

ARTIGO DE REVISÃO NARRATIVA

MERCADOS VOLUNTÁRIOS DE CARBONO PELA PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS NO CBMMG: UMA REVISÃO



Ney Willian Lopes

<http://lattes.cnpq.br/1111391285420792> – <https://orcid.org/0009-0002-8825-0292>

willian.lopes@bombeiros.mg.gov.br

Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais

Bruno Alves Bicalho

<http://lattes.cnpq.br/7467428089007718> – <https://orcid.org/0009-0006-9892-6742>

bruno.bicalho@bombeiros.mg.gov.br

Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais

RESUMO

O Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) atua ativamente na proteção ambiental, focando especialmente na prevenção e combate aos incêndios florestais. Neste estudo, foi realizada uma revisão narrativa de literatura sobre a viabilidade de gerar créditos de carbono por essas atividades, visando sua comercialização no mercado voluntário. Esses créditos são mecanismos financeiros ligados à redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE), gerados por projetos que reduzem ou evitam tais emissões e são negociados em mercados regulados ou voluntários. O Protocolo de Kyoto (1997), estabeleceu metas obrigatórias para a redução de emissões em países desenvolvidos, e o Acordo de Paris (2015) reforçou essas iniciativas. A revisão também destacou padrões de certificação internacionalmente reconhecidos, como o Verified Carbon Standard (VCS) e metodologias como a de desmatamento não planejado da empresa Verra. Além disso, abordou-se a legislação brasileira pertinente, como a Lei nº 14.119/2021, que institui o pagamento por serviços ambientais (PSA), o Decreto nº 11.075/2022, que estabelece o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (Sinare), e o Projeto de Lei nº 4.041/2022 da Assembleia Legislativa de Minas Gerais, que propõe a Política Estadual de Serviços Ambientais. O estudo aponta que o CBMMG possui a capacidade técnica para desenvolver projetos de créditos de carbono no Cerrado indicando a possibilidade de enquadrá-los como projetos REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation and the Role of Conservation, Sustainable Management of Forests and Enhancement of Forest Carbon Stocks in Developing Countries), para ajudar na redução de emissões de GEE e preservação dos estoques de carbono florestal. A comercialização desses créditos pode gerar receitas para o estado, contribuindo significativamente para a mitigação das mudanças climáticas e o desenvolvimento sustentável. Concluiu-se também que novos estudos sobre metodologias de quantificação de redução de carbono, legislações específicas e viabilidade econômica são necessários.

Palavras-chave: créditos de carbono; mercado voluntário; REDD+; legislação ambiental; mudanças climáticas.



ARTIGO DE REVISÃO NARRATIVA

**VOLUNTARY CARBON MARKETS FOR FOREST FIRE PREVENTION AND
COMBAT IN THE CBMMG: A REVIEW**

ABSTRACT

CBMMG operates in environmental protection, particularly in the prevention and combat of forest fire. A narrative literature review was conducted on the feasibility of generating carbon credits from these activities, aiming to commercialize them in the voluntary market. These credits are financial mechanisms linked to the reduction of greenhouse gas GHG emissions. They are generated by projects that reduce or avoid emissions and are traded in regulated or voluntary markets. Kyoto Protocol (1997) established mandatory emission reduction targets for developed countries, which were reinforced by the Paris Agreement (2015). Internationally recognized certification standards, such as the Verified Carbon Standard (VCS), and methodologies, such as Verra's unplanned deforestation methodology, were examined. Relevant Brazilian legislation was also addressed, including Law No. 14,119/2021, which establishes payment for environmental services (PSA), Decree No. 11,075/2022, which establishes the National System for the Reduction of Greenhouse Gas Emissions (Sinare), and Bill No. 4,041/2022 from the Legislative Assembly of Minas Gerais, which proposes the State Policy for Environmental Services. The study indicates that CBMMG has the technical capacity to develop carbon credit projects in the Cerrado, suggesting the possibility of being classified as REDD+ projects (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation and the Role of Conservation, Sustainable Management of Forests and Enhancement of Forest Carbon Stocks in Developing Countries), helping decrease GHG emissions and the preservation of forest carbon stocks. The commercialization of these credits can generate revenue for the state, contributing to climate change mitigation and sustainable development. It was also concluded that further studies on reduction quantification methodologies, legislation, and economic feasibility are necessary.

Keywords: carbon credits; voluntary market; REDD+; environmental legislation; climate change.

Recebido em: 30/05/2025.
Aprovado em: 29/08/2025.
Publicado em: 08/10/2025.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições, desde que o trabalho original seja corretamente citado.

1 INTRODUÇÃO

O Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) é um órgão público responsável pelas atividades de proteção e defesa civil, socorrimento público, prevenção e combate a incêndio, perícias de incêndio e explosão em locais de sinistro, busca e salvamento no estado de Minas Gerais (Minas Gerais, 1999).

De acordo com Bicalho (2022), o CBMMG desempenha um papel crucial na proteção do meio ambiente, pois diversas atividades estão alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável previstos pela Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Nesse contexto, destaca-se especialmente a prevenção e combate aos incêndios florestais (também será citada no texto como prevenção e combate aos incêndios em vegetação), visto que é uma atividade relacionada à preservação dos biomas do estado de Minas Gerais, protegendo a flora e a fauna dessas formações.

No contexto global de crescentes preocupações ambientais e mudanças climáticas, destacam-se iniciativas voltadas para a redução do desmatamento e da degradação das florestas, com o objetivo de diminuir a emissão de gases de efeito estufa (GEE), tais como o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hexafluoreto de enxofre (SF_6) e duas famílias de gases, hidrofluorcarbono (HFC) e perfluorcarbono (PFC). Esses gases têm seu impacto climático expresso em dióxido de carbono equivalente (CO_2e) (Lima, 2023).

Os GEE absorvem uma fração da radiação infravermelha emitida, principalmente pela superfície da Terra, reduzindo sua saída para o espaço. Esse fenômeno natural, denominado efeito estufa, é importante para a preservação da vida na Terra, pois mantém a temperatura adequada para as diversas formas de vida. Entretanto, o aumento da concentração desses gases na atmosfera tem potencializado esse fenômeno, ocasionando a elevação da temperatura do planeta (Senado Federal, 2024).

Dentre os GEE, o carbono destaca-se como o principal contribuinte para o aumento das temperaturas globais, intensificando o efeito estufa. É importante citar seu ciclo na natureza, o qual compreende processos fundamentais como a fixação, o sequestro de carbono e a sua liberação para a atmosfera (Lima, 2023).

O sequestro de carbono, que envolve a fixação em sistemas orgânicos e inorgânicos, decorre de qualquer atividade, local ou ação responsável por absorver

dióxido de carbono da atmosfera. As principais fontes de sequestro, denominadas sumidouros, são os solos, os oceanos e as florestas, tanto as plantadas quanto as florestas naturais em qualquer bioma do mundo (Lima, 2023).

Além das causas naturais, como a decomposição da biomassa, a liberação de carbono ocorre por meio de atividades humanas que utilizam processos que emitem carbono para a atmosfera, como a queima de combustíveis fósseis, processos industriais, manejo inadequado da cobertura do solo, como, por exemplo, uma floresta degradada por queimadas. O carbono estocado na biomassa é liberado para atmosfera, o que pode contribuir ainda mais para o efeito estufa quando isso acontece em larga escala. Daí a grande importância de se preservar as florestas. No caso das queimadas, destacam-se GEE, tais como metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) (IPCC, 2023).

As atividades humanas que emitem gases de efeito estufa são responsáveis pelo aquecimento global, elevando a temperatura da superfície global em 1,1 °C, entre 2011 e 2020, em comparação com o período de 1850 a 1900 (IPCC, 2023). Os efeitos desse aquecimento podem ser catastróficos, levando à perda de ecossistemas inteiros, pois geraram mudanças generalizadas e rápidas na atmosfera, oceano, criosfera e biosfera. A mudança do clima induzida pelo homem também causa eventos climáticos e meteorológicos extremos em todas as regiões do mundo. Como resultado, verifica-se perdas e danos relacionados à natureza e às pessoas. É importante destacar que comunidades historicamente menos responsáveis pela mudança climática atual são as mais afetadas de forma desproporcional (IPCC, 2023). Um exemplo recente disso foi a grande inundação que assolou o estado brasileiro do Rio Grande do Sul em 2024 (Rio Grande do Sul, 2024).

Nesse sentido, práticas corporativas que investem na proteção ambiental, benefícios sociais e de governança têm ganhado destaque entre diversas instituições em níveis globais. Conhecido em inglês como *environmental, social and governance* - ESG, esse termo reflete a crescente preocupação global de vários setores dos variados países em estabilizar a emissão de GEE (Grimm; Faria; Santos, 2023). No contexto de preocupação global com o meio ambiente, por meio da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (*United Nations Framework Convention on Climate Change* - UNFCCC, em inglês), foram

promovidos diversos acordos de cooperação internacionais com destaque para o Protocolo de Kyoto, a 19ª Conferência das Partes (COP-19) e o Acordo de Paris.

O Protocolo de Kyoto, adotado em 1997, estabeleceu metas obrigatórias de redução de emissões de gases de efeito estufa para os países desenvolvidos¹. Os principais pontos incluíam compromissos de redução de emissões, a implementação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e o uso de créditos de carbono. Esse mecanismo permitia que os países desenvolvidos investissem em projetos de redução de emissões nos países em desenvolvimento, como forma de compensar suas emissões (UNFCCC, 1997).

Em novembro de 2013, na 19ª Conferência das Partes (COP-19), em Varsóvia, Polônia, teve destaque um conjunto de sete decisões sobre aspectos metodológicos, institucionais e financeiros relacionados ao regime de redução de emissões provenientes de desmatamento e degradação florestal além da conservação dos estoques de carbono florestal.

Assim criou-se uma arquitetura internacional para prover incentivos financeiros a países em desenvolvimento que estejam implementando políticas voltadas à redução das emissões de gases de efeito estufa oriundos do desmatamento e da degradação florestal, além de promover a conservação florestal, o manejo sustentável de florestas e o aumento dos estoques de carbono florestal. Esse conceito é conhecido como REDD+ (em inglês: *reducing emissions from deforestation and forest degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries*) (Brasil, 2015).

A Conferência de Paris, realizada em 2015, foi um marco significativo na governança global das mudanças climáticas, complementando os esforços iniciados pelo Protocolo de Kyoto. O Acordo de Paris, adotado durante essa conferência, estabeleceu metas ambiciosas para limitar o aquecimento global a menos de 2 °C acima dos níveis pré-industriais, buscando esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais (United Nations, 2015).

Uma das características-chave do Acordo de Paris foi sua abordagem *bottom-up*, na qual os países, incluindo o Brasil, apresentaram suas próprias

¹Um país desenvolvido é caracterizado por um alto padrão de vida, uma economia avançada e diversificada, infraestrutura moderna e serviços sociais eficientes (World Bank, 2024b).

contribuições nacionalmente determinadas (NDCs), refletindo suas circunstâncias individuais e capacidades. Essas contribuições são revistas e atualizadas periodicamente para aumentar a ambição ao longo do tempo. Além disso, o Acordo de Paris reconheceu a importância do financiamento climático para apoiar os países em desenvolvimento na mitigação e adaptação às mudanças climáticas (United Nations, 2015).

Esses tratados e conferências desempenham um papel crucial na governança global das mudanças climáticas. Uma dessas iniciativas é o mercado de créditos de carbono, que permite a quantificação e comercialização da redução de emissões de gases de efeito estufa.

De acordo com Lima (2023), os créditos de carbono são mecanismos financeiros que incentivam a redução de emissões de gases de efeito estufa por meio de projetos de mitigação de mudanças climáticas. Nesse contexto, entidades ou países que excedem seus limites de emissões podem comprar créditos de carbono de outros que conseguiram diminuir suas emissões abaixo dos níveis permitidos.

Espera-se que a comercialização dos créditos possa contribuir para a redução global das emissões (Lima, 2023). Conforme convenção estabelecida, cada tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e) reduzida ou removida da atmosfera, desde que certificada por empresa reconhecida no mercado internacional, corresponde a um crédito de carbono (ABNT, 2022).

Pode-se considerar que cada tonelada não emitida ou retirada da atmosfera por um país, incluindo o Brasil, seja comercializada mundialmente por certificados. Essas medidas compensatórias podem ser feitas por projetos de reflorestamento, conservação florestal, restauração de áreas degradadas, processos industriais de baixo carbono, dentre outros (Lima, 2023).

No âmbito do mercado de créditos de carbono, existem tanto o mercado regulado, que está sujeito a regulamentações governamentais e metodológicas, quanto o mercado voluntário, que opera com base em iniciativas privadas (Oliveira, 2021). O mercado regulado, no Brasil, encontra-se em processo de regulamentação por meio do Projeto de Lei n.º 2.148/2015. Dessa forma, até a data de publicação deste artigo, o mercado voluntário é a maneira com melhores oportunidades para operar créditos de carbono no país.

De acordo com informações constantes no portal da Agência Câmara de Notícias (Brasil, 2023a), no mercado voluntário, empresas, pessoas físicas, organizações não governamentais (ONGs) ou governos podem gerar ou comprar créditos de carbono voluntários, que são verificados por uma empresa certificadora de que os créditos gerados por um projeto são realmente válidos.

Nesse sentido, este estudo buscou investigar a viabilidade de apresentação de projetos de créditos de carbono gerados pelo CBMMG para comercialização no mercado voluntário, por intermédio das atividades de prevenção e combate aos incêndios em vegetação.

Como possíveis hipóteses, foi vislumbrado que as atividades de prevenção e combate aos incêndios florestais poderiam se enquadrar como projetos de redução de emissões provenientes de desmatamento e degradação florestal, além da conservação dos estoques de carbono florestal (REDD+). Por outro lado, o processo de regulação interna no Brasil e a legislação no âmbito da administração do estado de Minas Gerais ainda estão em andamento. Adicionalmente, enfrentam-se dificuldades metodológicas para inventariar as quantidades de carbono geradas por projetos relacionados à prevenção e combate a incêndios florestais, o que poderia inviabilizar a percepção de recursos.

A justificativa para essa proposta reside na importância de mitigar as emissões de CO₂ provenientes de incêndios florestais em contribuição às ações para minimizar os efeitos das mudanças climáticas. Além disso, há uma imposição legal ao CBMMG de proteção do meio ambiente pela Constituição Federal (Brasil, 1988). Há, também, a necessidade de alinhamento ao Plano de Comando do CBMMG, que adota os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Minas Gerais, 2023b). Por fim, existe a oportunidade de gerar receitas adicionais para o CBMMG com a comercialização de créditos de carbono.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar, por uma revisão narrativa de literatura, os aspectos técnicos, legais, metodológicos e econômicos que viabilizam um projeto para gerar créditos de carbono através das atividades de prevenção e combate a incêndios florestais realizadas pelo CBMMG para serem comercializados no mercado voluntário.

Os objetivos específicos incluíram contextualizar a atividade de prevenção e combate a incêndios florestais realizada pelo CBMMG no cenário de emissões de

gases de efeito estufa; abordar as principais legislações brasileiras e padrões internacionais relacionados aos mercados de carbono; compreender os requisitos metodológicos para desenvolver projetos de créditos de carbono no mercado voluntário; citar metodologias de processos voltados para validação, certificação, emissão e comercialização dos créditos; e considerar os desafios e oportunidades no mercado de carbono.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O estudo consistiu em uma revisão narrativa de literatura para compreender e analisar o estado atual do conhecimento sobre o tema e verificar se as bases teóricas encontradas na pesquisa sustentam a viabilidade técnica, legal, metodológica e econômica de criação de um projeto de créditos de carbono com a participação do CBMMG (Matias-Pereira, 2016; Minas Gerais, 2023a).

Inicialmente, foi realizada uma busca em documentos internos do CBMMG relacionados ao combate a incêndios florestais. Esses documentos forneceram informações essenciais sobre as atividades realizadas pela instituição nesse contexto, bem como dados e estatísticas relevantes para embasar a análise de viabilidade técnica do estudo.

Posteriormente, foram realizadas buscas em bases de dados científicas, Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC), Google Scholar, utilizando termos de busca específicos relacionados ao tema do estudo. Foram incluídos termos como "crédito de carbono", "estoques de carbono", "mercados de carbono", "certificação de créditos de carbono", "Protocolo de Kyoto", "Acordo de Paris", "REDD+", "Cicatriz de Fogo", "Mercado Voluntário de Carbono" e "Mercado Regulado de Carbono".

Tentou-se limitar a busca por artigos dos últimos dez anos para garantir a relevância e atualidade dos materiais selecionados. Entretanto, diante da escassez de artigos atuais sobre temas muito específicos e da disponibilidade de documentos de entidades internacionais, foram utilizados materiais com mais de dez anos, tendo

em vista a relevância histórica desses arquivos. Essa etapa foi importante para complementar a análise de viabilidade técnica.

Além da procura em bases de dados científicas, foram realizadas consultas nos sites oficiais da Câmara dos Deputados, Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação e Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais para identificar e acessar legislação pertinente ao tema. Esse passo foi fundamental para compreender o arcabouço legal nacional relacionado aos créditos de carbono e às políticas de combate às mudanças climáticas, contribuindo significativamente para a análise de viabilidade legal.

Também foram realizadas buscas nos sites de empresas que possuem padrões aceitos mundialmente na certificação de créditos de carbono, dentre elas, Verra, Gold Standard, Socialcarbon, além da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Em relação às informações de sensoriamento remoto para estimativa de área queimada e estoque de carbono foram pesquisados os sites do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), MapBiomas Brasil, do Sistema Nacional de Informações Florestais e do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Em relação aos dados estatísticos do CBMMG, foi utilizado o Painel de Gestão Operacional disponível na Intranet. Todas essas buscas foram essenciais para conhecer os requisitos de viabilidade metodológica.

A respeito da análise de viabilidade econômica, foi abordado o comércio de créditos na consulta aos sites da Associação Internacional de Comércio de Emissões (em inglês, *International Emissions Trading Association* – IETA), Banco Mundial e Bolsa de Valores do Brasil (B3).

O Sistema Eletrônico de Informações (SEI) do estado de Minas Gerais também foi utilizado com o objetivo de encontrar algum projeto de crédito de carbono desenvolvido no âmbito estadual. Entretanto, não foram identificadas informações relevantes que pudessem contribuir com o trabalho.

Após a coleta de dados, os artigos, documentos, ferramentas e metodologias foram avaliados e selecionados com base em critérios de relevância ao tema e qualidade metodológica. Foram considerados artigos publicados em universidades e revistas científicas, trabalhos técnicos de órgãos de referência nacional e

internacional e legislação oficial para garantir a credibilidade e robustez das informações utilizadas na pesquisa.

A análise dos dados envolveu uma abordagem predominantemente qualitativa, através da qual eles foram interpretados e sintetizados para identificar conceitos, métodos, regras, modelos, padrões, tendências e lacunas no conhecimento. Os resultados serão apresentados e discutidos de forma a fundamentar as conclusões do estudo.

2.2 A atividade de prevenção e combate aos incêndios em vegetação realizada pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Minas Gerais

O CBMMG desempenha um papel fundamental na prevenção e combate aos incêndios em vegetação em todo o estado. Suas atividades envolvem ações estratégicas de monitoramento, prevenção, combate e controle desses eventos, visando a proteção da população, da fauna e da flora (Minas Gerais, 2024a).

Por prevenção em incêndios em vegetação entende-se: “Todas as medidas cujo objetivo é reduzir ou eliminar as possíveis causas dos incêndios em vegetação e evitar suas propagações caso ocorram” (Minas Gerais, 2024a, p. 15). O combate consiste no uso de técnicas empregadas no combate aos incêndios para que estes sejam extintos (Minas Gerais, 2024a). Tais ações permitem atuar na gestão do risco de desastres (antes da ocorrência de um incêndio em vegetação) e na gestão do desastre (durante e após a ocorrência de um incêndio) (Minas Gerais, 2024a).

A prevenção e o combate aos incêndios em vegetação realizados pelo CBMMG contam com um arcabouço de conhecimentos gerenciais, técnicas, recursos humanos e logísticos que podem ser empregados em diversas situações, tanto no cenário estadual e federal, quanto internacional, tendo em vista que a corporação, além de atuar em incêndios em vegetação no estado de Minas Gerais, já atuou em apoio a missões na Amazônia, em 2019, e no Canadá, em 2023 (Ministério da Justiça e Segurança Pública, 2019; Brasil, 2023c).

Nesse sentido, o Decreto nº 48.767/2024 que trata do Programa de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais, denominado Força Tarefa Previncêndio – FTP, em seu art. 4º, inciso III, estabeleceu o CBMMG como um dos componentes da Força Tarefa. Além disso, a alínea “a”, do inciso III, art. 6º, atribuiu,

dentre outras, a seguinte competência ao CBMMG: “planejar, coordenar e executar as atividades operacionais de prevenção e combate aos incêndios florestais nas Unidades de Conservação estaduais, bem como em suas zonas de amortecimento ou entorno, observadas as competências do IEF” (Minas Gerais, 2024c).

Essa coordenação é exercida principalmente por uma unidade de direção intermediária especializada, o Comando Especializado de Bombeiros (CEB). Destaca-se dentre as atribuições do CEB, a missão de apoiar a coordenação dos Comandos Operacionais (unidades de direção intermediária do CBMMG) nas atividades de prevenção e combate a incêndios florestais em unidades de conservação (UCs) existentes nas áreas de articulação de cada comando (Minas Gerais, 2024b).

O Quadro 1 apresenta alguns exemplos de como os recursos do CBMMG podem ser empregados em diversos cenários envolvendo combate a incêndios florestais.

Quadro 1 – Exemplos de formas de uso de conhecimentos, técnicas, recursos humanos e logísticos na atividade de prevenção e combate a incêndios florestais

Emprego de conhecimentos gerenciais e estratégicos	Formas de emprego de recursos humanos	Exemplos de recursos logísticos e tecnológicos	Emprego de técnicas
Mapeamento de áreas de risco	Guarnição de combate aos incêndios florestais - GCIF	Drones	Ataque direto
Montagem de sala de coordenação e controle	Núcleos de combate aos incêndios florestais - NIF	Aeronaves	Ataque indireto
Conjunto de ações de gestão do risco do desastre e gestão de desastres	Brigadas	Sopradores	Construção de aceiros
Campanhas educativas	Educadores	Recursos educacionais	Monitoramento

Fonte: elaborado pelo autor, adaptado de Minas Gerais (2024b).

O CBMMG tem atuado fortemente no combate à degradação de vegetações por queimadas. De acordo com dados estatísticos elaborados pela corporação, entre os anos de 2015 e 2023, a instituição atendeu a 146.435 chamados envolvendo incêndios em vegetação (Tabela 1).

Tabela 1 – Quantitativo de ocorrências envolvendo incêndios em vegetação atendidas pelo CBMMG entre os anos de 2015 e 2023

Ano	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	Total
2015	579	113	122	258	430	860	1.518	2.431	1.418	1.652	272	112	9.765
2016	102	371	299	1.672	1.098	769	2.377	2.570	2.026	610	146	133	12.173
2017	312	383	451	676	573	1.066	2.314	2.951	3.659	1.509	126	98	14.118
2018	226	134	220	681	1.369	1.518	2.662	1.441	1.732	476	89	262	10.810
2019	835	465	351	642	1.058	2.398	3.602	3.177	3.933	1.736	324	136	18.657
2020	100	57	380	863	1.676	2.341	3.627	4.049	5.020	2.153	376	99	20.741
2021	522	230	741	1.928	2.706	2.014	4.486	5.423	5.407	581	153	95	24.286
2022	110	79	858	980	1.500	2.214	3.707	4.544	3.605	943	175	43	18.758
2023	55	256	802	524	1.595	2.092	3.074	3.298	2.972	826	1.022	611	17.127
Total	2.841	2.088	4.224	8.224	12.005	15.272	27.367	29.884	29.772	10.486	2.683	1.589	146.435

Fonte: Painel de Gestão Operacional do CBMMG (Minas Gerais, 2024d).

Dentre os incêndios em vegetação, as categorias atendidas pelo CBMMG incluem (Minas Gerais, 2021):

- incêndio em unidade de conservação (UC);
- incêndio no entorno de unidade de conservação (UC);
- incêndio em produção agrícola;
- incêndio em área de reflorestamento;
- incêndio em área rural pertencente a órgão público;
- incêndio em área rural pertencente a órgão privado;
- incêndio em propriedade rural particular;
- incêndio em área rural não protegida;
- incêndio em área urbana pertencente a órgão público;
- incêndio em área urbana pertencente a órgão privado;
- incêndio em área urbana não protegida;
- incêndio em lote vago (área urbana);
- incêndio em pasto;
- incêndio às margens de rodovia;
- incêndio em canavial.

Nesse sentido, evidencia-se que o CBMMG possui competência técnica para atuar tanto em áreas públicas quanto privadas, impactando diretamente na redução das emissões de GEE. Sua atuação é essencial na prevenção e controle da degradação de florestas e outras formações vegetais, causada por incêndios florestais. Secundariamente, sua presença pode ajudar a reduzir a destruição ambiental decorrente de outros usos inadequados do solo. Consequentemente, o

CBMMG demonstra viabilidade técnica para contribuir na mitigação dessas emissões.

2.3 Relação dos incêndios em vegetação com as emissões de gases de efeito estufa

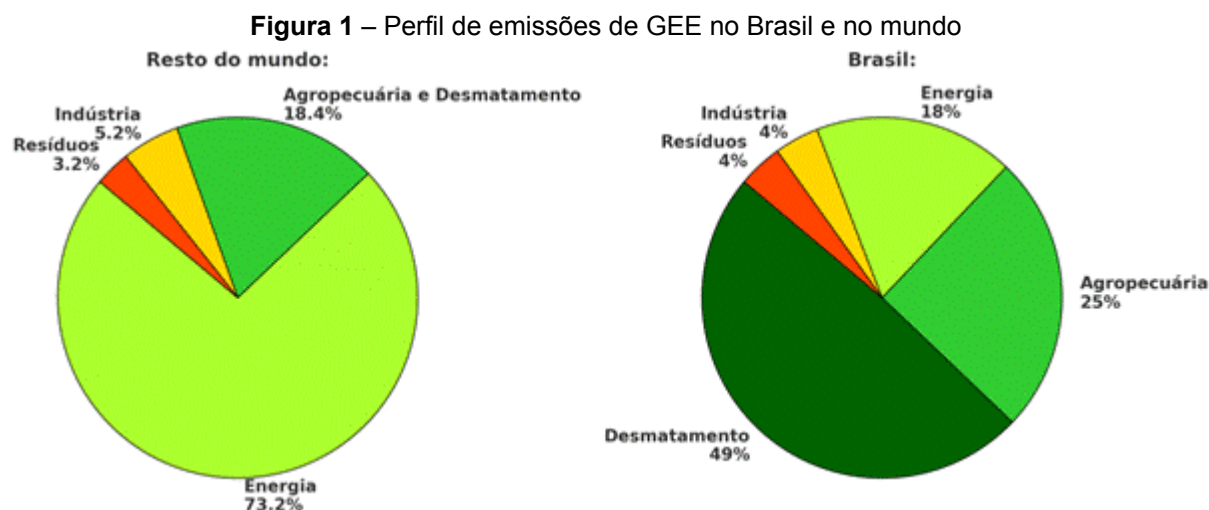
Os incêndios florestais representam uma das fontes de emissões de CO₂ em todo o mundo, especialmente em regiões com grande cobertura florestal, como a Amazônia e o Cerrado brasileiro. Além disso, a queima da vegetação também libera outros gases, como o metano e o óxido nitroso, que possuem um potencial de aquecimento global ainda maior do que o CO₂ (Brasil, 2017).

Portanto, os incêndios florestais não apenas destroem ecossistemas valiosos e ameaçam a biodiversidade, mas também contribuem significativamente para as mudanças climáticas globais, exacerbando os efeitos do aquecimento global e do aumento das temperaturas (Brasil, 2017).

No cenário mundial, o perfil de emissões de GEE apresenta como principal emissor o setor energético com 73,2% das emissões, seguido pela agropecuária e desmatamento, com 18,4% das emissões. O restante das emissões é representado pela indústria (5,2%) e geração de resíduos (3,2%) (Brasil, 2023b).

No Brasil, o cenário das emissões é diferente. A agropecuária representa 25%; o setor energético, 18%; a indústria, 4%; e a geração de resíduos, 4%. A principal fonte de emissão, no entanto, é o desmatamento, que responde por 49% (Brasil, 2023b). Pode-se considerar que esse percentual contém as emissões derivadas de queimadas e incêndios florestais, tendo em vista que a maioria das queimadas iniciadas no meio rural está diretamente ligada às atividades agrícolas, independentemente do ecossistema em que ocorrem (Mistry e Bizerril, 2011 apud Manguiera, 2021, p. 11).

Mesmo sendo práticas diferentes, as queimadas e o desmatamento são atividades geralmente ligadas ao fogo. Ocorre a derrubada da vegetação seguida pela queima da biomassa vegetal (Gonçalves, Castro e Hacon, 2012 apud Manguiera, 2021, p. 11). A Figura 1 apresenta os perfis de emissões.



Fonte: elaborada pelo autor, adaptada de Brasil (2023a).

O ecossistema de Minas Gerais é composto por três principais biomas: o Cerrado, predominante, ocupa cerca de 54% da superfície estadual; a Mata Atlântica, que se estende por 40% do território; e a Caatinga, que se localiza na porção setentrional do estado, representando 6% da área total de Minas Gerais (Latuf; Rios; Pereira, 2022 *apud* Minas Gerais 2024c, p. 10).

As unidades de conservação estaduais somam uma extensão de 2.346.351,85 hectares, o que corresponde a cerca de 4% do território mineiro (Minas Gerais, 2024b). No período de 2013 a 2022, a Força Tarefa Previncêndio registrou, conforme Tabela 2, o seguinte histórico de atendimentos a ocorrências de incêndio florestal e áreas queimadas nas UC e seus entornos.

Tabela 2 – Histórico de atendimentos a ocorrências de incêndio florestal e áreas queimadas nas UC e seus entornos de 2013 a 2022

(continua)

ANO	Registros de Incêndios Florestais	Área Queimada Interna (hectares)	Área Queimada Entorno (hectares)
2013	578	12.601,31	8.488,22
2014	867	49.379,73	27.733,26
2015	859	79.884,51	20.097,61
2016	692	14.225,18	9.438,88

(conclusão)

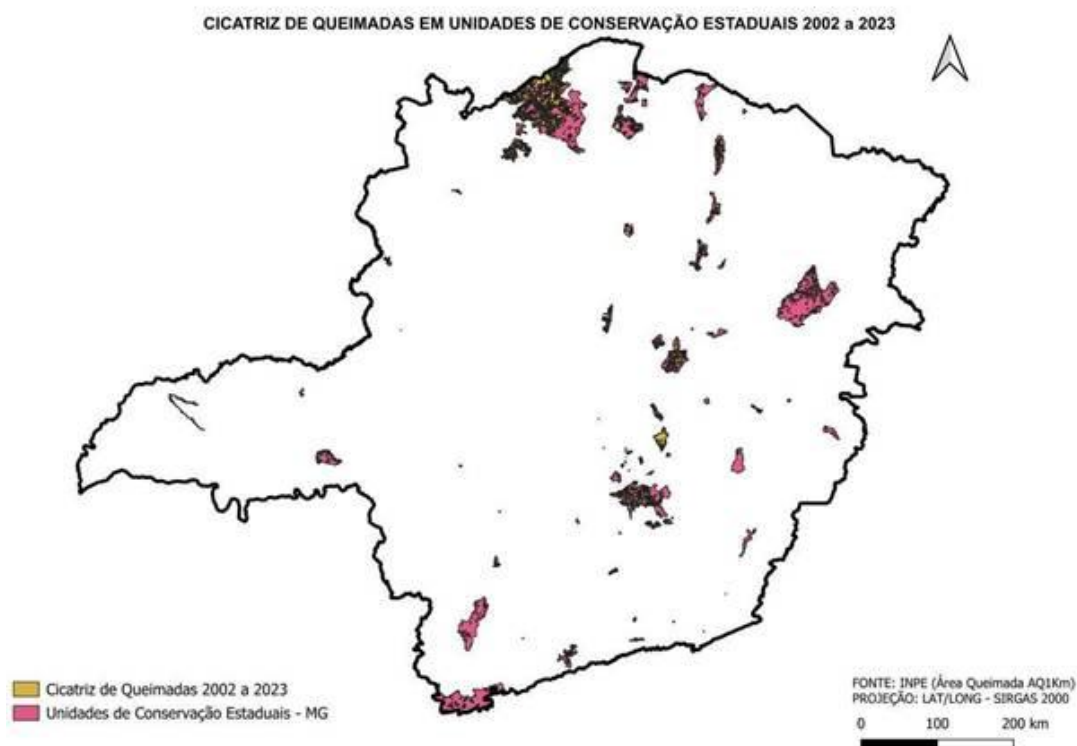
ANO	Registros de Incêndios Florestais	Área Queimada Interna (hectares)	Área Queimada Entorno (hectares)
2017	882	41.993,52	23.679,61
2018	566	8.851,20	3.353,14
2019	857	27.460,38	23.683,07
2020	583	40.779,96	14.264,80
2021	839	98.192,68	31.883,18
2022	747	25.221,59	16.055,31
Média	747	41.485,39	18.069,09

Fonte: Força Tarefa Previncêndio (Abertura da FTP, 2023 *apud* Minas Gerais, 2024b, p. 26).

Para uma visão espacial dos incêndios em unidades de conservação no estado de Minas Gerais, a Figura 2 apresenta um mapa com a distribuição das áreas queimadas ocorridas em unidades de conservação entre os anos de 2002 e 2023. Observa-se que a maior parte do bioma atingido foi o Cerrado.

O mapa foi elaborado usando a base de dados "Área Queimada 1km" disponibilizada pelo INPE. A análise consistiu na extração anual das áreas queimadas em todo o estado, utilizando as áreas das unidades de conservação disponibilizadas pelo SISEMA (Minas Gerais, 2022c). Com o auxílio do software QGIS, realizou-se o recorte das áreas queimadas estaduais para destacar somente aquelas situadas dentro das unidades de conservação (QGIS, 2024).

Figura 2 - Mapa com a distribuição das cicatrizes de queimadas ocorridas nessas unidades entre os anos de 2002 e 2023



Fonte: elaborada pelo autor, adaptada do INPE (2023) e Minas Gerais (2022c).

De acordo com o Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa, as emissões antrópicas líquidas de CO₂ relacionadas à mudança de uso e cobertura da terra (agricultura e reflorestamento por exemplo) no bioma Cerrado somaram 1.703.660,0 Gg CO₂ no período de 1994 a 2002, aumentando para 1.845.024,7 Gg CO₂ entre os anos de 2002 e 2010. Além disso, em 2016, o estado de Minas Gerais apresentou uma emissão de 108.309 Gg CO₂e, sendo que o setor florestal contribuiu com uma remoção de 12.398 Gg CO₂e, resultante do sequestro de CO₂ pela vegetação (Brasil, 2021b).

Em um cálculo simples (cálculo hipotético levando em conta apenas as variáveis de área e valor médio de estoque de carbono no Cerrado), considerando que uma floresta do bioma Cerrado possui em média um estoque de CO₂e de 70 tC/ha (Minas Gerais, 2022a), em uma área com média de queimadas de 41.485,39 ha, multiplicada pela quantidade média de CO₂e de 70 tC/ha, tem-se emissões potenciais de 2.903.977,35 tCO₂e anuais derivadas de queimadas em unidades de conservação. Nesse cálculo, não foram contabilizadas as remoções por sumidouros.

A partir desses dados percebe-se que o CBMMG pode contribuir diretamente na redução do desmatamento por queimadas e, conseqüentemente, na diminuição das emissões de GEE, tendo em vista a importância destacada das florestas no sequestro de GEE. Além disso, observa-se que o bioma Cerrado apresenta extensas áreas de queimadas com altos estoques de carbono, apontando para viabilidade econômica em termos de volumes de créditos que podem ser gerados.

2.4 Legislação brasileira relacionada aos créditos de carbono

O Acordo de Paris, assinado por 195 países, em 2015, estabeleceu um marco crucial na luta global contra as mudanças climáticas. Seu objetivo principal é limitar o aumento da temperatura global a abaixo de 2 °C em relação aos níveis pré-industriais e continuar os esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5 °C. Para alcançar esse objetivo ambicioso, o acordo exige que os países signatários apresentem Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), compromissos voluntários para reduzir as emissões de GEE e fortalecer a resiliência às mudanças climáticas (United Nations, 2015).

O Brasil, em sua NDC, comprometeu-se a reduzir suas emissões de carbono em 50% até 2030, em relação aos níveis de 2005. Esse compromisso reflete o reconhecimento da importância de sua contribuição para o esforço global de combate às mudanças climáticas (Brasil, 2015).

Nesse sentido, em consulta realizada em maio de 2024, verificou-se a existência do Projeto de Lei nº 2.148/2015, que criará o mercado regulado de créditos de carbono no Brasil, denominado Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). O projeto está em tramitação, aguardando apreciação pelo Senado Federal (Brasil, 2023a).

De acordo com a redação desse projeto, o SBCE irá desenvolver-se em cinco fases ao longo de seis anos, negociando cotas brasileiras de emissão (CBE) e certificados de redução ou remoção verificada de emissões (CRVE), cada qual representando uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e). As empresas que ultrapassarem os limites de emissão estabelecidos deverão adquirir títulos para compensar o excesso, enquanto aquelas que não atingirem seus limites poderão vender suas cotas excedentes no mercado (Brasil, 2023a).

Ainda segundo a proposta, as atividades econômicas que emitirem acima de 10 mil tCO₂e ao ano estarão sujeitas a controle. Empresas que emitirem entre 10 mil tCO₂e e 25 mil tCO₂e deverão submeter planos de monitoramento e relatos anuais de emissões ao órgão gestor do SBCE. Aqueles que emitirem mais de 25 mil tCO₂e anualmente deverão enviar relatórios de conciliação periódica de obrigações. Esses patamares poderão ser ajustados conforme a relação custo-efetividade da regulação e os compromissos internacionais do Brasil (Brasil, 2023a).

Importa ressaltar que existem os inventários nacionais de emissões que desempenham um papel crucial no monitoramento e verificação das emissões de gases de efeito estufa do Brasil. São relatórios detalhados que quantificam e descrevem as fontes de emissões desses gases em diferentes setores da economia. O Brasil está na 4ª edição de seu inventário nacional de emissões (Brasil, 2021b).

A legislação brasileira também contempla o pagamento por serviços ambientais (PSA), conforme instituído pela Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021, que recompensa financeiramente aqueles que adotam práticas sustentáveis e contribuem para a preservação do meio ambiente. Essa abordagem inclui a recomposição, manutenção e conservação de áreas de preservação permanente (APPs), reservas legais, unidades de conservação e projetos de assentamento de reforma agrária. Os créditos de carbono gerados por esses projetos podem ser comercializados dentro ou fora do mercado regulado, desde que comprovem a redução ou remoção efetiva de carbono segundo metodologias credenciadas (Brasil, 2021a).

Ainda no âmbito federal, o Decreto nº 11.075, de 19 de maio de 2022, estabelece os procedimentos para a elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas e institui o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (Sinare). Destaca-se a definição de créditos de carbono como ativos financeiros e ambientais, transferíveis, que representam a redução ou remoção de uma tonelada de CO₂ equivalente, e a operacionalização do Sinare como central de registro para essas emissões. O decreto visa padronizar e certificar as emissões e compensações, promovendo a transparência e eficiência no combate às mudanças climáticas (Brasil, 2022).

A Lei nº 4.111, de 5 de janeiro de 2023, que institui a Política Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais (PEPSA) do Tocantins, é um exemplo claro de

como os estados brasileiros estão se engajando na comercialização de créditos de carbono. A lei estabelece, no art. 15, §3º, que: "O Estado do Tocantins poderá alienar diretamente os créditos de carbono jurisdicionais ou fazer uso de qualquer das entidades mencionadas no art. 22 desta Lei" (Tocantins, 2019).

Além disso, a lei autoriza o uso de recursos provenientes da comercialização de ativos e créditos relacionados a produtos e serviços ambientais (art. 23, VII). Esses créditos de carbono são derivados das ações de comando, controle, conservação, fiscalização e monitoramento ambiental. É conferido ao estado a titularidade originária desses créditos (art. 15, caput). As metodologias e critérios para contabilização dessas reduções são definidos pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, que também pode ajustar as reduções de emissões no mercado voluntário (art. 15, §2º).

Conforme o art. 22 da Lei nº 4.111 (Tocantins, 2019), os instrumentos operacionais autorizados são:

Art. 22. Ficam autorizados a servir como instrumentos operacionais, assim entendidos como aquelas instituições com capacidade de execução de subprogramas e demais atividades decorrentes da PEPSA, as seguintes instituições:

I – a Agência de Fomento do Tocantins S.A., criada pela Lei Estadual

II – Companhia Imobiliária de Participações, Investimentos e Parcerias

§1º O rol do caput deste artigo é exemplificativo, de forma que outras instituições no âmbito da jurisdição do Estado do Tocantins e cujas finalidades sociais se alinhem aos propósitos desta Lei poderão ser nele incluídas, mediante definição infralegal do Chefe do Poder Executivo.

§2º Fica o Estado do Tocantins autorizado a se utilizar exclusivamente das instituições de que trata o inciso II deste artigo para transacionar ativos ambientais que possam derivar dos serviços ambientais executados na jurisdição do Estado do Tocantins, mediante autorização do órgão gestor da PEPSA, conforme art. 3º, inciso III.

Em Minas Gerais, a Assembleia Legislativa de Minas Gerais (ALMG) apresentou o Projeto de Lei nº 4.041/2022, que instituirá a Política Estadual de Serviços Ambientais no estado. Destaca-se o texto proposto (Minas Gerais, 2022b):

Art. 11 – Os serviços ambientais poderão ser prestados por meio de programas, projetos ou contratos, observado o disposto nesta Lei e nos normativos infralegais que a regulamentam.

§ 1º – Os programas, projetos e contratos de que trata o caput poderão ser de iniciativa pública ou privada.

§ 2º – Os programas, projetos e contratos de PSA deverão ser registrados na Plataforma de Informações sobre Serviços Ambientais.

Nesse contexto, identificam-se instrumentos legais, em âmbito estadual e federal, que permitem a comercialização de créditos de carbono no mercado voluntário pela Administração Pública estadual. No entanto, devido à complexidade do tema, são necessários estudos adicionais para identificar modalidades e instrumentos jurídicos como contratos, convênios e parcerias, nos quais o CBMMG possa figurar como parte do projeto.

2.5 Processo de geração dos créditos de carbono para comercialização no mercado voluntário

A geração e a comercialização de créditos de carbono no mercado voluntário envolvem a criação de projetos que aumentem o sequestro de carbono e/ou diminuam as emissões de gases de efeito estufa. Isso pode ser alcançado por meio de uma gestão mais eficiente de resíduos, melhorias nos processos de produção e energia, processos industriais, práticas agrícolas sustentáveis, iniciativas de redução de emissões provenientes de desmatamento e degradação florestal, conservação dos estoques de carbono florestal, manejo sustentável das florestas e aumento dos estoques de carbono florestal (REDD+) (Sanquetta, 2023).

Ainda de acordo com Sanquetta (2023), existem diversas metodologias internacionalmente reconhecidas para a proposição de um projeto de crédito de carbono. No contexto das atividades do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais, uma metodologia da Verra relacionada ao desmatamento não planejado (extração ilegal de madeira e queimas não autorizadas de vegetação) foi identificada como potencial para emprego pela instituição dada a relação direta dessas atividades com os incêndios em vegetação (Verra, 2023b).

Para compreender as metodologias, alguns conceitos são de extrema importância, pois devem ser incorporados aos projetos, sendo eles: adicionalidade, linha de base, validação, verificação dos créditos, certificação dos créditos, emissão e comercialização. Além disso, é importante apresentar uma visão geral e um passo a passo, tendo como exemplo a metodologia da Verra para o desmatamento não planejado.

2.5.1 Adicionalidade

Refere-se ao princípio de que as reduções de emissões de gases de efeito estufa devem ser adicionais às que ocorreriam na ausência do projeto financiado por créditos de carbono. O objetivo é garantir que os projetos realmente contribuam para a redução das emissões globais de carbono, evitando a contabilidade dupla ou falsas reduções (Sanquetta, 2023).

2.5.2 Linha de base

É a quantidade de emissões de gases de efeito estufa que ocorreriam sem a implementação do projeto de redução de carbono. Seu objetivo é servir como referência para calcular a quantidade de emissões evitadas ou removidas graças ao projeto (Sanquetta, 2023).

2.5.3 Validação

É o processo inicial no qual uma entidade independente e acreditada avalia e aprova a metodologia e o plano do projeto de carbono, garantindo que os critérios estabelecidos para gerar créditos de carbono sejam cumpridos. Esse passo é crucial para assegurar que o projeto é capaz de produzir reduções reais, adicionais e verificáveis de emissões (Verra, 2023a).

2.5.4 Verificação dos créditos

É o processo de auditoria independente das reduções de emissões reportadas por um projeto. O objetivo é confirmar que as reduções de emissões ocorreram conforme documentado, evitando fraudes e garantindo transparência (Verra, 2023a).

2.5.5 Certificação dos créditos

Envolve a validação formal dos créditos de carbono por uma entidade independente e acreditada, assegurando que os créditos representam reduções

reais, adicionais e verificáveis de emissões. Isso visa prover credibilidade e confiança no mercado de créditos de carbono, garantindo que os créditos sejam reconhecidos por padrões internacionais (Verra, 2023a).

2.5.6 Emissão

Ocorre quando os créditos de carbono são oficialmente registrados e disponibilizados no mercado após a validação, verificação e certificação das reduções de emissões. O objetivo é formalizar a disponibilidade de créditos de carbono que podem ser comprados e utilizados por empresas ou indivíduos para compensar suas emissões (Verra, 2023a).

2.5.7 Comercialização

É o processo de compra e venda dos créditos de carbono no mercado voluntário, envolvendo negociações entre compradores e vendedores. O objetivo é facilitar a troca de créditos de carbono, permitindo que empresas e indivíduos compensem suas emissões, contribuindo para a redução global de gases de efeito estufa (Verra, 2023a).

2.5.8 Visão geral

De maneira geral, são necessários os seguintes passos: desenvolvimento do projeto, registro, validação, monitoramento/verificação, emissão e negociação. O desenvolvimento do projeto implica que o proponente deve seguir metodologias aprovadas, como por exemplo, o padrão de carbono verificado (em inglês, *verified carbon standard* - VCS) da Verra, para calcular as reduções de emissões de gases de efeito estufa (Verra, 2023a).

Na validação, um auditor independente valida o projeto para garantir que ele atende aos requisitos do VCS. No monitoramento, o proponente do projeto monitora e registra as reduções de emissões. A verificação é realizada por um verificador independente que audita os resultados de monitoramento. Finalmente, no registro e

emissão, após a verificação, os créditos de carbono são emitidos e registrados no sistema VCS, podendo ser negociados no mercado de carbono (Verra, 2023a).

2.5.9 Exemplo prático de metodologia de criação de projeto

As diversas empresas que já são reconhecidas no mercado nacional e internacional possuem metodologias próprias relativas aos vários tipos de ações, como exemplo, a metodologia VM0015 da Verra, referente ao desmatamento não planejado, que se enquadra na categoria REDD+. A seguir, apresenta-se um resumo das etapas de um projeto relacionado ao desmatamento não planejado (Verra, 2023b):

- a) definir os limites da atividade do projeto: limites espaciais, limites temporais, reservatórios de carbono e fontes de emissões de GEE;
- b) analisar os agentes, motivadores, causas subjacentes do desmatamento e cadeia típica de eventos que levam à mudança no uso e cobertura da terra;
- c) analisar o histórico de mudanças no uso e cobertura da terra na região de referência durante o período histórico;
- d) projetar a quantidade anual e a localização do desmatamento no cenário de linha de base;
- e) identificar as classes florestais presentes nas prováveis áreas a serem desmatadas no cenário de linha de base e as classes de uso da terra pós-desmatamento na área do projeto;
- f) estimar as alterações no estoque de carbono da linha de base e, quando aplicável, as emissões não-CO₂ provenientes da queima de biomassa;
- g) estimar as mudanças reais no estoque de carbono e as emissões não-CO₂ no cenário do projeto;
- h) estimar as emissões de vazamento associadas às medidas de prevenção de vazamento e deslocamento de atividades.

Esses passos garantem a integridade e a eficácia dos projetos de créditos de carbono. Utilizando modelos existentes, acredita-se ser metodologicamente viável enquadrar as atividades do CBMMG ou até mesmo desenvolver uma nova

metodologia para contribuir na mitigação das mudanças climáticas por meio da prevenção e do combate aos incêndios florestais. No próximo tópico, serão descritas propostas de oportunidades para esses projetos.

2.6 Atividades do CBMMG com potencial de alinhamento à projetos que gerem créditos de carbono - oportunidades

Tendo em vista que os critérios utilizados para metodologias atuais de geração de créditos de carbono podem ser atendidos por atividades realizadas pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Minas Gerais, especialmente no que diz respeito à prevenção e combate a incêndios florestais, corrobora-se a probabilidade de criação, por parte do CBMMG, de projetos voltados para a geração de créditos de carbono, principalmente na categoria de redução de emissões provenientes de desmatamento e degradação florestal e conservação dos estoque de carbono florestal (REDD+) (Verra, 2023b).

Considerando que, em Minas Gerais, o bioma Cerrado abriga florestas, inclusive em unidades de conservação, é possível obter dados de registros históricos de áreas queimadas associadas ao desmatamento não planejado, definir uma linha de base e, a partir daí, implementar os serviços de prevenção e combate aos incêndios em vegetação do CBMMG. Os diversos serviços poderiam ser inseridos em um portfólio de projetos que possibilitariam a diminuição das emissões e o aumento do sequestro de carbono atendendo ao conceito de adicionalidade. Dentre os serviços a serem implementados é possível citar (Minas Gerais, 2024a):

- a) instalação de frações do CBMMG próximas às áreas de interesse ambiental com alto índice de queimadas;
- b) instalação de tecnologias de detecção e alarme de incêndios, integradas à serviços de resposta para extinguir os princípios de incêndios nos estágios iniciais;
- c) trabalhos de educação ambiental voltados para as comunidades próximas às áreas de interesse ambiental;
- d) abordagem e repressão, em conjunto com forças policiais, de possíveis incendiários que frequentam áreas de interesse ambiental;

- e) investimento em tecnologias e recursos logísticos de resposta e combate aos incêndios florestais para o controle mais eficiente dos incêndios que não forem debelados em sua fase inicial;
- f) fomento a cursos de brigadas de incêndios florestais para estimular o emprego local em conjunto com empresas do setor de agronegócio e proprietários de terras;
- g) emprego de grupamentos de militares para o plantio de mudas e atividades de reflorestamento em parceria com universidades e empresas do setor privado.

Nesse sentido, resta demonstrar que essas atividades não apenas podem colaborar com a diminuição das emissões, assim como promovem a conservação dos estoques de carbono florestal, aumentam o sequestro de carbono e contribuem socialmente e economicamente para as comunidades locais. Portanto, com uma abordagem bem estruturada, sugere-se que essas atividades sejam incluídas em projetos REDD+, oportunizando ao CBMMG apoiar significativamente para a mitigação das mudanças climáticas e fomentar projetos junto ao estado, principalmente no mercado voluntário, na tentativa de obter resultados oriundos de créditos de carbono.

2.7 Metodologias utilizadas para quantificar as emissões de CO₂ e o sequestro de carbono em áreas afetadas por incêndios florestais

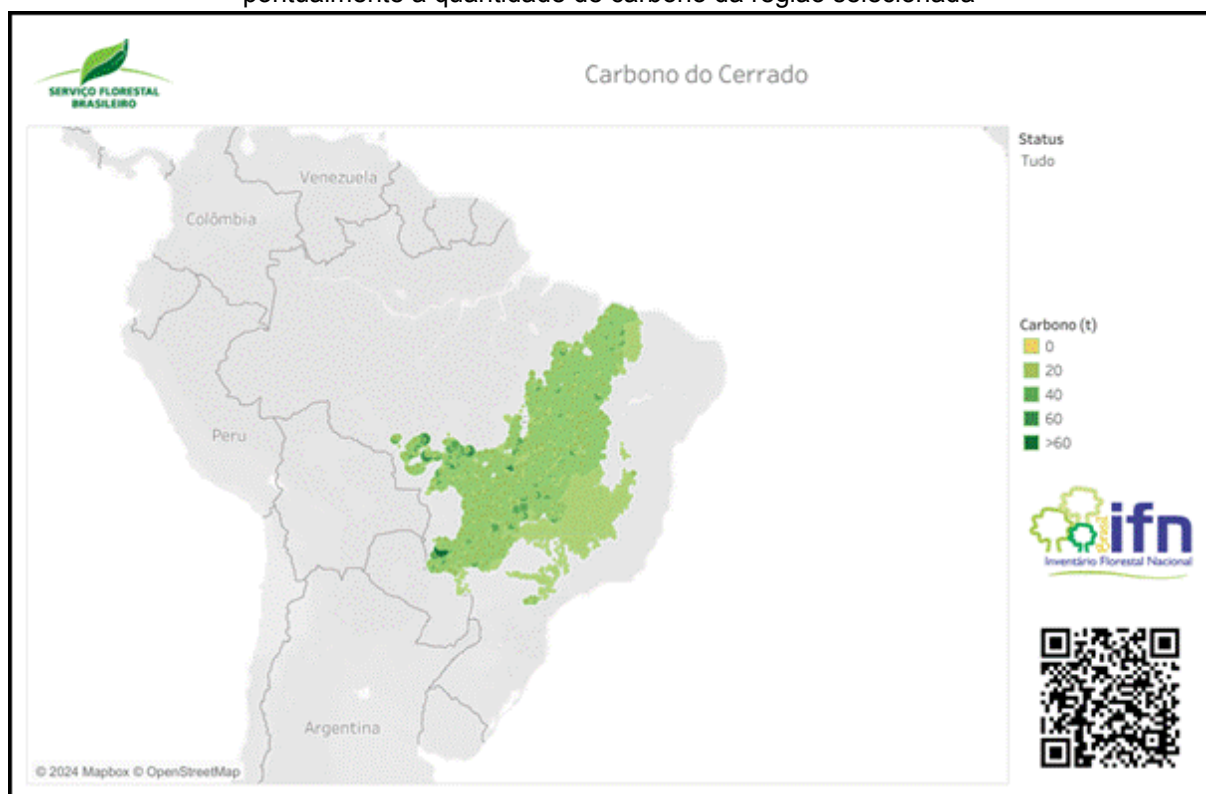
As medições de emissões de CO₂ e sequestro de carbono em áreas afetadas por desmatamento e incêndios florestais podem ser realizadas por meio de técnicas de amostragem in loco e sensoriamento remoto.

Como exemplo de metodologia in loco descrita por Arevalo, Alegre e Vilcahuaman (2002) para a estimativa de carbono nos sistemas florestais, podemos citar a do Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal (em inglês, *World Agroforestry* – ICRAF), que consiste em realizar a estimativa da biomassa e do carbono armazenado em diferentes componentes de ecossistemas terrestres, incluindo árvores vivas, arbustos, herbáceas, serrapilheira e árvores mortas em pé ou caídas e o solo.

Para calcular a biomassa total, são utilizadas equações específicas baseadas no Diâmetro à Altura do Peito (DAP), densidade da madeira e comprimento das árvores caídas. Amostras de solo são coletadas em trincheiras de um metro de profundidade, divididas em horizontes, para determinar a densidade aparente e o conteúdo de carbono. O carbono total é calculado multiplicando-se a biomassa vegetal total e o peso do solo pelo percentual de carbono determinado em laboratório. Esses métodos fornecem uma estimativa abrangente do carbono armazenado em diferentes sistemas de uso da terra.

Uma outra forma de se estimar os estoques e emissões de carbono é pelo sensoriamento remoto. Essa técnica possibilita o uso de diversas metodologias na construção de mapas dos estoques de carbono por biomas e regiões do Brasil, conforme destacado pelo Serviço Florestal Brasileiro (2024). Um exemplo é o mapa de estoque de carbono apresentado na Figura 3.

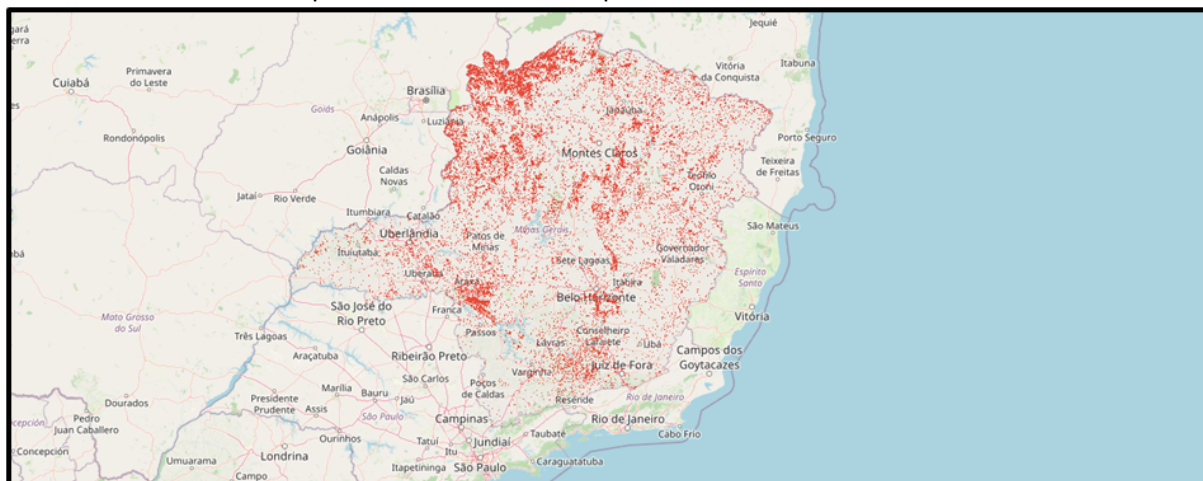
Figura 3 – Mapa de estoque de carbono do Cerrado. Em consulta ao mapa é possível saber pontualmente a quantidade de carbono da região selecionada



Fonte: Serviço Florestal Brasileiro (2024).

Também é possível estimar as áreas queimadas através de mapas de cicatrizes do fogo, como o mostrado na Figura 4. O mapa pode ser acessado no portal MapBiomas (MapBiomas Brasil, 2024).

Figura 4 - Mapa de cicatrizes de fogo (pontos alaranjados) no estado de Minas Gerais, total queimado acumulado no período de 1985 até 2022



Fonte: MapBiomas Brasil (2024).

Em se tratando de estimar o sequestro de carbono, o trabalho de Silva, Veloso e Leite (2022) cita a técnica de sensoriamento remoto orbital, em áreas do bioma Cerrado, no Norte de Minas Gerais, mais precisamente na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros (APA-RP).

Assim, percebe-se que é possível estimar as emissões de GEE decorrentes de queimadas, empregando, principalmente, as metodologias de sensoriamento por meio de mapas. Isso permite criar correlações:

- a) área queimada e emissão de GEE;
- b) área preservada e GEE não emitidos;
- c) área preservadas e sequestro de GEE.

Diante do exposto, os dados corroboram a viabilidade metodológica de estimar as emissões e sequestro de carbono em atividades de preservação florestal no estado de Minas Gerais realizadas pelo CBMMG.

2.8 Comercialização e utilização efetiva dos créditos de carbono gerados

A comercialização e a utilização dos créditos de carbono gerados por projetos de mitigação de emissões envolvem uma série de etapas, desde a inscrição e registro dos projetos até a venda e compra dos créditos em mercados regulados e voluntários.

2.8.1 Custos e taxas de registro

O primeiro aspecto a considerar na comercialização dos créditos de carbono são as taxas associadas ao registro dos projetos nos padrões de verificação. De acordo com os dados extraídos, em junho de 2024, do site da Socialcarbon, empresa que atua no mercado de créditos de carbono, os custos relacionados ao registro e emissão de unidades de carbono social (em inglês, *Social Carbon Units - SCU*, como são denominados por esta empresa) são detalhados da seguinte forma (Socialcarbon, 2024):

- a) conta de registro: há uma taxa anual de 600 Libras Esterlinas Britânicas (GBP) para a manutenção da conta de registro;
- b) taxas de emissão: as taxas de emissão para unidades de carbono social emitidas dentro de um ano civil (de 1º de janeiro a 31 de dezembro) variam conforme o volume emitido:
 - para emissões cumulativas de 0 a 10.000 unidades, a taxa é de US\$0,05 por unidade;
 - para emissões superiores a 10.000 unidades, a taxa é de US\$0,12 por unidade.

2.8.2 Formas de comercialização

A comercialização dos créditos de carbono pode ocorrer de várias maneiras, cada uma com suas particularidades e adequações ao mercado (Sanquetta, 2023):

- a) bolsas de valores: são locais estruturados onde créditos de carbono podem ser negociados. A B3 no Brasil, por exemplo, está desenvolvendo uma plataforma específica para essa finalidade;
- b) leilões: os leilões são uma forma eficaz de venda de grandes volumes de créditos de carbono, geralmente organizados por governos ou grandes

empresas. Por exemplo, a cidade do Rio de Janeiro realizou o primeiro leilão de créditos de carbono do Brasil;

- c) editais e chamadas públicas: organizações como o BNDES e empresas privadas publicam editais para a compra de créditos de carbono, promovendo a transparência e a competitividade;
- d) plataformas digitais: plataformas como a IETA e a Moss oferecem a possibilidade de compra e venda de créditos de carbono de forma digital e acessível. Elas utilizam tecnologias como blockchain para garantir a segurança e a rastreabilidade das transações (IETA, 2024; Moss, 2024);
- e) mesas de trading: assim como no mercado de ações, existem mesas de trading dedicadas à negociação de créditos de carbono, onde profissionais especializados intermedeiam a compra e venda desses ativos;
- f) transações de balcão: a comercialização de balcão é tradicional e envolve corretores que fazem a intermediação direta entre compradores e vendedores, proporcionando uma negociação mais personalizada e flexível.

2.8.3 Preços e valorização dos créditos de carbono

O valor dos créditos de carbono pode variar significativamente dependendo de vários fatores, como o padrão de certificação, a localização, o tipo de projeto, e o volume de créditos disponíveis. Em média, os preços podem variar de US\$0,46 a US\$167,00 por tonelada de CO₂ equivalente, sendo que a maioria das transações gira em torno de US\$10 por tonelada (World Bank Group, 2024a).

A valorização dos créditos de carbono é influenciada por (Sanquetta, 2023):

- a) qualidade do projeto: projetos com benefícios adicionais, como impacto social positivo ou conservação da biodiversidade, tendem a ter créditos mais valorizados;
- b) volume e escala: projetos de maior escala podem negociar créditos a preços mais competitivos devido à economia de escala;

- c) demanda do mercado: a demanda crescente por créditos de carbono, impulsionada por regulamentações climáticas mais rigorosas e pelo aumento da conscientização ambiental, eleva os preços no mercado.

Não foi possível levantar projetos realizados no âmbito da administração pública de Minas Gerais, devido ao tempo escasso de pesquisa. Nesse sentido, restou a dúvida sobre a viabilidade econômica dos projetos de crédito de carbono por parte do CBMMG, tendo em vista que a maioria dos projetos disponíveis para consulta referem-se ao bioma Amazônico ou em áreas de transição deste bioma para o Cerrado. Tendo em vista a diferença de biomassa e regimes dessas formações, é necessário buscar estudos que demonstrem ser possível propor projetos de créditos de carbono em Minas Gerais que alcancem volumes e escalas de interesse para o mercado e quais seriam as modalidades de comercialização ideais, além dos instrumentos jurídicos necessários.

2.9 Exemplos de projetos que se enquadram em REDD+ e utilizam a metodologia de desmatamento não planejado

Como forma de exemplificar projetos executados no Brasil na modalidade REDD+ e que utilizaram a metodologia Verra para desmatamento não planejado, três projetos de créditos de carbono para o mercado voluntário são apresentados no Apêndice Único. Os documentos dos projetos estão disponibilizados publicamente e podem ser consultados nos respectivos endereços eletrônicos citados.

Os projetos destacam-se por sua abordagem na preservação de áreas críticas. O projeto REDD+ Serra do Amolar, no Mato Grosso do Sul, protege 135.060 hectares de biodiversidade pantaneira, estimando reduzir 90.592 toneladas de CO₂ anualmente, focando em evitar o desmatamento e promover atividades sustentáveis. O Projeto Unitor REDD+, na Amazônia, cobre 94.270 hectares e visa mitigar 522.923 toneladas de CO₂, unindo 15 propriedades para reduzir o desmatamento. Já o Ahu REDD+, no Mato Grosso, protege 32.326 hectares de transição Cerrado-Amazônia, com 35.168 toneladas de CO₂ mitigadas, combatendo incêndios e exploração ilegal (Verra, 2024).

Comparativamente, essas áreas protegidas pelos projetos são similares às áreas médias anuais queimadas em unidades de conservação. Por exemplo, em 2021, as unidades de conservação queimaram em média 130.075,86 hectares (98.192,68 hectares internamente somados a 31.883,18 hectares no entorno) (ver Tabela 2). Essa comparação ressalta o impacto positivo dessas iniciativas na mitigação do desmatamento e na conservação ambiental, indicando a viabilidade de projetos similares em Minas Gerais para combate a incêndios florestais, principalmente no Cerrado.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou examinar a possibilidade de inserção das atividades de prevenção e combate a incêndios florestais do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais no contexto dos mercados voluntários de carbono. A análise realizada por meio de revisão narrativa de literatura permitiu identificar que essas ações possuem relevância estratégica, na medida em que contribuem diretamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a conservação dos estoques de carbono em ecossistemas sensíveis, especialmente no bioma Cerrado. Tal constatação reforça o potencial do CBMMG em alinhar-se a iniciativas no âmbito de projetos REDD+, destacando-se como um agente público capaz de gerar benefícios ambientais, sociais e econômicos.

Contudo, os achados também revelaram limitações técnicas, regulatórias e institucionais que ainda precisam ser superadas. A primeira delas relaciona-se à ausência de estudos de viabilidade técnica e econômica que permitam quantificar, de forma robusta, o potencial de crédito de carbono oriundo das atividades do CBMMG e do Cerrado mineiro. Essa lacuna metodológica compromete a possibilidade de mensuração precisa da escala dos benefícios e de análise comparativa em relação aos custos de certificação e registro. Todavia, não deve ser interpretada como um entrave definitivo, e sim como uma oportunidade para pesquisas futuras que possam dimensionar, com maior precisão, o potencial de geração de créditos de carbono e as condições ideais para sua comercialização.

No âmbito regulatório, verifica-se que o mercado voluntário de carbono no Brasil se encontra em fase de amadurecimento, coexistindo com propostas

normativas de criação de um mercado regulado nacional. Embora já existam instrumentos legais como a Lei nº 14.119/2021 (Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais) e o Decreto nº 11.075/2022 (Sinare), permanecem incertezas jurídicas quanto à titularidade dos créditos gerados por órgãos públicos, aos mecanismos contratuais para parcerias institucionais e às formas adequadas de comercialização desses ativos. Essa realidade não inviabiliza o processo, mas indica que a atuação do CBMMG deverá estar respaldada em parcerias institucionais e instrumentos jurídicos sólidos que garantam segurança e transparência.

Do ponto de vista operacional, observa-se que o CBMMG detém reconhecida competência na gestão de incêndios em vegetação, porém carece de estrutura dedicada à aplicação de protocolos internacionais de monitoramento, reporte e verificação, requisito essencial para a validação de créditos no mercado global. Tal condição implica na necessidade de cooperação técnico-científica com universidades, centros de pesquisa e certificadoras independentes, garantindo transparência e credibilidade aos projetos.

No aspecto econômico-financeiro, os projetos de créditos de carbono apresentam custos de estruturação relacionados a registro, validação, verificação e certificação. Esses investimentos iniciais, ainda que elevados, podem ser compensados a médio prazo pela receita gerada com a comercialização dos créditos, desde que o projeto seja desenvolvido em escala adequada. Nesse sentido, estudos específicos para o bioma Cerrado tornam-se fundamentais, considerando sua menor densidade de biomassa em comparação à Amazônica, fator que influencia o volume potencial de créditos a serem emitidos.

Além disso, identificou-se a necessidade de fortalecimento institucional. A participação efetiva em mercados de carbono demanda capacitação multidisciplinar, integrando conhecimentos de engenharia florestal, economia ambiental, direito, geotecnologias e gestão de riscos. A ausência dessa estrutura pode reduzir a eficiência do processo e comprometer a atratividade dos projetos perante investidores e compradores internacionais.

Diante desse panorama, a presente revisão evidencia que o CBMMG apresenta condições técnicas que o qualificam como ator relevante no campo da mitigação das mudanças climáticas. Entretanto, a efetiva implementação de projetos de créditos de carbono dependerá da superação de barreiras regulatórias, da

consolidação de metodologias aplicáveis ao Cerrado e da criação de arranjos institucionais adequados.

Conclui-se, portanto, que a atuação do CBMMG nesse setor deve ser entendida como uma oportunidade inovadora e estratégica, cujo êxito está condicionado à produção de conhecimento aplicado e à construção de parcerias institucionais. Ao sintetizar os potenciais e os limites, este estudo não apenas evidencia o papel singular da corporação na proteção ambiental, como também fornece subsídios para futuras pesquisas que aprofundem a avaliação técnica, econômica e jurídica da proposta, consolidando as bases para sua inserção efetiva nos mercados voluntários de carbono.

REFERÊNCIAS

AREVALO, Luis Alberto; ALEGRE, Julio Cesar; VILCAHUAMAN, Luciano Javier Montoya. Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da Terra. **Embrapa Florestas**. Colombo, V., p. 1-41, Dez. 2002. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/308054/metodologia-para-estimar-o-estoque-de-carbono-em-diferentes-sistemas-de-uso-da-terra>. Acesso em: 10 mar. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT PR 2060**. Prática recomendada: especificação para a demonstração de neutralidade de carbono. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2022. 39p.

BICALHO, Bruno Alves. **Diretrizes e práticas do CBMMG**: uma análise da relação com o desenvolvimento sustentável. Belo Horizonte. MG. 2022. Disponível em: <https://vigiles.bombeiros.mg.gov.br/index.php/cbmmg/issue/view/8/43> Acesso em: 14 jun. 2024.

BRASIL. Agência Câmara de Notícias. Câmara dos Deputados. **Câmara aprova projeto que regulamenta o mercado de carbono no Brasil**. 2023a. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/1028821-regulamentacao-do-mercado-de-carbono-foi-destaque-entre-as-aprovacoes-na-area-de-meio-ambiente/>. Acesso em: 14 jun. 2024.

BRASIL. Agência Câmara de Notícias. Câmara dos Deputados. **O Brasil se prepara para o mercado de carbono**. 2023b. Disponível em: <https://infograficos.camara.leg.br/o-brasil-se-prepara-para-o-mercado-de-carbono/>. Acesso em: 18 jun. 2024.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 out. 1988.

BRASIL. **Decreto nº 11.075, de 19 de maio de 2022**. Estabelece os procedimentos para a elaboração dos planos setoriais de mitigação das mudanças climáticas, institui o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa e altera o Decreto Nº 11.003, de 21 de março de 2022. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 19 maio 2022. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2022/decreto-11075-19-maio-2022-792682-publicacaooriginal-165314-pe.html>. Acesso em: 20 jun. 2024.

BRASIL. **Decretos de 18 de julho de 2023**. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 18 jul. 2023c. Disponível em: <http://www.in.gov.br/autenticidade.html>, pelo código 05292023071900001. Acesso em: 14 jun. 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021**. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, P.1, 13 jan. 2021a.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Resultados do inventário nacional de emissões de gases de efeito estufa por Unidade Federativa**. Brasília: MCTI, 2021b. 50p. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14119.htm. Acesso em: 15 jun. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Brazil's Forest Reference Emission Level for Reducing Emissions from Deforestation in the Cerrado biome for Results-based Payments for REDD+ under the United Nations Framework Convention on Climate Change**. Brasília: MMA, 2017. 78p. Disponível em: https://redd.unfccc.int/media/frelcerrado_en_20170629_br_v.2.pdf. Acesso em: 15 jun. 2024

BRASIL. **Pretendida contribuição nacionalmente determinada para consecução do objetivo da convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/pt-br/arquivos/documentos/clima/brasil-indc-portugues.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2024.

GRIMM, Isabela Jurema; FARIA, Ariadne; SANTOS, Luciane Cristina Ribeiro dos (Org.). **Incorporação ESG à estratégia Organizacional**. Curitiba: Appris, 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Programa Queimadas**: área queimada 1km. Área Queimada 1km. 2023. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/aq1km/>. Acesso em: 15 jun. 2024.

INTERNATIONAL EMISSIONS TRADING ASSOCIATION (IETA). **ABOUT**. 2024. Disponível em: <https://www.ieta.org/about/>. Acesso em: 20 jun. 2024.

IPCC. **Climate Change 2023**: Synthesis Report. Contribution of working groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing team, H. Lee and J. Romero (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp. IPCC, 2023. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

LIMA, Patrick Mendes de. **Mercado de crédito de carbono**: uma revisão. 2023. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2023. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/35915/1/2023_PatrickMendesDeLima_tcc.pdf. Acesso em: 10 abr. 2024.

MANGUEIRA, Rita de Souza. **Queimadas na Amazônia 2020**: um estudo sobre as causas e consequências em longo prazo. 2021. 26 f. TCC (Graduação) - Curso de Especialização em Ensino de Ciências e Matemática na Modalidade Educação A Distância, Diretoria de Educação a Distância, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Itaporanga, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/1923>. Acesso em: 15 jun. 2024.

MAPBIOMAS BRASIL. **Cicatrizes de fogo**: histórico de cicatriz do fogo em minas gerais. Histórico de cicatriz do fogo em Minas Gerais. 2024. Disponível em: [https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/fogo?activeBaseMap=1&layersOpacity=100&activeModule=fire&activeModuleContent=fire%3Afire_accumulated&activeYear=1985%2C2023&mapPosition=-18.641040%2C-45.455933%2C7&timelineLimitsRange=1985%2C2023&baseParams\[territoryType\]=3&baseParams\[territory\]=24&basePara](https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/fogo?activeBaseMap=1&layersOpacity=100&activeModule=fire&activeModuleContent=fire%3Afire_accumulated&activeYear=1985%2C2023&mapPosition=-18.641040%2C-45.455933%2C7&timelineLimitsRange=1985%2C2023&baseParams[territoryType]=3&baseParams[territory]=24&basePara)

[ms\[territories\]=24%3BMinas%20Gerais%3B3%3BEstado%3B0%3B0%3B0%3B0&baseParams\[activeClassTreeOptionValue\]=fire_accumulated_by_total_burned&baseParams\[activeClassTreeNodeIds\]=642%2C647%2C648%2C649%2C650%2C651%2C643%2C652%2C653%2C654%2C655%2C656%2C657%2C644%2C658%2C659%2C668%2C670%2C671%2C672%2C673%2C674%2C669%2C675%2C676%2C677%2C678%2C660%2C661%2C645%2C662%2C663%2C664%2C665%2C646%2C666%2C667%2C805&baseParams\[activeSubmodule\]=fire_accumulated&baseParams\[yearRange\]=1985-2022](https://territories=24%3BMinas%20Gerais%3B3%3BEstado%3B0%3B0%3B0%3B0&baseParams[activeClassTreeOptionValue]=fire_accumulated_by_total_burned&baseParams[activeClassTreeNodeIds]=642%2C647%2C648%2C649%2C650%2C651%2C643%2C652%2C653%2C654%2C655%2C656%2C657%2C644%2C658%2C659%2C668%2C670%2C671%2C672%2C673%2C674%2C669%2C675%2C676%2C677%2C678%2C660%2C661%2C645%2C662%2C663%2C664%2C665%2C646%2C666%2C667%2C805&baseParams[activeSubmodule]=fire_accumulated&baseParams[yearRange]=1985-2022). Acesso em: 20 jun. 2024.

MATIAS-PEREIRA, José. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. Grupo GEN, 2016. *E-book*. ISBN 9788597008821.

MINAS GERAIS. **4º Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa**. Belo Horizonte: Estado de Minas Gerais, 2022a. 157 p. Disponível em: <https://americadosul.iclei.org/wp-content/uploads/sites/78/2023/06/relatorio-inventario-mg.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2024.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Instrução Técnica Operacional nº 11**: prevenção e combate aos incêndios em vegetação. 2. ed. Belo Horizonte: CBMMG, 2024a. 83 p. Disponível em: https://drive.google.com/drive/folders/1Ox97gsGfWsbAheCmnQJHMnSe5p4rqKOs?usp=drive_link. Acesso em: 10 jun. 2024.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Instrução Técnica Operacional nº 25** - Padronização do Registro de Eventos do CBMMG. 3. ed. CBMMG: Belo Horizonte, 2021.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Instrução Técnica de Ensino nº 44**: Dispõe sobre as Normas de Elaboração e Apresentação de Trabalhos de Conclusão de Curso e Dá Outras Providências. Belo Horizonte, 2023a.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Plano de Comando 2015/2026**. 5. ed. Belo Horizonte: CBMMG, 2023b. 88 p.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Plano de prevenção e combate a incêndios florestais em Unidades de Conservação estaduais 2024**. Belo Horizonte: CBMMG, 2024b. 60 p.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 48.767, de 26 de janeiro de 2024**. Dispõe sobre a Força Tarefa Previncêndio. Belo Horizonte, MG, 26 jan. 2024c. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/DEC/48767/2024/>. Acesso em: 20 mar. 2024.

MINAS GERAIS. **Lei Complementar nº 54, de 13 de dezembro de 1999**. Dispõe sobre a organização básica do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais - CBMMG - e dá outras providências. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LCP/54/1999/?cons=1>. Acesso em: 20 mar. 2024.

MINAS GERAIS. **Painel de Gestão Operacional do CBMMG**. Série histórica dos atendimentos realizados pelo CBMMG. 2024d. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZGRIMDgyM2YtYzdkMS00NjZkLWI0ODctOTVkNDAYNGY1MGEwliwidCI6IjM3ODAOZTIhLThkM2UtNDdiNS05NjJiLWRjNDBhNmRiMTBiYSJ9>. Acesso em: 10 abr. 2024.

MINAS GERAIS. **Projeto de Lei nº 4.041/2022**. Institui a Política Estadual de Serviços Ambientais em Minas Gerais, cria o Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais, e dá outras providências. Projeto de Lei. Belo Horizonte, MG. 2022b. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/atividade-parlamentar/projetos-de-lei/projeto/?tipo=PL&num=4041&ano=2022>. Acesso em: 24 jun. 2024.

MINAS GERAIS. Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Infraestrutura de dados espaciais**. 2022c. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: 10 abr. 2024.

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA. Secretaria Nacional de Segurança Pública. **Ofício nº 6.924/2019/GAB-SENASP/SENASP/MJ**. Brasília, 3 de setembro de 2019. 1 p. Assunto: combate a incêndios florestais na Amazônia Legal.

MOSS. **MCO₂**: O primeiro token de crédito de carbono do mundo. 2024. Disponível em: <https://mco2token.moss.earth/pt-br>. Acesso em: 20 jun. 2024.

OLIVEIRA, Juan Felipe de. **O mercado de crédito de carbono como vantagem competitiva diferenciada entre as empresas**. 2021. 29 f. Monografia (Graduação) - Curso de Administração, Ciências Administrativas, Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, 2021. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/3493>. Acesso em: 9 maio 2024.

QGIS Development Team. **QGIS 3.36.3 'Maidenhead'**. Versão lançada em 17 maio 2024. Disponível em: https://qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html. Acesso em: 21 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Casa Militar Defesa Civil. **Boletins sobre o impacto das chuvas no RS**. 2024. Disponível em: <https://www.estado.rs.gov.br/boletins-sobre-o-impacto-das-chuvas-no-rs>. Acesso em: 20 jun. 2024.

SANQUETTA, Carlos Roberto. **Créditos de Carbono Avançado**. Curitiba: Ed. do Autor, 2023. 114 p. Livro Eletrônico.

SENADO FEDERAL. Senado Notícias: **Protocolo de Kyoto**. 2024. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/entenda-o-assunto/protocolo-de-kyoto>. Acesso em: 15 abr. 2024.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Sistema Nacional de Informações Florestais**: carbono do cerrado. Carbono do Cerrado. 2024. Painel Interativo.

Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/bioma-cerrado/estatisticas?view=default>. Acesso em: 20 jun. 2024.

SILVA, Lucas Augusto Pereira da; VELOSO, Gabriel Alves; LEITE, Marcos Esdras. Estimativa do sequestro de carbono em diferentes usos e coberturas do solo em áreas do bioma cerrado, norte de Minas Gerais. **Geosul**, Santa Catarina, v. 37, n. 81, p. 381-409, 31 maio 2022. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2022.e71269>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/71269>. Acesso em: 17 jun. 2024.

SOCIALCARBON. **Tabela de Tarifas**. 2024. Disponível em: <https://www.socialcarbon.org/fee-schedule>. Acesso em: 20 jun. 2024.

TOCANTINS. **Lei nº 4111, de 27 de maio de 2019**. Diário Oficial do Estado do Tocantins: Seção 1, Palmas, TO, p. 1, 27 Mai. 2019.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Kyoto Protocol**. Kyoto: UNFCCC, 1997. 24 p. Disponível em: <https://unfccc.int/documents/2409>. Acesso em: 10 mar. 2024.

UNITED NATIONS. **Paris Agreement**. Paris: United Nations, 2015. 25 p. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf. Acesso em: 15 maio 2024.

VERRA. **Registration and Issuance Process**. 2023a. Disponível em: <https://verra.org/wp-content/uploads/2023/08/Registration-and-Issuance-Process-v4.4-last-updated-4-Oct-2023.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2024.

VERRA. **Verra Registry**. 2024. Disponível em: <https://registry.verra.org/>. Acesso em: 20 jun. 2024.

VERRA. **VM0015 Avoided Unplanned Deforestation**. v1.2. 2023b. Disponível em: <https://verra.org/methodologies/vm0015-methodology-for-avoided-unplanned-deforestation-v1-2/>. Acesso em: 19 jun. 2024.

WORLD BANK GROUP. **State and Trends of Carbon Pricing Dashboard**. 2024a. Disponível em: <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/compliance/price>. Acesso em: 20 jun. 2024.

WORLD BANK GROUP. **World Bank Country and Lending Groups**. 2024b. Disponível em: <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519>. Acesso em: 20 jun. 2024.

APÊNDICE ÚNICO

Exemplos de projetos de créditos de carbono REDD+, no Brasil, com a utilização da metodologia VM0015 – Verra (Verra, 2024).

PROJETO REDD+ SERRA DO AMOLAR

Título: Projeto REDD+ Serra do Amolar.

Empresa/grupo: Instituto Homem Pantaneiro.

Certificação: VERRA VCS – VCU.

Link para acesso: (<https://registry.terra.org/app/projectDetail/VCS/2566>).

Texto de destaque: Promove atividades sustentáveis e protege biodiversidade crítica.

Vantagens: Benefícios excepcionais à Biodiversidade, com foco em espécies ameaçadas.

Reduções anuais estimadas: 90,592 toneladas de CO₂.

Área do projeto: 135,060 hectares.

Validade do projeto: 01/07/2016 - 30/06/2046.

Estado: Mato Grosso do Sul.

PROJETO UNITOR REDD+

Título: PROJETO UNITOR REDD+.

Empresa/grupo: Ituxi Administração e Participação Ltda; Carbonext Consultoria Ltda; Avix Engenharia e Estudos Técnicos.

Certificação: VERRA VCS – VCU.

Link para acesso: (<https://registry.terra.org/app/projectDetail/VCS/2508>).

Texto de destaque: Consórcio para redução do desmatamento na Amazônia.

Vantagens: Mitigação significativa da perda florestal na região.

Reduções anuais estimadas: 522,923 toneladas de CO₂.

Área do projeto: 94,270 hectares.

Validade do projeto: 26/04/2018 - 25/04/2048.

Estado: Amazonas.

AHU REDD+

Título: AHU REDD+.

Empresa/grupo: Múltiplos Proponentes.

Certificação: VERRA VCS – VCU.

Link para acesso: (<https://registry.terra.org/app/projectDetail/VCS/4867>).

Texto de destaque: Proteção contra incêndios e exploração ilegal de madeira.

Vantagens: Conservação de áreas únicas de transição entre Cerrado e Amazônia.

Reduções anuais estimadas: 35,168 toneladas de CO₂.

Área do projeto: 32,326 hectares.

Validade do projeto: 01/04/2021 - 31/03/2051.

Estado: Mato Grosso.