

Carbono Negativo: A busca de uma equação matemática para ser aplicada na indústria de base florestal. A literatura publica a aplicabilidade de diversos arranjos técnico-científicos para que as organi

JOSÉ CARLOS DE JESUS LOPES

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

CAROLINA YAMAZAKI

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

GILSON GOMES INFRAN

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

Introdução

A literatura oportuniza conhecer e analisar cientificamente os diversos arranjos técnico-científicos disponíveis no mercado, para que as organizações possam desenvolver projetos empresariais e públicos voltados à mitigação dos efeitos adversos das mudanças climáticas (IPCC, 2022). São diversas as denominações desses arranjos publicados na bibliografia. Dentre elas, as mais citadas e colocadas em prática pelas organizações econômicas e públicas destacam-se como proposições voltadas às iniciativas de retirar da atmosfera terrestre o estoque excessivo de carbono de origem antropocêntrica.

Problema de Pesquisa e Objetivo

Como questão central deste estudo, dada a uma inquietação acadêmica: Qual é o construto da metodologia do arranjo técnico-científico, denominado de carbono negativo, adotado por organizações econômicas, como a empresa Suzano S/A, que integram a cadeia produtiva da indústria de base florestal? Assim, este estudo objetiva analisar o construto da metodologia de carbono negativo adotado por organizações econômicas, que integram a cadeia produtiva da indústria de base florestal.

Fundamentação Teórica

Esta seção tem como objetivo apresentar uma contextualização bibliográfica sobre a preservação ambiental, as mudanças climáticas e o desenvolvimento das mudanças climáticas e seus efeitos externos na literatura nacional e internacional.

Metodologia

Trata-se de uma pesquisa derivada de uma revisão da literatura, associada a um levantamento documental. Estudos que contemplam revisões de literatura são classificados como pesquisas bibliográficas (GIL, 2017), constituída por levantamento de dados secundários, exclusivamente, em três bases de dados, a seguir, anunciadas. De maneira complementar, foi aplicado o Check-List desenvolvido por Jesus-Lopes, Maciel e Casagrande (2022). Por ter a empresa Suzano S/A, o lócus deste estudo, de acordo com Yin (2015), há de se considerar como um estudo de caso.

Análise dos Resultados

No Relatório de Sustentabilidade da empresa Suzano, publicado em 2022, a empresa apresentou em sua metodologia sobre o balanço (remoções e emissões), e estoques de carbono, com base nas orientações do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). Além do IPCC, é importante informar que a Suzano também utiliza os métodos de Hong et al., (2021) e Soares et al., (2014), que apresentam metodologias de estudo sobre os fluxos e as possíveis perdas de carbono, durante o processo cíclico de carbono e suas atribuições na cadeia de compra e venda de créditos de carbono.

Conclusão

Assim sendo, foi possível considerar que a empresa lócus se coloca como uma organização econômica que alcança a produção de carbono negativo, contribuindo assim, de certa forma, na diminuição das emissões excessivas dos GEE na atmosfera terrestre, portanto contribuindo com a mitigação dos eventos adversos derivados das mudanças climáticas.

Referências Bibliográficas

BARDIN, L. Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2016. GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo: Atlas. 2017. JESUS-LOPES, J. C. de; MACIEL, W. R. E.; CASAGRANDE, Y. G. Check-List dos elementos constituintes dos delineamentos das pesquisas científicas. Revista Desafio On Line, v. 10, n. 1, 2022. YIN, R. K., Estudo de caso: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

Palavras Chave

Sustentabilidade, Políticas públicas sustentáveis, carbono negativo

Agradecimento a órgão de fomento

Os autores agradecem aos apoios de grande valia que receberam da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), do Programa Institucional de Iniciação Científica, da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, ligada ao Ministério da Educação (PIBIC/CAPES/MEC), bem como da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

CARBONO NEGATIVO: A BUSCA DE UMA EQUAÇÃO MATEMÁTICA PARA SER APLICADA NA INDÚSTRIA DE BASE FLORESTAL.

A literatura publica a aplicabilidade de diversos arranjos técnico-científicos para que as organizações possam desenvolver projetos empresariais e públicos voltados à mitigação dos efeitos adversos das mudanças climáticas. A literatura ainda alerta que os efeitos complexos e perversos são majoritariamente sentidos pelas populações mais vulneráveis e pelas nações menos desenvolvidas, que encontram fortes restrições para enfrentar os desafios impostos pela ONU. Este estudo analisou o construto da metodologia de carbono negativo adotado por organizações econômicas, que integram a cadeia produtiva da indústria de base florestal. Considera uma pesquisa básica de caráter exploratório descritivo e a ser aplicada. A metodologia utilizada no presente estudo foi a revisão de literatura, combinada por um levantamento documental, dos quais, por meio de uma análise dos principais construtos teóricos sobre o carbono negativo, incluiu artigos científicos, teses e dissertações. A base de dados varrida foi a da plataforma Scopus, com publicações feitas entre os anos de 2018 a 2023. Evidenciou-se como um Estudo de Caso, pois a empresa Suzano, líder na indústria de base florestal, produtora de celulose, com algumas das suas unidades produtivas construídas em algumas regiões econômicas, busca produzir carbono negativo. Se assim for, identificar as equações matemáticas pode ser considerado como uma oportunidade para outras empresas do setor. Os resultados apontaram que há mais de uma equação matemática para que se possa calcular as emissões e as remoções de carbono nas empresas que atuam na indústria de base florestal. Assim, não foi encontrada uma equação matemática única e de consenso, que possa medir as da emissões de carbono negativo. Como sugestões de futuros tem se a elaboração de uma única fórmula para calcular e contabilizar a obtenção ou geração de carbono negativo.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Políticas públicas sustentáveis. Mudanças climáticas. Sequestro de carbono. Carbono Zero.

1. INTRODUÇÃO

A literatura oportuniza conhecer e analisar cientificamente os diversos arranjos técnico- científicos disponíveis no mercado, para que as organizações possam desenvolver projetos empresariais e públicos voltados à mitigação dos efeitos adversos das mudanças climáticas (IPCC, 2022), considerados como *wicked-problems* (RITTEL & WEBBER, 1973), ou seja problemas perversos, derivadas do aquecimento global (NASA, 2020).

É comum o relato científico sobre o alerta que são os efeitos perversos que recaem sobre as populações mais vulneráveis e nas nações menos desenvolvidas, que encontram fortes restrições para enfrentar os desafios impostos pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), à luz das ações mitigadoras contidas nas 169 metas dos 17 ODS (VITAL, 2018, ONU, 2022).

As produções científicas também consideram essas iniciativas organizacionais como emergentes, quer seja pela gênese de uma correção ética da sociedade contemporânea global ou ainda à busca de potencializar a tão desejada justiça socioambiental (ACSERALD, 2010), dada às evidências da crise climática (BARBIERI, 2023), experimentada em todo o planeta, quer seja pelas identificações de oportunidades por parte das organizações econômicas para assim poder empreender em novos segmentos de mercados nacional e internacional.

São diversas as denominações desses arranjos publicados na bibliografia. Dentre elas, as mais citadas e colocadas em prática pelas organizações econômicas e públicas destacam-se como proposições voltadas às iniciativas de retirar da atmosfera terrestre o estoque excessivo de carbono de origem antropocêntrica. São eles: sequestro de carbono (EUA, 2014), redução

das emissões de carbono (KABIR *et al.*, 2023), carbono neutro (CUNHA, 2023), baixo carbono (IPEA, 2020), carbono zero (ONU, 2021) e mais recente carbono negativo (COBO *et al.*, 2022).

As pesquisas científicas relatam que esses arranjos estão alocados, sobremaneira, no segmento do agronegócio, ao qual estão alocadas as cadeias produtivas de alimentos, fibras e energias mais limpas, que têm como base os recursos naturais renováveis, a exemplo na produção de biomassas (D'AMATO *et al.*, 2017; NEIVA *et al.*, 2022).

Bastos et al (2022) explicam que as organizações econômicas, ligadas ao setor da indústria de base agroflorestal, são as que mais investem nesses arranjos técnico-tecnológicos, uma vez identificadas, por elas, as oportunidades para investir, de forma inovadora e/ou otimizar as oportunidades de novos negócios, além de serem reconhecidas pelos mercados, como parceiras no atingimento dos ODS (BASTOS *et al.*, 2022).

Neste sentido, há de se considerar que esses diversos arranjos, empreendidos pelas organizações econômicas e públicas são considerados como ações empresariais ou mesmo políticas públicas complementares no alcance do 2º Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS-2), que integram as ações públicas concernentes à fome zero associada à promoção da agricultura sustentável.

Por sua vez, essas estão igualmente combinadas com o 7º Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS-7), que está voltado à produção de energia limpa e acessível e com o 13º Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS-13), que se revelam num conjunto de ações contra a mudança global do clima (ONU, 2021).

Neste contexto e cenários de ajustes éticos e de busca de justiça socioambiental, combinados com a identificação de oportunidades de negócios nos mercados doméstico e internacional, o Estado de Mato Grosso do Sul tem implementado políticas públicas, consideradas como políticas públicas sustentáveis (MARCIANO, 2022). São políticas públicas, com fomentos advindos de arranjos tributários e fiscais, destinados à expansão da indústria de base florestal. Assim, o estado já aparece nos dados oficiais como o quarto maior produtor de biomassas de celulose, de origem agroflorestal do Brasil (BASTOS, 2021).

Organizações econômicas, tais como a Suzano Papel e Celulose S/A, comumente chamada apenas de Suzano, novas instalações do seu parque fabril estão sendo empreendidas no município de Ribas do Rio Pardo (MS). Essa organização econômica tem como propósito fabricar bioprodutos desenvolvidos, a partir do eucalipto.

Ela exibe, em sua página eletrônica oficial, a prática de uma metodologia que potencializa a obtenção do carbono negativo em suas unidades fabris, que resulta em uma maior ecoeficiência em termos de baixa emissão de carbono, sobretudo pela expressiva redução no uso de combustíveis fósseis (SUZANO, 2023).

Dentro desse contexto até aqui anunciado, coloca-se como questão central deste estudo, dada a uma inquietação acadêmica: Qual é o construto da metodologia do arranjo técnico-científico, denominado de carbono negativo, adotado por organizações econômicas, como a empresa Suzano S/A, que integram a cadeia produtiva da indústria de base florestal? Assim, este estudo objetiva analisar o construto da metodologia de carbono negativo adotado por organizações econômicas, que integram a cadeia produtiva da indústria de base florestal.

Acredita-se que os resultados e reflexões a serem descritos, ao longo deste estudo, possam motivar os alunos e pesquisadores iniciantes a investigar ainda mais sobre os arranjos técnico-científicos alternativos destinados ao alcance de carbono negativo em unidades fabris, potencialmente emissoras dos Gases Efeito Estufa (GEE).

Igualmente, espera-se que os resultados possam interessar aos tomadores de decisões que atuam nas organizações econômicas e públicas. Em especial aos gestores públicos que desenham políticas públicas anunciadas como políticas públicas sustentáveis.

Para que o objetivo declarado seja alcançado, este estudo inicia-se com esta seção

introdutória, para em seguida fazer uma discussão teórica, a partir da revisão da literatura. As explicações sobre os procedimentos metodológicos adotados são descritas na terceira seção. Logo após, são apresentados os resultados e análises decorrentes da coleta de dados. Por fim, as considerações finais, os devidos agradecimentos e as referências, cujas obras permitiram fundamentar este estudo, com aportes teóricos pertinentes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Esta seção tem como objetivo apresentar uma contextualização bibliográfica sobre a preservação ambiental, as mudanças climáticas e o desenvolvimento das mudanças climáticas e seus efeitos externos na literatura nacional e internacional.

2.1 – Mudanças climáticas e seus efeitos extremos

Nas proposições científicas clássicas, um dos grandes marcos nas discussões sobre a preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável foi a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Conferência de Estocolmo, em 1972 (ONU, 2022).

Posteriormente, em 1992, no Rio de Janeiro, foi realizada outra conferência da ONU, a ECO 92, que reuniu 179 países, a fim de desenvolver estratégias para a cooperação internacional na manutenção dos recursos naturais. O diálogo sobre mudanças climáticas continuou ocorrendo e, na edição mais recente, a Conferência das Partes (COP 27), realizada em 2022, no Egito, teve como um dos grandes objetivos a mitigação dos GEE, que potencializam as mudanças climáticas. (ONU, 2022).

Sabe-se que, mundialmente, quase 85% do acumulado de necessidades energéticas são atendidas por combustíveis fósseis, que também respondem por 56,6% das emissões dos GEE (MAHJABEEN *et al*, 2020). Segundo Kabir *et al* (2022), o Brasil ocupa a terceira posição em termos de capacidade instalada de tecnologias de energias renováveis (KABIR *et al*, 2022).

As preocupações com a segurança energética criam cenários de oportunidades para países que buscam soluções para produção de energia (CANABARRO *et al*, 2023), como os países em desenvolvimento, que têm tentado reduzir sua dependência de fontes não renováveis de eletricidade, como os combustíveis fósseis para fontes renováveis (KABIR *et al*, 2022). Isso pode ser observado pela diversificação do portfólio energético dos países.

Diversos estudos apontam que estas fontes de energia não renováveis (gás, carvão, petróleo, etc.) estão se esgotando, gradualmente, e seus preços são muito voláteis, além de outros fatores que prejudicam o processo como baixa escolaridade, qualidade tutorial e longos atrasos processuais (MAHJABEEN *et al.*, 2020).

De acordo com Osman *et al.*, (2023), em 2018, mais de 300 desastres naturais foram causados pelas mudanças climáticas, afetando mais de 68 milhões de pessoas e causando aproximadamente US \$131,7 bilhões em perdas econômicas. Essas perdas geram uma urgência de combater estas alterações climáticas.

No entanto, as análises de cenários apenas fornecem as escalas dos impactos, o que Barbieri (2023) alerta que é preciso que as relações entre mudanças climáticas, a sociedade e a saúde humana sejam investigadas. Neste sentido, há fortes evidências e relatos oficiais e empresariais que o Brasil vem contribuindo positivamente para reduzir os efeitos extremos das mudanças climáticas, liderando a parcela de países em desenvolvimento que utilizam produzem as biomassas voltadas à composição de fontes de energias alternativas (KABIR *et al.*, 2022).

2.2 - Políticas públicas de desenvolvimento sustentável

Política pública, enquanto disciplina e campo de estudos, surgiu nos Estados Unidos da América, por volta da década de 1950, como Policy Science (FREY, 2000). Com destaque dada aos estudos de políticas públicas nos EUA, recaía sobre as ações do governo, e não sobre o papel deste propriamente dito (SOUZA, 2006).

No que diz respeito ao conceito de políticas públicas, entende ser necessário analisar os conceitos que estão intrinsecamente relacionados com os três termos. São eles: *polity*; *politics*; e *policias*. De acordo com Deubel (2010), o termo *polity* está relacionada com a esfera pública como um todo. Já o termo *politics* compreende a política enquanto cargo político e *policias* referem-se às atividades resultante das políticas públicas adotadas pelo governo, ou seja, um conjunto de ações voltadas às ações públicas propriamente ditas.

As políticas públicas são o conjunto de decisões governamentais com o intuito de produzir resultados, pela manutenção ou modificação, de uma dada realidade (SARAVIA, 2007). São elas que possibilitam ao Estado coordenar seus recursos para atender a objetivos determinados e socialmente relevantes (SECCHI, 2022).

Já para Maza (2015), políticas públicas são concebidas por ações, decisões ou omissões tomadas pelo gestor público. Ainda para o mesmo autor, as políticas públicas são declarações de intenções, metas e objetivos, são cursos de ação para a solução de problemas por parte dos atores em relação aos assuntos públicos.

Da mesma maneira, Velasquez (2009) considera as políticas públicas, a partir de uma perspectiva descritiva, não do que ela deveria ser, mas do que ela é em qualquer sistema político. Elas podem inclusive estabelecer sua existência, mesmo que não esteja inscrita em um plano de desenvolvimento com enfoque territorial que pode ser amplo ou restrito, buscando o bem comum, mesmo com o risco de captação de benefícios coletivos por agentes individuais.

Nesta direção, a literatura destaca a necessidade de realizar um processo de desenvolvimento territorial de baixo para cima, de carácter integral, territorial, sustentável nas suas dimensões económica, social, territorial endógena e ambiental e a análise da produtividade e da competitividade numa perspectiva também integral, territorial e sustentável, como fatores dinâmicos de um desenvolvimento territorial (BESSER, 2004; FLORES, 2022).

Contudo, para promover o desenvolvimento territorial, é preciso considerar os fatores endógenos, que favorecem o processo de acumulação de capital e progresso tecnológico no sistema produtivo, por meio de decisões de investimento em infraestrutura, produtividade, competitividade, educação, saúde, emprego, institucionalidade, entre outros, de forma que se construa a visão de desenvolvimento e se formem políticas públicas para alcançá-la no marco de um processo de planejamento territorial (CANZANELLI, 2004, PÉREZ, 2012).

Em suas pesquisas, Mukhtarov e Gerlak (2014) propuseram uma estrutura epistémicas para distinguir três formas, a *prescritiva* que é fundamentada no conhecimento científico-técnico e tem um elemento imperativo para ele; *discursivo*, que é derivado de valores e relações de poder entre vários atores; e *prático*, que se baseia na experiência direta de implementação de um conceito de política pública em uma interação com múltiplos *stakeholders*, múltiplos valores e visões de mundo, e em um contexto particular.

Enxerga-se que, historicamente, as nações vêm cada vez mais incluindo os princípios da sustentabilidade em seus arcabouços legais, e pelo menos no papel, o tema passou a ser institucionalizado (HARDING, 2006). Protocolos e acordos internacionais foram firmados e refletem novas configurações, práticas governamentais e políticas públicas globais para os locais e locais para o global.

É importante notar que a combinação de heterogeneidade e instabilidade, presente na maioria das economias latino-americanas, leva a profundos desafios na formulação de políticas públicas. Supostamente, políticas neutras ou mal concebidas tendem a produzir efeitos negativos e regressivos, que somados prejudicam as pequenas e médias empresas (PMEs), suas produções incipientes e trabalhadores menos qualificados.

Também podem ter efeitos adversos em termos de utilização da capacidade produtiva disponível, formação de capital, qualidade das exportações e emprego e inovação. Portanto, a redução da heterogeneidade estrutural e instabilidade da macroeconomia real é crucial para alcançar e inclusiva (BÁRCENA, 2015) e o paradigma do desenvolvimento sustentável

(ONU, 2015).

2.3 - Arranjos técnico-tecnológicos voltados à retirada da atmosfera terrestre o estoque excessivo de carbono.

O sequestro de carbono é um fenômeno que ocorre na natureza, uma vez que no ciclo do carbono, o material emitido para atmosfera encontra sempre uma forma de completar seu ciclo geológico (VIEIRA, 2022). Porém as emissões excessivas de carbono podem causar a acidificação dos oceanos, chuvas ácidas, aumento da temperatura da terra, entre outros efeitos decréscimos (USP, 2017).

Esse desequilíbrio das emissões é causado principalmente pela produção energética (30% das emissões), seguido pelos setores de transporte, indústria, comércio e moradia, agricultura e uso da terra (EPA, 2014). Porém, com o mundo emergindo das restrições do Covid-19, a recuperação da atividade de transporte teve um salto de 8% nas emissões de CO₂ dos transportes em 2021 (IEA, 2023).

Mahajabeen (2020) aponta que as energias renováveis e não renováveis têm uma forte associação com o desenvolvimento econômico, bem como contribuindo para as emissões dos GEE. Além disso, o crescimento populacional também tem fomentado o desenvolvimento de novos arranjos técnico-tecnológicos voltados para a redução de fontes de energia tradicionais, não renováveis.

Para que esta redução ocorra, além de preservar os recursos naturais, é preciso incentivar o uso e o estudo de novos tipos de fontes renováveis e mais limpas de energia como a eólica, solar, oceânica, e das biomassas, derivadas dos recursos naturais renováveis e que atendam as dimensões da sustentabilidade (ONU, 2015).

Com relação aos instrumentos tecnológicos de retirada dos estoques de carbono, tais empreendimentos têm sido considerados como necessários, porém insuficientes, uma vez que a forma mais usada de retirada de carbono, ou seja, de descarbonização, é a realizada naturalmente pelas plantas, sejam elas florestas ou colônias de microalgas (ONYEKA, 2021).

Apesar dos esforços para com a redução dos GEE, os países subdesenvolvidos ainda enfrentam problemas quanto à vulnerabilidade para a implementação de políticas públicas sustentáveis voltadas para a redução dos GEE. No entanto, os investimentos para esta descarbonização estão em estágios iniciais e vêm aprimorando-se para melhorar a eficiência energética como os setores de construção civil, transporte e infraestrutura (GIELEN *et al.*, 2019).

Segundo EPA (2023), os GEE são compostos a maior parte (79,4%) por gás carbônico (CO). O dióxido de carbono (CO₂) entra na atmosfera terrestre através da queima de combustíveis fósseis, resíduos sólidos, árvores e outros materiais biológicos, e é removido da atmosfera (ou sequestrado), quando é absorvido pelas plantas, como parte do ciclo biológico do carbono.

Vieira (2022) aponta que a diminuição do CO₂, tem se tornado um desafio urgente para reverter as consequências negativas provenientes das mudanças climáticas, em âmbito global e local. Uma das formas de reverter as quantidades dos GEE emitidas em excesso, na atmosfera terrestre, é por meio de políticas públicas voltadas à produção de carbono negativo.

Os arranjos socio-tecnológicos do carbono zero propõem que as emissões de dióxido de carbono continuarão, mas serão equilibradas pela absorção de uma quantidade equivalente da atmosfera (ONU, 2023). Há ainda proposições com a mesma iniciativa como carbono neutro (CUNHA, 2023), baixo carbono (IPEA, 2020). Já os do carbono negativo vão além, propondo retirar da atmosfera mais carbono que uma unidade produtiva emite.

Mais, especificamente, no que se refere aos arranjos socio-tecnológicos do carbono negativo, a literatura (COBBO, 2022) considera que as proposições sociotécnicas valorizam este arranjo uma vez que ao produzir uma quantidade de carbono abaixo do que seria possível, esta diferença contribuirá de forma a compensar aquelas unidades fabris, inseridas na cadeia

produtiva, que têm dificuldades ou até mesmo resistências na absorção da cultura da sustentabilidade.

Conforme Moura (2013), existem mecanismos de certificação ambiental (*eco-certification*) relacionados às empresas e aos métodos e processos de produção utilizados, sendo direcionada, principalmente, para as indústrias utilizadoras de recursos, objetivando atestar um ou mais atributos do processo de produção.

Alvim e Hoppe (2020) apontam que seria importante certificações ambientais em atividades que apresentem potencial para a obtenção de créditos de carbono associadas a melhores práticas na agricultura e na indústria. Uma das normas recentemente lançadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), é a Prática Recomendada 2060 (PR 2060). Essa prática, lançado na COP-27, em 2022, baseou-se em um documento do Organismo Nacional de Normalização Britânico (BSI) e modificado com novos conceitos, alinhados às normas internacionais ISO relacionadas ao tema de redução de emissões dos GEE (ABNT, 2023) e constitui-se importante documento normativo para contribuir com esforço mundial e, particularmente, do Brasil para um conjunto existente de políticas públicas voltadas à mitigação dos efeitos extremos das mudanças climáticas (SEMADESC, 2023).

A literatura recente aponta que as principais pesquisas se concentram no uso de microalgas e na reciclagem de compostos para a geração de biomassa. Por exemplo, Onyeka (2021) mostra que um dos caminhos para a redução dos GEE na atmosfera pode ser o uso de microalgas, que são capazes de armazenar carbono na forma de carboidratos e lipídios para produção de biocombustíveis, podendo reduzir as emissões de CO₂ em até 80%.

Uma outra técnica é o uso do Biochar, um carvão vegetal obtido a partir da queima controlada de diferentes compostos de origem vegetal ou animal (EMBRAPA, 2017). O biochar, quando utilizado no solo como composto agrícola, ou até mesmo em rios e açudes, auxilia na absorção contínua e significativa de poluentes e de níveis atmosféricos dos GEE (JIANG, 2023).

É válido apresentar o uso de técnicas de despolimerização que vêm sendo utilizadas na reciclagem de plásticos biodegradáveis a base de petróleo, transformando-os em uma ótima biomassa para larvas de farinha (PENG *et al.*, 2021) reduzindo o impacto ambiental gerado pelo estoque de carbono retido na atmosfera.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Trata-se de uma pesquisa derivada de uma revisão da literatura, associada a um levantamento documental. Estudos que contemplam revisões de literatura são classificados como pesquisas bibliográficas (GIL, 2017), constituída por levantamento de dados secundários, exclusivamente, em três bases de dados, a seguir, anunciadas. Levantamentos documentais investigam um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos (GIL, 2017).

De maneira complementar, foi aplicado o *Check-List* desenvolvido por Jesus-Lopes, Maciel e Casagrande (2022) para o melhor delineamento de uma pesquisa científica. Por ter a empresa Suzano S/A, o *locus* deste estudo, de acordo com Yin (2015), há de se considerar como um estudo de caso.

Por ser classificada como uma revisão da literatura, considera-se uma pesquisa básica inicial, de caráter exploratório, descritivo e a ser aplicada (GIL, 2017) em outras organizações do mesmo segmento. Uma pesquisa pura, cujos resultados possam ser aplicados no conhecimento dos acadêmicos, pesquisadores e no desenho de políticas públicas voltadas às promoções dos arranjos técnico-científicos voltados ao carbono negativo.

Esse estudo é de caráter exploratório, pois busca sanar uma curiosidade acadêmica em conhecer e analisar o construto da metodologia de carbono negativo adotado por organizações econômicas, que integram a cadeia produtiva da indústria de base florestal.

Torna-se esse estudo descritivo, pois objetiva discorrer sobre as etapas que integram o construto metodológico anunciado pela organização econômica Suzano S/A. Reconhece ser um estudo a ser aplicado, pois já está sendo executado num dos elos da cadeia produtiva da indústria de base florestal, no município de Ribas do Rio Pardo, em Mato Grosso do Sul.

O recorte temporal da coleta de dados foi de dezembro de 2022 a abril de 2023, compreendendo assim as mais recentes publicações científicas, nos âmbitos nacional e internacional. Como tratamento dos dados coletados foi empreendido a análise de conteúdo, ensinada por Bardin (2017).

Para o desenvolvimento deste estudo, foram respeitadas as instruções descritas no Manual de Boas Práticas de Publicações Científicas, sugeridas pela Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (ANPAD, 2010). O corpo textual e as citações descritas neste estudo seguiram as normas atualizadas da ABNT (2023) e as diretrizes do COPE (2021).

Para a realização da coleta de dados foi utilizado o banco de dados *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct* (MONGEON & PAUL-HUS, 2016). Em sequência, os dados foram filtrados artigos com uma *string* de busca – “*Climate change extreme effects*”, “*Sustainable public policies*”, “AND (“*Climate change*”)” – com a janela temporal mais atual possível, de 2018 a 2023.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

A Suzano se intitula como uma empresa carbono negativo, e para que possa chegar a esse resultado, a empresa utiliza quatro métodos matemáticos que buscam esclarecer: 1) a quantidade de emissões de dióxido de carbono evitadas, em toneladas, por ano; 2) a perda anual de carbono na biomassa, devido à remoção de madeira; e ainda 3) os fatores de custo de oportunidade do carbono (COC).

Anualmente, a Suzano divulga os resultados referentes à obtenção do carbono negativo, em suas páginas eletrônicas oficiais, nos Relatórios de Sustentabilidade. Tais relatórios apresentam os destaques financeiros, sociais, ambientais e de governança corporativa tais como as operações da Suzano, no Brasil e internacionais e o Instituto Ecofuturo, organização não governamental criada e mantida pela companhia. (SUZANO, 2023).

No Relatório de Sustentabilidade, publicado em 2022, a empresa apresentou em sua metodologia sobre o balanço (remoções e emissões), e estoques de carbono, com base nas orientações do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC).

Além do IPCC, é importante informar que a Suzano também utiliza os métodos de Hong *et al.*, (2021) e Soares *et al.*, (2014), que apresentam metodologias de estudo sobre os fluxos e as possíveis perdas de carbono, durante o processo cíclico de carbono e suas atribuições na cadeia de compra e venda de créditos de carbono. Assim sendo, a seguir, serão explicados os quatro métodos de cálculos, que são utilizados pela Suzano:

Em Hong *et al.*, (2021) é apresentado o fluxo global de emissões de GEE, através da seguinte equação:

$$E = P \left(\frac{A}{P} \right) \left(\frac{L}{A} \right) \left(\frac{E}{L} \right) = Pale = Paf,$$

em que:

E = o fluxo global de emissões de GEE pelo uso da terra de todos os processos (lavoura e pastagens) (excluindo combustíveis fósseis e emissões de processos industriais);

P = a população (pessoas);

A/P = produção agrícola (lavoura e pastos) per capita;

L/A = terra necessária por unidade de produção agrícola (eficiência da terra);
 E/L = emissões de GEE por unidade de terra (GHG intensidade).

O IPCC é uma organização de governos membros das Nações Unidas e da Organização Meteorológica Mundial (WMO), com 195 membros atualmente. No relatório, de 2006, a organização apresentou a equação sobre a perda anual de carbono na biomassa, em função da remoção de madeira.

$$L_{\text{wood-removals}} = \{H \cdot BCEFr \cdot (1+R) \cdot CF\}$$

em que:

$L_{\text{wood-removals}}$ = perda anual de carbono devido a remoção de biomassa, toneladas de carbono por ano;

H = remoções anuais de madeira, toras em metros cúbicos por ano; C F = fração de carbono da matéria seca, tonelada de carbono;

BCEFr = conversão de biomassa e fator de expansão para conversão de remoções em volume comercializável;

R= proporção de biomassa abaixo do solo para biomassa acima do solo, em toneladas. O R deve ser definido como zero se não houver mudanças nos padrões de alocação de biomassa abaixo do solo (Nível 1);

CF = fração de carbono da matéria seca, tonelada de carbono.

O IPCC (2016) apresentou o modelo sobre as mudanças anuais, nos estoques de carbono em madeira morta ou serapilheira, toneladas de carbono ao ano, no qual:

$$\Delta C_{\text{Dom}} = [A \cdot \frac{(DOM_{t2} - DOM_{t1})}{T}] \cdot CF$$

em que:

ΔC_{dom} = mudança anual do estoque de carbono em madeira morta em toneladas por ano;

A = área de gestão;

DOM_{t2} = madeira morta/estoque de serapilheira no momento em toneladas por ano;

$T = T_2 - T_1$ = período estimado entre o segundo e o primeiro estoque estimado;

CF = fração de carbono na madeira seca.

E ainda, o IPCC (2016) publicou um modelo, que possibilita calcular os fatores de custo de oportunidade do carbono (COC).

$$\text{COC factor} = \frac{\text{Native carbon stock } (\frac{tC}{ha}) - \text{Productive carbon stock } (\frac{tC}{ha})}{\text{total production quantity } (t)} \cdot \left(\frac{44}{12}\right)$$

em que:

COC factor = custo de oportunidade do

carbono; t = toneladas;

tC/ha = toneladas de carbono por hectare;

44/12 = peso da molécula de dióxido de carbono em relação a molécula de carbono.

Diante das publicações dessas fórmulas matemáticas, é válido considerar que o construto da metodologia de carbono negativo, demonstrado por equações matemáticas,

adotado por organizações econômicas, que integram a cadeia produtiva da indústria de base florestal, não se limita a um só modelo matemático; mas sim, a uma sobreposição de ideias que compõem o estudo.

Na primeira equação, proposta por Hong *et al.* (2021), é possível observar que o fluxo global de emissões de GEE, pelo uso da terra, está em função da: a) população; b) da produção agrícola per capita; c) da terra necessária, por unidade de produção agrícola (eficiência da terra); e d) também das emissões de GEE, por unidade de terra (GHG intensidade).

Na equação do IPCC 2022, foi possível verificar que ao invés do fluxo global de GEE, a perda anual de carbono, devido à remoção de biomassa, em toneladas de carbono, por ano, em função, não só da população, mas também das: a) remoções anuais de madeira, toras em metros cúbicos, por ano; b) da proporção de biomassa abaixo do solo para biomassa acima do solo, em toneladas; c) da fração de carbono da matéria seca; e por fim, d) da conversão de biomassa e fator de expansão, para conversão de remoções, em volume comercializável.

Já no IPCC de 2016, foi possível analisar as mudanças anuais do estoque de carbono, desta vez, em: a) madeira morta, que estão em função da área de gestão; b) da quantidade de madeira morta/estoque de serapilheira, no momento em toneladas, por ano; c) do período estimado entre o segundo e o primeiro estoque estimado; e d) por fim, da fração de carbono na madeira seca.

Por fim, ainda no IPCC de 2016, tem-se uma exploração dos custos de oportunidade do carbono, está em função das toneladas de carbono, por hectare, e do peso da molécula de dióxido de carbono em relação à molécula de carbono. Assim, é possível observar o quanto custoso tem sido a produção de carbono, dada a exploração de madeira.

A seguir, a Tabela 1, que traz os cálculos das emissões e das remoções de gás carbônico de 2020 a 2022, publicada pela empresa Suzano. Nela se vê que, em 2020, por florestas plantadas, a empresa removeu 15.168.084,52 milhões de toneladas de gás carbônico a mais do que emitiu. Em 2021, apesar de um resultado um pouco menor, mesmo assim, ainda removeu 9.319.950,56 milhões de toneladas a mais do que foi emitido, em 2022.

Ao contrário dos últimos dois anos, aqui analisados, a empresa emitiu 1.820.264,67 milhões de toneladas de gás carbônico do que removeu. Por vegetação nativa a empresa, em 2020, removeu 3.815.755,12 milhões de toneladas de gás carbônico. Em 2021 removeu 3.884.558,80 milhões de toneladas e, em 2022, removeu 3.901.016,34 milhões de litros.

Assim, por conta do que foi publicado, a empresa pode ser considerada como aquela que produz, em suas unidades fabris, o carbono negativo, pois nas somas totais a Suzano removeu mais gás carbônico do que emitiu, em 2020. Nas somas totais foram removidos 18.983.839,64 milhões de toneladas de gás carbônico a mais do que emitiu, em 2021, que removeu 13.205.000 milhões de toneladas de gás carbônico a mais do que emitiu; e, por fim, em 2022, por mais que tenha sido um valor menor, também removeu a mais do que emitiu sendo 2.080.751,67 milhões de toneladas a mais do que emitiu.

Por mais que ainda seja considerada uma empresa carbono negativo, nos dois últimos anos, os resultados apontam para uma queda em relação a remoção de gás carbônico e vem aumentando a emissão. Foram 33.063.426,44 milhões de toneladas de gás carbônico emitido, em 2020, aumentando para 44.887.590,43 milhões de toneladas emitidas, em 2022. Em 2020, removeu 48.231.510,96 milhões de toneladas de gás carbônico, diminuindo para 46.968.342,10 milhões de toneladas de gás carbônico removido, em 2022.

Portanto, é necessária uma atenção no que pode estar causando essa diminuição nas remoções de gás carbônico, pois caso continue diminuindo a cada ano, a empresa passará a emitir mais gás carbônico do que remove e não poderá ser considerada uma empresa carbono negativo, e, conseqüentemente, estará contribuindo positivamente para o agravamentos dos efeitos extremos advindos das mudanças climáticas.

Atualmente, a crise climática é um dos grandes desafios desta geração e as excessivas

emissões do gás carbônico se afirma como um dos vilões do aquecimento global. Por mais que esteja diminuindo a cada ano as remoções e aumentando a emissão de gás carbônico, a empresa ainda está no caminho de atingir sua meta, que é remover mais 40 milhões de toneladas de carbono da atmosfera, até 2025.

	2020			2021			2022
	Suzano florestas plantadas	Suzano vegetação nativa	Suzano total	Suzano florestas plantadas	Suzano vegetação nativa	Suzano total	Suzano S florestas plantadas
	tCO ₂ e		tCO ₂ e	tCO ₂ e			tCO ₂ e
Emissões biogênicas por uso da terra	33.063.426,44	n/a	33.063.426,44	35.504.588,97	n/a	35.504.588,97	44.887.590
Remoções biogênicas por uso da terra	-48.231.510,96	-3.815.755,12	-52.047.266,08	-44.824.539,53	-3.884.558,80	-48.709.098,33	-43.067.32

Tabela 1: Emissão e remoção de carbono da Suzano de 2020 a 2022.

Fonte: Relatório Suzano, 2022.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo objetivou analisar o construto da metodologia de carbono negativo adotado por organizações econômicas, que integram a cadeia produtiva da indústria de base florestal. O estudo de caso foi realizado na Empresa Suzano S/A e teve como base a coleta de dados no site oficial da empresa e no Relatório de Sustentabilidade da mesma, publicado em 2022.

Como principais resultados encontrados, há de se considerar que a literatura divulga quatro métodos matemáticos a serem utilizados pelas organizações, potencialmente poluidoras. Em outras palavras, as empresas ligadas à indústria de base florestal não utilizam de uma única metodologia ou mesmo uma equação matemática consensual, para medir a produção de carbono negativo. De qualquer forma, a partir desses quatro métodos matemáticos, a empresa *lócus* desta pesquisa relata obter resultados em todo o seu processo produtivo, ao remover mais gás carbônico do que emite.

Assim sendo, foi possível considerar que a empresa *lócus* se coloca como uma organização econômica que alcança a produção de carbono negativo, contribuindo assim, de certa forma, na diminuição das emissões excessivas dos GEE na atmosfera terrestre, portanto contribuindo com a mitigação dos eventos adversos derivados das mudanças climáticas.

Um outro ponto importante a ser destacado, é a possibilidade da empresa *lócus* elaborar Relatórios de Sustentabilidade mais completos, ao descrever apresentando as vantagens e as desvantagens dos seus dados. Assim, outras empresas poderiam espelhar seus relatórios, pois faltam algumas informações sobre o levantamento de emissões e remoções de todos os gases que compõem o GEE.

Na literatura, apesar do surgimento de mecanismos de certificação ambiental voltadas ao carbono neutro, como a PR 2060 de 2022, o Brasil carece de normas sobre o tema, ficando subordinado às regras e modelos de monitoramentos à luz dos interesses internacionais. Assim como foi verificado no presente estudo, a inexistência de uma metodologia ou mesmo uma equação matemática de consenso entre os pesquisadores brasileiros, para que possa medir, com eficácia, a produção de carbono negativo anunciada pelas empresas, potencialmente poluidoras, em especial, as empresas ligadas à indústria de base florestal.

O presente estudo teve como limitações a falta de publicações científicas voltadas especialmente para ações carbono negativo e procedimentos metodológicos voltadas para a indústria de base florestal no Mato Grosso do Sul. Tal situação pode ser compreendida como oportunidade de estudos futuros, como na obtenção de uma metodologia única ou mesmo uma equação matemática própria para o setor.

Esta pesquisa enfrentou certas limitações como o recorte temporal do estudo já que observou apenas o relatório de 2022. Além disso, a pesquisa seria mais ampla caso houvesse informações sobre todos os gases componentes do GEE como o gás metano e o ozônio. Reconhece que outras informações poderiam ser levantadas, caso houvesse a aplicação de entrevistas com os gestores da empresa *lócus*. Tais fragilidades são compreendidas também como oportunidades para o aprimoramento da pesquisa em pesquisas futuras.

Conforme os dados usados do relatório da empresa *lócus*, foram usadas quatro fórmulas matemáticas validadas pelo IPCC, para saber se a empresa consegue efetivamente registrar a obtenção do carbono negativo, em todo o seu processo produtivo. Logo, seria interessante que os próximos estudos sobre carbono negativo, elaborassem uma única fórmula para calcular e contabilizar a obtenção ou geração de carbono negativo.

O gás carbônico é um dos principais gases causadores do efeito estufa e das mudanças climáticas. Só este gás é responsável por boa parte do efeito estufa na atmosfera, cuja permanência ao redor da biota é significativa. Por esta razão, considera-se importante a implementação do carbono negativo nas práticas sustentáveis de outras empresas, pois é um ponto positivo para mitigar as mudanças climáticas.

De qualquer forma, acredita-se que os esforços empreendidos neste estudo possam

contribuir no desenho de novas políticas públicas, a fim de motivar as empresas de diversas cadeias produtivas a conseguir emissões negativas de carbono. Espera-se que este estudo possa, igualmente, contribuir com outras empresas ligadas à indústria de base florestal, para que possam contribuir com a implantação do carbono negativo, com o intuito de diminuir a crise climática.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos apoios de grande valia que receberam da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), do Programa Institucional de Iniciação Científica, da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, ligada ao Ministério da Educação (PIBIC/CAPES/MEC), bem como da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

7. REFERÊNCIAS

- ACSELRAD, H. Ambientalização das lutas sociais: o caso do movimento de justiça ambiental. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 103-120. 2010.
- ACUÑA, C. F. REPETTO, **La institucionalidad de las políticas y los programas de reducción da pobreza na América Latina**, Washington DC, p. 63, 2006. Disponível: <https://n9.cl/hyqqp>.
- AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS (EPA). Causes of Climate Change. Disponível em: <https://www.epa.gov/climatechange-science/causes-climate-change>.
- AGUILAR, C. LIMA, M. ¿Qué son y para qué sirven las Políticas Públicas? **Contribuciones a las Ciencias Sociales, septiembre 2009**. Disponível em: [ww.eumed.net/rev/cccss/05/aalf.htm](http://www.eumed.net/rev/cccss/05/aalf.htm)
- ALVIM, A. M. e HOPPE, L. Potencial de oferta de créditos negativos de carbono a partir do mercado de etanol no Brasil. **Espacios**, vol. 37, n. 15, p. 9-29, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 6023 – Informação e documentação – Referências – Elaboração**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2023.
- _____. **ABNT apresenta Prática Recomendada para auxiliar empresas na demonstração da neutralidade de carbono**. 2023. Disponível em: <https://www.abnt.org.br/noticia/2460/ABNT-apresenta-Pratica-Recomendada-para-auxiliar-empresas-na-demonstracao-da-neutralidade-de-carbono>.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO (ANPAD). **Boas Práticas de Publicação Científica: Manual para autores, revisores, editores e integrantes de corpos editoriais**. ANPAD, Curitiba (PR), atualizado para versão 2.0, EnANPAD, 2010. Disponível em: http://www.anpad.org.br/diversos/boas_praticas.pdf.
- BARBIERI, M. *et al.* Climate change and its effect on groundwater quality , 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10653-021-01140-5>.
- BÁRCENA, A., PRADO A. **Neoestructuralismo y corrientes heterodoxas en América Latina y el Caribe a inicios del siglo XXI**. Santiago do Chile, NU. CEPAL, 2015
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BARROSO, M. **La teoría de desarrollo local: Teorías y estrategias de desarrollo local**, vol. 84, Universidad Internacional de Andalucía, Sevilla, 2013, p. 487–492. [30]
- BASTOS, B. G. **A indústria da base florestal, à luz da bioeconomia sustentável: O vetor estratégico do desenvolvimento do Estado de Mato Grosso do Sul**. Dissertação. (Programa de Mestrado Profissional em Administração Pública em Rede Nacional). Escola de Administração e Negócios (ESAN). Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Campo Grande (MS), dezembro de 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/4314>.
- _____. *et al.* Bioeconomia, Economia Circular e Agroindústria 4.0: Proposições para as transições tecnológicas emergentes. **Colóquio – Revista do Desenvolvimento Regional**, 18 (1). 2022.

BESSER, T. HANSON, M. Foco no desenvolvimento econômico rural, **J. Commun. Dev. Sociedade** 35 (2) p. 1–16, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/15575330409490129>.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Proposta de reestruturação do Programa de Desenvolvimento da Faixa de Fronteira**. Brasília, DF, 2005.

CANABARRO, N. I. Sustainability assessment of ethanol and biodiesel production in Argentina, Brazil, Colombia, and Guatemala. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Volume 171, January 2023, 113019.

CANZANELLI, G. Valorición del potencial endógeno, competitividad territorial y lucha contra la pobreza, **Int. Link Serv. Eco Local. Dev. Agen.** 5 p. 1–38, 2004.

COBO, S.; *et al.* Human and planetary health implications of negative emissions Technologies. **Nature Communications**, 13 (1), 2535. 2022.

CODE OF CONDUCT AND BEST PRACTICE GUIDELINES FOR JOURNAL EDITORS. (COPE). **Code of Conduct**. 2011. Disponível em: <https://publicationethics.org/files/u7141/1999pdf13.pdf>.

CUNHA, E. J. **Atributos relevantes para o consumo de carne carbono neutro**: relação entre consumidores, aspectos intrínsecos e extrínsecos. Dissertação (Mestrado em Administração), Escola de Administração e Negócios, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, p. 40. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/bitstream/123456789/5528/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20-%20Vers%c3%a3o%20Final.pdf>.

D'AMATO, D.; *et al.* Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues, **Journal of Cleaner Production**. Biocarvão feito com resíduos é testado como condicionador de solo, vol. 168, p. 716-734, dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.053>

DEUBEL, A. N. R. **Enfoques para el análisis de las políticas públicas**. Bogotá: Universidad Nacional del Colombia, 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Biocarvão feito com resíduos é testado como condicionador de solo**, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28595289/biocarvao-feito-com-residuos-e-testado-como-condicionador-de-solo>.

EPA – AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS. **Sources of Greenhouse Gas Emissions** 2014. Disponível em: <https://climatechange.chicago.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>.

FARHAD MUKHTAROV & ANDREA GERLAK. Epistemic forms of integrated water resources management: towards knowledge versatility, **Policy Sciences**, Springer; Society of Policy Sciences, vol. 47(2), p 101-120, june. 2014.

FLORES. C.T, PÉREZ. M. G, MAZA. F. A, FLORES. K. C, **Perspectiva conceptual del desarrollo desde las teorías alternativas latinoamericanas y de los actores territoriales**. MDC Pérez (Eds.), Problemas y retos del Desarrollo en América Latina, primeira ed. Cartagena das Índias: Editorial Universitaria, p. 41–59, 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Towards Sustainable Bioeconomy Guidelines**, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/partnerships/resource-partners/investing-for-results/news-article/en/c/1030137/>.

FREY, K. **Políticas públicas**: um debate conceitual e reflexões referentes à prática da análise de políticas públicas no Brasil. Planejamento e políticas públicas, Rio de Janeiro, n. 21, p. 211-259, 2000.

GADELHA, C.; A. G; COSTA, L. **Política Nacional de Integração e Desenvolvimento das Fronteiras**: o Programa de Desenvolvimento da Faixa de Fronteira – PDF. In: G.

GIELEN, D. *et al.* The role of renewable energy in the global energy transformation. **Energy Strategy Reviews**. vol. 24, p. 38-50, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X19300082>.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas. 2017.

HANSSEN, S. V. *et al.* The climate change mitigation potential of bioenergy with carbon capture and storage. **Nature Climate Change**, 10, p.1023-1029, 2020.

HARDING, R. Ecologically sustainable development: origins, implementation and challenges. **Desalination, Haughton**, n. 187, p. 229-239, 2006.

IEA - AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Transports**. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/transport>.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **About the IPCC**. 2022. The Intergovernmental Panel on Climate Change is the United Nations body for assessing the science related to climate change, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/about/>.

IPEA - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA E ESTATÍSTICA. **Avaliação de impacto do programa de agricultura de baixo carbono no Brasil**. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10101>.

JESUS-LOPES, J. C. de; MACIEL, W. R. E.; CASAGRANDA, Y. G. Check-List dos elementos constituintes dos delineamentos das pesquisas científicas. **Revista Desafio On Line**, v. 10, n. 1, 2022.

JIANG, T; *et al.* Degradation of organic pollutants from water by biochar-assisted advanced oxidation processes: Mechanisms and applications. **Journal of Hazardous Materials**, vol 442, 15 January 2023, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130075>.

KABIR, M., *et al.* Chapter 14 - Climate change, sustainability, and renewable energy in developing economies. **Renewable Energy and Sustainability Prospects in the Developing Economies**, p. 377-415, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88668-0.00001-2>.

LO VUOLO, R. **Estilos de desenvolvimento, heterogeneidade estrutural e mudanças climáticas na América Latina**, Santiago do Chile, 2015. Disponível: <http://www.cepal.org/es/publicaciones/39752-estilos-desarrollo-heterogeneidad-estructural-cambio-climatico-america-latina>.

MAHJABEEN *et al.* Renewable energy, institutional stability, environment and economic growth nexus of D-8 countries. **Energy Strategy Reviews** 29:100484, 2023, DOI: 10.1016/j.esr.2020.100484.

MARCIANO, M. C. **O plano de gestão de logística sustentável, no âmbito dos tribunais de contas brasileiros, quanto às iniciativas vinculadas à energia elétrica e à coleta seletiva**. Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul escola de administração e negócios – ESAN. Programa de Mestrado Profissional em Administração Pública em Rede Nacional – PROFIAP.

MATO GROSSO DO SUL (MS). Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência e Inovação (SEMADESC). **Mato Grosso do Sul está alinhado com a PR 2060, norma da ABNT sobre demonstração de neutralidade de carbono**. 2023. Disponível em: <https://www.semadesc.ms.gov.br/mato-grosso-do-sul-esta-alinhado-com-a-pr-2060-norma-da-abnt-sobre-demonstracao-de-neutralidade-de-carbono/>.

MAZA, F. **Projeto de políticas públicas para a transformação das práticas agrícolas da região do Canal del Dique e Zona Costera** Colômbia, Universidade de Cádiz, 2015.7

MOURA, A. M. M. O Mecanismo de rotulagem ambiental: perspectivas de aplicação no Brasil. **IPEA**, vol. 7, p. 11-21. 2013.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA) - Global Climate Change. **Vital Signs of the Planet**. Califórnia, 2020. Disponível em: <https://climate.nasa.gov/causes>.

NEIVA, K. *et al.* Bioeconomia: um ensaio teórico sobre as dimensões das abordagens conceituais das partes interessadas. **Ciência e Natura**, v. 44, e 16, 2022.

OLIVEIRA, T. C. M. (Org.). **Territórios sem Limites: estudos sobre fronteiras**. Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 2005.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **COP 27: o que você precisa saber sobre a Conferência do Clima da ONU**. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/205789-cop27-o-que-voc%C3%AA-precisa-saber-sobre-confer%C3>

%AAnicia-do-clima-da-onu.

_____. **O que é a Rede Zero Carbono e qual a sua importância? 2023.**

Disponível em:

<https://news.un.org/pt/story/2020/12/1735052>.

_____. Onu News/Perspectiva Global e Reportagens Humanas. 2021. **Emergência Climática.**

Disponível em: <https://news.un.org/pt/tags/emergencia-climatica>.

_____. Plataforma Agenda 2030. **Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).** 2015.

Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br>.

ONYEKA, H. **Minimizing carbon footprint via microalgae as a biological capture.** Doi:

<https://doi.org/10.1016/j.ccst.2021.100007>

OSMAN, A. I.; CHEN, L.; YANG, M. *et al.* Cost, environmental impact, and resilience of renewable energy under a changing climate: a review. **Environ Chem Lett** 21, p. 741–764.

2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01532-8>

OTTO, H. R.; JESUS-LOPES, J. C. Mitigation of CH₄ emissions in sanitary landfills: An efficient technological arrangement to reduce Greenhouse gas emission. **Ciência e Natura**, v. 43, e90, p. 1-30. 2021

PENG, B. Y. **Biodegradation of polylactic acid by yellow mealworms** (larvae of *Tenebrio molitor*) via resource recovery: A sustainable approach for waste management. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125803>

PÉREZ-GONZÁLEZ, M. JIMÉNEZ-GARCÍA, M. Dinâmica territorial e economia social: uma reflexão com referência especial à Andaluzia antes dos câmbios sociais, **Rev. Estud. Empres.** p. 40–58. 2012.

PIKETTY, T., **Capital no século XXI**, Belknap Harvard, Cambridge, 2017.

RITTEL, H. W. J.; WEBBER, M. M. 1973. Dilemmas in a general theory of planning. **Policy Sciences**, 4(2), p. 155–169, 1973. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01405730>

SARAVIA, E. Introdução à teoria da política pública. *In*: SARAVIA, E.; FERRAREZI, E.

Políticas públicas. Brasília: ENAP, 2006.

SCOPUS. **Welcome to Scopus Preview.** Disponível em: <https://www.scopus.com/home.uri>.

SECCHI, L. **Accountability: uma análise sobre as práticas de governança nas universidades federais brasileiras.** 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2022.

SOUZA, C. Políticas públicas: uma revisão da literatura. **Sociologias**, Porto Alegre, n.16, p. 20-45, 2006.

SUZANO PAPEL E CELULOSE. Página Eletrônica Oficial da Suzano S/A. **Nós plantamos o futuro.** Disponível em:

<https://www.suzano.com.br/unidade-mais-eficiente-da-suzano-fabrica-em-ribas-do-rio-pardo-ms-recebera-r-193-bi-em-investimentos/>.

USP - Universidade de São Paulo. **Acidificação dos oceanos afeta animais marinhos e ameaça equilíbrio trófico.** Instituto oceanográfico.

Disponível em:

<https://www.io.usp.br/index.php/oceanos/textos/vida-e-biodiversidade/67-ingles/noticias-2/96-5-interacoes-ecologicas.html>.

VÁZQUEZ-BARQUERO, A. RODRÍGUEZ-COHARD, J. Desenvolvimento local num mundo global: desafios e oportunidades, **Reg. ciência Política Prática.** p. 1–13, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/rsp3.12164>.

VELASQUEZ, R. Hacia una nueva definición del concepto “política pública”. **Desafíos, Bogotá (Colombia)**, (20): 149-187, 2009. Disponível

em: <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/desafios/article/view/433>.

VIEIRA, K. R. Estudo do ciclo da carbonatação para captura de carbono aplicado à geração e energia. **Repertório Institucional UNESP**, 2022. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/235612>.

YIN, R. K., **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.