802
Plástico	15543	7771
Adesivo couché	4728	2364

Fonte: AMARO® (2021).

Com isso, mais de 7 toneladas de plástico foram reciclados anualmente, além da compensação de 150,054kg de resíduos de papelão e papel *kraft* e a retirada de 2364 kg de adesivos plásticos de suas embalagens, com a adoção de fitas *kraft* biodegradáveis. A empresa adotou a abordagem de sistêmica de avaliação do ciclo de vida do berço ao túmulo, cujo carbono emitido é considerado desde a matéria prima até chegar ao cliente final. No que se refere a coleta de dados, a empresa utilizou a metodologia estabelecida pelo GHG Protocol, atendendo às normas, padrões e orientações do órgão.

6.1.1 Métodos da política de créditos de carbono aplicados

A empresa objeto de análise na implementação das ferramentas de gestão de carbono, estabeleceu suas práticas de compensação utilizando-se de diferentes projetos, oficiais e verificáveis. Os projetos abrangem tanto a modalidade de CCCs (Créditos de Compensação de Carbono), quanto CRCs (Créditos de Redução de Carbono), através de parcerias com empresas e organizações que corroboram com modelos de negócio cuja estratégia climática seja parte da agenda, tendo como base 25 % créditos de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação florestal (REDD) e 75 % de cogeração de energia por metano evitado.

A implementação da política de créditos de carbono na empresa aconteceu em parceria com a *Green Solutions*, considerando duas frentes, em que as emissões de CO₂ são atreladas a fontes diretas (escopos 1 e 2) ou indiretas (escopo 3). Os cálculos para mensurar as pegadas de carbono da empresa foram realizados através da ferramenta GHG Protocol Brasil e contemplam o ano de 2021, totalizando 637,35

tCO₂e emitidos. As atividades mensuradas foram distribuídas entre os três escopos de acordo com Quadro 1.

Quadro 1 – Atividades incluídas no inventário de carbono, por escopo.

ESCOPO 1 (atividades)	Descrição
Emissões fugitivas (gás refrigerador de aparelhos de ar-condicionado)	R-22
	R-401A
Emissões fugitivas (extintores)	Dióxido de carbono (CO ₂)
Geradores	Óleo diesel
ESCOPO 2 (atividades)	Descrição
Produção da energia elétrica adquirida	Eletricidade (SIN)
ESCOPO 3 (atividades)	Descrição
Tratamento de efluentes líquidos	Funcionários
Deslocamento casa-trabalho-casa	Automóvel-gasolina
	Motocicleta
	Metrô
	Ônibus
Viagens a negócios em aeronave	Bicicleta/andando
	Curta-distância, média-distância e longa-distância
Em automóvel (fora da frota interna)	Automóvel – gasolina
Táxi ou carros por aplicativo	Automóvel – gasolina
<i>Home office</i>	Eletricidade (SIN)

Fonte: Adaptado de AMARO® (2020).

Os escopos abrangem todas as atividades em que há emissão de carbono em sua execução. O total de emissões de cada uma das atividades e distribuídas nas duas filiais da empresa, destaca-se no Quadro 2.

Quadro 2 – Total de emissões de cada atividade industrial.

Filial	tCO₂e	Funcionários	Proporção
São Paulo	145,15	300	22,77 %
DC	492,20	515	77,23 %
ESCOPO 1 (emissões diretas)	2,08 tCO₂e	0,33 %	
Frota interna de automóveis	-	0,00 %	
Fugitivas	0,02	0,00 %	
Gerador	2,06	0,32 %	

ESCOPO 2 (emissões indiretas da geração de consumo)	8,60	1,35 %
Aquisição de energia elétrica	8,60	1,35
ESCOPO 3 (emissões indiretas da cadeia de valor)	626,67	98,32 %
Tratamento de efluentes líquidos	29,24	4,59 %
Tratamento de resíduos sólidos	-	0,00 %
Deslocamento de funcionários	463,04	72,65 %
Viagens a negócios em aeronave	61,06	9,58 %
Viagens a negócio com veículo alugado, táxi ou aplicativo	8,74	1,37 %
Serviço <i>upstream</i>	-	0,00 %
<i>Home office</i>	64,59	10,13

Fonte: Adaptado de AMARO® (2020).

Os dados coletados em parceria com a Green Solutions, contou o apoio de toda a cadeia produtiva, que representa 75 % das emissões geradas pela empresa. O RS da empresa detalha este um dos maiores desafios, uma vez que sua cadeia produtiva é 100 % terceirizada, dificultando a coleta de dados e controle dos processos, por este motivo, o projeto não abrange 100 % de sua cadeia produtiva, sendo os resultados de compensação relativos às pegadas mensuradas.

A Tabela 6 mostra os dados referentes ao total de emissões de carbono mensurados da cadeia produtiva terceirizada, distribuídos em quatro diferentes frentes, totalizando 12820 ton/CO₂. Entretanto, a partir da inclusão de outras linhas de produtos como as linhas *kids* e *casa*, houve aumento na coletada de dados, sendo atualizado para 13911 ton/CO₂.

Tabela 6 – Emissões de carbono da cadeia produtiva terceirizada.

	Terceirizada	ton/CO₂ 100 %	ton/CO₂ 200 %	%
12820 ton/CO ₂	Matéria-prima	9713	19426	76
	Manufatura	1550	3100	12
	Armazenamento e transporte	915	1830	7
	Distribuição	642	1284	5
	Total	12820	25640	100

Fonte: Adaptado de AMARO® (2020).

6.2 RESULTADOS OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DE POLÍTICAS DE REDUÇÃO NA EMISSÃO DE CARBONO NA INDÚSTRIA TÊXTIL

Com o objetivo de neutralizar as emissões de CO₂ até o final de 2021, a empresa iniciou a implementação da ferramenta de créditos de carbono calculando suas pegadas de carbono no início deste ano. Para viabilizar a neutralização das emissões de carbono a empresa investiu em créditos no Projeto Santa Maria, em parceria com a MOSS Earth, este projeto possui certificado *Verified Carbon Standard (VCS)* e categoriza-se como REDD. Localizado na cidade de Colniza no Mato Grosso, a região faz parte do Bioma Amazônico e está inclusa no Arco do Desmatamento, que abrange o Norte do Maranhão até o Acre, delimitando o avanço do desmatamento na Amazônia. Os resultados abrangem aspectos amplos da política de créditos de carbono, além dos resultados ambientais positivos, há também os benefícios sociais e econômicos, no que se refere aos benefícios mencionados:

- I. Benefícios Sociais: O projeto adota política de equidade salarial com a contratação de mulheres com a garantia de que receberão os mesmos salários de homens que exerçam a mesma função. Visando o aperfeiçoamento da mão de obra e a capacitação de atividades de Manejo Florestal Sustentável, o projeto prevê a formação de escola técnica na região, além de escola para crianças do ensino fundamental e para alunos do ensino médio, o projeto viabiliza o transporte até a escola;
- II. Benefícios Econômicos: Criação de empregos com as garantias e direitos do regime CLT, estudo para fomento e viabilidade de operações em pequenas indústrias de produtos de origem florestal exceto madeira, visando a extração de óleos e essências para aplicação no mercado de fármacos e estético, além de frutos e outros substratos;
- III. Resultados Ambientais: Evitar a emissão de 29,923,331 milhões de toneladas de CO₂ até 2029 e auxiliar na redução do risco de queimadas.

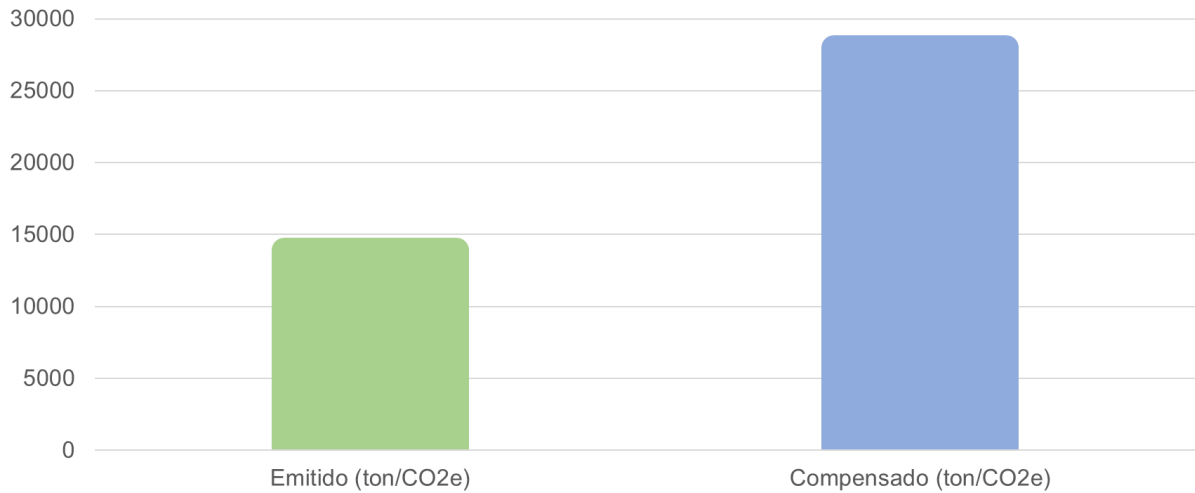
No que se refere à modalidade de créditos de carbono CRCs, a empresa através da Engie, investiu em créditos no Projeto da Unidade de Cogeração Lages com o objetivo de compensar 13 mil toneladas de CO₂e, através da produção de energia renovável a partir do aproveitamento de resíduos da indústria madeireira e florestal

resultando em energia térmica limpa e renovável. Há também neste caso, resultados ambientais, benefícios sociais e econômicos atribuídos ao projeto podendo-se destacar:

- I. Benefícios Sociais: Oficinas para capacitação de jovens com o Serviço de Acolhimento de Lages, bolsas mensais como alternativa de contraturno escolar além de programa ambiental dirigido a alunos de escolas e universidades públicas. Inclusão social com oficinas educacionais e esportivas para mais de 400 meninas em 8 escolas públicas através do projeto Leas da Serra. Fornecimento de energia limpa para quase 50 mil habitantes;
- II. Benefícios Econômicos: Geração de 38 empregos, sendo 8 diretos e 30 indiretos. As cinzas geradas no processo são reaproveitadas em atividades de plantio, contribuindo com a agricultura local de maneira sustentável;
- III. Resultados Ambientais: 300 mil toneladas de resíduos de biomassa aproveitados, redução das emissões de gases poluentes estimada em 196 mil toneladas de CO₂ ao ano, recuperação de 4 nascentes, fornecendo água de qualidade para a agroindústria e produções orgânicas, além da doação de 17 mil mudas nativas à prefeitura e instituições de ensino para plantio em locais públicos.

Tendo em vista os resultados dos projetos os quais a empresa analisada investiu em créditos de carbono, é notável a meta alcançada com a compensação de duas vezes o total das emissões de CO₂ e em todas as suas operações mensuradas. Pode-se observar o resultado global entre as pegadas de carbono geradas e a compensação atingida com a implementação da política de créditos de carbono na Figura 7.

Figura 7 – Resultado global entre pegadas de carbono e compensação após implementação da política de créditos de carbono.



Fonte: Adaptado de AMARO (2020).

. A empresa concluiu o ano de 2021 com sua estratégia de gestão de carbono bem sucedida, e em seu RS descreve os inúmeros desafios e complexidade para o cálculo das pegadas de carbono, reconhecendo que deve aliar seu crescimento econômico e de mercado a soluções que estejam de acordo com a política de redução no impacto ambiental. Esta necessidade, fomenta novas escolhas de matérias-primas, estratégias de logística e contínuo aperfeiçoamento das atividades da empresa visando não somente compensar as pegadas de carbono, mas reduzir a sua emissão.

7 CONCLUSÃO

O aquecimento global é uma consequência inerente à presença elevada de CO₂ e outros gases poluentes na atmosfera, com a revolução industrial e avanço de tecnologias industriais, o consumo de combustíveis fósseis e a exploração de recursos naturais tiveram grande crescimento e, com isso, o nível de emissões de gases do efeito estufa se elevaram a níveis nunca antes registrados. Diante deste contexto, temas como sustentabilidade e desenvolvimento sustentável passaram a integrar políticas públicas e acordos internacionais, como o Protocolo de Kyoto, dando início a uma série de medidas cujos países que assinaram o acordo, comprometem-se a respeitar, fomentando desta forma, o desenvolvimento sustentável.

A indústria têxtil como um dos grandes setores responsáveis por elevada quantidade de emissões de CO₂, enfrenta em sua extensa cadeia produtiva enormes desafios no que se refere à neutralização de emissões de CO₂. Tendo em vista, demanda energética bastante expressiva, além do consumo de recursos naturais viabilizando todos os processos químicos e físicos de uma indústria.

A política de créditos de carbono é uma ferramenta que possibilita a comercialização de créditos de emissão de CO₂e. Empresas e organizações que implementam esta ferramenta de gestão estratégica de carbono podem comprar créditos para compensar as emissões geradas pelos seus processos. Assim, utilizando-os em projetos de reflorestamento, preservação de rios e do solo, consumo de energia de fontes renováveis e limpas (energia eólica, biocombustíveis ou energia fotovoltaica).

A empresa objeto de análise neste trabalho, apresentou resultados expressivos no que se refere à compensação de emissão de carbono. Entende-se que a política de créditos de carbono aplicada tanto em CCCs quanto em CRCs, contribuiu não somente compensando as emissões de todas as suas operações mensuradas como também, dobrando o número de compensação por meio da adequação do seu modelo de negócio. E portanto, impulsionando o desenvolvimento sustentável da empresa.

REFERÊNCIAS

AMARO. **Relatório de sustentabilidade**. São Paulo: [s.n.]. 2020. Disponível em: <<https://amaro.com/br/pt/relatorio-sustentabilidade>>.

AMARO. **Relatório de sustentabilidade**. São Paulo: [s.n.]. 2021. Disponível em: <<https://amaro.com/br/pt/relatorio-sustentabilidade>>.

AMEUR, H. BEN et al. When did global warming start? A new baseline for carbon budgeting. **Economic Modelling**, v. 116, p. 106005, nov. 2022.

BACHA, M. L.; SANTOS, J.; SCHAUN, A. **Considerações teóricas sobre o conceito de sustentabilidade**. VII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. **Anais**. 2010.

CENTRO CLIMA. Emissão de gases de efeito estufa - 2050: **Implicações econômicas e sociais do cenário de plano governamental**. Relatório técnico. Centro Clima, COPPE e UFRJ. 2016. Disponível em: <http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/documentos/ies-brasil-2050/04_IES_Brasil_2050_setor_industrial_v3.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2022.

CUC, S.; VIDOVIC, M. Environmental Sustainability through Clothing Recycling. **Operations and Supply Chain Management: An International Journal**, p. 108–115, 4 dez. 2014.

DE OLIVEIRA NETO, G. C. et al. Cleaner Production in the textile industry and its relationship to sustainable development goals. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 1514–1525, ago. 2019.

EVANS, S. **Analysis: which countries are historically responsible for climate change?** Disponível em: <<https://www.carbonbrief.org/analysis-which-countries-are-historically-responsible-for-climate-change/>>. Acesso em: 20 nov. 2022.

EXAME. Lixão da moda? 40 mil toneladas de roupas se acumulam no Atacama. **EXAME**, nov. 2021. Disponível em: <<https://exame.com/pop/lixao-da-moda-40-toneladas-de-roupas-se-acumulam-no-deserto-do-atacama/>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

GALATTI, L. G.; BARUQUE-RAMOS, J. Circular economy indicators for measuring social innovation in the Brazilian textile and fashion industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 363, p. 132485, ago. 2022.

HASHIMOTO, K. Global Temperature and Atmospheric Carbon Dioxide Concentration. In: [s.l: s.n.]. p. 5–17.

INSTITUTE, T. T. R. **Low carbon intelligent operations for textile industry in APEC economies**. Taipei: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.apec.org/docs/default-source/Publications/2013/8/Low-Carbon-Intelligent-Operations-for-Textile-Industry-in-APEC-Economies---Project/TOC/Main-Report.pdf>>.

MANN, S. **Computing for sustainability: saving the earth one bite at a time**. Disponível em: <<http://computingforsustainability.com/>>. Acesso em: 10 nov. 2022.

MEZATIO, E. P. et al. Design a sustainable supply chain for the textile and clothing industry with consideration of carbon emissions. **IFAC-PapersOnLine**, v. 55, n. 10, p. 1687–1692, 2022.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas de mensuração prática. **Revista Economia e Desenvolvimento**, v. 16, p. 1–20, 2004.

PASSARINHO, N. Brasil é 4º no mundo em ranking de emissão de gases poluentes desde 1850. **BBC News Brasil**, out. 2021.

REZENDE, B. B. **O mercado de créditos de carbono como incentivo a um modelo energético e climático sustentável**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

SHIRVANIMOGHADDAM, K. et al. Death by waste: Fashion and textile circular economy case. **Science of The Total Environment**, v. 718, p. 137317, maio 2020.

STYLIANOU, N. et al. **Aquecimento global: 7 gráficos que mostram em que ponto estamos**. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-46424720>>. Acesso em: 10 dez. 2022.

WEI, P.-S. et al. Absorption coefficient of water vapor across atmospheric troposphere layer. **Heliyon**, v. 5, n. 1, p. e01145, jan. 2019.

YUKSELER, H. et al. Analysis of the best available techniques for wastewaters from a denim manufacturing textile mill. **Journal of Environmental Management**, v. 203, p. 1118–1125, dez. 2017.

YUZHEN, Y. et al. Two-million-year-old snapshots of atmospheric gases from Antarctic ice. **Nature**, v. 574, p. 663–666, 2019.

ZAFFALON, V. Climate change, carbon mitigation and textiles. **Text. World**, v. 160, p. 34–35, 2010.

ZHANG, H. et al. Cleaner production applied to urea-free printing of cotton fabrics using polyethylene glycol polymers as alternative additives. **Journal of Cleaner Production**, v. 124, p. 126–131, jun. 2016.

ZHANG, X.; CHEN, Y. Carbon Emission Evaluation Based on Multi-Objective Balance of Sewing Assembly Line in Apparel Industry. **Energies**, v. 12, n. 14, p. 2783, 19 jul. 2019.