

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ISABELLA ARLOCHI DE OLIVEIRA

**PROCESSO METODOLÓGICO PARA IMPLEMENTAÇÃO DA PRECIFICAÇÃO
INTERNA DE CARBONO NAS ORGANIZAÇÕES COM UTILIZAÇÃO DE
DECISÃO MULTICRITÉRIO AHP**

MACAÉ
2021

ISABELLA ARLOCHI DE OLIVEIRA

**PROCESSO METODOLÓGICO PARA IMPLEMENTAÇÃO DA PRECIFICAÇÃO
INTERNA DE CARBONO NAS ORGANIZAÇÕES COM UTILIZAÇÃO DE
DECISÃO MULTICRITÉRIO AHP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus
Macaé, como parte dos requisitos necessários à
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de
Produção.

Orientador: Prof. D.Sc. Luan Santos

MACAÉ
2021

PROCESSO METODOLÓGICO PARA IMPLEMENTAÇÃO DA PRECIFICAÇÃO
INTERNA DE CARBONO NAS ORGANIZAÇÕES COM UTILIZAÇÃO DE DECISÃO
MULTICRITÉRIO AHP

Isabella Arlochi de Oliveira

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovação da banca examinadora:

Orientador: Prof. D.Sc. Luan Santos
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Professor Examinador: Prof. M.Sc. Matheus Ferreira de Barros
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Examinadora: M.Sc. Laura Albuquerque
Gerente de Finanças Sustentáveis – Way Carbon

“The degree to which you accept responsibility for everything in your life is precisely the degree of personal power you have to change or create anything in your life.”

Hal Elrod

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo ao meu orientador e amigo Professor Luan Santos pela paciência, atenção e disposição para me auxiliar em cada etapa desta monografia. Muito obrigada por ter sido um Professor inspirador desde o nosso primeiro contato, quando fiz a disciplina de Gestão Ambiental em 2018. Vê-lo trazendo pautas e discussões tão importantes para a sala de aula, de forma tão dinâmica e com tanta propriedade, foi fundamental para despertar o meu interesse pela área ambiental e conseqüentemente para a escolha do tema deste trabalho.

Meus agradecimentos também aos meus pais, que sempre se dedicaram tanto para me proporcionar uma educação de qualidade e me incentivaram desde pequena a desbravar o mundo, apoiando-me em cada uma das minhas decisões. Da mesma forma, agradeço ao meu irmão Vinicius pelos momentos de descontração e por ser um exemplo de liberdade para mim. Palavras não seriam suficientes para descrever o amor que sinto por vocês e o quanto sou grata por tê-los ao meu lado.

Tenho o privilégio de compartilhar minha vida com grandes amigos que fazem minha trajetória muito mais leve e alegre. Agradeço imensamente a todos, aos que estão na minha vida desde o Ensino Fundamental no Colégio Rio Branco; aos que encontrei em Macaé e tornaram-se minha família e aos que conheci em Lille, os quais estiveram comigo na experiência mais incrível da minha jornada. Obrigada pelo apoio e por estarem ao meu lado, tanto nos desafios, quanto nas vitórias.

Quero agradecer também aos Professores Matheus Ferreira de Barros e Thiago Gomes de Lima pela dedicação e por terem sido sempre tão atenciosos e solícitos. Vocês foram fundamentais para minha formação e me mostraram uma visão mais humana da Engenharia. Seguramente levarei esses ensinamentos para minha carreira. Igualmente, agradeço à UFRJ por acreditar no potencial de seus alunos e por ser uma instituição essencial para a educação e ciência brasileira.

Além disso, muito obrigada aos Professores Luan Santos e Matheus Ferreira de Barros e a gerente de finanças sustentáveis na Way Carbon, Laura Albuquerque, por aceitarem compor a banca. Agradeço a disponibilidade, atenção e o tempo de vocês para contribuir com este trabalho.

RESUMO

Os impactos causados pelas mudanças climáticas têm sido cada vez mais debatidos no âmbito mundial e nacional. Com o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, torna-se premente o planejamento e implementação de iniciativas que reduzam essas emissões, tais como o mecanismo de precificação de carbono. Desse modo, a presente monografia tem por objetivo propor um processo metodológico para implementar a precificação interna de carbono em empresas a partir da utilização do método de decisão multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP), contribuindo para aumentar a competitividade das organizações. Para isso, foram utilizadas experiências de grandes empresas que adotaram a iniciativa de precificar suas emissões, bem como foi elaborado um questionário *online* para verificar a opinião de especialistas da área ambiental sobre a melhor alternativa para a precificação interna de carbono. Os resultados obtidos com o método AHP indicam que o custo social do carbono é a opção prioritária para os participantes da pesquisa e a mais relevante em termos de custo efetividade e efetividade ambiental.

Palavras-chave: Precificação interna de carbono, AHP, mudanças climáticas.

ABSTRACT

The impacts caused by climate change have been increasingly debated at the global and national levels. With the increase in the concentration of greenhouse gases in the atmosphere, it becomes urgent to plan and implement initiatives to reduce these emissions, such as the carbon pricing mechanism. Thus, this monograph aims to propose a methodological process to implement internal carbon pricing in companies using the Analytic Hierarchy Process (AHP), a multicriteria decision method, contributing to increase the competitiveness of organizations. Therefore, the experiences of large companies that have adopted the initiative to price their emissions were used, as well as an online questionnaire to verify the opinion of experts in the environmental area about the best alternative for internal carbon pricing. The results obtained with the AHP method indicate that the social cost of carbon is the priority option for the survey participants and the most relevant in terms of cost-effectiveness and environmental effectiveness.

Key-words: Internal carbon pricing, AHP, climate change.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Instrumentos de precificação de carbono implementados ou em fase de planejamento no mundo	21
Figura 2 – Diferentes abordagens da precificação de carbono	27
Figura 3 – Objetivos para a implementação da precificação interna de carbono	32
Figura 4 – Etapas do procedimento analítico do método AHP	44
Figura 5 – Hierarquia da decisão	50
Figura 6 – Exemplo de pergunta aplicada no questionário	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre os tipos de precificação	28
Tabela 2 – Benefícios e desafios mais citados para a implementação da precificação interna de carbono	33
Tabela 3 – Detalhamento de objetivos específicos para a precificação interna de carbono	36
Tabela 4 – Escala Fundamental de Saaty	43
Tabela 5 – Somatório dos elementos de cada coluna	45
Tabela 6 – Divisão dos elementos de cada coluna pelo somatório referente à coluna	45
Tabela 7 – Determinação da prioridade local dos critérios	46
Tabela 8 – Valores empíricos para IR	47
Tabela 9 – Critérios para seleção de instrumentos de precificação de carbono para regulamentação de emissões de GEE	49
Tabela 10 – Escala de Saaty simplificada	51
Tabela 11 – Matriz de comparação paritária dos critérios.....	58
Tabela 12 – Matriz de comparação paritária das alternativas em relação ao critério custo efetividade	58
Tabela 13 – Matriz de comparação paritária das alternativas em relação ao critério efetividade ambiental	58
Tabela 14 – Matriz de comparação paritária das alternativas em relação ao critério competitividade	59
Tabela 15 – Matriz de comparação paritária normalizada dos critérios	59
Tabela 16 – Matriz de comparação paritária normalizada das alternativas em relação ao critério custo efetividade	60
Tabela 17 – Matriz de comparação paritária normalizada das alternativas em relação ao critério efetividade ambiental.....	60
Tabela 18 – Matriz de comparação paritária normalizada das alternativas em relação ao critério competitividade	60
Tabela 19 – Autovalores calculados	61
Tabela 20 – Quociente de consistência.....	61
Tabela 21 – Prioridade global das alternativas	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Emissões de gases de efeito estufa do Brasil de 1990 a 2019 (MtCO ₂ e)	18
Gráfico 2 – Alertas de desmatamento na Amazônia no primeiro semestre de 2020, em km ² ..	20
Gráfico 3 – Contribuição dos critérios para as alternativas	62

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
CDP	<i>Carbon Disclosure Project</i>
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CH ₄	Metano
CMA	Custo marginal de abatimento
CO ₂	Dióxido de carbono
COP	<i>Conference of the Parties</i>
CPLC	<i>Carbon Pricing Leadership Coalition</i>
CQNUMC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
CSC	Custo social do carbono
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ETS	<i>Emissions Trading System</i>
EU ETS	<i>European Union Emissions Trading System</i>
GEE	Gases de efeito estufa
iNDC	<i>intended Nationally Determined Contributions</i>
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
PMR	<i>Partnership for Market Readiness</i>
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
SCE	Sistema de Comércio de Emissões
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
TCFD	<i>Task Force on Climate-Related Financial Disclosures</i>
UNEP FI	<i>United Nations Environment Programme Finance Initiative</i> (Iniciativa de Financiamento do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente)
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	14
1.2. JUSTIFICATIVA	22
1.3. OBJETIVOS	23
1.3.1. Objetivo geral	23
1.3.2. Objetivos específicos.....	23
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	24
2. INSTRUMENTOS DE PRECIFICAÇÃO DE CARBONO E SUA APLICAÇÃO NAS ORGANIZAÇÕES	25
2.1. PRECIFICAÇÃO DE CARBONO.....	25
2.1.1. Instrumentos de precificação de carbono	26
2.1.2. Experiências internacionais	29
2.1.3. Experiências nacionais	30
2.2. PRECIFICAÇÃO INTERNA DE CARBONO	31
2.2.1. Efeitos para a competitividade das organizações	33
2.2.2. Diferentes tipos de abordagem	34
2.2.3. Passos para o estabelecimento de um preço interno de carbono	35
2.2.4. Experiências internacionais	37
2.2.5. Experiências nacionais	39
2.2.6. O papel do setor financeiro	40
3. METODOLOGIA	42
3.1. ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)	42
3.1.1. Escala Fundamental de Saaty	43
3.1.2. Etapas e construção matemática do método AHP	44
3.2. ESTRUTURAÇÃO HIERÁRQUICA DO MÉTODO AHP PARA PRECIFICAÇÃO INTERNA DE CARBONO	48
3.3. INSTRUMENTO DE PESQUISA E COLETA DE DADOS.....	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	53
4.1. PASSO 1 – CALCULAR AS EMISSÕES DE CARBONO.....	53

4.2. PASSO 2 – ESTRUTURAR UMA EQUIPE MULTIDISCIPLINAR PARA CONDUZIR O PROCESSO DE PRECIFICAÇÃO.....	54
4.3. PASSO 3 – DEFINIR OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS.....	54
4.4. PASSO 4 – COMPREENDER AS DIFERENTES ABORDAGENS DE PRECIFICAÇÃO.....	56
4.5. PASSO 5 – COMPREENDER OS MÉTODOS DE PRECIFICAÇÃO.....	56
4.6. PASSO 6 – SELECIONAR O MÉTODO DE PRECIFICAÇÃO UTILIZANDO DECISÃO MULTICRITÉRIO AHP.....	57
4.7. PASSO 7 – ADMINISTRAR A TAXA, COMUNICAR RESULTADOS E EVOLUIR.....	63
5. CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	65
5.1. PRINCIPAIS CONCLUSÕES.....	65
5.2. PRINCIPAIS LIMITAÇÕES.....	66
5.3. RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
ANEXO I – QUESTIONÁRIO ONLINE.....	75
ANEXO II – RESPOSTAS DOS DECISORES NOS QUESTIONÁRIOS ONLINE PARA CADA COMPARAÇÃO DE CRITÉRIOS E ALTERNATIVAS.....	91

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão expostos os conteúdos abordados no presente estudo. Assim, a primeira seção contextualiza o tema de mudanças climáticas e precificação de carbono, bem como apresenta iniciativas e acordos realizados a nível nacional e internacional. A seguir, é desenvolvida a justificativa do estudo. Na terceira seção, são abordados os objetivos gerais e específicos e, por fim, a quarta indica a estrutura do trabalho.

1.1. Contextualização do tema

As mudanças climáticas representam um desafio coletivo e possuem implicações econômicas, políticas e sociais para economia mundial. Tais impactos estão relacionados, sobretudo, à necessidade de grandes investimentos, à criação de novas tecnologias e a eventos climáticos, como secas, enchentes, inundações costeiras e deslizamentos de terra (CNI, 2018).

O *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2018) define mudança climática como:

(...) uma variação estatisticamente significativa nas condições médias do clima ou em sua variabilidade e que persiste por um longo período, geralmente décadas ou mais. Podem ser decorrentes de processos naturais internos ou de forçamentos naturais externos, ou ainda de mudanças antropogênicas persistentes na composição da atmosfera ou no uso do solo.

De acordo com o Quinto Relatório de Avaliação (AR5) divulgado pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2014), existe probabilidade superior a 95% de que as mudanças no clima sejam ocasionadas pelo aumento de gases de efeito estufa (GEE) decorrentes de ações humanas. Além disso, projeções desse estudo indicam que as mudanças ocorrerão mesmo em diferentes cenários de emissão e que, se os níveis atuais se mantiverem, a previsão para o final do século XXI seria uma elevação de 2,6°C a 4,8°C na temperatura média global, com aumento de 0,45m a 0,82m no nível do mar.

Junior e Pinho (2014) afirmam que os impactos das mudanças climáticas serão variados entre os países dependendo da sua localização, clima, tipo de vegetação e recursos naturais. Ademais, os autores destacam que as economias de menor renda podem ser mais afetadas

devido a maior dependência de atividades primárias. Assim, como o aumento da concentração de GEE na atmosfera afeta todo o planeta, devem ser realizadas iniciativas e acordos globais.

Nesse contexto, a fim de discutir as alterações climáticas associadas às emissões de GEE, foi criada em 1992 a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC) ou, em inglês, *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC). Trata-se de um acordo ratificado por 195 países que definiu objetivos de redução de emissões e suas bases resultaram no Protocolo de Quioto. O Órgão Supremo da CQNUMC é chamado de Conferência das Partes (COP), na qual os países se reúnem para analisar o cumprimento dos compromissos assumidos, além de buscar soluções e convergências para reduzir as emissões e enfrentar as mudanças climáticas (MAROUN, 2007).

O Protocolo de Quioto foi negociado em 1997 na realização da COP 3 que ocorreu na cidade de Quioto, no Japão. Frangetto, Veiga e Luedemann (2018) consideram esse protocolo como um marco nos esforços internacionais para combater as mudanças climáticas, estabelecendo metas de redução de GEE para os principais países emissores, chamados países do Anexo I¹.

Segundo Oliveira, Miguez e Andrade (2018), dados históricos indicam que as emissões que causam as mudanças climáticas variam muito entre os países. Assim, reconhecendo o fato de que as emissões produzidas geram efeitos por um longo período de tempo, a Convenção do Clima considera que a maior parte das emissões globais históricas e atuais de GEE é atribuída aos países desenvolvidos, os quais devem assumir a liderança para reduzi-las.

Desse modo, o Protocolo de Quioto tem como fundamento o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas. A partir disso, foi definido que os países do Anexo I devem assumir a responsabilidade para conduzir os esforços de mitigação das alterações climáticas por meio do estabelecimento de metas absolutas de redução de emissão para cada país. Os países em desenvolvimento, ou seja, as nações do não Anexo I não possuem a mesma responsabilidade e capacidade de agir sobre as alterações climáticas (FRANGETTO; VEIGA; LUEDEMANN, 2018).

De acordo com Feijó e Júnior (2009), foi estabelecida uma meta de redução de 5,2% abaixo dos níveis de emissão dos países do Anexo I relativos a 1990, para ser atingida no período de 2008 a 2012. A fim de alcançar esse objetivo, o protocolo estabeleceu a possibilidade

¹ A CQNUMC define o grupo Anexo I como sendo as economias industrializadas ou em transição, e grupo não Anexo I, os países em desenvolvimento.

de utilizar instrumentos para facilitar o cumprimento das metas, os chamados mecanismos de flexibilização. São eles: o comércio internacional de emissões, os projetos de implementação conjunta entre países desenvolvidos e os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), o único que abrange os países em desenvolvimento, permitindo a elaboração de projetos de redução de emissões em seus territórios e a venda de créditos de carbono aos países do Anexo I (SEROA DA MOTTA, 2018).

Em relação às metas de redução de emissão, a União Europeia assumiu o compromisso de reduzir 8%, os EUA se comprometeram a diminuir 7% e Canadá e Japão, 6%. Rússia, Nova Zelândia e Ucrânia poderiam manter seus níveis de emissões (FEIJÓ; JÚNIOR, 2009). Para os países do grupo não Anexo I, como o Brasil, Índia e China, não foram definidos compromissos adicionais. Em contrapartida, esses países deveriam estabelecer programas para reduzir as emissões de GEE em alguns setores como energia, transporte, indústria, mas sem o estabelecimento de metas quantitativas para limitar as emissões.

Maroun (2007) destaca que, para entrar em vigor, o Protocolo de Quioto deveria ser ratificado por, pelo menos, 55 países, incluindo nesse grupo as nações que fossem responsáveis por 55% das emissões totais de CO₂ referentes a esses países no ano de 1990. Isso ocorreu em novembro de 2004 na realização da COP 10 com a ratificação da Rússia. Os Estados Unidos optaram por não participar do acordo, por considerá-lo ineficiente e por não definir metas quantitativas de emissões para os países em desenvolvimento. Desse modo, o acordo internacional foi assinado por 141 países e entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005.

Após a assinatura do Protocolo de Quioto, foram realizados outros encontros entre as nações para a definição de acordos globais. Dimitrov (2010) afirma que a 15ª Conferência das Partes (COP 15) que ocorreu em Copenhague no ano de 2009 foi um fracasso e o Acordo de Copenhague resultante foi uma tentativa frustrada para mascarar essa falta de sucesso. A versão final do documento inclui um compromisso para limitar a elevação global da temperatura em 2°C e permite que os países determinem suas próprias metas de emissões nacionais e ações políticas. Já Averchenkova (2010), ressalta alguns pontos interessantes abordados no Acordo de Copenhague, como a priorização do desenvolvimento socioeconômico e a erradicação da pobreza nos países em desenvolvimento, assim como destaca a importância da elaboração de uma estratégia para uma economia de baixo carbono.

Em 2015, ocorreu a COP 21 em Paris e, para Santos e Santos (2021), esse evento foi um marco na história da política internacional, alcançado com a adoção do Acordo de Paris.

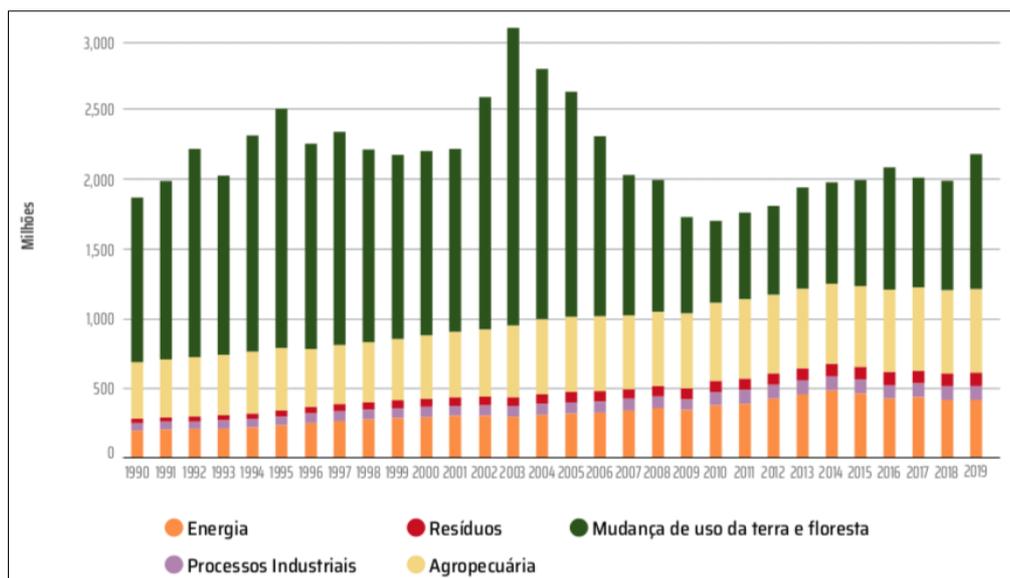
Orientado por visões de longo prazo para o desenvolvimento e a sustentabilidade, esse compromisso tem como objetivo fortalecer a resposta global frente aos desafios gerados pelas mudanças climáticas e reforçar a capacidade dos países para lidar com esses impactos. Assim, o Acordo de Paris foi aprovado em 2015 pelos 195 países da CQNUMC para reduzir as emissões de GEE a fim de manter a temperatura média da terra abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais até o final do século. Além disso, visa promover esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C (UNFCCC, 2015).

Segundo o CEBDS (2017), para alcançar o objetivo do Acordo foram estabelecidas bases para a cooperação internacional, a partir da adoção de compromissos nacionais, as Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (iNDC, em inglês). Cada país considerou suas capacidades e especificidades a partir do contexto socioeconômico local para determinar uma contribuição viável de redução de emissões de GEE. Tanto essas metas, quanto as estratégias estabelecidas para alcançá-las, foram definidas de modo voluntário por cada país respeitando-se o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas (FIESP, 2017).

À nível nacional, o estudo Economia da Mudança do Clima no Brasil citado por Margulis e Dubeux (2010), destaca que as regiões do país mais vulneráveis às alterações climáticas seriam o Norte e o Nordeste, as mais pobres do Brasil. Na Amazônia, a elevação da temperatura pode chegar a 7°C-8°C em 2100, o que resultaria na chamada savanização da floresta. Além disso, no Nordeste, as chuvas tendem a diminuir 2-2,5mm/dia até 2100, levando a perdas agrícolas. Desse modo, a falta de iniciativas políticas nacionais para combater as alterações no clima aprofundará ainda mais as desigualdades regionais e de renda no futuro.

Nesse sentido, Gurgel e Paltsev (2017) revelam que o Brasil tem sido um ator de grande importância nas discussões sobre mudanças climáticas. O país possui um padrão único de emissões, visto que a maior parcela provém das mudanças de uso da terra, impulsionadas pelo desmatamento, com 44% do total. A agropecuária se apresenta em segundo lugar, com 598,7 milhões de toneladas de CO₂ emitidas em 2019 como verifica-se no Gráfico 1 (SEEG, 2020).

Gráfico 1 – Emissões de gases de efeito estufa do Brasil de 1990 a 2019 (MtCO₂e)



Fonte: SEEG (2020)

Conforme abordado nesse estudo, o Protocolo de Quioto estabeleceu mecanismos de mercado para que os países desenvolvidos cumprissem os compromissos de redução e limitação de emissão de GEE. No caso dos países em desenvolvimento, como o Brasil, essa participação ocorreu de forma voluntária através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Segundo Bittencourt, Busch e Cruz (2018), o Brasil desempenhou um papel relevante na criação e institucionalização do MDL e foi pioneiro no desenvolvimento de projetos nesse âmbito. O primeiro registrado no mundo pelo Conselho Executivo do MDL foi o “Projeto Nova Gerar”, no Rio de Janeiro, em 2004, o qual envolveu a substituição de um antigo lixão a céu aberto por um moderno aterro sanitário. Esse projeto permite que o metano gerado no aterro seja capturado e utilizado para gerar eletricidade, reduzindo as emissões em aproximadamente 14 milhões de toneladas de CO₂ até 2030 (SOUZA; RIBEIRO, 2009).

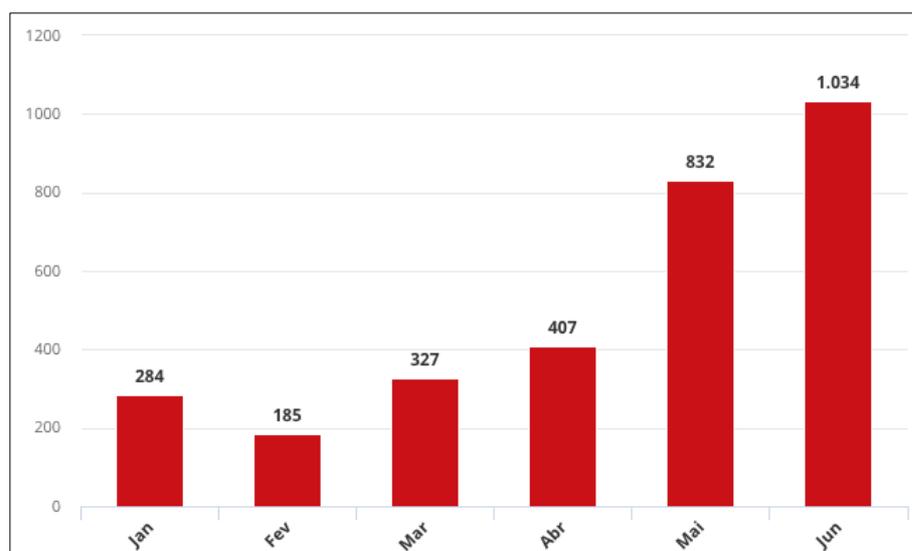
Além disso, o Brasil também assumiu uma posição de protagonista entre os países em desenvolvimento na 15ª Conferência das Partes (COP 15) em 2009. De acordo com Santos (2018), o país se destacou com a adoção de metas voluntárias para reduzir as emissões de GEE entre 36,1% e 38,9% em relação às projeções para 2020. Com essa proposta de redução voluntária, o governo pretendia impedir que o país emitisse entre 975 milhões e 1 bilhão de toneladas de CO₂ até 2020, em comparação com a previsão de emissões se nenhuma ação fosse colocada em prática.

Hauser e Fonseca (2018) explicam que as metas voluntárias anunciadas pelo Brasil às Nações Unidas ganharam força legal com a promulgação da Lei n.º 12.187/2009 que estabeleceu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e sua regulamentação ocorreu por meio do Decreto 7.390/2010. Para viabilizar o alcance desses objetivos, foram elaborados planos de ação para prevenir e controlar o desmatamento de biomas e definiu-se metas de emissões de GEE por setores econômicos considerando suas especificidades.

Em 2015, o Brasil avançou ainda mais em seus compromissos para combater as mudanças climáticas. Conforme apresentado por Gurgel e Paltsev (2017), o país anunciou na COP 21, em Paris, um plano ambicioso para reduzir suas emissões em 37% em 2025 e 43% em 2030, em relação aos níveis de 2005. A NDC brasileira abrange cinco setores da economia: florestal, energia, agropecuário, industrial e de transportes. Nesse sentido, compromete-se a aumentar a participação da bioenergia sustentável na matriz energética nacional para aproximadamente 18% até 2030, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas e alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030 (BRASIL, 2015).

Assim, Santos e Santos (2021) ressaltam que o Brasil tem desempenhado um papel relevante nas agendas ambiental e climática nas últimas décadas. Contudo, para os autores existem limitações ao longo dessa trajetória, decorrentes da imposição de obstáculos nacionais ou regionais, como o desmatamento crescente na Amazônia. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2020) mostrou que junho de 2020 foi o mês com o maior número de alertas de desmatamento de toda a série histórica, que começou a ser registrada em 2015. No primeiro semestre de 2020, os alertas indicavam devastação em 3.069,57 km² da Amazônia, uma elevação de 25% em relação ao primeiro semestre de 2019.

Gráfico 2 – Alertas de desmatamento na Amazônia no primeiro semestre de 2020, em km²



Fonte: INPE (2020)

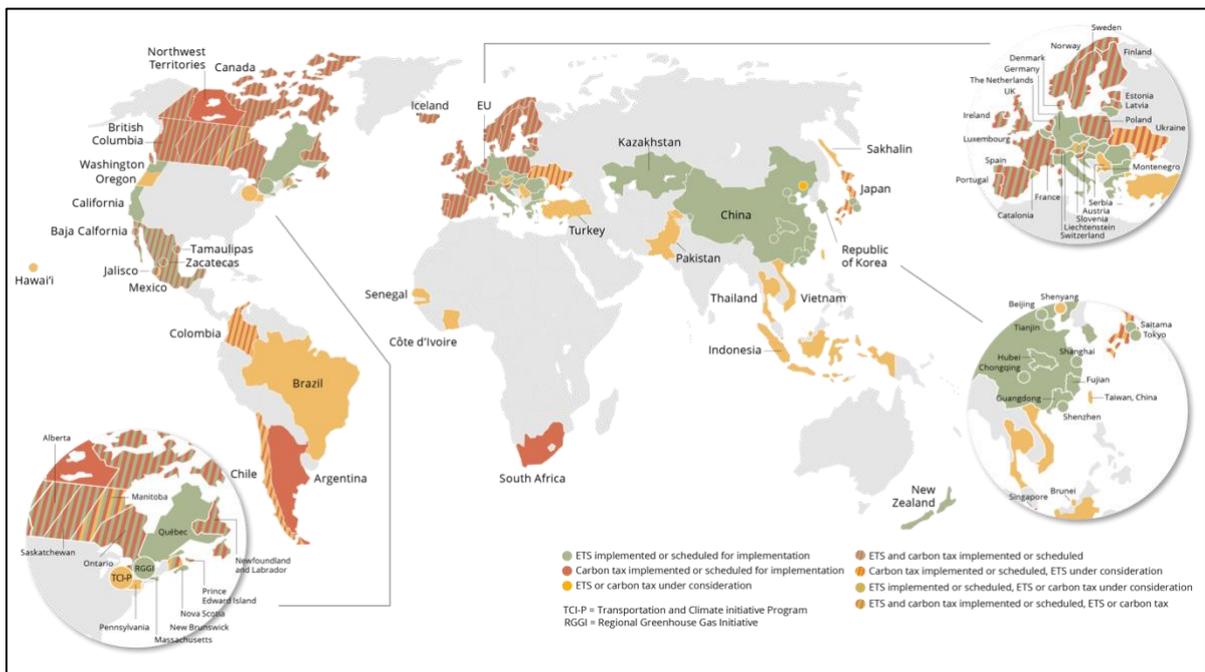
Além disso, segundo a análise feita pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2020), o governo brasileiro deveria apresentar em 2020 um plano de implementação da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do país para o período 2021-2025. Da mesma forma, ao adotar o Acordo de Paris, deveria comunicar à ONU uma nova NDC, com prazo até 2030. Ambos os compromissos ainda não foram cumpridos. Desse modo, verifica-se que, embora o Brasil tenha uma trajetória de protagonismo no contexto das mudanças climáticas, as decisões políticas não estão alinhadas às preocupações ambientais, o que pode intensificar ainda mais as desigualdades socioeconômicas no país.

As alterações climáticas causarão sérios impactos no crescimento e desenvolvimento global e os benefícios relacionados às políticas de mitigação e adaptação serão maiores que seus custos (STERN, 2006). Nesse sentido, segundo análises realizadas pelo Banco Mundial (2014) e Barros (2010), a transição para uma economia de baixo carbono pode trazer um aumento anual de US\$ 2,6 trilhões adicionais até 2030, se políticas governamentais melhorarem a eficiência energética, a gestão de resíduos e o transporte público. Para contribuir com este processo, instrumentos de precificação de carbono vêm se destacando.

De acordo com Seroa da Motta (2018), existem dois tipos de instrumentos de precificação. A primeira é a tributação e ocorre diretamente, ou seja, consiste em uma cobrança compulsória por unidade de GEE emitida. A segunda acontece de forma indireta através das

trocas de direitos de emissão definidos compulsoriamente. Desse modo, surge um mercado para as transações desses direitos. Conforme dados do Banco Mundial (2021), existem 64 iniciativas de precificação de carbono já implementadas e três em fase de planejamento no mundo. Dessas, 29 referem-se ao *Emissions Trading System* (ETS), o mercado com emissões negociáveis, e 35 estão relacionadas à tributação. Essas iniciativas representam 21,5% das emissões globais de GEE ou ainda 11,65 bilhões de toneladas de gás carbônico equivalente (GtCO_{2e}).

Figura 1 – Instrumentos de precificação de carbono implementados ou em fase de planejamento no mundo



Fonte: Banco Mundial (2021)

Assim, o relatório divulgado pela *High-Level Commission on Carbon Prices* (2017) estima que, para cumprir as metas definidas no Acordo de Paris, o qual limita a elevação média da temperatura do planeta em patamar inferior a 2°C, os países signatários deverão definir preços internos de carbono com metas de US\$50 a US\$100 por tonelada, até 2030.

Sob o aspecto empresarial, diversas organizações de várias regiões e setores identificaram a precificação interna de carbono como uma abordagem útil para avaliar e gerenciar os riscos e oportunidades que podem surgir da transição para uma economia de baixo carbono. Em 2020, mais de 2000 empresas divulgaram ao *Carbon Disclosure Project* (CDP, 2020a) que utilizam um preço interno de carbono ou preveem fazê-lo até 2022.

1.2. Justificativa

A precificação interna de carbono é uma ferramenta importante para que as mudanças climáticas sejam consideradas no planejamento estratégico das organizações (GVCES, 2016). Além do gerenciamento de ativos e investimentos da empresa, esse instrumento também permite uma visão global da externalidade gerada. Nesse sentido, o presente estudo contribui para que as organizações identifiquem seu impacto climático e adotem medidas para mitigá-lo, a partir da experiência de outras empresas.

Ademais, com a adoção de mecanismos de precificação de carbono, as metas da política climática nacional de redução de emissões são traduzidas em compromissos setoriais. Estes, associados à precificação, são estratégicos para evitar barreiras comerciais referentes ao clima, principalmente quando se considera o contexto competitivo em que as organizações estão inseridas (CEBDS, 2018a). Os resultados desse trabalho também podem auxiliar nessa questão, pois ao iniciar o processo de internalização das emissões geradas de maneira voluntária, as empresas podem se antecipar a um cenário futuro de precificação obrigatória.

Seroa da Motta e CEBDS (2020) ressaltam que a precificação de carbono será um elemento central para auxiliar o processo decisório do setor empresarial a fim de internalizar as oportunidades de atividades de baixo carbono e, assim, obter vantagens competitivas. Além disso, afirmam que a precificação não só assegura o custo-efetividade para atingimento das metas de redução de emissões de GEE, como também aumenta as oportunidades de negócios para mitigação e inovação tecnológica. Alinhadas a esse cenário, em 2020, 1765 empresas e governos reportaram informações ambientais ao CDP América Latina, um número 16 vezes maior do que a quantidade de organizações que divulgaram suas práticas em 2010, quando o CDP América Latina foi criado. O Brasil se posiciona na liderança como o país latino-americano que mais reporta informações ao CDP, com 957 organizações reportando em 2020 (CDP, 2020b). Desse modo, serão apresentados dados e práticas realizadas por empresas nacionais e internacionais que indicam como esses fatores estão relacionados à precificação de carbono.

No âmbito da Engenharia de Produção, a precificação de carbono está inserida no contexto da gestão ambiental, um eixo interdisciplinar que abrange temas relacionados a processos produtivos, gestão econômica e métodos quantitativos. Nesse sentido, o método AHP, utilizado neste estudo para auxiliar a tomada de decisão a fim de escolher a melhor forma de precificar o carbono nas organizações, é uma ferramenta da área de pesquisa operacional.

Junior e Pinho (2014) afirmam que a literatura nacional sobre estudos econômicos de mudanças climáticas e políticas de mitigação é relativamente recente e vem desenvolvendo-se rapidamente. Nesse sentido, pode-se citar como exemplo o trabalho realizado por Santos (2018), em que se propõe a implementação de um instrumento de precificação de carbono na indústria brasileira, avaliando impactos e riscos na competitividade do setor. Ademais, a pesquisa desenvolvida por Torres (2019) abordou um estudo de caso na Companhia de Energia Elétrica do Estado da Bahia (Coelba) para analisar os impactos da precificação interna de carbono no resultado econômico da empresa e na tarifa de energia elétrica. Assim, verifica-se que tais estudos apresentaram um enfoque em setores específicos da economia brasileira, mas ainda há uma lacuna de estudos nacionais que demonstrem como a precificação interna de carbono deve ser conduzida, passo a passo, dentro de uma organização.

1.3. Objetivos

Este trabalho possui um objetivo geral, que pode ser desdobrado em alguns objetivos específicos, conforme verifica-se nas subseções 1.3.1. e 1.3.2.

1.3.1. Objetivo geral

O objetivo geral desta monografia é propor um processo metodológico para implementar a precificação interna de carbono em empresas a partir da utilização do método de decisão multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP) contribuindo para aumentar a competitividade das organizações.

1.3.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- i. Realizar uma revisão bibliográfica sobre precificação interna de carbono e discutir o seu funcionamento;
- ii. Analisar experiências nacionais e internacionais a fim de identificar vantagens e desvantagens encontradas pelas empresas que já atuaram em mercados regulados no contexto de precificação de carbono e obter possíveis aprendizados para as organizações brasileiras;

- iii. Compreender a política climática brasileira e as atuais discussões referentes à implementação da precificação de carbono;
- iv. Propor um processo metodológico detalhado e adaptado ao caso brasileiro para que seja implementado no contexto nacional;
- v. Demonstrar a aplicabilidade do método AHP para auxiliar na decisão da melhor alternativa para a implementação da precificação interna de carbono segundo critérios priorizados por decisores que responderam um questionário *online*.

1.4. Estrutura do trabalho

De modo a atingir os objetivos apresentados, esta monografia está estruturada em cinco capítulos, incluindo o presente Capítulo 1, que introduz o tema, abordando a contextualização do assunto, bem como a justificativa para este estudo, objetivos gerais e específicos e a estrutura do trabalho. Em seguida, o Capítulo 2 apresenta a literatura sobre instrumentos de precificação de carbono, como funcionam, de que modo podem ser aplicados em empresas e são citadas algumas experiências no Brasil e no mundo, além do papel do setor financeiro nesse contexto. O Capítulo 3 descreve a metodologia utilizada neste estudo e explica a construção matemática do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). No Capítulo 4, são abordados os resultados e discussões, ou seja, são desenvolvidos sete passos para a implementação da precificação interna de carbono e demonstra-se como o método AHP pode ser utilizado. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as conclusões e limitações desta monografia, sugerindo-se recomendações para estudos futuros nesta área de pesquisa.

2. INSTRUMENTOS DE PRECIFICAÇÃO DE CARBONO E SUA APLICAÇÃO NAS ORGANIZAÇÕES

Neste capítulo será apresentado o conceito de precificação de carbono e seus instrumentos, tanto os de comando e controle, quanto os de mercado. Ademais, será realizada uma discussão sobre os diferentes tipos de precificação de carbono e algumas experiências nacionais e internacionais relacionadas ao tema. Segue-se uma discussão sobre a precificação interna de carbono e a apresentação de um passo a passo para implementação dessa ferramenta em empresas. Por fim, realiza-se uma breve análise do papel do setor financeiro na precificação interna de carbono.

2.1. Precificação de carbono

Segundo Seroa da Motta (2018), para combater os impactos das mudanças climáticas, a mitigação da emissão dos gases de efeito estufa (GEE) é condição fundamental para conduzir a uma economia de baixo carbono. Desse modo, a precificação de carbono apresenta-se como uma importante ferramenta para o gerenciamento de riscos e o desenvolvimento de vantagens competitivas em um mundo em transição para a chamada descarbonização (CEBDS, 2016).

O CDP e o CEBDS (2015) conceituam precificação de carbono como uma forma de atribuir um custo aos impactos gerados pelo aumento na emissão de GEE, tendo em vista que, o preço pago pelos bens consumidos, não reflete os impactos ambientais causados ao longo do ciclo de vida desses produtos. Nesse sentido, Stern (2006) destaca que, estabelecer um preço sobre a emissão de carbono, significará que os indivíduos deverão pagar o custo social² de suas ações, o que levará ao investimento em alternativas com menor intensidade de carbono.

Assim, com a realização da COP 21 e a adoção do Acordo de Paris, as perspectivas para a elaboração de políticas relacionadas à precificação de carbono se expandiram. Mesmo que o Acordo não aborde diretamente sobre a criação de um preço global para o carbono, as provisões apresentadas no Artigo 6 do documento podem aumentar a cooperação internacional para a mitigação das emissões de GEE, por meio de mecanismos de mercado (CEBDS, 2016). Além disso, segundo dados apresentados pelo Banco Mundial (2019), até abril de 2019, das 195 partes

² O custo social do carbono (CSC) reflete os custos relacionados aos prováveis impactos futuros da emissão de uma tCO₂e hoje, considerando o tempo que essa tonelada continuará presente na atmosfera, trazidos a valor presente (GVCES, 2016).

que haviam assinado o Acordo de Paris, 96 mencionaram a precificação de carbono em suas NDCs, o que revela a grande importância desse mecanismo para reduzir as emissões no mundo.

O relatório da *High-Level Commission on Carbon Prices* (2017) ainda conclui que a implementação dessa prática deve gerar benefícios que vão além do âmbito climático, como melhorias potenciais na poluição do ar, na saúde de ecossistemas e no acesso à energia moderna. Ademais, o CEBDS (2018a) destaca que existe uma percepção crescente de que ter compromissos setoriais associados à precificação de carbono pode ser estratégico para evitar barreiras comerciais referentes ao clima, principalmente ao considerar-se o atual contexto de intensificação das disputas comerciais.

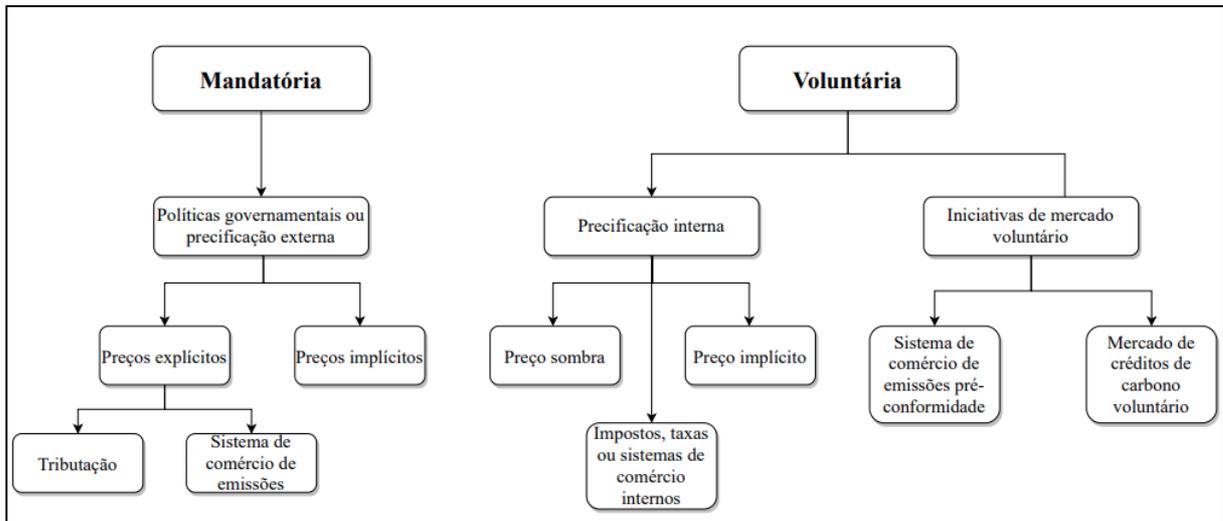
2.1.1. Instrumentos de precificação de carbono

A precificação de carbono é baseada no princípio “poluidor pagador”, que atribui responsabilidade e estabelece um custo para as emissões de GEE, internalizando as externalidades negativas. Nesse sentido, trata-se de um mecanismo que permite a redução de custos e o incentivo para negócios de baixo carbono (GVCES, 2018).

De acordo com Santos (2018), existem duas categorias para os instrumentos clássicos de políticas ambientais, os de comando e controle e os de mercado. Para os instrumentos de comando e controle, o governo estabelece padrões e fiscaliza a qualidade ambiental, de forma regulatória, aplicando penalidades por meio de legislação e normas. Já os instrumentos de mercado atuam no sentido de alterar o custo de utilização de um recurso, influenciando na tomada de decisão a fim de melhorar a qualidade ambiental. Além disso, os instrumentos de mercado possuem maior flexibilidade em comparação aos de comando e controle (RATHMANN, 2012).

Segundo o GVces (2018), a atribuição de um preço para o carbono pode estar relacionada a diferentes abordagens conforme verifica-se na Figura 2. Existe a precificação mandatória (abordagem da precificação externa) e a voluntária (precificação interna).

Figura 2 – Diferentes abordagens da precificação de carbono



Fonte: Adaptado de GVces (2018)

A precificação mandatória é proveniente da política governamental e os preços podem ser explícitos ou implícitos. O primeiro caso pode ocorrer por meio da tributação sobre os GEE emitidos, ou seja, é definido um preço fixo a ser cobrado por cada unidade de emissão e essa taxa é paga aos governos, funcionando como um imposto. A outra forma de praticar os preços explícitos se dá por meio do Sistema de Comércio de Emissões (SCE) ou *Emissions Trading System* (ETS). Nessa opção, é estabelecido um limite para as emissões e, a partir disso, são distribuídos certificados às empresas com a permissão para emitir até o limite que foi definido. Desse modo, ocorre a interação entre agentes do mercado por meio da compra e venda de direitos de permissão de emissões de GEE e cada organização possui autonomia para decidir como será o gerenciamento de suas emissões. A Tabela 1 apresenta uma comparação entre esses dois tipos de precificação.

Também ocorrem as abordagens híbridas, em que coexistem instrumentos de tributação e de mercado em diferentes setores da economia. No caso dos preços implícitos, as empresas devem calcular quanto custará para que estejam alinhadas às regulamentações impostas pelo governo a fim de reduzir as emissões de carbono (CDP, CEBDS, 2015; GVCES, 2018; EPE, 2020).

Conforme apresentado pelo GVces (2018), a outra abordagem para precificar o carbono é a precificação voluntária, a qual permite que empresas adotem internamente um preço teórico para o carbono. Nesse sentido, é possível considerar as emissões de GEE nos processos decisórios, contribuindo para a competitividade da organização. Existem três abordagens para

implementar a precificação interna de carbono: o preço sombra, preço implícito e os esquemas internos de taxas, impostos ou SCE. Ademais, as empresas podem participar de simulações de SCE e mercados de crédito de carbono voluntários com o objetivo de preparar-se para regulamentações que possam ser impostas no futuro.

Desse modo, ao atribuir um preço para as emissões de GEE, as organizações são incentivadas a modificar seus processos produtivos para reduzir suas emissões. Essas políticas também impactam na decisão dos consumidores, pois fazem com que os bens intensivos em carbono sejam mais caros e as tecnologias limpas mais acessíveis (SANTOS et al., 2018)

Tabela 1 – Comparação entre os tipos de precificação

Variáveis	Tributação	SCE
Volatilidade do preço do carbono	O preço das emissões de CO ₂ é bem definido. Menor risco aos investidores.	Preços voláteis, já que o número de permissões é fixo e a demanda varia ao longo do tempo. Maior risco aos <i>stakeholders</i> . Contudo, a volatilidade dos preços pode ser limitada por sistemas específicos de segurança.
Resultados ambientais	Não garante o resultado ambiental almejado.	Assegura resultados ambientais, pois estabelece um limite de emissões.
Geração de receitas para o governo	Pode aumentar a arrecadação dos governos e essa receita pode ser usada para incentivar a atividade econômica por meio da redução de outros impostos ou para apoiar investidores.	Se as licenças forem distribuídas pelo governo de forma gratuita, não gera arrecadação. Porém, pode gerar receita se as licenças forem leiloadas.
Benefícios econômicos para as empresas	O governo pode deduzir outros impostos das empresas que passam a ser tributadas pelas suas emissões, evitando a perda de competitividade à medida que as organizações adotam uma tecnologia mais limpa.	Empresas que conseguirem atingir as metas estabelecidas de redução das emissões poderão comercializar as permissões excedentes para aquelas que não atingirem o limite definido, gerando lucros.
Obstáculos à implementação	Criação de novos tributos.	Identificação de um limite razoável de emissões para toda a economia.

Fonte: Elaboração própria a partir de informações da nota técnica da EPE (2020) e do CEBDS (2016)

2.1.2. Experiências internacionais

Segundo dados do Banco Mundial (2020), foi gerada uma receita de US\$45 bilhões em 2019 com iniciativas de precificação de carbono e mais da metade desse valor foi destinado a projetos ambientais. Os preços de carbono adotados pelos instrumentos atualmente existentes, tanto de tributação quanto de mercado, variam de menos de US\$1/tCO_{2e} até US\$119/tCO_{2e}. Aproximadamente metade das emissões cobertas por tais iniciativas possuem preço inferior a US\$10/tCO_{2e}, sendo necessário preços mais elevados para aumentar o impacto econômico do preço de carbono e contribuir para atingir a meta estabelecida no Acordo de Paris, ou seja, manter a temperatura global abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais até o final do século.

O primeiro Sistema de Comércio de Emissões começou a operar em 2005, na União Europeia (*European Union Emissions Trading System – EU ETS*) cobrindo 1,9 bilhão de toneladas de gás carbônico equivalente (GtCO_{2e}) em 2017. Desde então, esse mercado continuou crescendo e, atualmente, das 64 iniciativas de precificação ao redor do mundo, 29 são referentes ao SCE. Já a tributação foi primeiramente implementada na Finlândia e na Polônia em 1990. Alguns países da América Latina também possuem esse tipo de iniciativa, como México, Chile e Colômbia. O México, por exemplo, criou em 2014 um tributo de US\$3,50/tCO_{2e} sobre vendas e importações de combustíveis fósseis, exceto o gás natural. Além disso, o país estabeleceu o Registro Nacional de Emissões fazendo com que os setores de energia, indústria, transporte, agricultura, resíduos, comercial e serviços fossem obrigados a relatar suas emissões diretas e indiretas acima de 25.000 tCO_{2e} (GVCES, 2018; BANCO MUNDIAL, 2020).

Dissanayake, Mahadevan e Asafu-Adjaye (2020) afirmam que existem vários instrumentos para mitigação das emissões de carbono, porém a escolha da solução mais efetiva e eficiente é altamente específica para cada caso. Diversos fatores como perfil de emissões, políticas existentes e estrutura dos setores econômicos devem ser analisados para definir a melhor alternativa para o país. Geralmente, jurisdições que empregam SCE utilizam tributação para cobrir as demais emissões ou ainda para garantir a estabilidade de preço nos setores cobertos pelo próprio mercado (PMR, 2017).

Mais recentemente, a precificação de carbono sofreu os impactos da desaceleração econômica causada pela COVID-19, responsável por gerar uma queda nos preços das licenças de emissão em vários SCE. Isso ocorre, pois esses preços oscilam em função da demanda e da

oferta. Os preços das permissões do EU ETS diminuíram para €17/tCO_{2e} (US\$19/tCO_{2e}) no primeiro semestre de 2020. À nível de comparação, esses valores eram aproximadamente €25/tCO_{2e} (US\$27/tCO_{2e}) em 2019. A pandemia também levou a uma mudança nas decisões e cronogramas relacionados a algumas iniciativas de precificação de carbono. A Noruega, por exemplo, revogou sua decisão de eliminar diretamente certas isenções para o gás natural e o gás liquefeito de petróleo para processos industriais específicos devido à COVID-19 e prevê a eliminação gradual dessas isenções. Do mesmo modo, importantes reuniões como a COP 26 foram adiadas devido às restrições impostas pela pandemia (BANCO MUNDIAL, 2020).

2.1.3. Experiências nacionais

Segundo a EPE (2020), a primeira iniciativa de precificação de carbono no Brasil foi a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), instituída pela Lei n.º 13.576/2017, que visa à expansão da produção de biocombustíveis no país de modo sustentável. Dois instrumentos principais são utilizados para atingir esse objetivo, são eles: o estabelecimento de metas nacionais de redução de GEE para a matriz de combustíveis e a certificação da produção de biocombustíveis, a qual permite a atribuição de notas diferentes para cada produtor e, quanto maior a quantidade de energia líquida produzida com menores emissões de CO₂ no ciclo de vida, maior será a nota do agente produtor (GRANGEIA, SANTOS, 2020).

Também está em andamento o Projeto PMR Brasil, que tem como objetivo avaliar a inclusão dos instrumentos de precificação de emissões de GEE para implementação na Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) no período pós-2020. O projeto integra o *Partnership for Market Readiness* (PMR), um programa do Banco Mundial que auxilia na preparação e implementação de políticas de mitigação das mudanças climáticas. O PMR Brasil pretende avaliar os diversos tipos de instrumentos de precificação de carbono nos principais setores da economia para elaborar recomendações aos tomadores de decisão de modo que seja feita a implementação desses mecanismos no Brasil (BRASIL, 2020).

Além disso, outra experiência relevante para um mercado de carbono nacional é a Plataforma Empresas pelo Clima, uma iniciativa do Centro de Estudos em Sustentabilidade (GVces) da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas (CEBDS, 2018a). Trata-se de uma simulação de Sistema de Comércio de Emissões, na qual as empresas participantes de diversos setores da economia possuem como meta conciliar, com o menor custo possível, suas emissões do ano vigente com as licenças disponíveis na plataforma.

Nesse sentido, o CEBDS (2018a) afirma que a inclusão da precificação de carbono como instrumento para a mitigação das emissões de GEE no Brasil é importante em uma perspectiva global, tendo em vista que, os principais parceiros comerciais do país, como China, União Europeia e vários países da América Latina, já possuem um Sistema de Comércio de Emissões. Desse modo, ao participar desse movimento, a indústria brasileira pode expandir sua presença nesses mercados e atrair investimentos em inovação para uma economia de baixo carbono.

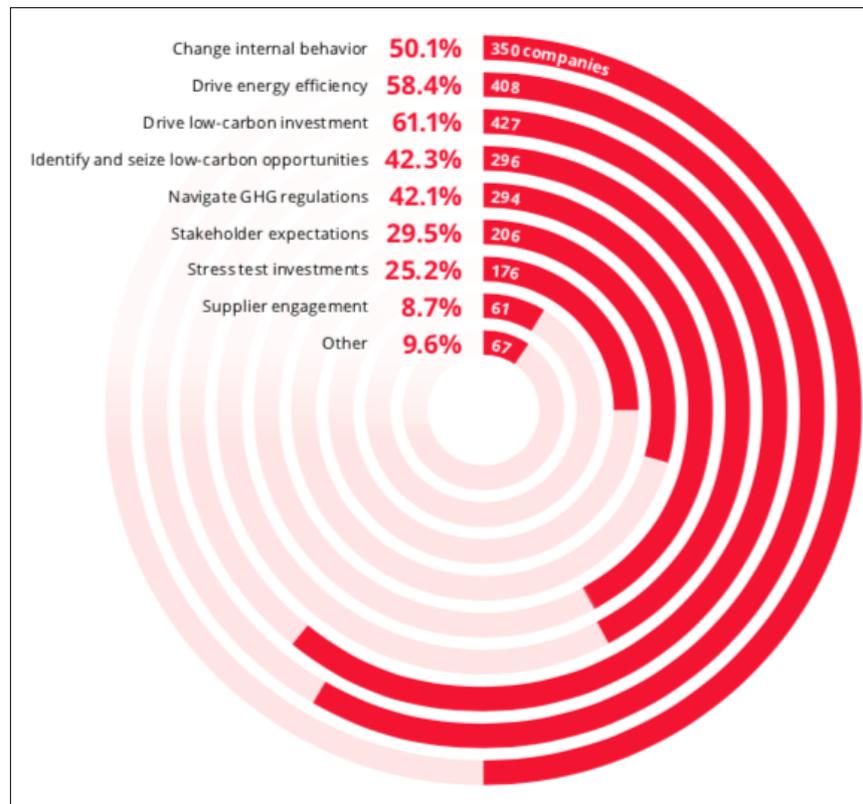
2.2. Precificação interna de carbono

Além da precificação mandatória, muitas empresas já estão adotando voluntariamente um preço interno para o carbono como uma forma de antecipar-se às futuras legislações que possam impactar em suas atividades e operações. Trata-se de um mecanismo para atribuir internamente um valor monetário estimado às emissões de GEE, o qual pode ser utilizado como uma forma de planejamento para auxiliar o processo decisório na identificação de oportunidades e riscos relacionados à transição para uma economia de baixo carbono (GVCES, 2018).

De acordo com o CDP (2020a), mais de 2000 empresas relataram em 2020 que utilizam um preço interno de carbono ou planejam adotar essa prática até 2022. Conforme o estudo realizado por Afriat (2016), implementar essa ferramenta traz inúmeras vantagens para as organizações, tais como: alcançar efetivamente as metas de redução de emissões estabelecidas; proteger-se contra os riscos associados aos futuros sistemas de precificação de carbono impostos pelo governo ou por políticas de descarbonização; preparar-se para futuras políticas climáticas, o que pode assegurar uma vantagem competitiva nos casos em que essas regulamentações influenciem condições operacionais, como custos, alterações no fornecimento de energia, entre outros; direcionar investimentos de forma mais eficaz para tecnologias de baixo carbono; estimular o setor de pesquisa e desenvolvimento e identificar novos mercados para atuação.

Como revelado pelo CDP (2019), as empresas utilizam a precificação interna de carbono por vários motivos, os quais são apresentados na Figura 3. Mais da metade das empresas analisadas citou o incentivo a investimentos de baixo carbono, o estímulo à eficiência energética e a mudança do comportamento interno da organização como os principais objetivos a serem alcançados com a implementação da precificação interna de carbono.

Figura 3 – Objetivos para a implementação da precificação interna de carbono



Fonte: CDP (2019)

Contudo, a precificação de carbono na prática pode não refletir todos os custos sociais, ambientais e econômicos, ou seja, as externalidades geradas por uma organização. Podem ser necessárias medidas adicionais para superar os custos de tecnologia, questões de competitividade ou outras barreiras, dependendo do setor e do escopo do programa de precificação (UN GLOBAL COMPACT et al., 2015).

Ainda segundo o relatório da UN Global Compact et al. (2015), o preço do carbono pode ser compreendido como um componente crítico de uma abordagem mais ampla. Isso significa que esse mecanismo pode apoiar ações ambiciosas auxiliando na identificação de oportunidades de redução de GEE, mas pode não impulsionar a mudança no ritmo e escala necessários quando aplicado isoladamente. As organizações que estão continuamente avaliando e testando os preços do carbono obtêm cada vez mais novos entendimentos sobre essas limitações e oportunidades para complementar o preço do carbono com estratégias adicionais e, assim, apoiar mudanças no comportamento interno da empresa e nas decisões de investimento.

A Tabela 2 revela quais foram os benefícios e os desafios mais citados com base em experiências e recomendações de empresas que adotam ou pretendem implementar a precificação interna de carbono de acordo com o estudo realizado pela UN Global Compact et al. (2015) em mais de 30 indústrias e 35 países.

Tabela 2 – Benefícios e desafios mais citados para a implementação da precificação interna de carbono

Benefícios mais citados da precificação interna de carbono	Desafios mais citados da precificação interna de carbono
Auxilia na atribuição de um significado para as emissões de carbono em termos relevantes para os negócios e ajuda a motivar internamente o corpo empresarial.	Falta de um método comum ou orientação para definir um preço de carbono.
Aumenta o apoio e o investimento para projetos de eficiência energética.	Falta de clareza e certeza a longo prazo sobre as políticas climáticas dos países.
Ajuda a empresa a atingir metas ambiciosas de redução de GEE.	Dificuldade em definir um preço adequado e que não seja muito alto para ser implementado, o que pode gerar problemas de competitividade, ou muito baixo e ineficaz na mudança de decisões de investimento.

Fonte: Adaptado de UN Global Compact et al. (2015)

2.2.1. Efeitos para a competitividade das organizações

Um instrumento de precificação de carbono terá maior impacto sobre a lucratividade de determinado setor, quanto maior a intensidade de carbono, o custo de mitigação, a exposição ao mercado externo e a elasticidade-preço³ da demanda (CDP, CEBDS, 2015). De acordo com Aldy (2016), existe a perspectiva de que, a heterogeneidade no preço do carbono entre os países, pode gerar efeitos adversos à competitividade das empresas, como um maior custo de produção dos bens que são carbono intensivos, levando a uma redução da produção e desemprego.

Além disso, o autor reforça que, os efeitos sobre a competitividade das organizações podem comprometer a motivação principal da precificação de carbono, ou seja, contribuir para a redução das emissões dos GEE. Isso pode ocorrer através da chamada fuga de carbono (*carbon leakage*, em inglês), que consiste em transferir a produção industrial de empresas carbono intensivas para países ou regiões onde os setores regulados não estejam sujeitos a

³ Elasticidade-preço da demanda corresponde à sensibilidade da demanda pelos produtos do setor às variações de preço.

rigorosas restrições ambientais. Essa prática, além de causar desemprego pode enfraquecer o apoio político para a precificação de carbono. Segundo Appy (2016), ao enfrentar novos custos em uma determinada região, a empresa pode perder participação de mercado ou ter suas margens de lucro reduzidas, caso seus concorrentes não enfrentem custos semelhantes em seus locais de produção.

Nesse sentido, a perda de competitividade e a preocupação em relação ao problema da fuga de carbono são vistos como os principais obstáculos políticos à instituição prolongada da precificação do carbono. A EPE (2020) reforça que, embora haja pouca evidência até o momento da fuga de carbono, e os efeitos de perda de competitividade sejam pequenos, essa preocupação impõe desafios à proposição de preços ao carbono como parte da resposta política à mudança climática.

Contudo, conforme apresentado pelo CEBDS (2016), evidências disponíveis em economias reguladas revelam que, mesmo com a elevação de seus custos, as empresas que passaram a pagar por suas emissões não sofreram impactos negativos sobre sua competitividade. Isso ocorre, pois a competitividade não está relacionada somente aos custos de produção e de energia reduzidos, mas, principalmente, ao desenvolvimento de bens com maior valor agregado e ao aumento da eficiência dos processos e serviços da organização.

Assim, a atribuição voluntária de um preço ao carbono também demonstra que a empresa considera que os preços regulatórios surgirão a curto ou médio prazo e revela o posicionamento favorável das organizações a tais políticas. A precificação interna de carbono alinhada aos objetivos estratégicos da empresa ainda permite que riscos regulatórios sejam transformados em oportunidades para treinar e motivar os colaboradores e direcionar o negócio na direção da transição para o baixo carbono (AFRIAT, 2016).

2.2.2. Diferentes tipos de abordagem

A precificação interna de carbono pode assumir três diferentes abordagens. Uma das possibilidades é atribuir um preço sombra ao uso do carbono, ou seja, definir um custo hipotético sobre as emissões de GEE da empresa. Desse modo, as organizações calculam um preço para suas atividades com o objetivo de gerenciar os riscos climáticos e identificar oportunidades em operações, projetos e cadeias de suprimento a fim de reduzir as emissões e impactos associados a cada tonelada de CO₂ emitida. A outra abordagem é a adoção de uma

taxa interna que as empresas cobram voluntariamente de suas unidades de negócios por suas emissões. Os fundos gerados com essa taxa são investidos em tecnologias mais limpas que estejam alinhadas à transição de baixo carbono. A taxa interna ou Sistema de Comércio de Emissões interno também permite que ocorra a transação de permissões para emitir CO₂. Por fim, existe a abordagem do preço implícito, que se baseia no custo médio que a empresa tem ou terá para abater uma tonelada de CO₂ de seus produtos, operações e/ou investimentos, subsidiando suas estratégias de mitigação de emissões (GVCES, 2016; CPLC, 2018).

Além dos diferentes tipos de abordagens que a organização pode adotar, existem alguns métodos para definir um preço interno para o carbono, como o custo social do carbono (CSC), que estima os custos dos prováveis impactos das emissões de GEE sobre o bem-estar humano, e o custo marginal de abatimento (CMA), que indica o custo de reduzir uma tCO₂e adicional. Da mesma forma, também é possível definir o preço do carbono com base nos valores adotados em SCE, tributos sobre emissões ou sistemas híbridos já existentes em outros países ou com base nos preços adotados por outras empresas que possuem objetivos de precificação interna similares (GVCES, 2016).

Segundo o GVces (2016), a precificação interna de carbono é um mecanismo relativamente novo e, por isso, é possível que novas abordagens sejam criadas ou que as já existentes sejam adaptadas e aprimoradas conforme a necessidade da empresa. Além disso, o preço para o carbono não deve ser considerado um valor estático para as empresas, é preciso que seja constantemente ajustado conforme novos estudos e entendimentos.

2.2.3. Passos para o estabelecimento de um preço interno de carbono

O GVces (2016) propõe quatro passos para precificação interna de carbono, os quais serão citados a seguir e detalhados mais adiante conforme essa literatura:

- Definição de objetivos gerais: o que a empresa pretende alcançar ao atribuir um preço interno para suas emissões de carbono;
- Definição de objetivos específicos: consiste no detalhamento do objetivo geral;
- Escolha do tipo de abordagem: refere-se à maneira pela qual o preço do carbono será utilizado internamente pela empresa tanto em suas operações, quanto em decisões estratégicas;

- Definição do método de precificação: representa como a organização definirá o valor do preço interno do carbono.

Na primeira etapa, a empresa pode estabelecer um ou mais objetivos gerais a serem atingidos com a precificação interna de carbono, tais como: auxiliar a organização em avaliações sobre um contexto futuro de precificação mandatória, que pode representar um risco financeiro ou ainda uma oportunidade de negócios, dependendo das escolhas da empresa; subsidiar estratégias voluntárias de mitigação das emissões da organização para compreender melhor os custos associados a essa estratégia; identificar e mensurar suas externalidades ambientais (em R\$/tCO₂e), contribuindo na tomada de decisão para o investimento em projetos menos carbono intensivos.

Em seguida, a empresa deve detalhar o que pretende alcançar ao utilizar um preço para suas emissões de carbono. Esses objetivos específicos devem estar alinhados aos objetivos gerais conforme verifica-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Detalhamento de objetivos específicos para a precificação interna de carbono

Objetivo geral 1:	Objetivo geral 2:	Objetivo geral 3:
Auxiliar a empresa em avaliações sobre riscos e oportunidades relacionados a um cenário futuro de precificação mandatória	Subsidiar estratégias voluntárias de mitigação de emissões da empresa	Auxiliar a empresa a identificar e mensurar sua externalidade climática
Objetivo específico 1.1:	Objetivo específico 2.1:	Objetivo específico 3.1:
Avaliar, comparar e priorizar investimentos estratégicos.	Identificar e priorizar medidas de mitigação que alcançam um determinado objetivo ao menor custo.	Avaliar, comparar e priorizar opções estratégicas ou operacionais menos impactantes.
Objetivo específico 1.2:	Objetivo específico 2.2:	Objetivo específico 3.2:
Avaliar riscos financeiros e oportunidades decorrentes dos impactos de uma futura legislação de precificação sobre as atividades da empresa.	Estimular os funcionários da empresa a desenvolver ações de mitigação e cumprir com metas de redução.	Conscientizar os <i>stakeholders</i> sobre os impactos das emissões de CO ₂ de produtos e serviços.
Objetivo específico 1.3:	Objetivo específico 2.3:	
Adquirir experiência para atuar em um contexto de precificação mandatória.	Impulsionar oportunidades de negócio que sejam de baixo carbono.	

Fonte: Adaptado de GVces (2016)

No passo 3, a empresa escolherá a abordagem a ser seguida para alcançar os objetivos definidos nas etapas anteriores. Existem três possíveis tipos de abordagem: preço sombra, taxa ou mercado interno e preço implícito, as quais podem ser adaptadas, incrementadas ou alteradas de acordo com a necessidade da organização.

Por fim, na etapa 4, será definido o método de precificação, ou seja, deve-se estabelecer um valor em reais por tonelada de CO₂ equivalente (R\$/tCO₂e). Nesse caso, a organização pode desenvolver um estudo próprio ou pode utilizar informações de outras empresas que possuem objetivos similares. Tais métodos são: o custo social do carbono (CSC) e o custo marginal de abatimento (CMA). Também é possível considerar como base os valores adotados em outros mercados de carbono ou outras empresas no Brasil e no exterior que já utilizam a precificação interna de carbono.

Addicott et al. (2019) destacam que uma questão fundamental nesse processo é a definição do preço de carbono que será cobrado. Um valor muito alto cria encargos econômicos para as unidades de negócios internas de uma organização e dificulta a aprovação do programa. Por outro lado, uma cobrança muito baixa não terá um impacto tão grande, tendo em vista que seria mais vantajoso economicamente para essas unidades pagar a taxa em vez de mudar suas operações ou reduzir o consumo. Desse modo, o valor cobrado deve ser baixo o suficiente para ser adotado pelos tomadores de decisão e, ao mesmo tempo, deve ser suficientemente alto para motivar os funcionários e as unidades de negócio a mudarem suas práticas.

2.2.4. Experiências internacionais

Nesta seção, serão apresentados quatro exemplos internacionais que demonstram as possibilidades para aplicar a precificação interna de carbono na prática. Essas experiências ainda permitem o aprendizado de algumas lições e podem oferecer informações e orientações úteis para outras empresas que buscam criar seus próprios programas de precificação de carbono.

Para melhor compreensão das ações tomadas por cada uma das organizações, é importante diferenciar as emissões de escopo 1, 2 e 3. Escopo 1 refere-se às emissões de GEE associadas às operações diretas das empresas. Já o escopo 2 está relacionado ao consumo de eletricidade e vapor e escopo 3 são as emissões referentes às operações indiretas das empresas vinculadas à cadeia de valor (CEBDS, 2018b).

Segundo o UN Global Compact et al. (2015), a Microsoft criou um dos exemplos mais reconhecidos de taxa interna de carbono. A empresa anunciou em 2020 que estabeleceu uma meta de ser carbono negativa até 2030 tanto para suas emissões diretas quanto para toda sua cadeia de suprimentos e valor. A Microsoft adota uma taxa interna de carbono desde 2012 e essa taxa, antes restrita às emissões diretas da organização, será expandida para todas as emissões de suas cadeias. Em janeiro de 2020 esse preço interno era de US\$ 15/tCO₂. Além disso, pretende implementar novos processos de compras e ferramentas para incentivar seus fornecedores e clientes a reduzir suas emissões. Os rendimentos obtidos com a taxa interna de carbono são destinados a um fundo dedicado a investimentos de baixo carbono e eficiência energética. A indústria de tecnologia ainda ressalta a importância de incentivar os funcionários a participar dos esforços de redução das emissões de carbono, com a criação de um site interno no qual os colaboradores podem aprender mais sobre o assunto e um evento anual de *hackathon* para convidá-los a apresentar propostas sobre redução de carbono (MICROSOFT, 2020; BANCO MUNDIAL, 2020).

Uma empresa do setor financeiro que introduziu a precificação de carbono é o banco francês BNP Paribas que assumiu, em 2015, o compromisso de utilizar progressivamente uma taxa interna de carbono. Segundo Afriat (2016), o grupo trabalha na criação de uma metodologia que permite a realização de testes de sensibilidade para cada setor, ou seja, a empresa analisa quais são as áreas de seus clientes que possuem maior exposição ao risco carbono (como óleo e gás, mineração, carvão, alumínio, entre outros) e, para cada setor, verifica o impacto médio do preço do carbono, dentro de uma faixa fixada entre US\$ 25/tCO₂ e US\$ 40/tCO₂. Para cada setor, é realizado o *benchmark* das empresas em termos de emissões e, assim, é feita uma avaliação da intensidade de carbono de cada uma e sua resiliência à introdução de um preço para as emissões de carbono. Esse preço é definido com base em três fatores: os preços médios relatados pelo *Carbon Disclosure Project* (CDP), o custo social do carbono e o preço em que usinas de energia são motivadas a mudar de carvão para gás (GVCES, 2018).

A Ben & Jerry's, empresa do setor de alimentos, também desenvolveu um conjunto de metas ambiciosas, incluindo uma meta absoluta de redução de GEE que inclui as emissões de carbono de escopo 3, ou seja, aquelas relacionadas à cadeia de suprimentos. O objetivo da empresa com a precificação de carbono é criar fundos internos para apoiar investimentos de baixo carbono. Desse modo, segundo o relatório *Caring for Climate* desenvolvido pela UN Global Compact et al. (2015), ao analisar sua cadeia de suprimentos, a Ben & Jerry's descobriu

que mais da metade de suas emissões estavam em seus ingredientes. Assim, a empresa trabalhou para avaliar opções para uma taxa interna de carbono e um método para identificar produtos e tecnologias que reduziriam as emissões de carbono em seus ingredientes. A organização chegou a uma taxa de US\$ 10/tCO₂ após pesquisar o que outras empresas, como a Microsoft, fizeram. Essa taxa gera mais de US\$ 1 milhão/ano que é investida principalmente em projetos da cadeia de suprimentos.

Por fim, outro exemplo de experiência internacional de utilização da precificação interna de carbono é a EDF, a maior produtora e distribuidora de energia elétrica da França. Uma de suas estratégias é orientar as suas emissões diretas (escopo 1) em uma trajetória compatível com as futuras regulamentações. Por operar a longo prazo, a EDF faz investimentos de modo a antecipar-se aos riscos e, portanto, utiliza preços reais esperados para incorporar os custos de regulamentações no futuro. Em resposta ao EU ETS, a empresa desenvolveu um grupo de trabalho específico para elaborar cenários de preços de carbono no mercado europeu. O foco do trabalho é analisar economicamente as tecnologias atuais e futuras, os preços futuros dos combustíveis e o contexto macroeconômico previsto (UN GLOBAL COMPACT et al., 2015; AFRIAT, 2016).

2.2.5. Experiências nacionais

Além das experiências internacionais, grandes empresas no Brasil também adotam programas de precificação interna de carbono, tais como Braskem, Ambev, Vale e Itaú. Nesta seção também será utilizada a diferenciação das emissões de escopo 1, 2 e 3.

A Braskem, maior empresa petroquímica das Américas e a quinta maior em capacidade de produção no mundo, utiliza o preço interno de carbono do tipo preço sombra abrangendo os escopos 1 e 2 e, entre 2016 e 2018, 51 projetos foram realizados com essa abordagem. As principais atividades implementadas pela empresa foram em eficiência energética, otimização de processos e redução de emissões fugitivas (CEBDS, 2018b). A prática da precificação de carbono, utilizada em 100% das operações no Brasil, tem como objetivo estimular novos projetos que permitam a redução das emissões de carbono e está sendo preparada para atender a todas as unidades da empresa no mundo. Além disso, a Braskem participa da Simulação de Comércio de Emissões (SCE) e da Plataforma Empresas pelo Clima (BRASKEM, 2021).

Segundo o CEBDS (2018b), outro exemplo alinhado às práticas de mitigação de emissões é a Ambev, maior empresa de bebidas da América Latina, que produz a cada ano mais de 160 milhões de hectolitros de bebidas. As ações de redução de emissões da Ambev baseiam-se, em sua maioria, em melhorias relacionadas à eficiência energética, como uso de energia renovável, eficiência de produção, programas de logística verde e inovação em toda a cadeia de fornecimento. A empresa possui como meta reduzir até 2025 a intensidade de emissões nos escopos 1, 2 e 3 por litro produzido em 25% em comparação a 2017. Outra meta da Ambev até 2025 é o *packaging* circular, que consiste em fazer com que 100% dos seus produtos estejam em embalagens retornáveis ou que sejam feitas majoritariamente de conteúdo reciclado. Além disso, pretende estabelecer um preço interno de carbono nos próximos anos (AMBEV, 2021).

A Vale, que ocupa a liderança mundial na produção de minério de ferro, adota a abordagem do tipo preço sombra no valor de US\$ 50/tCO₂ para ser utilizado nos estudos de viabilidade econômica de projetos. Além disso, nos projetos de restauração florestal e reflorestamento para sequestro de carbono, a empresa adota o preço interno de US\$ 10/tCO₂. Entre 2015 e 2017, a Vale já reduziu 131.748 tCO₂e e estabeleceu como objetivo reduzir as emissões absolutas de GEE em 33%, com base no ano de 2017, e tornar-se carbono neutro até 2050. Para atingir essa meta, a empresa investe na autogeração de 100% de energia proveniente de fontes renováveis no Brasil e o reflorestamento de 100 mil hectares de áreas desmatadas (CEBDS, 2018b; VALE, 2019).

Outro exemplo de experiência nacional, ocorre no setor financeiro com o Banco Itaú. A empresa exerce uma importante frente de atuação para a redução das emissões de GEE através da modernização de suas agências. Segundo dados do CEBDS (2018b), o investimento ultrapassa US\$ 2.967.882 e abrange ações como utilização de telhas isolantes, vidro térmico, lâmpadas LED, automação de sistemas e painéis fotovoltaicos. Até 2018 essas melhorias indicaram uma redução do consumo de eletricidade pela metade, com redução associada de 235 tCO₂e. O Itaú utiliza o preço interno de carbono principalmente para compreender os riscos relacionados a determinados investimentos. A abordagem adotada pela empresa é do tipo preço sombra, mas o valor é confidencial.

2.2.6. O papel do setor financeiro

De acordo com o Ceres (2020), os bancos possuem um papel essencial para minimizar os piores impactos das mudanças climáticas. Essas instituições estão no centro do sistema

financeiro global, fornecendo empréstimos e concedendo financiamentos a empresas de todos os setores. Desse modo, é impossível que qualquer atividade industrial seja colocada em prática sem o envolvimento de um banco. Assim, o risco climático que os bancos enfrentam decorre do fracasso de seus clientes em preparar-se adequadamente para um futuro de baixo carbono, o que pode prejudicar significativamente as instituições financeiras e a economia de um modo geral.

Por outro lado, o GVCes (2018) afirma que, em relação às oportunidades, os bancos podem explorar o financiamento de tecnologias limpas, o desenho de mecanismos inovadores de financiamento relacionados ao clima, entre outros. Ainda, em um contexto de um Sistema de Comércio de Emissões, podem atuar como intermediadores de negociações e provedores de informações de mercado por meio de publicações e boletins informativos.

Assim, o setor financeiro atua como um agente fundamental na transição para uma economia de baixo carbono, tendo em vista que possibilita o financiamento de novos modelos de negócios menos carbono intensivos, bem como possui potencial para restringir financiamentos de atividades que gerem impacto climático negativo. Nesse contexto, foi criada em 2015 a Força-Tarefa sobre Divulgações Financeiras Relacionadas ao Clima (*Task Force on Climate-Related Financial Disclosures* – TCFD), para desenvolver recomendações e divulgar informações financeiras relacionadas ao clima por empresas a nível mundial (GVCES, 2018).

Desse modo, a fim de elaborar ferramentas analíticas e indicadores para fortalecer a avaliação e divulgação de riscos e oportunidades associados ao clima, 16 bancos se comprometeram a trabalhar junto à Iniciativa de Financiamento do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP FI) para criar abordagens pioneiras e implementar as recomendações do TCFD. Representando mais de US\$ 7 trilhões, são eles: ANZ, Barclays, BBVA, BNP Paribas, Bradesco, Citi, Itaú, National Australia Bank, Norway's DNB, Rabobank, Royal Bank of Canada, Santander, Société Générale, Standard Chartered, TD Bank Group e UBS (UNEP FI, 2017).

3. METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para alcançar os objetivos gerais e específicos propostos neste estudo, bem como a ferramenta utilizada para auxiliar os tomadores de decisão a escolher os critérios considerados mais relevantes no processo de precificação interna de carbono. Tal ferramenta é chamada *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e foi escolhida devido à simplicidade de sua aplicação, além de ser um método mais difundido e utilizado pelas empresas para auxiliar o processo decisório.

Em relação aos objetivos, este estudo é classificado como exploratório e descritivo. Gil (2002) explica que a pesquisa exploratória visa à obtenção de maiores informações sobre o assunto investigado, facilitando a delimitação do tema da pesquisa, aprimorando as ideias ou contribuindo para o desenvolvimento de novos desdobramentos para o assunto. De acordo com esse autor, essas pesquisas envolvem levantamento bibliográfico e análise de exemplos que estimulam a compreensão sobre o tema. Marconi e Lakatos (2003) afirmam que os estudos descritivos possuem como objetivo conhecer a natureza do fenômeno estudado, suas características e processos que o constituem.

Desse modo, este trabalho se fundamentou no levantamento das principais iniciativas políticas mundiais e nacionais referentes às mudanças climáticas, bem como uma revisão teórica sobre os instrumentos de precificação de carbono e de que forma essa abordagem pode ser implementada dentro das organizações. Para dar suporte ao processo decisório, considerando os interesses dos *stakeholders*, utilizou-se o método multicritério AHP.

3.1. *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

Segundo Corrar e Theóphilo (2004), o contexto dinâmico organizacional, no qual os gestores devem tomar decisões rapidamente diante de uma diversidade de variáveis, demanda soluções eficazes que permitam resultados positivos e alinhados à estratégia do negócio. Nesse sentido, Souza (2016) afirma que é essencial compreender como projetos estratégicos devem ser priorizados por meio da utilização de ferramentas adequadas para a tomada de decisão, as quais não se baseiam somente em subjetividade, intuição ou conhecimento dos decisores.

O matemático Thomas L. Saaty foi um dos pioneiros da Pesquisa Operacional (PO) no final dos anos 60, sendo considerado como o responsável pelo desenvolvimento do *Analytic*

Hierarchy Process (FORMAN, SELLY, 2001). De acordo com Silva (2007), a ideia central desse método é a redução do estudo de sistemas a uma sequência de comparações aos pares. Através dessas comparações, as prioridades calculadas pelo AHP capturam medidas subjetivas e objetivas e demonstram a intensidade de domínio de uma alternativa sobre outra.

Assim, Power (2002) define AHP como:

uma aproximação para tomada de decisão que envolve estruturação de multicritérios de escolha numa hierarquia. O método avalia a importância relativa desses critérios, compara alternativas para cada critério, e determina um *ranking* total das alternativas.

Saaty (1990) destaca que o AHP pode lidar com aspectos qualitativos e quantitativos de um problema de decisão, tendo em vista que os valores dos julgamentos das comparações paritárias são baseados em experiências, intuição e também em dados físicos.

3.1.1. Escala Fundamental de Saaty

As comparações aos pares em cada nível da hierarquia são utilizadas para expressar o grau de preferência de uma alternativa em relação a outra considerando um determinado critério ou correlacionando os julgamentos em uma escala numérica de 1 a 9, a Escala Fundamental de Saaty, apresentada na Tabela 4. Dessa escala, obtém-se o autovetor principal de prioridades.

Tabela 4 – Escala Fundamental de Saaty

Escala	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para os objetivos
3	Importância pequena	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação a outra
5	Importância grande	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra
7	Importância muito grande	Uma das atividades é predominante para o objetivo
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição entre duas definições

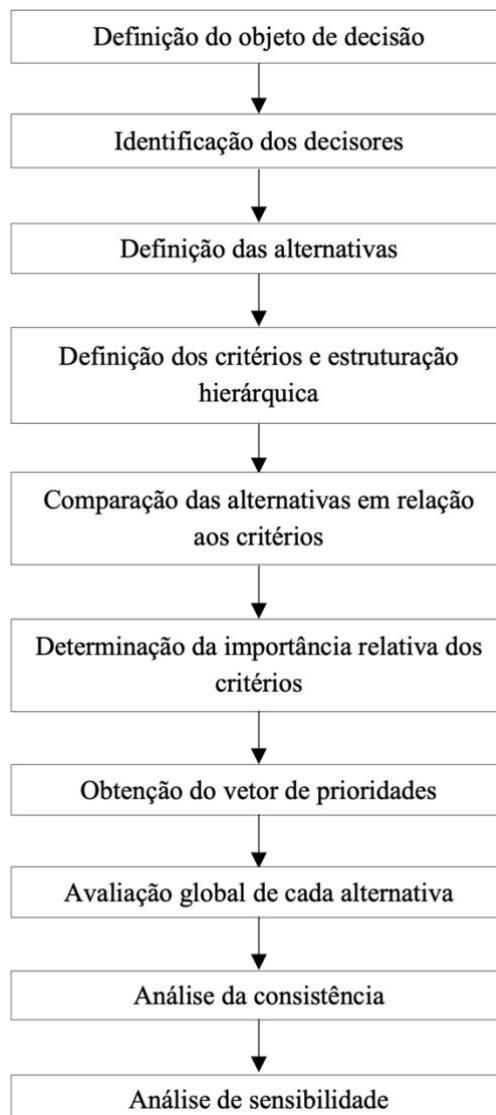
Fonte: Adaptado de Saaty (1990)

A escala ainda possibilita o cálculo da inconsistência dos julgamentos feitos nas comparações paritárias. Isso é importante para conferir maior assertividade ao problema, tendo em vista que as decisões estão sujeitas a equívocos devido ao fator humano envolvido.

3.1.2. Etapas e construção matemática do método AHP

Para conduzir um problema de análise de decisão multicritério, Vieira (2006) propõe as etapas apresentadas na Figura 4.

Figura 4 – Etapas do procedimento analítico do método AHP



Fonte: Vieira (2006)

Os decisores devem fazer um total de $n(n-1)/2$ comparações, em que n corresponde ao número de alternativas do critério analisado. A matriz de decisão é dada por a_{ij} , com $i, j = 1, 2, \dots, n$ e tem a característica de ser recíproca positiva, isto é, apresenta $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ (COSTA, BELDERRAIN, 2009).

Vieira (2006) afirma que a determinação da importância relativa dos critérios ocorre por meio da atribuição de pesos, os quais representam o quanto um critério está disposto a ceder com a finalidade de melhorar o desempenho do outro. O elemento mais importante da comparação é sempre usado como um valor inteiro da Escala de Saaty e, o menos relevante, como o inverso dessa unidade. Em seguida, obtém-se o vetor de prioridades, também chamado de matriz de decisão. A priorização da alternativa j em relação à alternativa i , constitui-se na representação numérica do que foi definido pelo decisor em cada comparação de alternativas.

Posteriormente, é necessário normalizar os resultados, tendo em vista que os critérios e alternativas possuem unidades diferentes. Para a normalização, deve-se somar os elementos de uma mesma coluna da matriz de decisão e dividir cada elemento pela soma resultante da coluna de cada critério, conforme apresentado nas Tabelas 5 e 6 (SOUZA, 2016).

Tabela 5 – Somatório dos elementos de cada coluna

OBJETIVO	c_1	c_2	...	c_n
c_1	1	a_{12}	...	a_{1n}
c_2	a_{21}	1	...	a_{2n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
c_n	a_{n1}	a_{n2}	...	1
\sum	$S_1 = (1+a_{21}+\dots+a_{n1})$	$S_2 = (a_{12}+1+\dots+a_{n2})$...	$S_n = (a_{1n}+a_{2n}+\dots+1)$

Fonte: Adaptado de Souza (2016)

Tabela 6 – Divisão dos elementos de cada coluna pelo somatório referente à coluna

OBJETIVO	c_1	c_2	...	c_n
c_1	$1/S_1$	a_{12}/S_2	...	a_{1n}/S_n
c_2	a_{21}/S_1	$1/S_2$...	a_{2n}/S_n
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
c_n	a_{n1}/S_1	a_{n2}/S_2	...	$1/S_n$

Fonte: Adaptado de Souza (2016)

O próximo passo do método consiste em calcular o autovetor associado a cada critério, que representa a prioridade local. Isso é feito por meio da média de cada linha da matriz de decisão como indicado na Tabela 7.

Tabela 7 – Determinação da prioridade local dos critérios

OBJETIVO	c_1	c_2	...	c_n	Prioridade local
c_1	$1/S_1$	a_{12}/S_2	...	a_{1n}/S_n	$pc_1 = (1/S_1 + a_{12}/S_2 + \dots + a_{1n}/S_n) / n$
c_2	a_{21}/S_1	$1/S_2$...	a_{2n}/S_n	$pc_2 = (a_{21}/S_1 + 1/S_2 + \dots + a_{2n}/S_n) / n$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
c_n	a_{n1}/S_1	a_{n2}/S_2	...	$1/S_n$	$pc_n = (a_{n1}/S_1 + a_{n2}/S_2 + \dots + 1/S_n) / n$

Fonte: Adaptado de Souza (2016)

De modo análogo, deve-se calcular a prioridade entre as alternativas para cada critério, seguindo o procedimento descrito anteriormente. Além disso, no método AHP é realizada uma análise de consistência, em que o desempenho das alternativas é dado pelo vetor de prioridades. Saaty (1990) afirma que o processo de maior consistência para a determinação do vetor de prioridades é o método do autovetor direito que satisfaz as equações (1) e (2).

$$Ap = \lambda p \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{1}{n} \sum \frac{Ap}{p} \quad (2)$$

Onde:

A é a matriz de decisão;

p é o autovetor de prioridades associado;

λ é o autovalor.

Para o cálculo do índice de consistência (IC), utiliza-se a expressão (3).

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Onde:

n é a ordem da matriz de decisão;

λ_{max} é o maior autovalor para matriz de decisão de ordem n .

A próxima etapa consiste em verificar se os tomadores de decisão foram consistentes nas suas opiniões (VARGAS, 2010). Assim, o quociente de consistência (QC) é calculado conforme a expressão (4).

$$QC = \frac{IC}{IR} \quad (4)$$

Onde:

IR é o índice randômico.

De acordo com Saaty (1990), o índice randômico (IR) é o índice de consistência de uma matriz recíproca gerada, randomicamente, por um laboratório. A Tabela 8 apresenta os índices randômicos calculados para matrizes recíprocas quadradas de ordem n . Segundo o autor, se o QC calculado for inferior ou igual a 0,10, a matriz de julgamento é considerada consistente. Caso contrário, a matriz é inconsistente e o julgamento deve ser refeito.

Tabela 8 – Valores empíricos para IR

Ordem da matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor para IR	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Saaty (1990)

Depois de verificar a consistência dos julgamentos, calcula-se o desempenho global das alternativas. Saaty (1990) explica que, tomando como base a estrutura hierárquica do AHP, as prioridades globais calculadas para cada critério correspondem à importância de cada critério em relação ao objetivo principal. Por fim, para obter a prioridade global das alternativas, deve-se multiplicar as prioridades das alternativas calculadas em cada critério pelas prioridades dos critérios. Essa prioridade determinará a contribuição da alternativa para o objetivo principal.

3.2. Estruturação hierárquica do método AHP para precificação interna de carbono

Tendo em vista o objetivo geral desta monografia, qual seja propor um processo metodológico para implementar a precificação de carbono em empresas a partir da utilização do método de decisão multicritério AHP, faz-se necessário a construção de uma estrutura hierárquica. Desse modo, no nível mais alto da hierarquia encontra-se o objetivo final do processo de tomada de decisão que, neste estudo, consiste em selecionar o melhor método para a precificação interna de carbono. A partir desse nível, deve-se desenvolver os demais critérios e alternativas.

A escolha dos critérios ocorreu com base na Tabela 9, a qual foi apresentada no Webinar Introdução à precificação de carbono do CEBDS (2020). O desenvolvimento dessa tabela ocorreu a partir do exercício realizado pelo *Government Accountability Office* dos Estados Unidos, em que especialistas foram convidados a atribuir pesos a uma variedade de critérios que deveriam ser mais relevantes na escolha de um instrumento de precificação de carbono para regulamentação de emissões de GEE. Conforme verifica-se na Tabela 9, o critério com maior peso para alcançar esse objetivo é o custo efetividade, ou seja, ações que permitam a redução das emissões ao menor custo possível. Outro critério importante destacado pelos especialistas é a efetividade ambiental, que se apresenta como o quinto elemento mais prioritário para escolher uma estratégia de regulamentação das emissões de carbono.

Tabela 9 – Critérios para seleção de instrumentos de precificação de carbono para regulamentação de emissões de GEE

Critério	Nota	Critério	Nota
Custo efetividade	4,72	Risco e incerteza associados a limites (<i>thresholds</i>) ou mudanças bruscas	3,5
Viabilidade política	4,29	Minimização do <i>rent seeking</i>	3,33
Flexibilidade para que formuladores de políticas adaptem a medida com base em novas informações	4,17	Independência de influência política	3,22
Eficiência econômica	3,94	Minimização da fuga de carbono	3,18
Efetividade ambiental	3,94	Distribuição de custos e benefícios entre os grupos de renda no país	3,17
Previsibilidade / certeza regulatória	3,94	Distribuição de custos e benefícios entre países	3,11
Efeito positivo sobre negociações internacionais e medidas em outros países	3,89	Distribuição de custos e benefícios entre setores econômicos no país	3,00
Efeitos sobre desenvolvimento tecnológico	3,88	Distribuição de custos e benefícios entre gerações	2,89
Transparência	3,83	Distribuição de custos e benefícios entre os grupos de renda em diferentes países	2,71
Simplicidade / facilidade administrativa	3,67	Distribuição de custos e benefícios entre os grupos de renda em diferentes gerações	2,61
Custos de implementação associados às medidas	3,53		

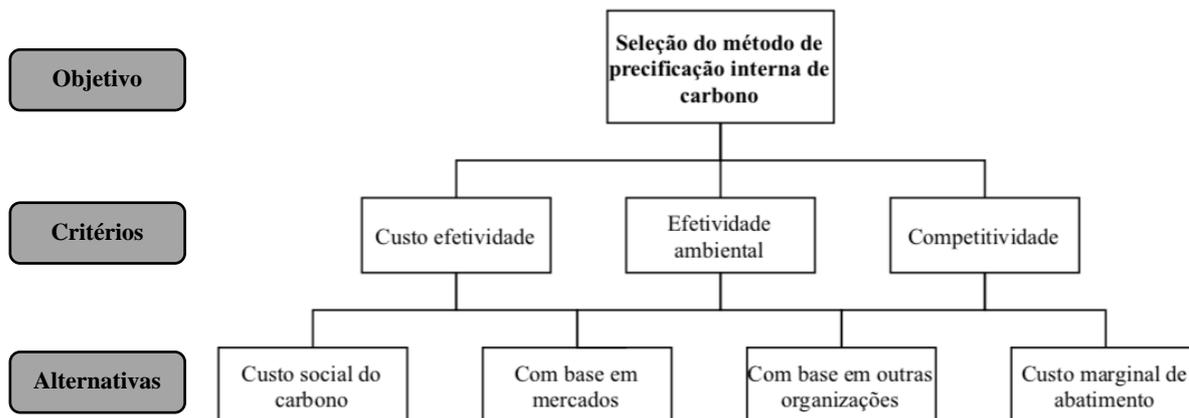
Fonte: Adaptado de CEBDS (2020)

Ademais, de acordo com Vargas (2010), apesar da decisão do método AHP ter como base os valores e preferências do tomador de decisão, existem diversos critérios que podem ser adotados para a priorização de projetos, tais como aqueles diretamente relacionados aos objetivos estratégicos da organização. Ainda segundo o autor, alguns exemplos de critérios estratégicos são: aumentar a habilidade para competir no mercado internacional, reduzir custos em comparação a competidores e melhorar a reputação de operações e produtos. Verifica-se, portanto, que são critérios ligados à competitividade da organização.

Desse modo, os critérios utilizados neste estudo para auxiliar a tomada de decisão por meio da ferramenta AHP foram: custo efetividade, efetividade ambiental e competitividade. Em relação às alternativas da hierarquia, optou-se por adotar os métodos de precificação que foram abordados no estudo da GVces (2016). São elas: custo social do carbono (CSC), custo

marginal de abatimento (CMA), precificação com base em valores utilizados em outros mercados de carbono e precificação com base em outras empresas. Assim, obtém-se a hierarquia da decisão, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Hierarquia da decisão



Fonte: Elaboração própria (2021)

3.3. Instrumento de pesquisa e coleta de dados

O instrumento de pesquisa utilizado para o levantamento de informações foi o questionário. Para este contexto decisório, aplicou-se um questionário padronizado para especialistas da área ambiental, mais especificamente pessoas que estudam e/ou trabalham com mercado de carbono. Desse modo, define-se o universo da pesquisa, totalizando 10 decisores. Trata-se, portanto, de uma amostra não probabilística e aleatória, o que implica que não necessariamente toda a população foi proporcionalmente representada.

O questionário foi elaborado e enviado por meio da ferramenta *online Google Forms*. A divulgação ocorreu entre os dias 31/05/2021 e 04/06/2021 de maneira direcionada para indivíduos que trabalham na área ambiental e ocorreu através de redes sociais como *Facebook*, *LinkedIn* e grupos de *WhatsApp*. O questionário completo elaborado para esta pesquisa encontra-se no Anexo I.

De modo a introduzir o participante ao tema da pesquisa, foi feita uma breve explicação sobre o trabalho e os seus objetivos, bem como o funcionamento e o procedimento de utilização do método multicritério AHP. Ademais, foram abordados os critérios e alternativas selecionados para o estudo com a apresentação da hierarquia da decisão.

Para atenuar o problema causado pelo excesso de avaliações do método AHP, utilizou-se a escala fundamental de Saaty em sua forma simplificada, semelhante ao que foi abordado no estudo desenvolvido por Souza (2016), o qual aplicou uma pesquisa-piloto e observou problemas acentuados de inconsistência nas respostas dos participantes. Como explicado anteriormente, para que os julgamentos sejam consistentes, o Quociente de Consistência (QC) deve ser inferior a 10%. Desse modo, o autor adaptou sua pesquisa com a utilização da Escala de Saaty simplificada e aplicou os questionários novamente. O resultado mostrou-se dentro das expectativas e adequado para seguir com o estudo. Portanto, nesta monografia optou-se por utilizar a mesma escala adotada por Souza (2016) e os julgamentos basearam-se em apenas 3 pesos, como indicado na Tabela 10.

Tabela 10 – Escala de Saaty simplificada

Escala	Definição	Explicação
1	Igualmente preferido	Os dois elementos contribuem igualmente para os objetivos
3	Moderadamente preferido	A experiência e o julgamento favorecem levemente um elemento em relação ao outro
5	Fortemente preferido	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um elemento em relação ao outro

Fonte: Adaptado de Souza (2016)

De acordo com Ishizaka e Nemery (2013), a Escala de Saaty simplificada proporciona uma complexidade menor para os decisores que não possuem experiência com ferramentas multicritério e diminui significativamente as inconsistências dos julgamentos.

No questionário utilizado neste estudo, criou-se uma primeira pergunta para identificar qual critério ou alternativa era preferível para o respondente e um segundo questionamento para verificar o grau de importância segundo a Escala de Saaty simplificada, como observa-se na Figura 6.

Figura 6 – Exemplo de pergunta aplicada no questionário

Comparação critérios: CUSTO EFETIVIDADE e EFETIVIDADE AMBIENTAL

Qual o critério que julga ser o mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono? *

- Custo efetividade
- Efetividade ambiental
- Igualmente importante

Qual o nível de importância que considera para este critério *

- Igualmente importante
- Moderado
- Forte

Fonte: Elaboração própria (2021)

Os participantes responderam o questionário *online* através de análises individuais, para não lidarem com nenhum tipo de influência externa, e o autor disponibilizou seu contato para fornecer explicações em caso de dúvida. Assim, por tratar-se de um grupo heterogêneo, formado por indivíduos que não apresentam entrosamento e objetivos comuns, escolheu-se como prioritária a opção de critérios e alternativas que apareceu com maior frequência nas respostas dos participantes. Por exemplo, ao analisar a comparação entre os critérios custo efetividade e efetividade ambiental, se 4 dos 10 decisores consideram a efetividade ambiental mais importante e apenas 2 acreditam que o primeiro critério é mais relevante, então utilizou-se a efetividade ambiental como critério prioritário para a decisão. O mesmo ocorreu para as alternativas. Dessa forma, é possível considerar a opinião da maioria dos decisores que participaram da pesquisa, obtendo um resultado consistente.

Após a aplicação do questionário, os pesos atribuídos para as comparações de critérios e alternativas foram inseridos em uma planilha no *Excel* desenvolvida pela autora do presente estudo e automatizada com as fórmulas e cálculos necessários para a geração da priorização das alternativas e o quociente de consistência. Os resultados são apresentados no capítulo a seguir.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente capítulo serão apresentados os resultados obtidos neste estudo, ou seja, serão detalhados os passos metodológicos para implementar a precificação interna de carbono em empresas. Tais resultados tiveram como fundamento os quatro passos propostos pelo GVces (2016) e a experiência da Microsoft (2013), tendo em vista que essa empresa adota uma taxa interna de carbono desde 2012 e divulga as informações do seu modelo de forma transparente para que seja replicado por outras organizações. Ademais, este estudo aborda o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) como uma estratégia quantitativa para priorizar os critérios e alternativas considerados mais importantes na visão dos decisores.

4.1. Passo 1 – Calcular as emissões de carbono

Elaborar um inventário de emissões é um pré-requisito para estabelecer uma política de redução das emissões de GEE e implementar a precificação interna de carbono. Trata-se de um cálculo do impacto de carbono gerado nas atividades desenvolvidas pela organização e fornece uma referência para estabelecer metas de redução mais assertivas. Um recurso que pode auxiliar as organizações a elaborar esse inventário é a Ferramenta de Cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol (PBGHG, 2021). Nessa ferramenta, as emissões são divididas em três escopos:

- Escopo 1: emissões que a empresa produz ou controla diretamente, tais como o consumo de combustível e supressão de vegetação nativa para utilização da área para outros fins;
- Escopo 2: emissões indiretas resultantes da compra de energia elétrica e térmica consumida pela empresa;
- Escopo 3: todo o restante de emissões indiretas não relatadas no Escopo 2. As emissões do Escopo 3 são uma consequência das atividades desenvolvidas pela empresa, como as relacionadas à cadeia de suprimentos e viagens a negócios.

As emissões de carbono resultantes das operações realizadas pela organização são medidas em toneladas métricas de gás carbônico equivalente (tCO_{2e}). Assim, para quantificar essas emissões, as atividades de cada escopo devem ser multiplicadas por fatores de emissão apropriados. Por exemplo, o consumo de energia elétrica em MWh deve ser inserido na Ferramenta do GHG Protocol em Escopo 2 referenciando o ano que está sendo inventariado e

o local em que a empresa se localiza. Desse modo, essa ferramenta já utiliza os fatores de emissão adequados para cada localização e ano e calcula a quantidade de emissões para essa atividade da organização.

Ademais, os dados sobre o inventário de carbono devem ser constantemente atualizados e revistos para fornecer um cálculo eficiente sobre a pegada de carbono da empresa. Tais informações podem ser organizadas em *dashboards* e divulgadas para todas as áreas da organização a fim de encorajar iniciativas para a redução das emissões de carbono.

4.2. Passo 2 – Estruturar uma equipe multidisciplinar para conduzir o processo de precificação

O sucesso do modelo de precificação interna de carbono implementado dependerá, em grande parte, da cooperação e adesão dos principais *stakeholders*. Assim, é importante concentrar os esforços nesses grupos para alinhar os objetivos estratégicos do negócio à política de redução de carbono e obter aceitação e visibilidade para o novo projeto.

Um ponto relevante nessa etapa refere-se à definição de uma equipe multidisciplinar, liderada por uma pessoa qualificada e que possua uma visão ampla da empresa. Além disso, o grupo deve ser composto por membros do time de sustentabilidade, responsáveis pela produção, na qual o consumo de carbono é significativo, e gestores da área financeira. O auxílio de consultores e o diálogo com instituições externas, como organizações e agências ambientais, também é fundamental para obter *feedback* e sugestões sobre os planos que estão sendo conduzidos.

4.3. Passo 3 – Definir objetivos gerais e específicos

Após a estruturação da equipe responsável pela implementação da precificação interna de carbono, devem ser definidos os objetivos gerais e específicos do projeto. A organização pode escolher mais de um objetivo geral, conforme for adequado para cada caso. Desse modo, como já abordado neste estudo, o GVces (2016) propõe três objetivos gerais baseados em questionários e entrevistas realizadas, bem como na literatura consultada.

O primeiro objetivo consiste em auxiliar a empresa em avaliações sobre riscos e oportunidades referentes a um contexto de precificação obrigatória no futuro, podendo ocorrer

através de um Sistema de Comércio de Emissões ou tributação. Isso pode levar a impactos financeiros sobre investimentos da organização, operações e cadeia de valor. Nesse sentido, alguns objetivos específicos são:

- Analisar investimentos estratégicos, testar e comparar cenários diversificados, nos quais a precificação mandatória seria uma realidade;
- Avaliar riscos e oportunidades resultantes dos impactos de uma possível legislação futura sobre operações ou cadeia de valor;
- Adquirir conhecimento sobre como atuar em um ambiente regulado, tais como possíveis mecanismos a serem adotados e compreender de que forma o mercado funciona.

Outro objetivo geral proposto pelo GVces (2016) está relacionado a subsidiar estratégias voluntárias para reduzir as emissões da empresa a fim de identificar de forma mais assertiva os custos associados. Desse modo, o processo de comparação e priorização de opções de mitigação da empresa pode ser facilitado. Como objetivos específicos, destacam-se:

- Identificar medidas de mitigação que alcançam um objetivo específico ao menor custo e priorizar as melhores alternativas;
- Encorajar os funcionários da empresa a desenvolver ações de mitigação e cumprir metas de redução;
- Impulsionar oportunidades de negócio e redução de custos das operações com escolhas de baixo carbono.

Por fim, o terceiro objetivo geral da precificação interna de carbono está associado a auxiliar a empresa a identificar e mensurar suas externalidades socioambientais, estimulando a criação de projetos e iniciativas menos impactantes para o bem-estar dos indivíduos. De forma mais específica:

- Analisar e priorizar opções estratégicas e operacionais com menores impactos negativos;
- Conscientizar os *stakeholders* da empresa sobre as consequências das emissões de carbono resultantes do processo produtivo e serviços prestados.

4.4. Passo 4 – Compreender as diferentes abordagens de precificação

Nesta etapa, a empresa deve entender quais abordagens e métodos de precificação interna de carbono existem para que possa optar pela melhor estratégia de acordo com os objetivos estabelecidos. A abordagem refere-se ao modo como a organização vai utilizar a precificação interna e existem três tipos de abordagens possíveis: preço sombra, preço implícito e taxa ou mercado interno.

- Preço sombra consiste em definir um custo hipotético para emissões de GEE da empresa a fim de que esse custo seja considerado nas avaliações financeiras da organização, bem como na análise de riscos e oportunidades associados a emissão de cada tCO₂e;
- Preço implícito refere-se à definição de um custo implícito capaz de refletir o custo médio que a empresa terá para abater uma tonelada de CO₂e de seus produtos, operações, serviços e investimentos e, assim, contribuir para as estratégias de mitigação de emissões;
- Taxa ou mercado interno está relacionado a uma estratégia de cobrar uma taxa interna das unidades de negócio da empresa devido aos seus níveis de emissão. No caso do mercado interno, trata-se de uma abordagem que funciona como o Sistema de Comércio de Emissões e permite que ocorra a transação de permissões para emitir CO₂.

4.5. Passo 5 – Compreender os métodos de precificação

O quinto passo para implementar a precificação interna de carbono aborda a definição de um valor em reais por tonelada de CO₂e (R\$/tCO₂e), o qual deve ser um valor dinâmico e constantemente atualizado em decorrência de novas informações e estudos. O GVces (2016) estabelece quatro métodos:

- Custo social do carbono (CSC): refere-se ao custo estimado dos possíveis impactos negativos sobre a sociedade da adição de uma unidade de GEE na atmosfera resultante das emissões de responsabilidade da empresa. Os gestores devem fazer um levantamento sobre CSC adotados e que estejam alinhados às suas visões e premissas. Kotchen (2016) apresenta diferentes valores por país e região, definindo para o Brasil um valor de US\$ 45/tCO₂e;

- Com base em mercados: considera valores utilizados em Sistemas de Comércio de Emissões ou tributação. Nesse sentido, é importante que os tomadores de decisão avaliem mercados que possuem economias semelhantes à brasileira e analisem projeções e tendências. Além disso, uma estratégia possível consiste em utilizar médias de valores de mercados distintos.
- Com base em outras empresas: nesse método deve-se escolher organizações que possuem objetivos similares e que disponibilizem informações referentes ao processo de precificação de carbono de forma transparente. O GVces (2016) também recomenda que os gestores busquem empresas de outros setores e regiões;
- Custo marginal de abatimento (CMA): representa o custo associado à redução de uma tonelada adicional de CO₂e pela empresa. Ao analisar os custos de abatimento de cada opção de mitigação disponível, os decisores possuirão uma visão ampla do potencial de redução de emissões da empresa, bem como os custos associados.

4.6. Passo 6 – Selecionar o método de precificação utilizando decisão multicritério AHP

Uma estratégia para compreender quais são os critérios e alternativas mais relevantes para os decisores nesse processo de precificação de carbono é o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Desse modo, deve-se definir o objeto da decisão, nesse caso, a seleção do melhor método de precificação interna de carbono e, em seguida, identificar quem serão os responsáveis pela tomada de decisão. O próximo passo consiste em estabelecer os critérios e alternativas para a construção da hierarquia do problema, conforme já apresentado na Figura 5.

Após definir a hierarquia, com objetivo, critérios e alternativas, os tomadores de decisão atribuem pesos às comparações paritárias para calcular os vetores prioridades dos critérios e alternativas. Para este estudo, os decisores são especialistas da área ambiental que responderam um questionário *online*, o qual se encontra no Anexo I. As respostas obtidas para as comparações paritárias estão disponíveis no Anexo II. Além disso, será considerado como mais importante o critério e/ou alternativa que apareceu na maioria das 10 respostas obtidas com os questionários e os pesos inseridos nas matrizes seguirão como referência a Escala Fundamental

de Saaty, de modo que os resultados sejam consistentes, ou seja, que o quociente de consistência (QC) seja menor que 10%.

Para exemplificar a utilização do método AHP no processo decisório, as Tabelas 11 a 14 correspondem a uma média dos pesos atribuídos pelos respondentes dos questionários *online* em cada situação.

Tabela 11 – Matriz de comparação paritária dos critérios

Critérios	Custo efetividade	Efetividade ambiental	Competitividade
Custo efetividade	1	1/3	3
Efetividade ambiental	3	1	5
Competitividade	1/3	1/5	1

Fonte: Elaboração própria (2021)

Tabela 12 – Matriz de comparação paritária das alternativas em relação ao critério custo efetividade

Critério – Custo efetividade				
Alternativas	Custo social do carbono	Baseado em mercados	Baseado em outras empresas	Custo marginal de abatimento
Custo social do carbono	1	5	5	3
Baseado em mercados	1/5	1	3	1/3
Baseado em outras empresas	1/5	1/3	1	1/5
Custo marginal de abatimento	1/3	3	5	1

Fonte: Elaboração própria (2021)

Tabela 13 – Matriz de comparação paritária das alternativas em relação ao critério efetividade ambiental

Critério – Efetividade ambiental				
Alternativas	Custo social do carbono	Baseado em mercados	Baseado em outras empresas	Custo marginal de abatimento
Custo social do carbono	1	5	7	5
Baseado em mercados	1/5	1	3	3
Baseado em outras empresas	1/7	1/3	1	1/3
Custo marginal de abatimento	1/5	1/3	3	1

Fonte: Elaboração própria (2021)

Tabela 14 – Matriz de comparação paritária das alternativas em relação ao critério competitividade

Critério – Competitividade				
Alternativas	Custo social do carbono	Baseado em mercados	Baseado em outras empresas	Custo marginal de abatimento
Custo social do carbono	1	1/5	3	1/3
Baseado em mercados	5	1	5	3
Baseado em outras empresas	1/3	1/5	1	1/5
Custo marginal de abatimento	3	1/3	5	1

Fonte: Elaboração própria (2021)

A partir da atribuição de pesos aos critérios e alternativas, deve-se normalizar os valores, calcular as prioridades relativas e os autovetores associados conforme construção matemática detalhada no capítulo de Metodologia do presente estudo. Os resultados obtidos com esses cálculos são apresentados nas Tabelas 15 a 18.

Tabela 15 – Matriz de comparação paritária normalizada dos critérios

Critérios	Custo efetividade	Efetividade ambiental	Competitividade	Prioridade	Autovetor
Custo efetividade	0,231	0,217	0,333	0,260	0,790
Efetividade ambiental	0,692	0,652	0,556	0,634	1,946
Competitividade	0,077	0,130	0,111	0,106	0,320

Fonte: Elaboração própria (2021)

Assim, os resultados indicados na Tabela 15 revelam que o critério mais importante é a efetividade ambiental, com prioridade de 63,4%. O segundo mais relevante é o custo efetividade com 26%, seguido de competitividade com 10,6%.

Tabela 16 – Matriz de comparação paritária normalizada das alternativas em relação ao critério custo efetividade

Critério – Custo efetividade						
Alternativas	Custo social do carbono	Baseado em mercados	Baseado em outras empresas	Custo marginal de abatimento	Prioridade	Autovetor
Custo social do carbono	0,577	0,536	0,357	0,662	0,533	2,323
Baseado em mercados	0,115	0,107	0,214	0,074	0,128	0,525
Baseado em outras empresas	0,115	0,036	0,071	0,044	0,067	0,270
Custo marginal de abatimento	0,192	0,321	0,357	0,221	0,273	1,167

Fonte: Elaboração própria (2021)

Tabela 17 – Matriz de comparação paritária normalizada das alternativas em relação ao critério efetividade ambiental

Critério – Efetividade ambiental						
Alternativas	Custo social do carbono	Baseado em mercados	Baseado em outras empresas	Custo marginal de abatimento	Prioridade	Autovetor
Custo social do carbono	0,648	0,750	0,500	0,536	0,608	2,691
Baseado em mercados	0,130	0,150	0,214	0,321	0,204	0,889
Baseado em outras empresas	0,093	0,050	0,071	0,036	0,062	0,259
Custo marginal de abatimento	0,130	0,050	0,214	0,107	0,125	0,502

Fonte: Elaboração própria (2021)

Tabela 18 – Matriz de comparação paritária normalizada das alternativas em relação ao critério competitividade

Critério – Competitividade						
Alternativas	Custo social do carbono	Baseado em mercados	Baseado em outras empresas	Custo marginal de abatimento	Prioridade	Autovetor
Custo social do carbono	0,107	0,115	0,214	0,074	0,128	0,525
Baseado em mercados	0,536	0,577	0,357	0,662	0,533	2,323
Baseado em outras empresas	0,036	0,115	0,071	0,044	0,067	0,270
Custo marginal de abatimento	0,321	0,192	0,357	0,221	0,273	1,167

Fonte: Elaboração própria (2021)

Ademais, a Tabela 19 mostra os resultados obtidos para os autovalores referentes a cada uma das matrizes de comparação paritária. Com os autovalores, é possível calcular o quociente

de consistência dos pesos ao relacioná-lo à quantidade n de itens comparados, como apresentado na Tabela 20.

Tabela 19 – Autovalores calculados

Crítérios	Custo efetividade	Efetividade ambiental	Competitividade
3,039	4,201	4,235	4,201

Fonte: Elaboração própria (2021)

Tabela 20 – Quociente de consistência

Crítérios	Custo efetividade	Efetividade ambiental	Competitividade
3,34%	7,45%	8,71%	7,45%

Fonte: Elaboração própria (2021)

Os resultados obtidos para o quociente de consistência utilizam o índice randômico de Saaty (1990) e mostram-se consistentes, tendo em vista que, segundo esse autor, se o quociente de consistência (QC) for inferior ou igual a 10%, a matriz de julgamento é considerada consistente. Assim, o método pode seguir sem a necessidade de revisar os julgamentos realizados pelos decisores nas comparações paritárias.

Desse modo, a partir do produto matricial entre as prioridades relativas das alternativas e o grau de importância referente a cada critério, calcula-se a prioridade global das alternativas, conforme indicado na Tabela 21.

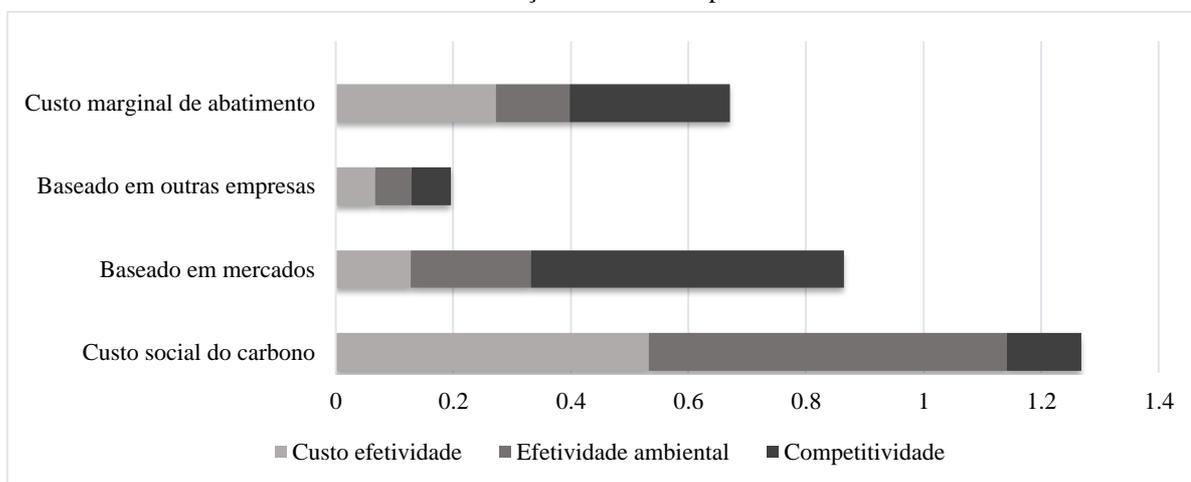
Tabela 21 – Prioridade global das alternativas

Custo social do carbono	Baseado em mercados	Baseado em outras empresas	Custo marginal de abatimento
53,77%	21,89%	6,40%	17,94%

Fonte: Elaboração própria (2021)

O método AHP também permite identificar a contribuição de cada critério nas alternativas, como é mostrado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Contribuição dos critérios para as alternativas



Fonte: Elaboração própria (2021)

Assim, a partir dos julgamentos realizados pelos especialistas que responderam o questionário, verifica-se que o custo social do carbono é a estratégia de maior relevância para a precificação interna de carbono, com 53,77% de prioridade. Tal resultado pode ser explicado pelo perfil dos respondentes dessa pesquisa, a qual foi direcionada a pessoas com experiência na área ambiental. O CSC é utilizado para auxiliar as empresas na avaliação das consequências dos seus impactos, ou seja, suas externalidades, para outros atores. Assim, trata-se de um método mais representativo da realidade de cada organização e, portanto, mais efetivo econômica e ambientalmente, o que é corroborado pelas maiores contribuições dos critérios efetividade ambiental e custo efetividade nessa alternativa, como indicado no Gráfico 3. Por outro lado, em termos de competitividade, a contribuição para o método CSC foi pouco significativa, tendo em vista que esse custo pode ser muito superior ao de outras empresas e isso poderia afetar a organização frente à concorrência, se as outras companhias do setor utilizarem um custo menor para suas emissões de carbono.

A segunda alternativa mais importante, com 21,89%, é estabelecer um preço de carbono baseado em mercados, uma estratégia que se mostra bastante assertiva, considerando que a precificação mandatória já existe em diversos países e governos subnacionais. Desse modo, ao utilizar como *benchmark*, os valores adotados em SCE, tributação ou sistema híbridos, a empresa pode ter uma orientação mais adequada de qual valor utilizar para precificar suas

emissões, mantendo-se competitiva em relação a outras organizações e assegurando também um impacto positivo para o meio ambiente. Nesse sentido, observa-se que os respondentes atribuíram para essa alternativa a maior contribuição do critério competitividade e a segunda maior participação da efetividade ambiental.

O método do custo marginal de abatimento (CMA) figura como o terceiro prioritário, com 17,94%. Trata-se de um cálculo mais complexo, o que pode explicar a menor relevância para os respondentes da pesquisa. O CMA indica quanto a empresa gastará para reduzir uma tCO₂e adicional, portanto, em termos de custo efetividade representa uma alternativa interessante e efetiva. O Gráfico 3 apresenta dados que ratificam essa ideia, pois os especialistas consideram o custo efetividade e a competitividade como critérios igualmente relevantes nessa alternativa. Já em termos de efetividade ambiental, a contribuição é menor, o que pode ser justificado pela complexidade do cálculo do CMA para determinar o valor ideal para a precificação das emissões de carbono.

A alternativa menos prioritária para os especialistas ambientais que responderam o questionário é a precificação baseada em outras empresas, com apenas 6,40% de importância, e os três critérios apresentam contribuições muito semelhantes para essa alternativa. A baixa relevância desse método pode ser decorrente da quantidade insuficiente de informações disponíveis sobre empresas que utilizam a precificação de carbono, pois algumas ainda não divulgam publicamente os valores que praticam. Ademais, cada organização apresenta seus próprios objetivos e metas. Desse modo, diferentes direcionamentos poderão levar a valores distintos. Assim, é importante optar por utilizar como *benchmark* empresas que possuem objetivos similares aos da organização que pretende implementar a precificação de carbono.

4.7. Passo 7 – Administrar a taxa, comunicar resultados e evoluir

Após definir o melhor método para a precificação interna de carbono com a utilização do AHP e o preço interno das emissões, deve-se estabelecer quando a taxa de carbono será cobrada, ou seja, no ano em que as emissões estiverem ocorrendo ou um ano depois. Se a taxa for cobrada com um ano de atraso, os valores serão baseados em custos reais de acordo com as emissões da empresa no período anterior. Caso os gestores optem por cobrar no ano em que as emissões ainda estiverem ocorrendo, as taxas serão baseadas em projeções de emissões e podem ser necessários alguns ajustes após o encerramento do ano fiscal. Por outro lado, uma vantagem

dessa última abordagem é obter um direcionamento dos custos em tempo real para auxiliar a tomada de decisão e orientar as estratégias organizacionais.

De acordo com a experiência da Microsoft (2013), a taxa de carbono é cobrada das divisões da empresa trimestralmente. Essas divisões devem pagar sua taxa alocada com seus próprios orçamentos e o fazem por meio de uma transferência interna para o fundo de Taxa de Carbono Neutro, o qual é utilizado para o investimento em iniciativas verdes. A taxa cobrada de cada grupo no final de cada trimestre reflete as emissões projetadas com base no desempenho histórico e nas taxas de crescimento projetadas dos consumidores primários.

Ademais, comunicar internamente sobre o progresso com a taxa de carbono e os investimentos que estão sendo realizados é importante para assegurar que os *stakeholders* saibam que o dinheiro investido está causando impactos positivos para a empresa. Os gestores devem garantir a visibilidade sobre os dados de emissões de carbono a fim de incentivar e impulsionar iniciativas internas e decisões mais alinhadas às políticas de baixo carbono.

A comunicação externa também é uma oportunidade interessante para destacar as estratégias e conquistas da organização. Isso pode ocorrer através de pesquisas de desempenho, tais como o *Carbon Disclosure Project* (CDP), publicação de relatórios, realização de palestras e outros meios que auxiliem a empresa a divulgar seus esforços para ser ambientalmente responsável com seus funcionários, clientes, parceiros e investidores.

Por fim, após implementar o modelo e relatar seu progresso, deve-se fazer uma reavaliação. Algumas questões relevantes para a discussão referem-se a analisar o que está funcionando, o que não está, quais são as oportunidades de melhoria, como está sendo a administração do projeto, se o preço de carbono que está sendo cobrado pode ser aumentado, entre outras análises. Trata-se, portanto, de uma oportunidade de aprimorar o método adotado para obter o máximo valor para a empresa.

5. CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Este capítulo aborda um resumo das ideias desenvolvidas nesta monografia e apresenta suas principais conclusões, além de avaliar algumas limitações e recomendações para futuros estudos que podem ser elaborados a partir dos resultados e limitações do presente trabalho.

5.1. Principais conclusões

As mudanças climáticas e seus impactos estão no centro das discussões políticas, econômicas, ambientais e sociais. Desse modo, após a COP 21 e a adoção do Acordo de Paris em 2015, as iniciativas políticas de precificação de carbono foram ampliadas. As provisões definidas no Artigo 6 do Acordo não preveem diretamente a criação de um preço global para as emissões de carbono, mas permitem uma maior integração internacional a fim de promover esforços em direção à mitigação das emissões, por meio de mecanismos de mercado.

Nesse contexto, o Brasil tem sido um importante ator nas discussões sobre mudanças climáticas e as políticas adotadas demonstram uma posição de protagonismo no cenário internacional. O país adotou metas voluntárias na COP 15 em 2009, comprometendo-se a reduzir suas emissões de GEE entre 36,1% e 38,9% em relação às projeções para 2020. Contudo, o que se observa nos dias de hoje são níveis crescentes de desmatamento na Amazônia e decisões políticas que vão em direção oposta ao posicionamento de liderança que o Brasil assumiu há alguns anos.

Diante desse cenário, existe uma pressão para a descarbonização da economia global e uma das estratégias adotadas é a precificação de carbono, que consiste na atribuição de um preço sobre as emissões de GEE. Esse mecanismo ocorre por meio da tributação, Sistema de Comércio de Emissões (SCE) ou sistemas híbridos. Ademais, apesar de não existir uma exigência obrigatória para a adoção da precificação interna de carbono, tal prática pode ser utilizada por empresas de diversos setores como apoio no processo de gestão. Esse instrumento auxilia na análise de custo-benefício para a implementação de ações de mitigação e permite que a organização se antecipe à futuras regulamentações, mantendo-se competitiva.

Assim, o presente estudo teve por objetivo propor um processo metodológico para a implementação da precificação interna de carbono em empresas a partir da utilização do método

de decisão multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP), contribuindo para aumentar a competitividade das organizações. Nesse sentido, foi realizado um levantamento bibliográfico para analisar experiências e iniciativas nacionais e internacionais sobre precificação interna de carbono e utilizou-se o método AHP para auxiliar na decisão da melhor alternativa para precificar o carbono.

Para isso, elaborou-se um questionário *online*, o qual foi respondido por dez especialistas da área ambiental. Na utilização do método AHP, foram definidos três critérios, custo efetividade, efetividade ambiental e competitividade, e quatro alternativas, custo social do carbono, precificação baseada em mercados, precificação com base em outras empresas e custo marginal de abatimento. Assim, a partir de comparações paritárias, os especialistas julgaram qual critério e alternativa eram mais prioritários e atribuíram um grau de importância para essas comparações. De acordo com as respostas obtidas, o melhor método para precificar as emissões de carbono é a utilização do custo social do carbono. Ressalta-se que tal alternativa é a mais adotada mundialmente (BANCO MUNDIAL, 2021) e consiste na definição de um custo de carbono estimado para cada tonelada de emissões, permitindo a identificação de riscos e oportunidades climáticas, além de auxiliar o processo decisório na priorização de investimentos estratégicos no futuro. Trata-se, portanto, de um método efetivo em termos de custo e que gera um impacto positivo para o meio ambiente.

5.2. Principais limitações

Por se tratar de um tema ainda pouco explorado no cenário nacional, este estudo apresenta algumas limitações. A primeira delas decorre do fato de não ter sido aplicado em um caso real, ou seja, em uma empresa cujo objetivo consiste em precificar suas emissões de carbono. Isso ocorreu devido ao distanciamento social causado pela pandemia da COVID-19 que não permitiu a realização de um estudo de caso *in loco*.

De modo a atenuar essa limitação e considerar a opinião de especialistas no assunto para decidir o melhor método de precificação interna de carbono, recorreu-se à aplicação de questionários de forma *online*. Contudo, observou-se um baixo número de respondentes, mesmo com a ampla divulgação em redes sociais. Uma das possíveis razões para essa quantidade reduzida de respostas, deve-se à dificuldade em lidar com o aspecto quantitativo do método AHP no julgamento das comparações paritárias, o que pode gerar problemas na interpretação das perguntas.

Ademais, este estudo não teve como objetivo apresentar detalhes sobre os cálculos envolvidos no método AHP, mas concentrou-se em indicar a aplicabilidade de uma ferramenta capaz de auxiliar os gestores de uma empresa a converter dados empíricos em modelos matemáticos, facilitando e agilizando o processo decisório.

5.3. Recomendações para estudos futuros

Os cálculos matemáticos do método AHP podem parecer simples à princípio, contudo, em situações mais complexas, as análises e operações tornam-se extensas e exaustivas e, geralmente, necessitam de *softwares* específicos de cálculo. Assim, para a aplicação do método AHP em um caso real com uma variedade maior de critérios e alternativas, recomenda-se a utilização de um Sistema de Apoio à Decisão (SAD). Trata-se de um *software* específico para os procedimentos matemáticos, o qual permite que o decisor corrija as inconsistências dos seus julgamentos em tempo real, acelerando o processo e tornando-o mais assertivo. Ademais, sugere-se a inclusão de um método de soluções de tomada de decisão em grupo e que possibilite a diferenciação de pesos para os decisores. Desse modo, colaboradores com mais experiência no tema ambiental podem ter um peso maior em seus julgamentos.

Analisar o processo de implementação da precificação interna de carbono em indústrias pertencentes a variados setores também pode ser interessante para verificar de que forma é escolhido o melhor método para a precificação de acordo com os objetivos da organização e do contexto do setor em que está inserida.

Além disso, sugere-se um estudo mais profundo para realizar uma análise de sensibilidade dos preços das emissões de carbono que podem ser adotados pelas empresas a fim de simular o impacto desse mecanismo sobre a competitividade da organização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDICOTT, E. et al. **Internal Carbon Pricing: Policy Framework and Case Studies**. Yale School of Forestry and Environmental Studies, 2019. Disponível em: <https://cbey.yale.edu/programs/internal-carbon-pricing-policy-framework-and-case-studies>. Acesso em: 07 de abril de 2021.

AFRIAT, M. **Prix interne du carbone: Une pratique montante en entreprise**. Entreprises pour l'Environnement (EpE); Institute for Climate Economics (I4CE), 2016. Disponível em: <https://www.i4ce.org/download/prix-interne-carbone-pratique-montante-entreprise/>. Acesso em: 04 de abril de 2021.

ALDY, J. E. **Frameworks for Evaluating Policy Approaches to Address the Competitiveness Concerns of Mitigating Greenhouse Gas Emissions**. Discussion Paper, Resources for the Future, 2016. Disponível em: <https://media.rff.org/documents/RFF-DP-16-06.pdf>. Acesso em: 04 de abril de 2021.

AMBEV. **Metas de Sustentabilidade para 2025**. 2021. Disponível em: <https://www.ambev.com.br/sustentabilidade/metas-de-sustentabilidade-2025/>. Acesso em: 07 de abril de 2021.

APPY, B. **Taxação sobre carbono, competitividade e correção de distorções do sistema tributário: Impactos na economia brasileira**. São Paulo: Instituto Escolhas, 2016.

AVERCHENKOVA, A. **The Outcomes of Copenhagen: The Negotiations and The Accord**. United Nations Development Programme; Climate Policy Serie, 2010.

BANCO MUNDIAL. **Climate-Smart Development: Adding up the benefits of actions that help build prosperity, end poverty and combat climate change**. The World Bank and ClimateWorks Foundation, 2014.

_____. **Carbon Pricing Leadership Report 2018/19**. Washington, D.C.: World Bank, 2019. Disponível em: <http://documents1.worldbank.org/curated/en/567161559579098882/pdf/2018-2019-Carbon-Pricing-Leadership-Report.pdf>. Acesso em: 25 de março de 2021.

_____. **State and Trends of Carbon Pricing 2020**. Washington, D.C.: World Bank, 2020. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33809>. Acesso em: 29 de janeiro de 2021.

_____. **State and Trends of Carbon Pricing 2021**. Washington, D.C.: World Bank, 2021. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35620>. Acesso em: 09 de junho de 2021.

BARROS, A. F. G. **O Brasil na governança das grandes questões ambientais contemporâneas, país emergente?** Textos para discussão, CEPAL 40, IPEA, 2010.

BITTENCOURT, S. R. M.; BUSCH, S. E.; CRUZ, M. R. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil. *In*: FRANGETTO, F. W.; VEIGA, A. P. B.; LUEDEMANN, G. (org.). **Legado do MDL: impactos e lições aprendidas a partir da implementação do Mecanismo**

de Desenvolvimento Limpo no Brasil. Brasília: IPEA, 2018. p. 43-58. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/181228_livro_md1.pdf. Acesso em: 22 de março de 2021.

BRASIL. Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília. 2015. Disponível em: http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf/. Acesso em: 23 de março de 2021.

BRASIL. Partnership for Market Readiness (PMR). Ministério da Economia. SECINT e SEPEC, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/pmr/partnership-for-market-readiness-pmr>. Acesso em: 03 de abril de 2021.

BRASKEM. Mudanças do clima: precificação de carbono. 2021. Disponível em: <https://www.braskem.com.br/precificacao-de-carbono>. Acesso em: 07 de abril de 2021.

CDP – Carbon Disclosure Project. Carbon Pricing: CDP Disclosure, 2019. Disponível em: <https://www.cdp.net/en/climate/carbon-pricing/carbon-pricing-connect>. Acesso em: 04 de abril de 2021.

_____. **Carbon Pricing: CDP Disclosure Best Practice,** 2020a. Disponível em: <https://www.cdp.net/en/climate/carbon-pricing>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2021.

_____. **CDP América Latina: 10 anos de histórias e conquistas.** Fact Sheet institucional 2020, v. 3, 2020b.

CDP; CEBDS. Navegando por cenários de precificação de carbono: Guia prático sobre seus diferentes mecanismos, aplicações e ferramentas para adaptar a estratégia de negócio. 2015. Disponível em: http://cebds.org/wp-content/uploads/2015/10/CDP_Cebds_Guia_precificacao_carbono.pdf. Acesso em: 24 de março de 2021.

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Precificação de carbono: o que o setor empresarial precisa saber para se posicionar. Rio de Janeiro: CEBDS, 2016.

_____. **Oportunidades e desafios das metas da NDC brasileira para o setor empresarial brasileiro – Setor industrial.** Rio de Janeiro: CEBDS, 2017.

_____. **Precificação de carbono na indústria brasileira: uma iniciativa estratégica.** Rio de Janeiro: CEBDS, 2018a.

_____. **Como as empresas vêm contribuindo com o Acordo de Paris.** Rio de Janeiro, CEBDS, 2018b.

_____. **Webinar: Introdução à precificação de carbono.** 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zL26cCYTKZc&t=3228s>. Acesso em: 28 de maio de 2021.

CERES. **Financing a net-zero economy: Measuring and addressing climate risk for banks.** The Ceres Accelerator for Sustainable Capital Markets, 2020. Disponível em: <https://www.ceres.org/resources/reports/financing-net-zero-economy-measuring-and-addressing-climate-risk-banks>. Acesso em: 10 de abril de 2021.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Mudanças Climáticas: estratégias para a indústria.** Brasília: CNI, 2018.

CORRAR, L. J.; THEÓPHILO, C. R. **Pesquisa operacional para decisão em contabilidade e administração: contabilometria.** São Paulo: Atlas, 2004.

COSTA, T. C.; BELDERRAIN, M. C. N. **Decisão em grupo em métodos multicritério de apoio à decisão.** Anais do 15º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA – XV ENCITA. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, 2009.

CPLC – Carbon Pricing Leadership Coalition. **What is carbon pricing?** 2018. Disponível em: <https://www.carbonpricingleadership.org/what>. Acesso em: 04 de abril de 2021.

DIMITROV, R. **Inside UN Climate Change Negotiations: The Copenhagen Conference.** Review of Policy Research, v. 27, n. 6, p. 795-821, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/227689617>. Acesso em: 20 de março de 2021.

DISSANAYAKE, S.; MAHADEVAN, R.; ASAFU-ADJAYE, J. **Evaluating the efficiency of carbon emissions policies in a large emitting developing country.** Energy Policy, v. 136, p. 111080, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111080>. Acesso em: 01 de abril de 2021.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Precificação de carbono: riscos e oportunidades para o Brasil – Conceitos, experiências e reflexões para aplicação no setor energético.** Nota técnica EPE/DEA/GAB; 014, 2020.

FEIJÓ, F. T.; JÚNIOR, S. P. **O Protocolo de Quioto e o bem-estar econômico no Brasil – uma análise utilizando equilíbrio geral computável.** Revista Análise Econômica, Porto Alegre, v. 27, n. 51, p. 127-154, 2009. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/AnaliseEconomica/article/view/9703/5885>. Acesso em: 19 de março de 2021.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Mudança do clima: avaliação dos reflexos das metas de redução de emissões sobre a economia e a indústria brasileira.** Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. São Paulo: FIESP, 2017.

FORMAN, E. H.; SELLY, M. A. **Decision by objectives: how to convince others that you are right.** World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., n. 4281, 2001. Disponível em: https://www.worldscientific.com/doi/suppl/10.1142/4281/suppl_file/4281_chap01.pdf. Acesso em: 20 de abril de 2021.

FRANGETTO, F. W.; VEIGA, A. P. B; LUEDEMANN, G. **Legado do MDL: impactos e lições aprendidas a partir da implementação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil.** Brasília: IPEA, 2018. 426 p. Disponível em:

https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/181228_livro_md1.pdf. Acesso em: 18 de março de 2021.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002. Disponível em: http://www.uece.br/nucleodelinguasitaperi/dmdocuments/gil_como_elaborar_projeto_de_pesquisa.pdf. Acesso em: 20 de abril de 2021.

GRANGEIA, C. S.; SANTOS, L. **RenovaBio: a política nacional de biocombustíveis sob a ótica do distribuidor**. Rio Oil & Gas Expo and Conference, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.48072/2525-7579.rog.2020.538>. Acesso em: 03 de abril de 2021.

GURGEL, A. C.; PALTSEV, S. **The Impacts of the Brazilian NDC and their contribution to the Paris Agreement on Climate Change**. Presented at the 20th Annual Conference on Global Economic Analysis. West Lafayette, USA. Global Trade Analysis Project (GTAP), 2017. Disponível em: https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=5357. Acesso em: 21 de março de 2021.

GVCES. **Diretrizes Empresariais para Precificação Interna de Carbono – Quatro passos para o estabelecimento de um preço interno de carbono**. Versão 1.0. Centro de Estudos em Sustentabilidade (GVCES/FGV-EAESP), 2016.

GVCES. **Gestão e precificação de carbono: riscos e oportunidades para instituições financeiras**. Centro de Estudos em Sustentabilidade (GVCES/FGV-EAESP), 2018.

HAUSER, P. D.; FONSECA, R. T. A cooperação global e os desafios do desenvolvimento sustentável: resultados e lições do MDL para o desenho de novos mecanismos financeiros. In: FRANGETTO, F. W.; VEIGA, A. P. B.; LUEDEMANN, G. (org.). **Legado do MDL: impactos e lições aprendidas a partir da implementação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil**. Brasília: IPEA, 2018. p. 319-340. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/181228_livro_md1.pdf. Acesso em: 23 de março de 2021.

High-Level Commission on Carbon Prices. **Carbon Pricing Leadership Coalition. Executive Summary**. 2017. Disponível em: <https://www.carbonpricingleadership.org/>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2021.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Deter e Deter intenso**. 2020. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter>. Acesso em: 23 de março de 2021.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC: Geneva, Switzerland, 2014. 151 p. Disponível em: https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf. Acesso em: 28 de janeiro de 2021.

_____. **Annex I: Glossary.** 2018. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_AnnexI_Glossary.pdf. Acesso em: 03 de março de 2021.

ISHIZAKA, A.; NEMERY, P. **Multi-criteria decision analysis: methods and software.** 1. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2013.

JUNIOR, R. T.; PINHO, M. **Economia de Baixo Carbono: impactos de novos marcos regulatórios e tecnologias sobre a economia brasileira.** Ribeirão Preto, SP: FUNPEC Editora, 2014.

KOTCHEN, M. J. **Which Social Cost of Carbon? A Theoretical Perspective.** National Bureau of Economic Research. NBER Working Paper Series, 2016. Disponível em: https://www.nber.org/system/files/working_papers/w22246/w22246.pdf. Acesso em: 04 de maio de 2021.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003. Disponível em: https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india. Acesso em: 19 de abril de 2021.

MARGULIS, S.; DUBEUX, C. **Economia da mudança do clima no Brasil.** Boletim regional, urbano e ambiental; IPEA, 2010. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/5569>. Acesso em: 20 de março de 2021.

MAROUN, M. R. **Adaptação às mudanças climáticas: uma proposta de documento de concepção de projeto (DCP) no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).** 188 p. il. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MICROSOFT. **The Microsoft carbon fee: theory & practice: The what, why, and how of Microsoft's efforts to drive culture change.** Carbon Fee, 2013.

_____. **Microsoft anuncia pegada de carbono negativa até 2030.** Reportagens, Inovação, 2020. Disponível em: <https://news.microsoft.com/pt-br/features/microsoft-sera-negativa-em-carbono-ate-2030/>. Acesso em: 05 de abril de 2021.

OLIVEIRA, A. S.; MIGUEZ, J. D. G.; ANDRADE, T. C. M. de A. A convenção sobre mudança do clima e o seu Protocolo de Quioto como indutores de ação. *In:* FRANGETTO, F. W.; VEIGA, A. P. B.; LUEDEMANN, G. (org.). **Legado do MDL: impactos e lições aprendidas a partir da implementação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil.** Brasília: IPEA, 2018. p. 21-42. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/181228_livro_mdL.pdf. Acesso em: 18 de março de 2021.

PBGHG – Programa Brasileiro GHG Protocol. **Ferramenta de Cálculo do PBGHG 2021.** 2021. Disponível em: <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd28GUG1Kc8wXj8JNRAFhMRh32r24Wome4RBuEdsnEb3OLB0Q/viewform>. Acesso em: 03 de maio de 2021.

PMR – Partnership for Market Readiness. **Carbon Tax Guide: A Handbook for Policy Makers**. World Bank, Washington, DC, 2017.

POWER, D. J. **Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers**. Quorum Books, Westport, Connecticut, London, 2002. Disponível em: <https://scholarworks.uni.edu/facbook/67/>. Acesso em: 21 de abril de 2021.

RATHMANN, R. **Impactos da adoção de metas de redução de emissão de gases de efeito estufa sobre a competitividade de setores industriais energo-intensivos do Brasil**. 394 p. il. Tese (Doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, Rio de Janeiro, 2012.

SAATY, T. L. **How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process**. European Journal of Operational Research, v. 48, p. 9–26, 1990.

SANTOS, L. **Proposal for the implementation of a carbon pricing instrument in the Brazilian industry: assessing competitiveness risks and distributive impacts**. 243 p. il. Tese (Doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, Rio de Janeiro, 2018.

SANTOS, L. et al. **Impacts of Carbon Pricing on Brazilian Industry: Domestic Vulnerability and International Trade Exposure**. Sustainability 2018, 10(7), 2390; 2018; Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su10072390>. Acesso em: 26 de março de 2021.

SANTOS, T.; SANTOS, L. **Putting in Check the Brazilian Moves in the Climate Chessboard**. Contexto int., v. 43, n. 1, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0102-8529.2019430100005>. Acesso em: 20 de março de 2021.

SEEG. **Análise das emissões brasileiras de Gases de Efeito Estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019**. Observatório do Clima. 2020. Disponível em: http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission. Acesso em: 22 de março de 2021.

SEROA DA MOTTA, R. Precificação do carbono: do Protocolo de Quioto ao Acordo de Paris. In: FRANGETTO, F. W.; VEIGA, A. P. B.; LUEDEMANN, G. (org.). **Legado do MDL: impactos e lições aprendidas a partir da implementação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Brasil**. Brasília: IPEA, 2018. p. 341-356. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/181228_livro_mdl.pdf. Acesso em: 19 de março de 2021.

SEROA DA MOTTA, R.; CEBDS. **Visão geral dos mercados de carbono: objetivos, dinâmicas e desempenho**. Webinar sobre o marco regulatório do mercado de carbono no Brasil, 2020. Disponível em: <https://cebds.org/wp-content/uploads/2020/11/cebds.org-visao-geral-dos-mercados-de-carbono-objetivos-dinamicas-e-desempenho-20201026-nota-tecnica-webinar-marco-regulatorio-mercado-carbono-1.pdf>. Acesso em: 07 de abril de 2021.

SILVA, D. M. R. **Aplicação do Método AHP para Avaliação de Projetos Industriais**. 128 p. il. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <https://web.tecgraf.puc-rio.br/press/publication/RosaSilva2007/RosaeSilva2007.pdf>. Acesso em: 21 de abril de 2021.

SOUZA, L. P. **Priorização de projetos de TI utilizando metodologia multicritério: proposta para o Comitê de TI de uma empresa de transporte de gás.** 165 p. il. Dissertação (Mestrado em Sistema de Gestão) – Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia, 2016.

SOUZA, G. D.; RIBEIRO, W. C. **NovaGerar: experiência pioneira do Brasil no MDL.** Cronos, Natal-RN, v. 10, n. 2, p. 15-34, 2009.

STERN, N. **Stern Review: The Economics of Climate Change.** London: HM treasury, 2006.

TORRES, R. C. S. R. **Impactos da precificação interna do carbono em uma distribuidora de energia elétrica brasileira no resultado econômico e na tarifa de energia elétrica: estudo de caso Coelba.** 236 p. il. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019.

UN GLOBAL COMPACT et al. **Caring for Climate.** UN Global Compact, the secretariat of the UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), UN Environment Programme (UNEP), World Resources Institute (WRI). 2015. Disponível em: <https://www.unglobalcompact.org/library/3711>. Acesso em: 05 de abril de 2021.

UNEP FI. **16 UNEP FI member banks representing many trillions of dollars are first in industry to jointly pilot the TCFD recommendations.** 11 July 2017. Disponível em: <https://www.unepfi.org/news/industries/banking/eleven-unep-fi-member-banks-representing-over-7-trillion-are-first-in-industry-to-jointly-pilot-the-tcfd-recommendations/>. Acesso em: 10 de abril de 2021.

UNFCCC. **Adoption of the Paris Agreement.** United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC): Paris, France, 31p. 2015. Disponível em: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109.pdf>. Acesso em: 20 de março de 2021.

VALE. **Relatório de Sustentabilidade 2019.** 2019. Disponível em: http://www.vale.com/PT/investors/information-market/annual-reports/sustainability-reports/Sustentabilidade/Relatorio_sustentabilidade_vale_2019_alta_pt.pdf. Acesso em: 08 de abril de 2021.

VARGAS, R. V. **Utilizando a Programação Multicritério (AHP) para Selecionar e Priorizar Projetos na Gestão de Portfólio.** PMI Global Congress 2010 – North America. Washington, DC, EUA, 2010. Disponível em: https://ricardo-vargas.com/pt/articles/analytic-hierarchy-process/#available_files. Acesso em: 29 de abril de 2021.

VIEIRA, G. H. **Análise e Comparação dos Métodos de Decisão Multicritério AHP Clássico e Multiplicativo.** Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). São José dos Campos, 2006.

Implementação de Precificação Interna de Carbono utilizando o método AHP

O presente questionário tem como finalidade coletar informações a partir da experiência de especialistas da área ambiental de modo a selecionar o melhor método para precificar as emissões de carbono de empresas. Essas informações serão utilizadas para a elaboração dos resultados do Trabalho de Conclusão de Curso da discente Isabella Arlochi de Oliveira, do curso de Engenharia de Produção da UFRJ-Macaé, sob orientação do Prof. D.Sc. Luan Santos.

O objetivo do estudo consiste em propor um processo metodológico para implementar a precificação interna de carbono em empresas a partir da utilização do método de decisão multicritério Analytic Hierarchy Process (AHP), contribuindo para que as organizações identifiquem seu impacto ambiental e adotem medidas para mitigar as emissões de carbono, tornando-se assim mais competitivas. Além disso, busca-se incentivar a precificação interna de carbono no Brasil, algo ainda pouco explorado.

Para demais dúvidas e informações, estou à disposição:

isabellaarlochi@gmail.com

(11) 97639-9269

Muito obrigada pela sua participação!

***Obrigatório**

1. Nome *

2. Possui interesse em receber os resultados da pesquisa após a finalização deste estudo? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não *Pular para a pergunta 4*

3. Se sim, qual o seu e-mail

Método AHP

O Analytic Hierarchy Process (AHP) é um método que auxilia os tomadores de decisão a priorizar e selecionar um projeto ou alternativa mais relevante para alcançar um objetivo. Neste estudo, busca-se definir o melhor método para a implementação da precificação interna de carbono conforme os critérios e alternativas apresentados na Figura 1- Hierarquia da decisão.

O AHP baseia-se no julgamento de especialistas para a construção de escalas de prioridades entre critérios e alternativas. As prioridades para as comparações devem ser atribuídas através de pesos de acordo com a Escala apresentada na Figura 2 - Escala Fundamental de Saaty simplificada.

Figura 1 - Hierarquia da decisão

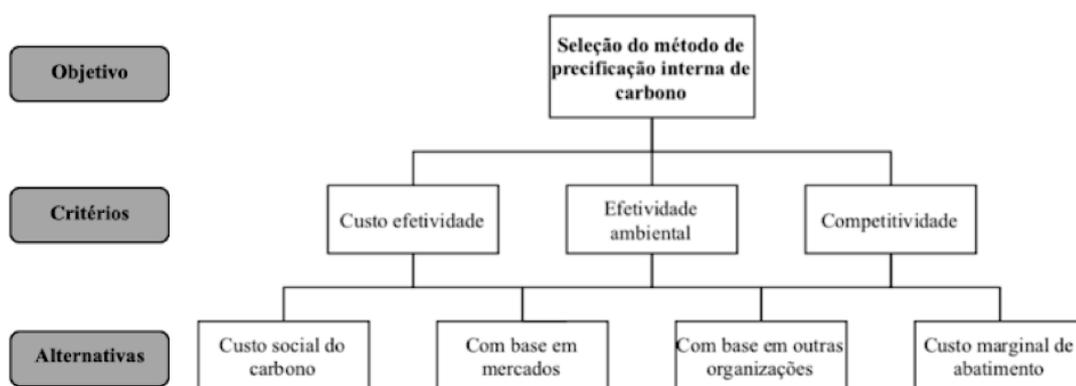


Figura 2 - Escala Fundamental de Saaty simplificada

Escala	Definição	Explicação
1	Igualmente preferido	Os dois elementos contribuem igualmente para os objetivos
3	Moderadamente preferido	A experiência e o julgamento favorecem levemente um elemento em relação ao outro
5	Fortemente preferido	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um elemento em relação ao outro

Comparação entre critérios

Nas comparações a seguir, você deverá demonstrar sua preferência para os critérios selecionados para este estudo. Escolha aquele que corresponde ao seu julgamento conforme a escala indicada na Figura 2.

Comparação critérios: CUSTO EFETIVIDADE e EFETIVIDADE AMBIENTAL

4. Qual o critério que julga ser o mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono? *

Marcar apenas uma oval.

- Custo efetividade
 Efetividade ambiental
 Igualmente importante

5. Qual o nível de importância que considera para este critério *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
 Moderado
 Forte

Comparação critérios: CUSTO EFETIVIDADE e COMPETITIVIDADE

6. Qual o critério que julga ser o mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono? *

Marcar apenas uma oval.

- Custo efetividade
 Competitividade
 Igualmente importante

7. Qual o nível de importância que considera para este critério *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
- Moderado
- Forte

Comparação critérios: EFETIVIDADE AMBIENTAL e COMPETITIVIDADE

8. Qual o critério que julga ser o mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono? *

Marcar apenas uma oval.

- Efetividade ambiental
- Competitividade
- Igualmente importante

9. Qual o nível de importância que considera para este critério *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
- Moderado
- Forte

Comparação entre alternativas

Agora, considerando os critérios custo efetividade, efetividade ambiental e competitividade serão comparadas cada uma das alternativas para a precificação interna de carbono. Tais alternativas são:

- Custo social do carbono: refere-se ao custo estimado dos possíveis impactos negativos sobre a sociedade da adição de uma unidade de GEE na atmosfera resultante das emissões de responsabilidade da empresa;
- Com base em mercados: essa alternativa considera valores utilizados em Sistemas de Comércio de Emissões ou tributação;
- Com base em outras empresas: nesse método deve-se selecionar organizações que possuem objetivos similares e que disponibilizem informações referentes ao processo de precificação de carbono de forma clara e transparente;
- Custo marginal de abatimento: representa o custo associado à redução de uma tonelada adicional de CO₂e pela empresa.

Novamente, nas comparações a seguir, você deverá demonstrar sua preferência para as alternativas selecionadas para este estudo. Escolha aquela que corresponde ao seu julgamento conforme a escala apresentada.

Comparação entre alternativas com base no critério CUSTO EFETIVIDADE

De acordo com o critério custo efetividade, atribua um peso para as comparações a seguir.

Comparação alternativas: CUSTO SOCIAL DO CARBONO e PRECIFICAÇÃO BASEADA EM MERCADOS

10. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério CUSTO EFETIVIDADE? *

Marcar apenas uma oval.

- Custo social do carbono
- Precificação baseada em mercados
- Igualmente importante

11. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
- Moderado
- Forte

Comparação alternativas: CUSTO SOCIAL DO CARBONO e PRECIFICAÇÃO BASEADA EM OUTRAS EMPRESAS

12. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério CUSTO EFETIVIDADE? *

Marcar apenas uma oval.

- Custo social do carbono
 Precificação baseada em outras empresas
 Igualmente importante

13. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
 Moderado
 Forte

Comparação alternativas: CUSTO SOCIAL DO CARBONO e CUSTO MARGINAL DE ABATIMENTO

14. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério CUSTO EFETIVIDADE? *

Marcar apenas uma oval.

- Custo social do carbono
 Custo marginal de abatimento
 Igualmente importante

15. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

Igualmente importante

Moderado

Forte

**Comparação alternativas: PRECIFICAÇÃO BASEADA EM MERCADOS e
PRECIFICAÇÃO COM BASE EM OUTRAS EMPRESAS**

16. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério CUSTO EFETIVIDADE? *

Marcar apenas uma oval.

Precificação baseada em mercados

Precificação com base em outras empresas

Igualmente importante

17. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

Igualmente importante

Moderado

Forte

**Comparação alternativas: PRECIFICAÇÃO BASEADA EM MERCADOS e CUSTO
MARGINAL DE ABATIMENTO**

18. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério CUSTO EFETIVIDADE? *

Marcar apenas uma oval.

- Precificação baseada em mercados
- Custo marginal de abatimento
- Igualmente importante

19. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
- Moderado
- Forte

Comparação alternativas: PRECIFICAÇÃO COM BASE EM OUTRAS EMPRESAS e CUSTO MARGINAL DE ABATIMENTO

20. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério CUSTO EFETIVIDADE? *

Marcar apenas uma oval.

- Precificação baseada em outras empresas
- Custo marginal de abatimento
- Igualmente importante

21. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
- Moderado
- Forte

Comparação entre alternativas com base no critério EFETIVIDADE AMBIENTAL

De acordo com o critério efetividade ambiental, atribua um peso para as comparações a seguir.

Comparação alternativas: CUSTO SOCIAL DO CARBONO e PRECIFICAÇÃO BASEADA EM MERCADOS

22. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério EFETIVIDADE AMBIENTAL? *

Marcar apenas uma oval.

- Custo social do carbono
- Precificação baseada em mercados
- Igualmente importante

23. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
- Moderado
- Forte

Comparação alternativas: CUSTO SOCIAL DO CARBONO e PRECIFICAÇÃO BASEADA EM OUTRAS EMPRESAS

24. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério EFETIVIDADE AMBIENTAL? *

Marcar apenas uma oval.

- Custo social do carbono
- Precificação baseada em outras empresas
- Igualmente importante

25. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
- Moderado
- Forte

Comparação alternativas: CUSTO SOCIAL DO CARBONO e CUSTO MARGINAL DE ABATIMENTO

26. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério EFETIVIDADE AMBIENTAL? *

Marcar apenas uma oval.

- Custo social do carbono
- Custo marginal de abatimento
- Igualmente importante

27. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

Igualmente importante

Moderado

Forte

**Comparação alternativas: PRECIFICAÇÃO BASEADA EM MERCADOS e
PRECIFICAÇÃO COM BASE EM OUTRAS EMPRESAS**

28. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério EFETIVIDADE AMBIENTAL? *

Marcar apenas uma oval.

Precificação baseada em mercados

Precificação com base em outras empresas

Igualmente importante

29. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

Igualmente importante

Moderado

Forte

**Comparação alternativas: PRECIFICAÇÃO BASEADA EM MERCADOS e CUSTO
MARGINAL DE ABATIMENTO**

30. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério EFETIVIDADE AMBIENTAL? *

Marcar apenas uma oval.

- Precificação baseada em mercados
- Custo marginal de abatimento
- Igualmente importante

31. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
- Moderado
- Forte

Comparação alternativas: PRECIFICAÇÃO COM BASE EM OUTRAS EMPRESAS e CUSTO MARGINAL DE ABATIMENTO

32. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério EFETIVIDADE AMBIENTAL? *

Marcar apenas uma oval.

- Precificação com base em outras empresas
- Custo marginal de abatimento
- Igualmente importante

33. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
- Moderado
- Forte

Comparação entre alternativas com base no critério COMPETITIVIDADE

De acordo com o critério competitividade, atribua um peso para as comparações a seguir.

Comparação alternativas: CUSTO SOCIAL DO CARBONO e PRECIFICAÇÃO BASEADA EM MERCADOS

34. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério COMPETITIVIDADE? *

Marcar apenas uma oval.

- Custo social do carbono
- Precificação baseada em mercados
- Igualmente importante

35. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
- Moderado
- Forte

Comparação alternativas: CUSTO SOCIAL DO CARBONO e PRECIFICAÇÃO BASEADA EM OUTRAS EMPRESAS

36. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério COMPETITIVIDADE? *

Marcar apenas uma oval.

- Custo social do carbono
- Precificação baseada em outras empresas
- Igualmente importante

37. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
- Moderado
- Forte

Comparação alternativas: CUSTO SOCIAL DO CARBONO e CUSTO MARGINAL DE ABATIMENTO

38. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério COMPETITIVIDADE? *

Marcar apenas uma oval.

- Custo social do carbono
- Custo marginal de abatimento
- Igualmente importante

39. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
- Moderado
- Forte

**Comparação alternativas: PRECIFICAÇÃO BASEADA EM MERCADOS e
PRECIFICAÇÃO COM BASE EM OUTRAS EMPRESAS**

40. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério COMPETITIVIDADE? *

Marcar apenas uma oval.

- Precificação baseada em mercados
- Precificação com base em outras empresas
- Igualmente importante

41. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
- Moderado
- Forte

**Comparação alternativas: PRECIFICAÇÃO BASEADA EM MERCADOS e CUSTO
MARGINAL DE ABATIMENTO**

42. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério COMPETITIVIDADE? *

Marcar apenas uma oval.

- Precificação baseada em mercados
- Custo marginal de abatimento
- Igualmente importante

43. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
- Moderado
- Forte

Comparação alternativas: PRECIFICAÇÃO COM BASE EM OUTRAS EMPRESAS e CUSTO MARGINAL DE ABATIMENTO

44. Qual a alternativa que julga ser a mais importante para seleção do método de precificação interna de carbono de acordo com o critério COMPETITIVIDADE? *

Marcar apenas uma oval.

- Precificação com base em outras empresas
- Custo marginal de abatimento
- Igualmente importante

45. Qual o nível de importância que considera para esta alternativa? *

Marcar apenas uma oval.

- Igualmente importante
- Moderado
- Forte

ANEXO II – Respostas dos decisores nos questionários *online* para cada comparação de critérios e alternativas

		Critério A	Critério B	Decisor 1	Decisor 2	Decisor 3	Decisor 4	Decisor 5	Decisor 6	Decisor 7	Decisor 8	Decisor 9	Decisor 10	
Comparação critérios		CE	EA	Igualmente	Igualmente	Igualmente	CE Forte	CE Forte	EA Forte	EA Forte	EA Forte	Igualmente	EA Forte	
		CE	COMP	CE Forte	Igualmente	Igualmente	CE Forte	Igualmente	COMP Forte	CE Moderado	Igualmente	CE Moderado	COMP Moderado	
		EA	COMP	EA Forte	Igualmente	Igualmente	EA Moderado	COMP Forte	Igualmente	EA Forte	EA Forte	EA Moderado	EA Forte	
Comparação alternativas	Custo efetividade	CSC	PM	CSC Forte	PM Forte	Igualmente	CSC Forte	PM Moderado	CSC Forte	CSC Moderado	CSC Forte	Igualmente	CSC Forte	
		CSC	PE	CSC Forte	Igualmente	PE Moderado	CSC Forte	PE Moderado	CSC Forte	CSC Moderado	CSC Forte	Igualmente	CSC Forte	
		CSC	CMA	CSC Forte	CMA Forte	Igualmente	CSC Forte	Igualmente	CSC Forte	CMA Forte	Igualmente	Igualmente	CSC Forte	
		PM	PE	PM Forte	PM Forte	PM Forte	PE Moderado	PE Moderado	PM Forte	PM Moderado	PM Moderado	Igualmente	Igualmente	
		PM	CMA	PM Forte	CMA Forte	Igualmente	PM Moderado	CMA Moderado	PM Forte	CMA Moderado	CMA Forte	PM Moderado	CMA Forte	
		PE	CMA	CMA Moderado	PE Moderado	CMA Forte	CMA Moderado	CMA Forte	Igualmente	CMA Moderado	CMA Forte	Igualmente	CMA Forte	
	Efetividade ambiental	CSC	PM	CSC Forte	PM Forte	Igualmente	CSC Forte	CSC Forte	CSC Forte	Igualmente	CSC Forte	CSC Forte	Igualmente	CSC Forte
		CSC	PE	CSC Forte	CSC Forte	CSC Moderado	CSC Forte	CSC Moderado	Igualmente	CSC Forte	CSC Forte	Igualmente	CSC Forte	
		CSC	CMA	CSC Forte	Igualmente	Igualmente	CSC Forte	Igualmente	CSC Forte	CSC Forte	CMA Moderado	CSC Moderado	CSC Moderado	
		PM	PE	PM Forte	PM Forte	PM Forte	PE Moderado	PE Moderado	PM Forte	PM Moderado	PE Forte	Igualmente	Igualmente	
		PM	CMA	PM Forte	CMA Forte	PM Forte	PM Moderado	CMA Moderado	Igualmente	PM Moderado	CMA Forte	PM Moderado	CMA Forte	
		PE	CMA	CMA Forte	CMA Forte	CMA Moderado	PE Moderado	CMA Moderado	CMA Moderado	Igualmente	CMA Moderado	Igualmente	CMA Forte	
	Competitividade	CSC	PM	PM Forte	PM Forte	Igualmente	CSC Forte	PM Moderado	PM Forte	PM Moderado	PM Moderado	PM Moderado	Igualmente	CSC Forte
		CSC	PE	CSC Moderado	PE Forte	CSC Forte	CSC Forte	PE Moderado	CSC Forte	PE Moderado	PE Forte	Igualmente	CSC Forte	
		CSC	CMA	CMA Moderado	CSC Forte	Igualmente	CSC Forte	CMA Forte	CSC Forte	CMA Moderado	CMA Forte	Igualmente	CSC Moderado	
		PM	PE	PM Forte	PM Forte	PM Forte	PE Moderado	PM Forte	PM Forte	Igualmente	PM Moderado	Igualmente	Igualmente	
		PM	CMA	PM Moderado	CMA Forte	PM Forte	PM Moderado	PM Forte	PM Forte	Igualmente	CMA Forte	PM Moderado	CMA Forte	
		PE	CMA	CMA Forte	CMA Forte	CMA Forte	PE Forte	PE Moderado	PE Moderado	CMA Moderado	CMA Moderado	PE Moderado	CMA Moderado	

Legenda

Critérios:

CE – Custo efetividade; EA – Efetividade ambiental; COMP – Competitividade

Alternativas:

CSC – Custo social do carbono; PM – Precificação baseada em mercados; PE – Precificação baseada em outras empresas; CMA – Custo marginal de abatimento