



Universidade de Brasília – UnB
IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS
Bacharelado em Ciências Ambientais

**AVALIAÇÃO DOS OBJETIVOS BRASILEIROS DE REDUÇÃO
DE EMISSÕES DE GEE POR MUDANÇAS DE USO DA TERRA
NA AMAZÔNIA LEGAL**

PURUSH LISBOA CAMBOIM

Brasília

2021

PURUSH LISBOA CAMBOIM

**AVALIAÇÃO DOS OBJETIVOS BRASILEIROS DE REDUÇÃO
DE EMISSÕES DE GEE POR MUDANÇAS DE USO DA TERRA
NA AMAZÔNIA LEGAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para
obtenção de grau de Bacharel em
Ciências Ambientais da Universidade de
Brasília.

Orientador: Prof. Dr. Saulo Rodrigues
Filho
Supervisora: MSc. Roberta Zecchini
Cantinho

Brasília

2021

CAMBOIM, Purush Lisboa

Avaliação Dos Objetivos Brasileiros De Redução
De Emissões De GEE Por Mudanças De Uso
Da Terra Na Amazônia Legal

Orientação: Prof. Dr. Saulo Rodrigues Filho

Supervisão: Roberta Zecchini Cantinho

41 páginas.

Projeto final em ciências ambientais – Consórcio IG/ IB/
IQ/ FACE-ECO/ CDS – Universidade de Brasília.

Brasília – DF, 2021.

Mudanças climáticas; UNFCCC; Gases de Efeito
Estufa (GEE); LULUCF; Amazônia

**AVALIAÇÃO DOS OBJETIVOS BRASILEIROS DE REDUÇÃO
DE EMISSÕES DE GEE POR MUDANÇAS DE USO DA TERRA
NA AMAZÔNIA LEGAL**

Purush Lisboa Camboim

Prof. Orientador: Saulo Rodrigues Filho

Supervisora: Roberta Zecchini Cantinho

Brasília, ____ de _____ de _____.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Saulo Rodrigues Filho (Orientador)

Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília

Prof. Dr. Andrei Domingues Cechin (Avaliador 1)

Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia da Universidade de
Brasília

RESUMO

As mudanças ambientais e o aquecimento global têm se intensificado muito com as atividades antrópicas direcionadas ao desenvolvimento econômico. Essas atividades são responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa (GEE), que, por sua vez, também dificultam o próprio crescimento econômico devido à instabilidade provocada ao meio ambiente. Essa situação trouxe grande preocupação às nações que, a partir das décadas de 1950/1960, começaram a perceber tais mudanças ambientais e se organizarem para frear a problemática causada. Em 1992, ocorreu a Rio-92, que resultou na criação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). Por meio da UNFCCC, quase todas os países (ou Partes) assumiram metas de redução de emissões de GEE, por meio do princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas, que gera equidade na distribuição dessas medidas de contenção de acordo com as diferentes contribuições históricas dos países.

Dentre os setores econômicos emissores de GEE, o setor de Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas (LULUCF) é de grande representatividade no Brasil, sendo foco da análise deste trabalho. O Brasil assumiu metas de redução de emissões desses gases para 2020 que não foram alcançadas. A partir das metas assumidas para 2025 e 2030, foi feita uma projeção a partir do histórico de dados já existentes, para avaliar a viabilidade de alcance dessas metas. Concluiu-se que, apesar dos avanços de políticas e ações de mitigação desde a criação da UNFCCC, o Brasil não se mostra capaz de atingir seus compromissos devido à fragilização da agenda climática observada nos últimos anos. Além disso, reforça-se que o setor LULUCF tem grande potencial de reverter o cenário previsto por meio de políticas públicas, observado no histórico de dados de desmatamento.

Palavras-chave:

Mudanças climáticas; UNFCCC; Gases de Efeito Estufa (GEE); LULUCF; Amazônia

ABSTRACT

Environmental changes and global warming have greatly intensified with human activities aimed at economic development. These activities are responsible for the emission of greenhouse gases (GHG), which, in turn, also hinder economic growth due to the instability caused to the environment. This situation brought great concern to nations that, from the 1950s/1960s onwards, began to notice such environmental changes and to organize themselves to curb the problems caused. In 1992, Rio-92 took place, which resulted in the creation of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Through the UNFCCC, almost all countries (or Parties) have assumed GHG emission reduction targets, through the principle of common but differentiated responsibilities, which generates equity in the distribution of these containment measures according to the different historical contributions of the countries.

Among the economic sectors that emit GHG, the sector of Land Use, Land Use Change and Forests (LULUCF) is of great representation in Brazil, being the focus of the analysis of this work. Brazil assumed goals to reduce emissions of these gases for 2020 that were not achieved. Based on the goals assumed for 2025 and 2030, a projection was made based on the history of existing data, to assess the feasibility of achieving these goals. It was concluded that, despite advances in mitigation policies and actions since the creation of the UNFCCC, Brazil is not capable of meeting its commitments due to the weakening of the climate agenda observed in recent years. Furthermore, it is reinforced that the LULUCF sector has great potential to reverse the scenario foreseen through public policies, observed in the deforestation data history.

Keywords:

Climate changes; UNFCCC; Greenhouse Gases (GHG); LULUCF; Amazon

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVO	10
3. METODOLOGIA	10
4. REVISÃO DA LITERATURA	13
4.1 Problemas ambientais, desenvolvimento sustentável e a UNFCCC	13
4.2 Brasil na UNFCCC	19
4.3 Metodologia dos inventários brasileiros para estimativa de emissões e remoções antrópicas de GEE do setor LULUCF	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
5.1 Tendências de desmatamento na Amazônia e metas da PNMC	26
5.2 Projeções de desmatamento na Amazônia para até 2030 e metas da NDC	29
5.3 Emissões de CO ₂ e metas da PNMC e da NDC brasileira.	31
6. CONCLUSÕES	34
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

As mudanças ambientais globais referem-se às variações da dinâmica natural dos processos ecossistêmicos. Os ciclos biogeoquímicos da natureza mantêm o ambiente estável para a existência de vida saudável na Terra. Assim, ocorrem alterações no sistema que atuam em nível global sobre os principais processos geológicos e biológicos e geram alterações cumulativas local e globalmente (TURNER II et al., 1990:14). No entanto, essas alterações vêm ocorrendo de forma cada vez mais acelerada devido a ações antrópicas que aumentam as emissões de gases de efeito estufa (GEE), como mudanças do uso e cobertura da terra, atividades relacionadas à industrialização e à urbanização (BUSTAMENTE, M. C *et al*, 2020). Além disso, o aumento do desmatamento reflete em uma menor captação de dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera pelas florestas por meio da fotossíntese.

O Painel Intergovernamental de Mudança Climáticas (IPCC, na sigla em inglês) define as mudanças ambientais globais como as alterações climáticas ocorridas ao longo do tempo, derivadas tanto da ação natural quanto da ação antrópica. Essas alterações provocam o aumento da temperatura e do nível do mar, a perda de biodiversidade, as alterações nos períodos de chuva e aumentam os desastres naturais (HOEGH-GULDBERG *et al.*, 2018). Nesse contexto, este trabalho trata as mudanças ambientais globais como problemas ambientais, por assumir que a sociedade, além de causadora, é vítima deste processo.

Embora problemas ambientais sejam provocados por ação humana local, em nível de país, eles se estendem a todo o planeta ou à toda a “Nave Terra”, termo cunhado por Boulding (1966). O autor elucida a realidade de que os problemas causados pelas ações antrópicas não afetam apenas a uma nação, mas sim a todas, de modo que o esforço para mitigação e adaptação deve ocorrer de forma coletiva.

Com o objetivo de tornar a concentração de GEE estável e chegar a um nível que “impeça uma interferência antropogênica perigosa no sistema climático” foi criada, em 1992, na Rio-92, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês) (MENDES, 2014, p.101). Os países desenvolvidos (Anexo I) assumiram compromissos, por meio do Protocolo de Quioto, que entrou em vigor após a ratificação de países que contribuíssem com 55% da emissão total de GEE (SISTER, 2007, p.9)

Os países desenvolvidos que aderiram à UNFCCC e ao tratado internacional do Protocolo de Quioto se comprometeram a, conjuntamente, reduzir em 5% suas emissões até 2012, quando comparadas às de 1990. Os países em desenvolvimento (Não Anexo I), como é o caso do Brasil, assumiram “responsabilidades comuns, mas diferenciadas”, uma vez que países desenvolvidos (Anexo I), historicamente, são mais responsáveis pelas concentrações atuais de gases de efeito estufa na atmosfera. Além disso, os países deveriam elaborar políticas e medidas nacionais de mitigação às mudanças climáticas (LACASTA; BARATA, 1999). Ainda assim, os Países em

desenvolvimento poderiam contribuir com a redução de emissões de GEE, por meio de ações nacionais e dos projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE GOIÁS, 2021).

Ainda dentro do período do Protocolo de Quioto, que se encerrou em 2020, o Brasil lançou de forma voluntária dois instrumentos para a redução das emissões: a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC; BRASIL, 2009), em dezembro de 2009; e as Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas (NAMAs), em janeiro de 2010. Estes instrumentos compreendem as metas de reduzir entre 36,1% e 38,9% as emissões projetadas para o ano de 2020; e reduzir entre 0,974 bilhões de tCO₂eq e 1,051 bilhões de tCO₂eq do total das emissões de GEE (MENDES, H. V. p.15-16).

Já em 2015, também no âmbito da UNFCCC, fora criado o Acordo de Paris, que entrou em vigência em 04 de novembro 2016, com metas estipuladas a partir de 2020. O acordo, diferentemente do Protocolo de Quioto, envolveu todos os países da UNFCCC, e não apenas os países desenvolvidos, para que definissem metas de mitigação de emissões. O acordo prevê em seus objetivos a contenção do aumento da temperatura em até, no máximo, 2 graus Célsius, por meio das chamadas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs, na sigla em inglês) (UNFCCC, 2020). Nas NDCs, os países apresentaram suas ações para redução de emissões de GEE, bem como as de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas e seus meios de implementação. (BUSTAMANTE et al., 2018; FYSON & JEFFERY, 2019).

Em sua NDC, o Brasil estabeleceu uma meta de redução de emissões para 2025 e um compromisso indicativo para 2030. Para 2025, a NDC prevê reduzir as emissões de GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005; e, para 2030, reduzir as emissões de GEE em 43% abaixo dos níveis de 2005 (MENDES, H. V. p.15-16). Globalmente, os principais setores da atividade humana que contribuem para a emissão de GEE na atmosfera são: energia para geração de eletricidade e calor; transporte; energia para indústria e construção; e agricultura, florestas e outros usos da terra (WRI, 2020). O setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF, na sigla em inglês) é um dos mais relevantes para a mitigação de emissões de GEE, especialmente em países em desenvolvimento. A NDC brasileira para esse setor considera estratégias de: i) reflorestamento; ii) manejo sustentável de florestas; iii) redução de desmatamento; iv) manejo de pastagens e cultivos; v) restauração de solos orgânicos (IPCC, 2014 WG3, p. 17-28).

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo geral traçar um possível cenário de emissões futuras com base no desmatamento observado na Amazônia Legal, e então, avaliar o alcance das metas da NDC concebida no Acordo de Paris, e resultados do IV Inventário Brasileiro de Emissões de LULUCF. Tais metas e resultados serão discutidos apenas com base neste possível cenário para o setor.

Para atingi-lo, estabelece como objetivos específicos os listados a seguir:

1) Avaliar a metodologia e os resultados de emissões de GEE do setor LULUCF de 1990 a 2016, a partir do Relatório de Referência setorial do IV Inventário Brasileiro de Emissões;

2) Avaliar as taxas de desmatamento de 2016 a 2020 do PRODES (Amazônia) e, a partir delas, traçar um cenário “Business as Usual” de desmatamento para os anos de 2021 a 2030.

3) Estimar as emissões de GEE associadas ao desmatamento da Amazônia Legal entre 2021 e 2030, usando as mesmas premissas do IV Inventário, para avaliar a possibilidade de atingimento das metas assumidas pelo País em sua NDC.

3. METODOLOGIA

A fim de compreender o contexto histórico e os avanços do Brasil perante a UNFCCC, a primeira etapa desse trabalho foi de revisar a literatura relacionada às mudanças climáticas e à criação da UNFCCC. Nesse contexto, foi também explicitado um panorama geral acerca do estado da arte da política nacional e internacional sobre GEE. Também são apresentados os principais acordos mundiais que evidenciam a preocupação acerca do tema, e que alcançaram o objetivo de gerar esforços de quase todas as nações do mundo para a mitigação e a adaptação às mudanças climáticas.

O Brasil estipulou metas na Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) e na NDC, de mitigação do desmatamento e das emissões de GEE para os anos de 2020, 2025 e 2030. Para compreender o histórico de emissões nacionais, este trabalho se baseou na análise do IV Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (a seguir citado apenas como “IV Inventário”), parte da 4ª Comunicação Nacional (MCTI, 2020), submetida à UNFCCC. O IV Inventário conta com uma análise detalhada de todas as fontes de emissão e remoção de GEEs de todo o sistema produtivo e econômico brasileiro. Os resultados são fragmentados por setores, sendo que o foco deste artigo foi o setor LULUCF.

Para avaliar o histórico e a tendência do desmatamento do País, foram utilizados os dados de desmatamento da Amazônia Legal apresentados pelo projeto PRODES, de responsabilidade da Coordenação-Geral de Observação da Terra do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para aferir os valores de desmatamento previstos para a Amazônia Legal nos anos de 2025 e 2030, com base nos dados obtidos de 2010 até 2020, foi utilizada a ferramenta “Previsão.ETS” do programa Excel.

Essa ferramenta calcula ou prevê um valor futuro com base em valores existentes (no histórico), usando um algoritmo de Suavização Exponencial (ETS). O valor previsto é uma continuação dos valores históricos na data-alvo especificada, que deve ser uma continuação da linha do tempo. Tal ferramenta se baseia no modelo de suavização aditiva de Holt Winters, que supõe a

presença de apenas um padrão sazonal (anual) e que este padrão não aumenta juntamente com o aumento dos níveis da série de modo que gera uma variação futura linear em adição de valores iguais dentro da série prevista (SILVA; COSTA, 2010)

Deste modo, o modelo aditivo de Holt Winters baseia-se nas seguintes equações de atualização:

$$a(t) = \alpha(Y_t - S_{T-s}) + (1 - \alpha)[\alpha(t-1) + b(t-1)], \quad 0 < \alpha < 1$$

$$b(t) = \beta[a(t) - a(t-1)] + (1 - \beta)b(t-1), \quad 0 < \beta < 1$$

$$S_t = \gamma[Y_t - a(t)] + (1 - \gamma)S_{t-s}, \quad 0 < \gamma < 1$$

A esses dados de desmatamento, então, foram associados os estoques de carbono da floresta amazônica (valor de 132,3 tC/ha), conforme descrito no Relatório de Referência do IV Inventário. Em seguida, o carbono foi convertido para dióxido de carbono (CO₂), para estimar as emissões brutas associadas a este desmatamento. A lógica de cálculo aplicada é representada na Figura 1.



Figura 1. Metodologia de cálculo de emissões com base nas áreas desmatadas.

Finalmente, esses resultados foram discutidos com relação à política ambiental vigente e ao impacto que as mudanças ocorridas nesta política, nos últimos anos, podem ter no atingimento das metas nacionais retratadas pela NDC.

A seguir é apresentado um panorama geral dos principais documentos que nortearam a elaboração desse trabalho.

- *IV Inventário Nacional Gases de Efeito Estufa*: O Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE não Controlados pelo Protocolo de Montreal é um capítulo integrante da Comunicação Nacional do Brasil à UNFCCC. Os resultados apresentados por ele formam a base de dados oficial do Brasil. Enviado periodicamente, o Inventário Nacional concentra todas as informações oficiais de emissões e remoções de GEE relativas a cinco setores, que contemplam as atividades antrópicas no país: Energia; Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU, na sigla em inglês);

Agropecuária; LULUCF; e Resíduos. Cada setor possui subsetores, categorias e subcategorias que abrangem mais de 100 atividades. Os resultados são disponibilizados para consulta no Sistema Nacional de Registro de Emissões (SIRENE), plataforma online desenvolvida e mantida pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) (BRASIL, 2020).

- *Relatório de Referência Setorial*: O Relatório de Referência é um documento que compõe o Inventário Nacional, também disponibilizado na plataforma SIRENE. Os documentos descrevem de maneira transparente o detalhamento metodológico utilizado para se chegar aos resultados inventariados, com indicação de fontes de dados e premissas adotadas acerca dos setores (BRASIL, 2020).
- *PRODES*: O projeto PRODES realiza o monitoramento por satélite do desmatamento por corte raso na Amazônia Legal e produz, desde 1988, as taxas anuais de desmatamento na região. As taxas anuais são estimadas a partir dos incrementos de desmatamento identificados em cada imagem de satélite que cobre a Amazônia Legal. Os dados consolidados são apresentados no primeiro semestre do ano com as informações do ano anterior. O PRODES utiliza imagens de satélites da classe LANDSAT (20 a 30 metros de resolução espacial e taxa de revisita de 16 dias) buscando sempre minimizar o problema da cobertura de nuvens. As imagens do satélite americano LANDSAT-5/TM foram as mais utilizadas pelo projeto, mas as imagens CBERS-2/2B, satélite do programa sino-brasileiro de sensoriamento remoto, também foram bastante usadas. O projeto também fez uso de imagens LISS-3 do satélite indiano IRS-1 e das imagens do satélite inglês UK-DMC2. Atualmente, faz uso massivo das imagens do LANDSAT 8/OLI, CBERS 4 e IRS-2. Independente do instrumento utilizado, a área mínima mapeada sempre é de 6,25 hectares. Os dados do PRODES são considerados os mais confiáveis nacional e internacionalmente, de tal modo que subsidia o planejamento de políticas públicas de desmatamento na Amazônia (BRASIL, 2020).

O fluxograma da Figura 2 indica as etapas realizadas nesse trabalho.



4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1. Problemas ambientais, desenvolvimento sustentável e a UNFCCC

Segundo Viola (2007) existem dois níveis de problemas ambientais. O primeiro nível refere-se aos que se estendem a um horizonte local, porém, com potencial de expansão, chamados problemas parciais. São eles: chuvas ácidas, desertificação, disposição de resíduos tóxicos, ilhas de calor e esgotamento das reservas de água doce. Já os problemas plenos, de abrangência mundial, são: diminuição da camada de ozônio, mudanças climáticas, perda de biodiversidade, e poluição dos mares e oceanos.

O processo de degradação ambiental teve início desde os primórdios do que podia se chamar de desenvolvimento, quando o homem pré-histórico já impunha transformações ao ambiente em que vivia, trazendo, mesmo que, à época, de forma lenta, desequilíbrios ao seu habitat (REDMAN, 1978). A relação homem-natureza começou pela simples necessidade de alimentação, com a caça e a pesca, passando pelo domínio do fogo e, conseqüente desmatamento. Em seguida, surge a possibilidade de deixar o nomadismo, o que gerou crescimento e intensificação da alteração do habitat e da paisagem por meio da agricultura, criação de animais, irrigação e pequenas construções. Este período sedentário possibilitou formação de grandes civilizações que, valendo-se de uma boa gestão ambiental, desenvolviam-se paralelamente à criação das técnicas e tecnologias de utilização dos recursos naturais para suprimento das necessidades (BURSZTYN e BURSZTYN, 2012 P. 68).

Ainda segundo BURSZTYN e BURSZTYN (2012), o advento de novas tecnologias e a apropriação dos recursos naturais proporcionam a celeridade dos processos sociais pela permissão de novos meios de produção e do crescente aumento demográfico. O advento tecnológico está concatenado ao aumento da transformação da natureza. Desta forma, as revoluções industriais marcaram um aumento enorme na escala de mudanças ambientais. No setor energético, isso perpassou pela utilização de carvão vegetal, o que devastou diversas áreas de florestas, até chegar na utilização dos produtos não renováveis, como carvão mineral e posteriormente petróleo. As áreas florestais foram convertidas em pastagens para alimentar animais utilizados na indústria como fonte de tração e no transporte. Esse processo de transformações tecnológicas marca o início da emissão do carbono estocado no subsolo para a atmosfera (BURSZTYN e BURSZTYN, 2012).

Neste contexto de degradação ambiental e preocupação acerca da manutenção da cadeia produtiva, começam a emergir a partir do final do século XIX e início do século XX, organizações de alguns setores da sociedade civil que levantam a bandeira da conservação e preservação, tendo em vista as mudanças na natureza e no clima. Também houve as duas grandes guerras que marcaram destruições ambientais em massa nunca vistas. Em especial a

segunda, onde houve uma utilização intensa de recursos naturais para produção de armamentos e o lançamento das bombas incendiárias e atômicas (VINDT, apud, BURSZTYN e BURSZTYN, 2012 P. 66 2005).

A década de 40 foi ambiente de diversas reuniões internacionais a fim de promover a conservação da natureza. Dentre elas, houve em 1948 a mais importante da época: a primeira conferência científica das Nações Unidas sobre Conservação e Utilização de Recursos Naturais. Como desdobramento desse encontro, foi criada, no mesmo ano, a União Internacional Pela Conservação da Natureza (IUCN), com a missão de promover a preservação do ambiente natural e o conhecimento por meio de educação, pesquisa científica, legislação e da coleta, análise e divulgação de dados (MCCORMICK, 1992).

Já entre 1950 e 1960, segundo BURSZTYN e BURSZTYN (2012), houve uma série de eventos catastróficos que trouxeram nitidez quanto ao fato de que o planeta Terra estava passando por mudanças devido ao modelo de desenvolvimento adotado. Estes eventos causaram morte, e trouxeram danos a milhares de pessoas. Em 1952, houve a inversão térmica em Londres, que provocou concentração de poluentes e causou a morte de quatro mil pessoas em cinco dias. Na Holanda, uma maré alta provocou a morte de 1400 pessoas em 1953 e, em 1967, o vazamento de um petroleiro provocou uma mancha negra no oceano de centenas de quilômetros e uma enorme perda biológica. Esses foram alguns casos que trouxeram um certo frenesi acerca da preocupação com o meio ambiente e motivaram o ciclo de conferências internacionais sobre o tema.

Em 1968, houve a Conferência da Biosfera, em Paris, que trouxe aspectos científicos quanto à conservação da biosfera e chegou a um resultado importante no sentido de que a aceleração do crescimento populacional, da urbanização e da industrialização eram causas principais da deterioração do meio ambiente (MCCORMICK, 1992). Esta conferência precedeu a Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente Humano, ou, como ficou conhecida, Conferência de Estocolmo.

Para a Conferência de Estocolmo, ocorreram algumas reuniões preparatórias e, uma destacável, foi o Painel de Peritos em Desenvolvimento e Meio Ambiente, realizado em 1971, em Founex, Suíça. Nessa reunião, amadureceu-se a ideia de que o meio ambiente não deve ser um empecilho ao desenvolvimento, mas sim pertencer a ele, assim como a dimensão econômica e social. A política desenvolvimentista deve abarcar essas três questões (IVANOVA, 2007). O relatório dessa reunião resguarda a importância do crescimento econômico, porém com maior ênfase social, e de modo a evitar a degradação ambiental. Defende também que os países em desenvolvimento sigam um caminho diferente dos países já desenvolvidos, evitando os efeitos secundários do desenvolvimento: o esgotamento do estoque dos recursos ambientais, a contaminação ambiental e a deterioração social. O relatório afirmou que o subdesenvolvimento e a pobreza fossem causar a maioria dos problemas ambientais e isso incentivou muitos países em desenvolvimento a participarem da Conferência de Estocolmo no ano seguinte (BURSZTYN e BURSZTYN, 2012).

A Conferência de Estocolmo, então, teve por objetivo minimizar os problemas de poluição pela indústria e do crescimento demográfico e urbano, além de estimular a participação internacional na contenção da poluição aérea, aquática e terrestre, evitando aos países em desenvolvimento os problemas acometidos aos desenvolvidos. Para os países em desenvolvimento, porém, essas preocupações eram secundárias, uma vez que se preocupavam apenas com sua liberdade e direito de manter a exploração dos recursos para garantir o crescimento econômico, de forma que, para eles, a maior poluição seria a miséria (BURSZTYN e BURSZTYN, 2012). O principal produto da Conferência foi o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que tinha o objetivo de gerar informações ambientais, realizar programas de avaliação e fortalecer a cooperação internacional para solucionar problemas como a poluição transfronteiriça (SPETH & HAAS, 2006). A conferência representou o início do alcance de alguns objetivos para o meio ambiente, tais como a definição de orientações para subsidiar a formulação de políticas de proteção ambiental, e o ganho de espaço para que o tema fosse debatido de forma legítima nos meios de comunicação nacionais (BURSZTYN e BURSZTYN, 2012).

As décadas de 70 e 80 foram marcadas por uma grande quantidade de catástrofes ambientais, embora houvesse um protagonismo intenso do PNUMA na convocação de três convenções internacionais na década de 70: a convenção sobre Assentamentos Humanos (Habitat), em Vancouver, Canadá, em 1976; Gestão de Recursos Hídricos, em Mar del Plata, na Argentina, em 1977; e Desertificação, em Nairóbi, Quênia, em 1977. A grande quantidade de catástrofes citadas a seguir, incentivou o mantimento dessas organizações internacionais para a conservação; são elas: i) em 1976, o acidente industrial com emissão de enorme quantidade de dioxina em Seveso na Itália (esse acidente ocasionou a criação da Diretriz da Comunidade Europeia sobre o controle de acidentes industriais perigosos); ii) em 1978, o lançamento de 230.000 toneladas de petróleo no mar pelo petroleiro Amoco Cádiz; iii) em 1984, uma usina fabricante de pesticidas em Bhopal, Índia emitiu um gás tóxico que ocasionou a morte de 3.500 pessoas; iv) em 1986, houve o emblemático acidente nuclear de Chernobyl, na Ucrânia, onde estima-se a morte de 30.000 a 60.000 pessoas por câncer; e v) em 1989, no Alasca, o petroleiro Exxon Valdez lançou no mar 40.000 toneladas de petróleo, poluindo uma região de grande fragilidade (BURSZTYN e BURSZTYN, 2012).

Todo esse cenário desastroso que permeava a época serviu de incentivo para a criação, em 1980, do Relatório Global 2000 e da Estratégia Mundial para a Conservação, que tiveram notável importância na redução da dicotomia entre desenvolvimento e meio ambiente (LEPRESTRE, 2005).

O Relatório Global 2000 se apresentou como um documento de caráter científico que demonstrava projeções para os anos 2000 com base nos acontecimentos e dados existentes à época. As projeções que trataram de economia, meio ambiente, recursos naturais e demografia concluíram que o mundo seria mais vulnerável à desastres naturais, mais poluído, mais populoso, teria menos disponibilidade de recursos naturais e contaria com maior desigualdade econômica. Já a Estratégia Mundial para a Conservação foi elaborada pela IUCN, com apoio da Organização das Nações Unidas para a

Alimentação e a Agricultura – FAO, do Fundo Mundial para a Natureza – WWF e da Organização das Nações Unidas para a Educação a Ciência e a Cultura – UNESCO. Esse documento conta com sugestões de diretrizes para serem adotadas pelos países de modo a promover o desenvolvimento sustentável e foi o primeiro documento que tratou do termo desenvolvimento sustentável que mais tarde fora popularizado pelo Relatório de Brundtland (BURSZTYN e BURSZTYN, 2012).

Outro exemplo da importância do protagonismo do PNUMA foi a criação da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), em 1983, que se propunha a diagnosticar os problemas ambientais e de desenvolvimento, propondo novas formas de cooperação e de uma atuação mais marcante pela comunidade internacional. Após cinco anos de trabalho da Comissão, foi publicado o Relatório de Brundtland, como ficou conhecido, ou o Relatório Nosso Futuro Comum, que continha preocupações comuns, problemas comuns e esforços comuns. O Relatório trouxe maior atenção na ligação entre meio ambiente e desenvolvimento, trazendo a perspectiva de futuro para as ações humanas, levando em consideração as divergências de necessidade entre os países chamados de terceiro mundo e dos países desenvolvidos e explorando a conciliação das dívidas entre os países Norte-Sul. Além de explorar os assuntos ambientais setoriais como população, recursos naturais disponíveis ao longo prazo e preservação de espécies e de ecossistemas, o Relatório também apontou o fato da necessidade de uma redistribuição mundial dos recursos financeiros, científicos e tecnológicos, com o objetivo da preservação.

Em junho de 1992, no Rio de Janeiro, ocorria a Conferência das Nações Unidas pelo Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD). Essa Conferência foi um marco histórico na forma como as instituições e a população mundial encaravam o desenvolvimento econômico (JORNAL, Senado em Discussão, 2021). Foi nesse momento que a humanidade assumiu como primordial a conservação da natureza para uma economia que perdurasse ao longo do tempo, tendo em vista os recursos finitos que a movimentam e difundindo, assim, o conceito de Desenvolvimento Sustentável (CNUMAD, 1992).

“O Conselho de Administração acredita ser sustentável o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades. Desenvolvimento sustentável tampouco implica transgressão alguma ao princípio de soberania. O Conselho de Administração considera que a consecução do desenvolvimento sustentável envolve cooperação dentro das fronteiras nacionais e através daquelas. Implica progresso na direção da equidade nacional e internacional, inclusive assistência aos países em desenvolvimento de acordo com seus planos de desenvolvimento, prioridades e objetivos nacionais. Implica também a existência de meio econômico internacional propício que resulte no crescimento e no desenvolvimento. Estes são elementos da maior relevância para o manejo sadio do meio ambiente. Desenvolvimento sustentável implica ainda a manutenção, o uso racional e valorização da base de recursos naturais que sustenta a recuperação dos ecossistemas, e o crescimento econômico. Desenvolvimento sustentável implica, por fim, a incorporação de critérios e considerações ambientais na definição de políticas e de planejamento de desenvolvimento e não representa uma nova forma de condicionalidade na ajuda ou no financiamento para o desenvolvimento.”

O ano de 1992 foi o subsequente ao término da guerra fria, período de grande tensão e polarização mundial, com pequenos conflitos espalhados por todo o planeta. Nesse contexto, a ocorrência da CNUMAD iniciou um processo de grandes conferências internacionais que tratavam de temas interfronteiriços conciliados pela Organização das Nações Unidas (ONU). Nessa conferência, participaram 187 estados e 35 Organizações não governamentais, sendo assim o maior evento deste segmento sediado no Brasil, e que representou ativismo nacional perante o mundo (CPDOC, 2010).

A Rio-92 foi organizada pelo Programa Nacional para o Meio Ambiente (PNUMA), que foi um produto da conferência que a precedeu, a Conferência de Estocolmo (1972). A Conferência de Estocolmo, apesar de ter sido a primeira expressão da conscientização acerca da conservação ambiental, impulsionada pelo parecer do “Limits to growth”, teve sua abrangência de assuntos inibida pelo forte unilateralismo presente à época entre Norte-Sul e Leste-Oeste, mesmo tratando de assuntos de interesse mundial (CPDOC, 2010).

Na CNUMAD, ou simplesmente Rio-92, foram assinadas duas convenções internacionais: a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês), e a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB). Estes instrumentos internacionais surgiram apoiados por dois comitês intergovernamentais de negociação: o primeiro sobre alterações climáticas (Resolução nº 45/212, de 1990) e o segundo sobre conservação e uso racional da diversidade biológica determinado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). As convenções citadas são compromissos internacionais que integram as ações definidas na Agenda 21, principal produto da Rio-92. A Agenda 21 contempla cem programas de ações em quatro seções e 40 capítulos em mais de quinhentas páginas, um documento multilateral marcante (CPDOC, 2020).

A interação entre a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (PNUMA) levou à criação do Painel intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC), em 1988. O IPCC fornece periodicamente as literaturas mais confiáveis acerca das mudanças climáticas, a partir dos dados de bases científicas emitidos pela OMM e pelo PNUMA. Estes relatórios, por sua vez, são produzidos por cientistas do mundo todo em uma organização de três grupos: o primeiro é a base científica física, o segundo sobre impacto vulnerabilidade e adaptação e o terceiro sobre mitigação da mudança climática (MENDES, 2014, p. 92-93; UNFCCC, 2020).

Os relatórios produzidos pelo IPCC são uma grande referência para os formuladores de políticas públicas e, especificamente o primeiro relatório (IPCC, 1990), conformando uma iniciativa que deu base para a formulação da UNFCCC que, apesar de ter sido firmada na Rio-92, entrou em vigor apenas em 21/03/1994 (MENDES, 2014, p. 101). Desde então, 197 países, chamados “Partes”, já aderiram à UNFCCC. Quando a UNFCCC entrou em vigor, não se tinham tantas comprovações de que a atividade antrópica tinha relação causal

com as mudanças climáticas. Dessa forma, foi levado como exemplo o Protocolo de Montreal (1987), que estabeleceu que os membros deveriam agir em prol da segurança humana, independentemente da incerteza científica. Hoje, com os tantos países signatários da UNFCCC, se torna clara a importância do assunto em âmbito internacional (UNFCCC, 2020).

A UNFCCC considera que os países mais desenvolvidos tiveram uma parcela maior na contribuição de emissões de GEE e tem, portanto, responsabilidade maior com relação aos demais. Estes são os países integrantes do grupo Anexo I (uma das divisões presentes na UNFCCC). A Conferência das Partes (COP) é o Órgão supremo da UNFCCC e, portanto, estipula as regras de mitigação e monitora o cumprimento delas. Ao fazer essas estipulações, a COP vale-se de alguns critérios para ter uma equidade equilibrada, são eles: fatores regionais, desenvolvimento econômico, nível de responsabilidade histórica pelas emissões, capacidade financeira e institucional para lidar com o problema, e nível de vulnerabilidade às mudanças climáticas. Deste modo, é acometida às partes do Anexo I uma responsabilidade maior frente ao combate às mudanças climáticas (MENDES, 2014, p. 131/132; UNFCCC, 2020).

Dentre os instrumentos aprovados no domínio da UNFCCC, se destaca o Protocolo de Quioto. Adotado em 11 de dezembro de 1997, o protocolo passou por um complexo processo de negociações e entrou em vigor apenas em 16 de fevereiro de 2005. 192 países aderiram ao Protocolo.

O Protocolo de Quioto, resumidamente, é o instrumento que operacionaliza as metas da UNFCCC, segregando os países em industrializados e nas chamadas economias em transição de modo que estes comprometem-se a limitar e reduzir as emissões de GEE de acordo com limites individuais e com os critérios supracitados. Vale-se do princípio de “responsabilidades comuns, mas diferenciadas e respectivas capacidades”, que impõe a 37 países desenvolvidos uma carga maior de responsabilidade pelas reduções de emissões. O objetivo do Protocolo é o de reduzir em média 5,2% dos níveis de emissões de GEE até 2012 (primeiro período) (UNFCCC).

Em 8 de dezembro de 2012, foi celebrado um segundo compromisso ao Protocolo de Quioto, que se estenderia de 2013 a 2020: a Emenda de Doha. Nessa emenda, os países signatários assumiram o compromisso de reduzir em até 18% a emissão de GEE, quando comparada a 1990 (UNFCCC).

O Protocolo de Quioto foi extremamente importante, mas seu arcabouço envolveu apenas os países desenvolvidos e, devido a isso, foi criado outro instrumento fundamental para englobar todas as partes em esforços direcionados ao combate às mudanças climáticas: o Acordo de Paris. O Acordo foi adotado em 2015 e entrou em vigor em 4 de novembro de 2016, trinta dias após, quando, pelo menos 55 países alcançavam no mínimo 55% das emissões de GEE e incluíam seus respectivos termos de aceitação do acordo. Até o presente, 189 países já ratificaram o acordo.

O principal objetivo do Acordo de Paris é fazer com que haja uma unificação da resposta às mudanças climáticas e aos problemas gerados por ela,

se firmando na intenção de manter o aumento da temperatura abaixo de 2 graus Célsius acima dos níveis pré-industriais e limitando esse acréscimo a, preferencialmente, 1.5 graus Célsius. Para isto, todos os países devem instaurar intensas transformações econômicas e sociais e direcionar esforços, utilizando as Contribuições Nacionalmente Determinadas (da sigla em inglês *Nationally Determined Contributions* - NDCs). A NDC é a contribuição que cada país dará, informando suas intenções para mitigação de emissões. As intenções brasileiras foram desenvolvidas no âmbito da PNMC e das NAMAs, sendo de suma importância que o Brasil conte com mecanismos para o monitoramento da execução dessas ações e das reduções de emissões delas decorrentes (MENDES, H. V., 2020). As NDCs devem ser apresentadas em ciclos de 5 anos, de forma a manter a transparência das ações tomadas, tanto de mitigação de emissões como de resiliência adaptação aos impactos do aumento das temperaturas (UNFCCC, 2021). O reporte do cumprimento das metas à UNFCCC é feito pela: i) Comunicação Nacional e pelos ii) relatórios bienais de atualização (BUR, na sigla em inglês) (MENDES, H. V., 2020).

A Comunicação Nacional contempla as circunstâncias nacionais, avaliações de impacto, vulnerabilidade e adaptação e o Inventário Nacional de emissões antrópicas de GEE.

Os BURs, por sua vez, relatam sobre a implementação das NAMAs, necessidade de apoio e apoio recebido. Além disso, apresentam suas contribuições com um período menor de atualizações em uma abordagem qualitativa e quantitativa em seu monitoramento, sem aprofundamento maior nas ações diretas de contenção. Portanto, faz-se necessário considerar outros documentos que completem a análise (MENDES, H. V., 2020).

4.2. Brasil na UNFCCC

O Brasil, até 2020, submeteu quatro Comunicações Nacionais e três BURs. A Primeira Comunicação do Brasil foi publicada em 2004, quando o país reportou as estimativas de emissões de GEE de 1990 a 2004 (BRASIL, 2004). A Segunda, em 2010, atualizou as estimativas até 2005 (BRASIL, 2010). A Terceira foi lançada em 2016, com atualização das estimativas para 2010 (BRASIL, 2016). Em 31 de dezembro de 2020, foi lançada a Quarta Comunicação, que atualizou os dados para 2016 (BRASIL, 2021).

O Brasil publicou o primeiro BUR em 2014, e nele aferiu as estimativas de emissões até 2010 (BRASIL, 2014). O segundo foi emitido em 2017, e apresentou as estimativas de emissões até 2012 (BRASIL, 2017); o terceiro foi apresentado com estimativas de emissões de GEE até 2015 (BRASIL, 2019).

Para que os compromissos voluntários do Brasil fossem alcançados, o art. 11, parágrafo único da Lei nº 12.187/2009 e o art. 3º do Decreto nº 7.390/2010 bem como sua ratificação, decreto 9.578/2018 contam com a criação de planos de ação setoriais com indicadores e metas específicas. Sendo assim, os planos setoriais (mudança do uso da terra e florestas; energia; agropecuária; e processos industriais) servem de apoio aos compromissos assumidos no plano

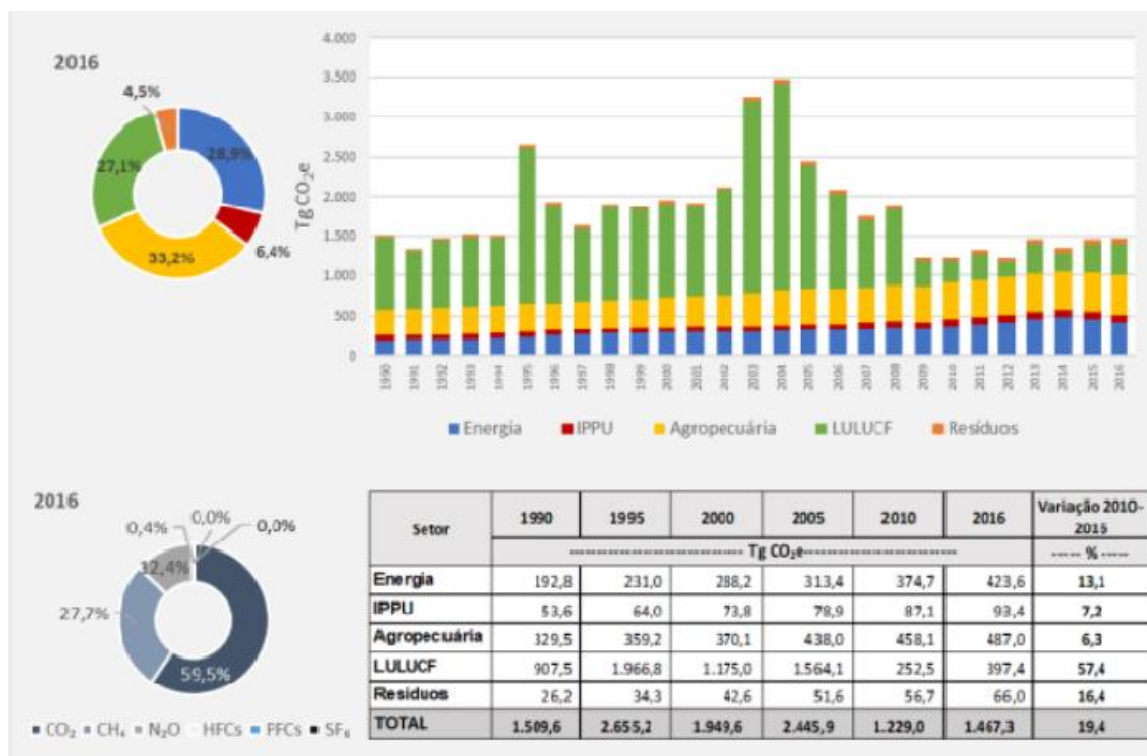
interno e os compromissos assumidos junto à UNFCCC. Destacam-se os seguintes planos:

- Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal – PPCDAM;
- Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento no Cerrado – PPCerrado;
- Plano Decenal de Energia – PDE;
- Plano de Agricultura de Baixo Carbono – Plano ABC;
- Plano de redução de emissões da Siderurgia (apenas o sumário executivo foi elaborado).
- Plano Setorial de Mitigação da Mudança Climática para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação - Plano Indústria;
- Plano de Mineração de Baixa Emissão de Carbono – PMBC;
- Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação da Mudança do Clima – PSTM;
- Plano Setorial da Saúde para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima.

O Inventário Brasileiro de emissões de GEE, apresentado periodicamente como parte da Comunicação Nacional, informa estimativas de emissões antrópicas de gases não controlados pelo Protocolo de Montreal (CFCs e HCFCs). Deste modo, estão presentes no inventário os gases: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e o hexafluoreto de enxofre (SF₆). Também os gases de efeito indireto, que influenciam na concentração de alguns GEE, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e outros compostos orgânicos voláteis não metano (NMVOCs). Tais levantamentos são individualizados pelos setores: Energia; Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU); Agropecuária; LULUCF; e Resíduos. As remoções apenas são contabilizadas no setor LULUCF por meio do estoque de carbono inerente ao crescimento vegetativo (BRASIL, 2020).

O IV Inventário contou com a participação de aproximadamente 185 instituições e mais de 300 especialistas de todas as regiões do país. O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), com a gerência da Coordenação-Geral da Ciência do Clima e Sustentabilidade (CGCL), se responsabiliza pela fazedura do Inventário e exerce atuação importante na coordenação dos grupos de trabalho contribuintes com a obtenção dos dados unificados por setor. Boa parte da comunidade científica e empresarial brasileira, das instituições governamentais, associações de classe e organizações do terceiro setor, universidades e centros de pesquisa também contribuíram com o inventário por meio da representação da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA) (BRASIL, 2020).

Na Figura 3 são apresentados os resultados do IV Inventário, de 1990 a 2016, em Tg de CO₂e¹:



fonte: (BRASIL, IV Inventario de Emissões de GEE, 2020)

Figura 3. Resultados do IV Inventário de Emissões.

Destaca-se a redução significativa do setor LULUCF a partir de 2005, principalmente devido ao Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm). Este plano, criado em 2004 e extinto em 2019, teve por objetivo reduzir continuamente o desmatamento, criando assim meios para haver transição para um modelo de desenvolvimento sustentável na Amazônia Legal. Partiu do princípio de que a complexidade do combate a redução do desmatamento nesta área fazia-o ser, necessariamente, conduzido de forma descentralizada, com esforços de diversos setores do governo. Em seu surgimento foi coordenado pela Casa Civil do governo federal e, a partir de 2013, pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), e contou com mais de dez ministérios para sua execução. As ações de combate as causas do desmatamento eram planejadas em torno de três eixos principais: (i) ordenamento fundiário e territorial, (ii) monitoramento e controle ambiental e (iii) fomento às atividades produtivas sustentáveis (BRASIL, 2016).

Outro plano que também vale a pena ser recordado é o Plano ABC, instituído em 2010, que recuperou 23 milhões de hectares de pastagens

¹ CO₂eq: Carbono equivalente é um conceito usado para representar todos os gases do efeito estufa em uma única unidade, viabilizando o mercado de carbono. Para tal, é utilizado o potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential - GWP*, na sigla em inglês) dos demais gases, os seja sua capacidade de reter calor na atmosfera em um determinado tempo, e normalizado para a capacidade de retenção de calor do CO₂.

degradadas. Este último não teve sua contabilidade total nos Inventários Brasileiros por restrições metodológicas (BRASIL, 2020).

O setor LULUCF apresenta as emissões e remoções antrópicas considerando os seguintes subsetores, ou categorias de Uso ou Cobertura da Terra: Floresta, Agricultura, Campo e Pastagem, Área Alagada, Assentamento, Outra Terras e Produtos Florestais Madeireiros, de acordo com as diretrizes do IPCC 2006. As emissões ou remoções de GEE estão então associadas à dinâmica de uso e cobertura da terra, além dos produtos florestais madeireiros produzidos pelo País (BRASIL, 2020).

Em 2016, o CO₂ participou com 92% das emissões líquidas do setor LULUCF, ao passo que o CH₄ e o N₂O corresponderam com 5% e 3% respectivamente (dados líquidos, após contabilizadas todas as contribuições por subsetor). Nesse ano, o subsetor Campo e Pastagem contribuiu com 640.377 Gg CO₂e (dados brutos do setor), enquanto a maior fonte de sequestro foi derivada do subsetor Floresta, que participou com -347.821 Gg CO₂e (dado bruto do setor) (BRASIL, 2020). Desta forma vemos o quão prejudicial é o desmatamento para mudanças no uso da terra, sendo ele a principal fonte de emissões do setor.

O bioma Amazônia cobre 49,5% do território nacional e, na quase totalidade de seu território, abriga a Floresta Ombrófila Densa, vegetação típica de clima úmido, e a Floresta Ombrófila aberta, segundo tipo de vegetação mais comum. Este tipo de vegetação abriga altas concentrações de biomassa. No ano de 2016, a categoria Floresta Permanecendo Floresta contribuiu com 89% de toda a remoção de CO₂ atmosférico ficando o restante para a categoria Floresta Plantada (BRASIL, 2020). Isso quer dizer que áreas protegidas dentro de UCs e TIs são de vital importância para a contínua remoção de CO₂ atmosférico, reforçando aqui a necessidade de manter e aumentar áreas de preservação florestal.

Segundo dados do Relatório de Referência do IV inventário, o bioma Amazônia tem perdido sua área florestada principalmente para a classe Pastagem. Até 2016, o Bioma perdeu 8% de cobertura da classe Floresta e a classe Pastagem e Agricultura contaram com aumento de 87 e 850% respectivamente. Destaca-se também a dificuldade no monitoramento e mapeamento do bioma devido à alta presença de nuvens.

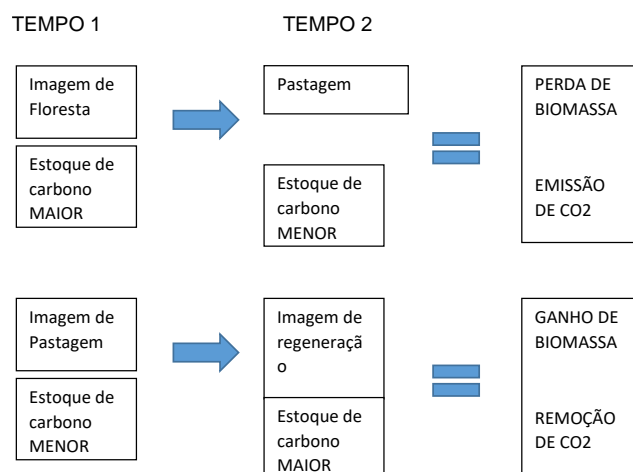
Além disso, o bioma Amazônia foi responsável por 34% das emissões do setor LULUCF no período de 2010 a 2016, o que destaca a relevância desse bioma nas emissões nacionais. Devido à grande contribuição desse bioma nas emissões do setor, à disponibilidade de dados de desmatamento para esse bioma e às metas assumidas nos compromissos do país para essa região, esse trabalho focou as análises nesse bioma (BRASIL, 2020).

4.3. Metodologia dos inventários brasileiros para estimativa de emissões e remoções antrópicas de GEE do setor LULUCF

Todas as estimativas de emissões e remoções de GEE por mudanças antrópicas no uso e cobertura da terra foram inventariados com base nas guias metodológicas do IPCC de 2006, e foram recalculadas as emissões dos inventários anteriores, a fim de se obter dados consistentes ao longo da série histórica (IPCC, 2006, apud BRASIL, 2020).

As emissões de CO₂ por mudança de uso ou cobertura da terra ocorrem quando há uma perda de carbono, por exemplo, a conversão de uma área Florestal para uma área de Campo e Pastagem. Já as remoções por sumidouros de CO₂ ocorrem quando há ganho de carbono, a exemplo de uma área de campo ou pastagem convertida em uma área de reflorestamento (Figura 4). Também são estimadas as emissões de CH₄ e N₂O e GEEs indiretos (CO e NO_x), derivados da queima de biomassa durante o processo de conversão de uso ou cobertura da terra (BRASIL, 2020). Além disso, podem ocorrer emissões e remoções de CO₂ por Produtos Florestais Madeireiros, produtos manufaturados/processados após a colheita legal da madeira (IPCC, 2006). Esses são produtos vindos de produção, exportação e importação de madeira de acordo com o banco de dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) (BRASIL, Relatório de Referência, 2020).

O balanço entre as emissões brutas de CO₂ e de gases não-CO₂ e das remoções brutas de CO₂ por mudança do uso e cobertura da terra, manejo do solo e por produtos florestais madeireiros geram o resultado de emissões ou remoções totais líquidas do setor. Esse trabalho focou em avaliar apenas as emissões brutas de CO₂ associadas à mudança de uso e cobertura da terra.



FONTE: o autor

Figura 4. Exemplos de mudança de uso e cobertura da terra e emissões ou remoções associadas.

As conversões no uso da terra de todo o território brasileiro para estimar as emissões e remoções são identificadas com base no monitoramento periódico de imagens de satélite. Dessa forma, conforme descrito a seguir, são produzidos

mapas e, a partir do cruzamento desses mapas, é possível identificar a conversão de uso ou cobertura, estimando as emissões e remoções, por bioma.

O banco de dados espaciais utilizado para o IV Inventário de LULUCF é composto pelas seguintes camadas de informação:

- limites geográficos de Unidades Federativas e municípios,
- limites dos biomas,
- mapa de carbono orgânico do solo,
- mapa de áreas protegidas (unidades de conservação e terras indígenas),
- mapa da vegetação natural pretérita, com estoque de carbono associado,
- mapas de uso e cobertura da terra de 1994, 2002, 2005 (Amazônia), 2010 e 2016.

O cruzamento de todos esses dados geoespaciais gerou mais de 23 milhões de polígonos que representam as mudanças no uso da terra (ex: floresta > pastagem > reflorestamento). A partir desse cruzamento, foi possível gerar as matrizes de conversão de uso e cobertura da terra para os períodos mapeados (1994-2002; 2002-2010; 2010-2016) (BRASIL, 2020)

Segundo as guias do IPCC 2006, as emissões e remoções devem ser contabilizadas apenas para as “áreas manejadas” do País. As “áreas manejadas” são aquelas onde “as intervenções e práticas humanas foram aplicadas para realizar funções produtivas, ecológicas ou sociais”. Sendo assim, áreas como pastagem, reflorestamento e agricultura seriam consideradas “manejadas” e teriam, portanto, suas emissões e remoções contabilizadas. No caso do Brasil, as áreas naturais protegidas, ou seja, vegetação preservada dentro de unidades de conservação (UC) ou terras indígenas (TI) também tiveram suas remoções de CO₂ atmosférico contabilizadas por serem consideradas como áreas manejadas. As UCs e TIs são incluídas, pois tem suas áreas demarcadas e as atividades exercidas em seus limites são regulamentadas pelo governo. As emissões e remoções em áreas não manejadas não são reportadas, porém, é conveniente que sejam monitoradas e quantificadas para que, caso haja alterações no uso ao longo do tempo, estas sejam contabilizadas (BRASIL, Relatório de Referência, 2020).

A associação entre as matrizes de conversão de uso e cobertura da terra e os fatores de emissão e remoção é, em primeira instância, o embasamento que possibilita computar as emissões brutas e as remoções da vegetação, as emissões e remoções do solo e estimar as emissões e remoções líquidas por bioma e por período. Dessa forma, a cada polígono do cruzamento de dados foram associados fatores de emissão. Esses fatores foram obtidos, em sua grande maioria, a partir de revisão bibliográfica de estudos realizados no País (Tier 2). Apenas foram utilizados os fatores de emissão chamados *default* do IPCC (Tier 1) quando não havia dados nacionais disponíveis (BRASIL, 2020).

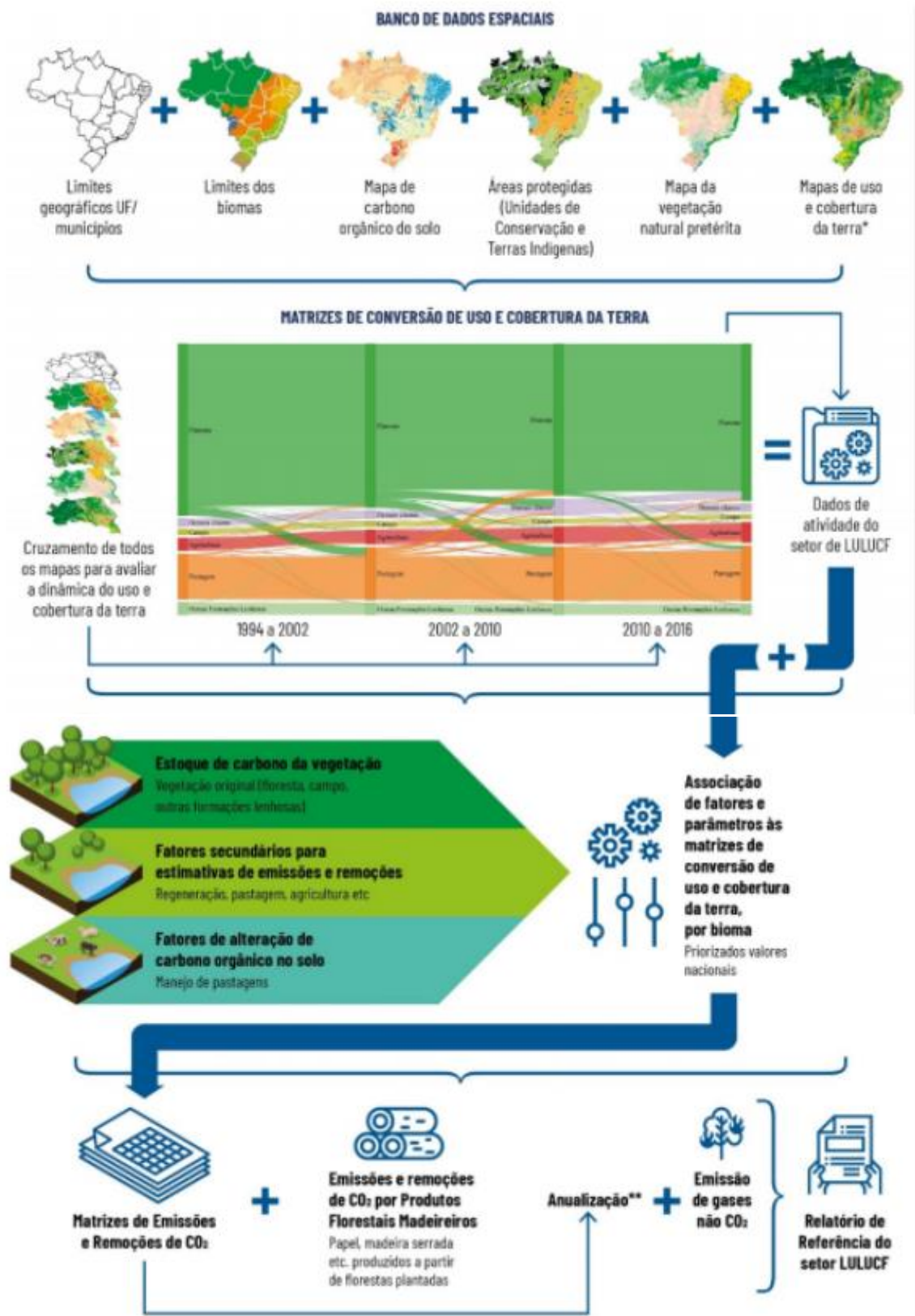
Os fatores de emissão e remoção são subdivididos nos compartimentos: matéria viva acima e abaixo do solo, matéria orgânica morta (madeira morta em pé e caída, e serrapilheira) e solo (Figura 5).



Figura 5. Compartimentos de carbono contemplados para estimativa de emissões e remoções do setor LULUCF.

Como essas emissões e remoções foram contabilizadas para os períodos mapeados, foi preciso distribuir esse montante para cada ano da série histórica. Para isso, foram utilizados dados de desmatamento disponíveis para cada bioma. No caso do bioma Amazônia, foi utilizado o PRODES, dado esse que foi também utilizado neste trabalho, para fazer os cálculos e projeções até 2030.

A Figura 6 apresenta um fluxograma com as etapas para estimativa de emissões e remoções de GEE do setor LULUCF.



fonte: BRASIL, IV Inventário de Emissões de GEE, 2020

Figura 6. Fluxograma metodológico para cálculo de emissões de GEE do setor LULUCF

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Tendências de desmatamento na Amazônia e metas da PNMC

Primeiramente, a fim de esclarecer conceitos, ressalta-se que a Amazônia pode ser tratada de duas formas, que compreendem áreas diferentes. O bioma Amazônia, área delimitada pelo IBGE, retrata a parcela do território nacional onde é contida a vegetação característica do bioma, que ocupa um território de 4,1 milhões de km². Já a Amazônia Legal refere-se a um conceito criado para integrar a vasta região à economia nacional e mundial. Tal conceito estabeleceu as bases para a ocupação e exploração posterior dos recursos naturais da região, como os incentivos creditícios. A Amazônia Legal ocupa uma área de 5,2 milhões de km². Tanto a PNMC quanto a NDC consideram a Amazônia Legal como área de relevância e, deste modo, é dessa área que trataremos a seguir (MIDIA E AMAZÔNIA, 2014).

O PRODES Amazônia, projeto vinculado ao INPE que realiza o monitoramento do desmatamento da região, e embasa a anualização das emissões do setor, gerou dados de desmatamento até o ano de 2020. Abaixo segue gráfico com as taxas de desmatamento em km² (Figura 7). Essas taxas de desmatamento serão discutidas ao longo das análises.

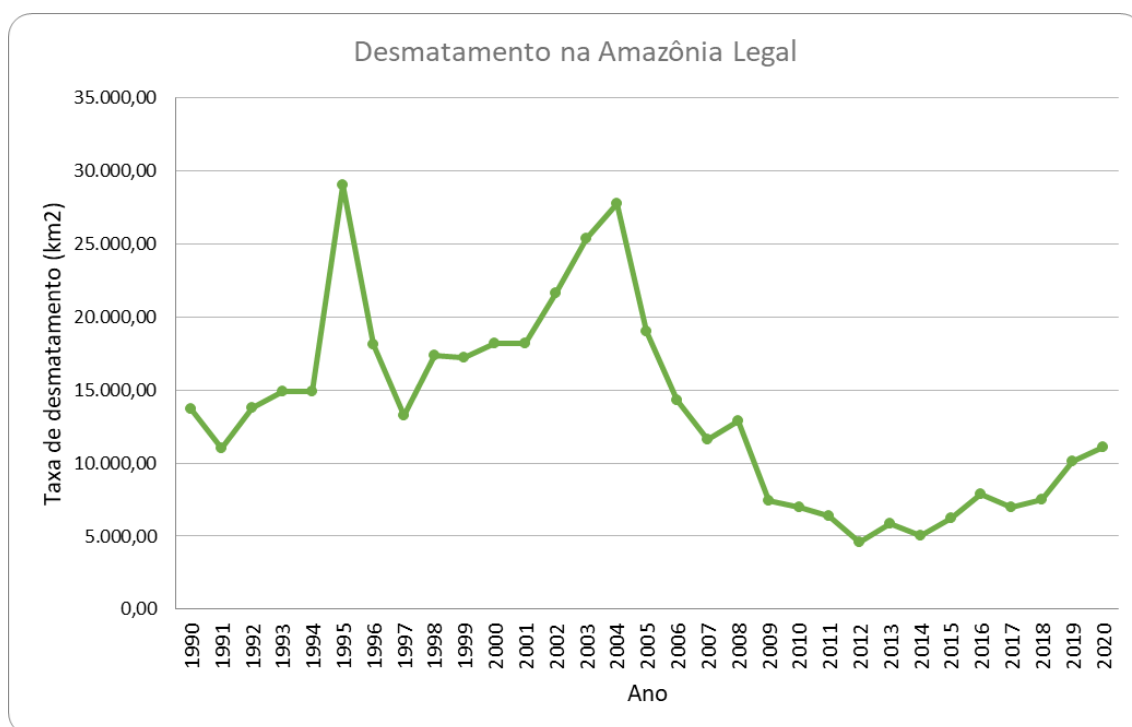


Figura 7. Taxas de desmatamento na Amazônia Legal. Fonte: INPE, 2021.

Segundo Alencar *et al.* (2004), o desmatamento na Amazônia relaciona-se principalmente a três atividades: a pecuária, a agricultura familiar e a agricultura mecanizada. A demanda internacional por carne bovina é responsável por um aumento de mais de 1000% na produção agropecuária da Amazônia entre os anos de 1975 e 2017 (OHASHI *et al.*, 2018). Dados

corroborados pela matriz de conversão do uso e cobertura da terra para o bioma Amazônia, apresentada no IV Relatório de Referência Setorial (Figura 8). É possível notar, para o último período de análise (2010 a 2016), uma diminuição da conversão de Floresta nas demais classes.

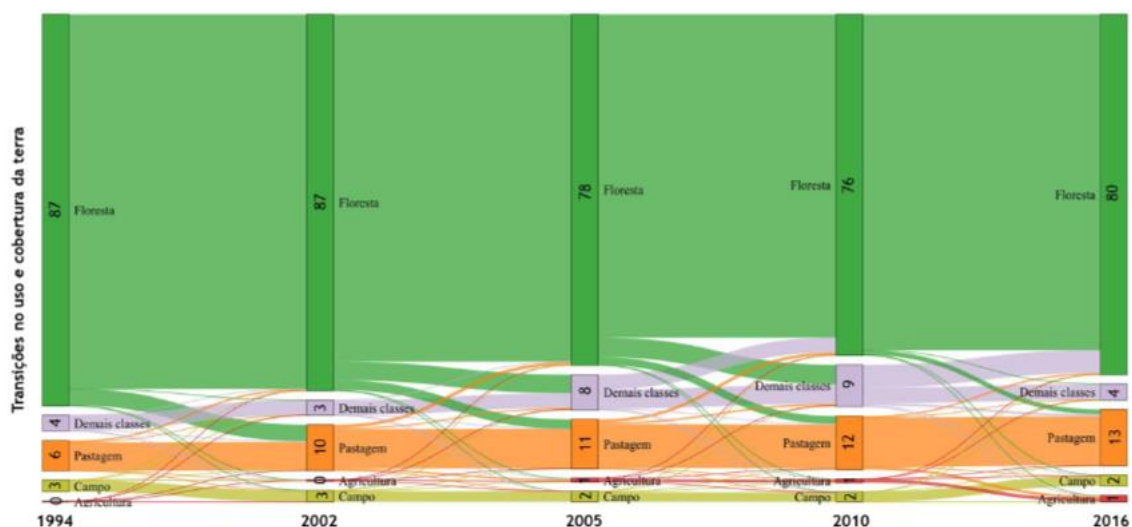


Figura 8. Conversões no uso e cobertura da terra do bioma Amazônia (Relatório de Referência Setorial, 2020)

Cerca de 95% das áreas protegidas do bioma foram criadas até 2010, mesmo ano em que mais de 90% das áreas de UCs (tanto uso sustentável quanto Proteção Integral) eram cobertas por vegetação natural e nas TIs mais de 95%. Tais dados mostram a importância da manutenção e criação de mais áreas destinadas à conservação, pois elas significam diminuição nos níveis de emissões observados de GEE em cerca de 16% devido ao sequestro de carbono associado à atividade fotossintética. Além disso, contribuem para evitar possíveis emissões futuras por desmatamento nestas áreas (CANTINHO *et al.* 2021).

Entre os anos de 1996 e 2005, havia um crescimento constante nos índices de desmatamento na Amazônia Legal (Figura 7). Este crescente desmatamento estava ligado ao crescimento econômico desenfreado a partir do uso indiscriminado dos recursos naturais. Houve apenas uma única exceção a essa lógica: o Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais Brasileiras, o chamado PPG-7, tal programa não teve grande efetividade por não ter sido assumido pelo governo federal, apenas pelo MMA.

Já no ano de 2004, foi criado o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm). Este plano, bem como sua Comissão Executiva, foi criado a partir de uma governança interministerial e coordenado pela Casa Civil da Presidência da República (BRASIL, 2003). O plano se mostrou bastante eficaz na contenção do desmatamento na Amazônia Legal, que teve quedas consistentes a partir de sua instituição (Figura 7).

Nota-se também um aumento das taxas de desmatamento a partir de 2013, que pode ser reflexo das alterações do novo código florestal instituído pela lei nº12.651, de 25 de maio de 2012. Segundo um estudo elaborado pelo Instituto

Socio Ambiental (ISA), que analisou três municípios da Bacia do Xingu na região amazônica, houve diminuição na área de APPs desmatadas a serem reflorestadas. Dos 7.000 km desmatados em áreas de APP, 4.000 foram considerados “áreas consolidadas” e, portanto, não foram reflorestadas. Esses dados são apenas para os municípios de Brasil Novo (PA), Canarana e Querência (MT) (ISA, 2015).

Em 2009, foi criada a PNMC, por meio da Lei nº12.187, onde está vinculado o Decreto 7.390/2010 e sua devida atualização pelo Decreto 9.578/2018. Neste decreto, estão presentes as metas voluntárias de redução das emissões de GEE presentes na PNMC. Dentre elas no capítulo III, Seção II, Art. 19., § 1º, inciso I, encontra-se a primeira meta, de reduzir em 80% os índices anuais de desmatamento na Amazônia Legal, em relação à média verificada entre 1996 e 2005, até o ano de 2020. A média verificada nesse período foi de 19.625,30km² desmatados, e, uma redução de 80%, significaria um desmatamento de, no máximo, 3.925,06 km² para esse ano. Deste modo, o Brasil não alcançou sua meta, pois a taxa de desmatamento observada em 2020 foi 11.088,00 km², 182.49% a mais do que a meta desejada.

Fatos importantes que contribuem para o não alcance da meta, bem como dificultam o alcance das metas projetadas até 2030 (discutidas na próxima sessão), estão relacionados à política do atual governo, que, a partir de 2019, extinguiu os colegiados vinculados ao governo federal, dentre eles, os da agenda ambiental e climática, por meio do decreto 9.759/2019, conhecido como “Revogação”. Entre os inúmeros conselhos, comissões e comitês no âmbito da Administração Pública Federal, foi extinta também a Comissão Executiva do PPCDAm, ilustrada pelo aumento significativo a partir de 2018 no desmatamento da Amazônia Legal.

5.2. Projeções de desmatamento na Amazônia Legal até 2030 e sd metas da NDC brasileira

De acordo com o documento oficial da NDC encaminhado à UNFCCC pelo governo brasileiro, o Brasil assumiu a metas de mitigação de GEE para o ano de 2025 e intenções para o ano de 2030. “Todas as políticas, medidas e ações para implementar a iNDC do Brasil são conduzidas no âmbito da Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº12.187/2009), da Lei de Proteção das Florestas Nativas (Lei nº12.651/2012, o chamado Código Florestal), da Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei nº9.985/2000) e da legislação, instrumentos e processos de planejamento a elas relacionados” (BRASIL, 2015)

As metas da NDC brasileira são de reduzir as emissões de GEE em 37% abaixo aos níveis observados em 2005, e a indicativa subsequente para 2030 de reduzir em 43% as emissões em relação aos níveis observados no mesmo ano (2005). Tais metas são classificadas como absolutas em relação ao ano base (2005) e são de abrangência nacional com relação a todos os setores na métrica de Potencial de Aquecimento Global em 100 anos (GWP-100), usando valores do IPCC AR5. Outra meta apresentada, e a única especificamente com relação

ao desmatamento, é a de “fortalecer políticas e medidas com vistas a alcançar, na Amazônia brasileira, o desmatamento ilegal zero até 2030 e a compensação das emissões de gases de efeito de estufa provenientes da supressão legal da vegetação até 2030” (BRASIL, 2015). É importante lembrar que este desmatamento representou 95% de todo o desmatamento observado na região da Amazônia Legal, como já citado anteriormente (MAPBIOMAS Alerta, 2020). Este trabalho focou apenas na análise do desmatamento e não na compensação de emissões.

Valendo-se da utilização da ferramenta “Previsão.ETS” do programa Excel, e dos dados de desmatamento do PRODES discutidos na sessão anterior, foram encontrados os resultados apresentados na Tabela 1. Esses resultados serviram de embasamento para discussões acerca da meta geral de redução de emissões. O setor LULUCF é o setor com maior representação e que merece destaque na análise do cumprimento das metas.

Tabela 1. Taxas de desmatamento projetadas de 2021 a 2030, a partir do histórico de desmatamento de 2010 a 2020, usando a ferramenta ETS.

Ano (Até 2020)	Taxa anual (km2)
2010	7.000,00
2011	6.418,00
2012	4.571,00
2013	5.891,00
2014	5.012,00
2015	6.207,00
2016	7.893,00
2017	6.947,00
2018	7.536,00
2019	10.129,00
2020	11.088,00
2021	11.461,71
2022	11.908,25
2023	12.354,79
2024	12.801,33
2025	13.247,87
2026	13.694,41
2027	14.140,95
2028	14.587,49
2029	15.034,03
2030	15.480,57

Com os dados apresentados, é possível concluir que, se o País continuar sem priorizar a agenda ambiental e se as taxas de desmatamento seguirem os mesmos padrões observados entre 2010 e 2020, a meta de desmatamento ilegal zero até o ano de 2030 não será atingida pelo governo brasileiro (Figura 9).

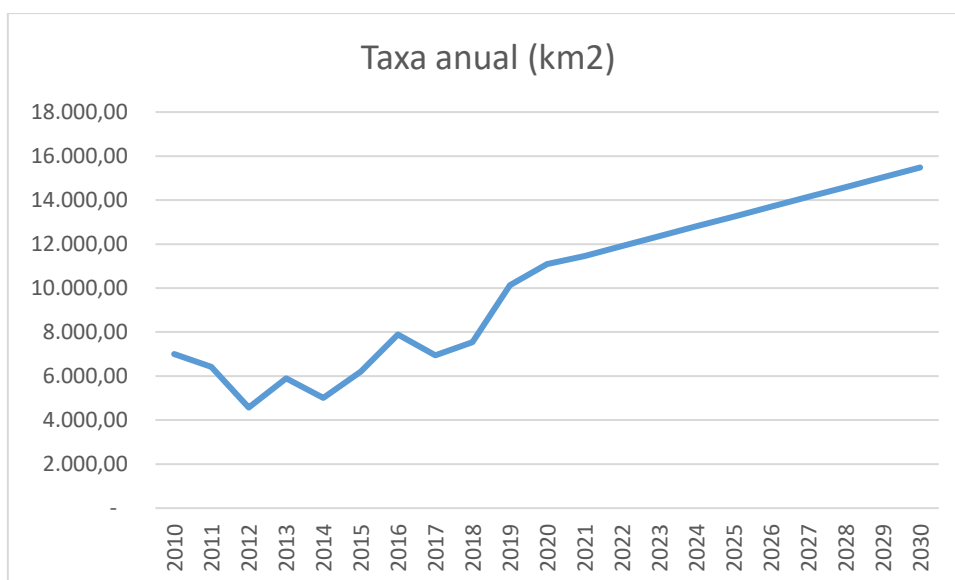


Figura 9. Previsão das Taxas de Desmatamento na Amazônia Legal até o Ano de 2030.

5.3. Emissões de CO₂ e metas da PNMC e da NDC brasileira

Conforme o que foi apresentado na sessão 4.3 (Figura 4) e as guias do IPCC, os cálculos de emissões são feitos a partir da diferença de estoque de carbono pelo uso da terra ou pela cobertura inicial e final. Assim como apresentado no anexo do decreto 7.390/2010, que deu subsídios para o decreto atualizado 9.758/2018, as emissões desse trabalho foram calculadas sem considerar o estoque de carbono do uso final. Ou seja, foram calculadas as “emissões brutas” e, portanto, não foram consideradas eventuais remoções do uso da terra posterior.

Dessa forma, as taxas anuais de desmatamento florestal apresentadas pelo PRODES até 2020 e as projeções até 2030, foram convertidas de km² para hectares (ha). Para a estimativa de perda de biomassa, foi considerado o mesmo estoque de carbono utilizado para o cálculo das emissões (132.3 toneladas de carbono por hectare), para manter consistência e considerando que essa média é muito próxima à utilizada no IV Inventário (132.95 toneladas de carbono por hectare). Como descrito no item 3, a transformação do carbono para o dióxido de carbono (CO₂) foi feita considerando a soma do peso da molécula de carbono e das duas moléculas de oxigênio dividido pelo peso da molécula de carbono ($16 \cdot 2 + 12 = 44/12 = 3.667$).

Os resultados das emissões de GEE até 2020 e das projeções até 2030, com base nas taxas de desmatamento observadas e projetadas para a área da Amazônia Legal, são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Estimativa das emissões de GEE associadas ao desmatamento observado e previsto para a Amazônia Legal.

Ano (Até 2020)	Taxa anual (km2)	Taxa anual (ha)	Emissões brutas associadas (tCO ₂)	Emissões brutas associadas (milhões tCO ₂)
1990	13.730,00	1.373.000,00	666.042.300,00	666,04
1991	11.030,00	1.103.000,00	535.065.300,00	535,07
1992	13.786,00	1.378.600,00	668.758.860,00	668,76
1993	14.896,00	1.489.600,00	722.604.960,00	722,60
1994	14.896,00	1.489.600,00	722.604.960,00	722,60
1995	29.059,00	2.905.900,00	1.409.652.090,00	1.409,65
1996	18.161,00	1.816.100,00	880.990.110,00	880,99
1997	13.227,00	1.322.700,00	641.641.770,00	641,64
1998	17.383,00	1.738.300,00	843.249.330,00	843,25
1999	17.259,00	1.725.900,00	837.234.090,00	837,23
2000	18.226,00	1.822.600,00	884.143.260,00	884,14
2001	18.165,00	1.816.500,00	881.184.150,00	881,18
2002	21.650,00	2.165.000,00	1.050.241.500,00	1.050,24
2003	25.396,00	2.539.600,00	1.231.959.960,00	1.231,96
2004	27.772,00	2.777.200,00	1.347.219.720,00	1.347,22
2005	19.014,00	1.901.400,00	922.369.140,00	922,37
2006	14.286,00	1.428.600,00	693.013.860,00	693,01
2007	11.651,00	1.165.100,00	565.190.010,00	565,19
2008	12.911,00	1.291.100,00	626.312.610,00	626,31
2009	7.464,00	746.400,00	362.078.640,00	362,08
2010	7.000,00	700.000,00	339.570.000,00	339,57
2011	6.418,00	641.800,00	311.337.180,00	311,34
2012	4.571,00	457.100,00	221.739.210,00	221,74
2013	5.891,00	589.100,00	285.772.410,00	285,77
2014	5.012,00	501.200,00	243.132.120,00	243,13
2015	6.207,00	620.700,00	301.101.570,00	301,10
2016	7.893,00	789.300,00	382.889.430,00	382,89
2017	6.947,00	694.700,00	336.998.970,00	337,00
2018	7.536,00	753.600,00	365.571.360,00	365,57
2019	10.129,00	1.012.900,00	491.357.790,00	491,36
2020	11.088,00	1.108.800,00	537.878.880,00	537,88
2021	11.461,71	1.146.170,86	556.007.484,22	556,01
2022	11.908,25	1.190.824,87	577.669.146,03	577,67
2023	12.354,79	1.235.478,89	599.330.807,85	599,33
2024	12.801,33	1.280.132,90	620.992.469,66	620,99
2025	13.247,87	1.324.786,91	642.654.131,48	642,65
2026	13.694,41	1.369.440,93	664.315.793,29	664,32
2027	14.140,95	1.414.094,94	685.977.455,11	685,98
2028	14.587,49	1.458.748,95	707.639.116,93	707,64
2029	15.034,03	1.503.402,97	729.300.778,74	729,30
2030	15.480,57	1.548.056,98	750.962.440,56	750,96

fonte: Autor

As emissões utilizadas como referência em 2005 para a Amazônia no decreto da PNMC foram de 922,37 milhões tCO₂. Considerando uma redução de 80% do desmatamento, as emissões desejadas para 2020 ano seriam de 190,4 milhões tCO₂ (Tabela 3). Como as emissões observadas para 2020 foram de 537,88 milhões tCO₂, o Brasil não conseguiu atingir as metas de LULUCF, visto que as emissões da Amazônia representam grande parte das emissões do setor.

Já as metas de mitigação estabelecidas pela NDC, como descrito anteriormente, seriam de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, e de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030.

A redução de 37% referente ao ano de 2005 se traduz na emissão máxima permitida de 581,09 milhões tCO₂ para o setor LULUCF, e a projeção nos mostra

642,65 milhões tCO₂ a serem emitidos em 2025 (Tabela 3). Já para 2030, uma redução de 43%, com base na de 2005, significa uma emissão máxima permitida de 525,75tCO₂, frente aos 750,96tCO₂ estimados pela projeção para o setor (Tabela 3).

Sendo assim, de acordo com os cálculos elaborados para este trabalho, o Brasil, até o ano de 2030, se continuar com uma estratégia fraca para a agenda climática (“Business as Usual”), será incapaz de reduzir as emissões de GEE deste setor. Os cálculos apresentados culminaram no desenvolvimento deste cenário de desmatamento futuro, que é associado também ao mantimento da agenda ambiental em segundo plano de prioridades nos próximos governos. Vale lembrar que este setor em 2005 passou por uma fase de forte regressão do desmatamento apenas por meio de políticas públicas instituídas, o que mostra sua sensibilidade às atividades desempenhadas pela agenda ambiental do governo federal.

Tabela 3. Emissões de GEE observadas e projetadas para o setor LULUCF, considerando as metas estabelecidas nos instrumentos legais (PNMC e NDC).

Emissões brutas de 2005 (milhões tCO ₂)	922,37
Emissões projetadas para 2020 para LULUCF na PNMC (milhões tCO ₂)	1.404,00
Emissões projetadas para 2020 para Amazônia na PNMC (milhões tCO ₂)	947,6
Emissões <u>desejadas</u> para 2020 para Amazônia considerando redução de 80% do desmatamento (milhões tCO ₂)	190,4
Emissões brutas <u>observadas</u> em 2020 (milhões tCO ₂)	537,88
Emissões brutas <u>desejadas</u> para 2025 (milhões tCO ₂)	581,09
Emissões brutas <u>estimadas</u> para 2025 (milhões tCO ₂)	642,65
Emissões brutas <u>desejadas</u> para 2030 (milhões tCO ₂)	525,75
Emissões brutas <u>estimadas</u> para 2030 (milhões tCO ₂)	750,96

Vale ressaltar que estas projeções foram estimadas com um direcionamento apenas para o setor LULUCF, foco desta pesquisa, porém a meta instituída pela NDC é referente a todos os setores, como redução total das emissões nacionais. O setor LULUCF representou 60,11% de emissões em 1990; 74,07% em 1995; 60,26% em 2000; 63,94% em 2005; 20,54% em 2010 e 27,08% em 2016 (IV Inventário Nacional) (Tabela 4). Portanto, o setor representou uma média de 51% de todas as emissões nacionais desde 1990 até 2016, frente aos outros 4 setores analisados pelo IV Inventário (Energia, IPPU, Agropecuária, Resíduos). Essa alta representatividade do setor, associada ao fato de ser o setor com maior possibilidade de redução de emissões por crescimento da vegetação diminui a vulnerabilidade da análise feita pelas projeções por não levar em consideração todos os setores.

Um fator relevante para ser lembrado ao analisar esses dados é a importância do Projeto PPCDam na queda nos índices de desmatamento na Amazônia Legal e, portanto, o impacto que essa área tem nas emissões do setor LULUCF. No entanto, o projeto foi extinto no governo atual.

Tabela 4. Representatividade por setor em emissões de CO₂eq (fonte: adaptado de IV Inventário Nacional de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa).

Setor	1990	1995	2000	2005	2010	2016	Varição 2010-2016
	----- Tg CO ₂ e-----						----- % -----
Energia	192,8	231,0	288,2	313,4	374,7	423,6	13,1
IPPU	53,6	64,0	73,8	78,9	87,1	93,4	7,2
Agropecuária	329,5	359,2	370,1	438,0	458,1	487,0	6,3
LULUCF	907,5	1.966,8	1.175,0	1.564,1	252,5	397,4	57,4
Resíduos	26,2	34,3	42,6	51,6	56,7	66,0	16,4
TOTAL	1.509,6	2.655,2	1.949,6	2.445,9	1.229,0	1.467,3	19,4

A emissão de GEE é uma marca da presença antrópica na Terra, que tem promovido diversas alterações no sistema ecológico, como o aquecimento global, que gera preocupações até mesmo para a manutenção do sistema econômico, fundamental para que haja desenvolvimento. A população global tem sofrido com as mazelas que suas atividades econômicas, antes consideradas adequadas, estão imputando ao planeta e à forma de se viver. Hoje, a informação acerca da importância de se promover um desenvolvimento sustentável, tanto para a geração atual como para as futuras é bastante difundida, e acatada pela maioria das nações. Isso fez com que surgissem diversas organizações internacionais promovendo diversas ações rumo à sustentabilidade, dentre elas a criação da UNFCCC, a fim de elaborar propostas de ação para conter o aumento do aquecimento global (medidas de mitigação), bem como promover medidas que preparem a humanidade para conviver com o aquecimento já gerado e o que ainda está por vir nos próximos anos por conta dos GEEs já emitidos (medidas de adaptação).

Houve avanços importantes nas políticas ambientais no Brasil desde a promulgação da PNMA em 1981, porém, retrocessos podem ser observados relacionados à desconstrução do arcabouço legal-institucional nos últimos dois anos, resultando no aumento de indicadores de degradação ambiental e florestal e, conseqüentemente, na redução de expectativas de desempenho ambiental, muito aquém do proposto e assumido pelo País na UNFCCC.

6. CONCLUSÕES

A meta da PNMC de reduzir em 80% o nível de desmatamento observado entre os anos de 1996 e 2005 não foi alcançada. A redução deveria ser na ordem de 15.700 km², de modo que restaria a possibilidade de manter o desmatamento de 3.925 km² e ainda assim estar de acordo com a meta estabelecida. No entanto, de acordo com o PRODES Amazônia/INPE, a taxa de desmatamento de 2020 foi de 11.088 km², 182,49% a mais do que a meta estipulada.

As metas da NDC, estipuladas para 2025 e 2030, foram avaliadas a partir de projeção com base nos dados de desmatamento observados de 2010 a 2020. As metas para diminuição de emissões de GEE de 37% até 2025 e 43% até

2030, com base nas emissões de 2005. Com base na projeção realizada no trabalho, essas metas não serão alcançadas. Os resultados mostram que a emissão de 2025 da Amazônia Legal será de 642 tCO₂, frente aos 581 tCO₂ estipulados. Para 2030, os resultados mostram que a emissão será de 50 tCO₂, frente aos 525 tCO₂ comprometidos. Igualmente, o compromisso de reduzir a zero o desmatamento ilegal na Amazônia Legal também tem grande chance de não ser alcançado se continuarmos no “Business as Usual” – o desmatamento projetado foi de 15.480,57 km² para 2030.

Apesar do avanço na política nacional e internacional no combate às mudanças climáticas, por meio de ações de mitigação e prevenção ao longo do período analisado, houve retrocesso na política nacional nos últimos anos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DEL CARMAN, M.; DIAZ V.; SOARES FILHO, B. S. **Desmatamento na Amazônia: indo além da “emergência crônica”** Belém-Pa: IPAM, 2004.

BOULDING, Kenneth E. **The Economics of the Coming Spaceship Earth**. In: H. Jarrett (Ed.). **Environmental Quality in a Growing Economy**. Baltimore, MD: Resources for the Future/Johns Hopkins University Press, pp. 3-14, 1966.

BRASIL, 2000b. Lei n^o 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 jul. 2000.

BRASIL, 2003 Decreto Federal s/n^o de 3/7/2003. Institui Grupo Permanente de Trabalho Interministerial para os fins que especifica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 4 jul. 2003.

BRASIL, 2004. Ministério da Ciência e Tecnologia. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Parte 2: Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal**. MCTI, Brasília, 2004.

BRASIL, 2010a. Ministério da Ciência e Tecnologia. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. MCTI, Brasília, 2010.

BRASIL, 2010b Decreto n^o 7.390 de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6o, 11 e 12 da Lei no 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF. 10 dez. 2010.

BRASIL, 2012b. Lei n^o 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei n^o 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n^o s 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis n^o s 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória n^o 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei n^o 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2^o do art. 4^o da Lei n^o 12.651, de 25 de maio de 2012b. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 18 out. 2012.

BRASIL, 2014a. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima. **Primeiro relatório de atualização bienal do Brasil / Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima**. – Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 54 p., 2014.

BRASIL, 2015. **Intended Nationally Determined Contribution towards achieving the objective of the United Nations Framework Convention on Climate Change**. The Paris Agreement and NDCs. The Federative Republic of Brazil, 2015. Disponível em: <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Brazil%20First/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>. Acessado em 16.abril 2021.

BRASIL, 2016a. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Volume III/ Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016.

BRASIL, 2017e. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima. **Segundo relatório de atualização bienal do Brasil / Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento**. Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima. – Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Brasília, 2017.

BRASIL, 2018. Decreto n o 9.578, de 22 de novembro de 2018. Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo federal que dispõem sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009, e a Política Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 23 nov. 2018.

BRASIL, 2019a. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Secretaria de Políticas para Formação e Ações Estratégicas. Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima. **Terceiro relatório de atualização bienal do Brasil / Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento**. Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima. – Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Brasília, 2019.

BRASIL, 2019c. Decreto 9.759, de 11 de abril de 2019. Extingue e estabelece diretrizes, regras e limitações para colegiados da administração pública federal. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 11 abr. 2019.

BRASIL, 2020a. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2020.

BRASIL, 2020a. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Relatório**

de Referência - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2020.

BRASIL, Presidência da república; Subchefia para Assuntos Jurídicos. **LEI Nº 12.187, DE 29 DE DEZEMBRO DE 2009.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm>. Acesso em: 6 mar. 2021.

BURSZTYN, M.A & BURSZTYN, M. **Fundamentos de Política e Gestão Ambiental - Caminhos para a Sustentabilidade.** Rio de Janeiro. Editora Garamond, 2012.

BUSTAMANTE, M. M. C., SILVA, J. S. O., CANTINHO, R. Z., SHIMBO, J. Z., OLIVEIRA, P. V. C., SANTOS, M. M. O., ... & NOBRE, C. A. Engagement of scientific community and transparency in C accounting: the Brazilian case for anthropogenic greenhouse gas emissions from land use, land-use change, and forestry. **Environment Research Letter**, 13, 2018.

BUSTAMANTE, MERCEDES MC, G. NARDOTO, and A. PINTO. "**Mudança climática e ecossistemas.**" *Scientific American Brasil*: 78-82, 2020

CANTINHO, R. Z.; LINARES, J. A. H., VIEIRA, J. L. V. C.; ASSIS, M. L. R.; BUSTAMANTE, M. M. C. **Áreas protegidas no Brasil: evolução, uso e cobertura da terra e impacto no Inventário de Emissões.** Revista Floresta, Edição 51 - Volume 1, janeiro, 2021.

COORDENAÇÃO-GERAL DE OBSERVAÇÃO DA TERRA, INPE. **PRODES.** 2020. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes#:~:text=O%20projeto%20PRODES%20realiza%20o,o%20estabelecimento%20de%20pol%C3%ADticas%20p%C3%ABlicas.>>. Acesso em: 7 abr. 2021.

Dicionário Histórico-Biográfico Brasileiro – Pós-1930. Rio de Janeiro: **CPDOC**, 2010. In: <<http://cpdoc.fgv.br>> Acesso em: 18/03/2021.

FGV, CPDOC. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92).** 2021? Disponível em: <<http://www.fgv.br/cpdoc/acervo/dicionarios/verbete-tematico/conferencia-do-rio>>. Acesso em: 17 mar. 2021.

BRASIL. **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações.** 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2020/10/4a-comunicacao-nacional-do-brasil-a-convencao-do-clima-das-nacoes-unidas-fortalece-articulacao-institucional>>. Acesso em: 26 mar. 2021

HOEGH-GULDBERG, Ove et al. **Impactos do aquecimento global de 1,5 C nos sistemas naturais e humanos.** Aquecimento global de 1,5 C. Um relatório especial do IPCC , 2018.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. **ISA.** 2015. Disponível em: <<https://www.socioambiental.org/pt-br/noticias-socioambientais/estudo-do-isa>>

revela-que-novo-codigo-florestal-trouxe-retrocesso-ambiental-em-tres-municipios-do-xingu-mtpa>. Acesso em: 16 abr. 2021.

IPCC, 2014: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: **Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2014

Ivanova, Maria & Roy, Jennifer. 2007. **The architecture of Global Environmental Governance: pros and cons of multiplicity**. In: Swart, Lydia & Perry, Estelle (Eds.). 2007. Global environmental Governance – perspectives on the current debate. New York: Center for UN Reform Education, pp. 48.66.

JORNAL SENADO EM DISCUSSÃO. **Em Discussão**. 2021? Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/a-rio20/conferencia-rio-92-sobre-o-meio-ambiente-do-planeta-desenvolvimento-sustentavel-dos-paises.aspx>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

LACASTA, Nuno S.; BARATA, Pedro Martins. **O protocolo de quioto sobre alterações climáticas: análise e perspectivas**. Programa: Clima e Eficiência Energética, p. 1-23, 1999.

Leprêtre, Pascal. 2007. **Le principe de pré caution, une clef pour le futur**. Paris: l'Harmattan.

MAP BIOMAS. **Mapbiomas alerta**. 2020. Disponível em: <<https://imazon.org.br/imprensa/mapbiomas-alerta-aponta-que-95-dos-desmatamentos-detectados-no-pais-em-2019-nao-foram-autorizados/>>. Acesso em: 14 abr. 2021.

MCCORMICK, John. **Rumo ao Paraíso**. Rio: Ed. Relume Dumará, 1992.

MENDES, H. V. **Viabilidade dos Compromissos Brasileiros de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa: uma análise dos períodos pré e pós-2020**. 164p. Dissertação de Mestrado – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília – Distrito Federal. 2020

MENDES, Thiago de Araújo. **Desenvolvimento Sustentável, Política e Gestão da Mudança Global do Clima: sinergias e contradições brasileiras**. 2014. 267f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília. Brasília. 2014.

MENGPIN GE AND JOHANNES FRIEDRICH. **WRI Brasil**. 2020. Disponível em: <<https://wribrasil.org.br/pt/blog/2020/02/quatro-graficos-explicam-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-por-pais-e-por-setor>>. Acesso em: 12 abr. 2021

MÍDIA E AMAZÔNIA. **Mídia e Amazônia**. 2014. Disponível em: <<http://midiaeamazonia.andi.org.br/texto-de-apoio/entenda-diferenca-entre-amazonia-legal-e-bioma-amazonia>>. Acesso em: 7 abr. 2021.

MINISTERIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES, MCTI. **SIRENE**. 2020. Disponível em: <https://sirene.mctic.gov.br/portal/opencms/textoGeral/2018/10/11/RR_do_Inventario_Brasileiro_de_Emissoes_e_Remocoes_Antropicas_de_GEE.html>. Acesso em: 30 mar. 2021.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESSTADO DE GOIÁS. **MPGO**. 2021? Disponível em: <<http://www.mpggo.mp.br/portal/noticia/mecanismos-de-desenvolvimento-limpo-mdl#.YIbLTJBKjIU>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

MINISTERIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES, MCTI. **SIRENE**. 2020. Disponível em: <<https://sirene.mctic.gov.br/portal/opencms/infograficos/index.html>>. Acesso em: 8 abr. 2021.

OHASHI, M.O et al. **Desafio da Pecuária na Amazônia frente ao novo código florestal brasileiro**. Anais do IX Congresso Norte e Nordeste de Reprodução Animal. Disponível em: [http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v42/n3-4/p202-205%20\(RB762\).pdf](http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v42/n3-4/p202-205%20(RB762).pdf), Acessado em: 8 abril. 2021

PRODES. **Terra Brasilis**. 2020. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/increments>. Acesso em: 7 abr. 2021.

Redman, Charles. 1978. **The rise of civilization– from early farmers to urban society in the Ancient Near East**. San Francisco: Freeman and Co.

Sister, G. **Mercado de carbono e protocolo de Quioto**. Elsevier.2007

Speth, J.G. & Haas, P.M. **Global Environmental Governance**. Washington: Island Press. 2006

Turner, R. **Environmental economics: an elementary introduction**. Baltimore: JohnsHopkins University Press. 1993

UNFCCC. **Bureau of the COP, CMP, and CMA**. 2020f. Disponível em: <https://unfccc.int/process/bodies/supreme-bodies/bureau-of-the-cop-cmp-and-cma#eq-2>). Acesso em: 29 de novembro de 2020.

UNFCCC. **Decision 17/CP.8: Guidelines for the preparation of national communications from Parties not included in Annex I to the Convention**. Disponível em: https://unfccc.int/files/meetings/workshops/other_meetings/application/pdf/dec17cp.pdf. Acesso em 08 de outubro de 2020.

UNFCCC. **Guidelines for the preparation of national communications from Parties not included in Annex I to the Convention**. UNFCCC COPs decisions. New Delhi, India, 2002. Disponível em: https://unfccc.int/files/meetings/workshops/other_meetings/application/pdf/dec17-cp.pdf. Acessado in: 12 out 2019.

UNFCCC. **Status of Ratification of the Convention.** 2020a. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/status-of-ratification/status-of-ratification-of-the-convention>. Acessado em 20 nov 2020.

UNFCCC. **The Doha Amendment.** 2020c. Disponível em: <https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/the-doha-amendment>. Acessado em 20 nov 2020.

UNFCCC. **The Paris Agreement.** 2020d. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>. Acessado em 20 nov 2020.

UNFCCC. **What are governing, process management, subsidiary, constituted and concluded Bodies?** 2020e. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/bodies/the-bigpicture/what-are-governing-process-management-subsidiary-constituted-and-concluded-bodies>. Acessado em 20 nov 2020.

UNFCCC. **What are governing, process management, subsidiary, constituted and concluded Bodies?** 2020g. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/bodies/the-big-picture/what-are-governing-process-management-subsidiary-constituted-and-concluded-bodies>. Acesso em 29 de novembro de 2020.

UNFCCC. **What is the Kyoto Protocol?** 2020b. Disponível em https://unfccc.int/kyoto_protocol. Acessado em 20 nov 2020.

Viola, Eduardo. **O GEF e o Brasil: Institucionalidade e Oportunidades de Financiamento.** Ambiente e Sociedade. 1(1): 5-25. 1997