

Atenção: prévia eletrônica para conferência simples. Não reflete a diagramação final do trabalho.



CBAGRO 2023

**XXII Congresso Brasileiro
de Agrometeorologia**

VI ECLIM & X RLA

**CONTRIBUIÇÃO DA SERRA DE BATURITÉ PARA DESCARBONIZAÇÃO NATURAL DA ATMOSFERA
NA PERSPECTIVA DA MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Silvoneudo Oliveira do Nascimento¹; **Arnóbio de Mendonça Barreto Cavalcante**^{2,3}; **Emerson Mariano da Silva**²;
Francisco Edmar de Sousa Silva Pinheiro⁴

¹Acadêmico. Av. Dr. Silas Munguba, 1700 - Itaperi, Fortaleza - CE, 60714-903. Universidade Estadual do Ceará;

²Docente. Av. Dr. Silas Munguba, 1700 - Itaperi, Fortaleza - CE, 60714-903. Universidade Estadual do Ceará;

³Pesquisador. Estrada do Fio, 6000, Tupuiu, Eusébio - Ce, 61.176-000. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais;

⁴Docente. Rua Cel. Antônio Luíz, 1161 - Pimenta, Crato - CE, 63105-010. Universidade Regional do Cariri

RESUMO

O aquecimento global atual é provocado pelo aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. Diminuir a emissão de GEE e a concentração já existente desses gases na atmosfera, sobretudo do dióxido de carbono (CO₂), é crucial para estabilizar o aquecimento global e seus efeitos sobre o sistema climático. A mitigação climática é um instrumento eficiente para essa questão com soluções baseadas na natureza, por exemplo, o reflorestamento. A Área de Proteção Ambiental da Serra de Baturité (APA-SB), Ceará, mesmo protegida por lei vem sendo degradada nos últimos anos. Assim, o reflorestamento dessas áreas degradadas com espécies arbóreas nativas teria potencial de contribuir para a mitigação climática por meio do sequestro de CO₂? Os objetivos da pesquisa foram: 1) identificar e quantificar as áreas degradadas da APA-SB com potencial para reflorestamento e; 2) calcular quanto às áreas aptas ao reflorestamento seriam capazes de remover CO₂ da atmosfera até um futuro próximo. Para a identificação das áreas potencialmente reflorestáveis utilizou-se do QGIS versão 3.16.16 LTR e acessórios e para o cálculo do sequestro CO₂ adaptou-se metodologias publicadas. Os resultados apontaram para 1.886,21 ha de área reflorestáveis capazes de abrigar 3.144.312 mudas de espécies arbóreas nativas. Em um cenário ideal onde, supostamente, toda a área disponível foi plantada e sem ocorrência de perdas significativas até meados desse século, o sequestro de CO₂ da atmosfera foi estimado em 318,2 tCO₂ ha⁻¹ e 600.192 tCO₂. Portanto, a APA-SB tem potencial para sumidouro de carbono mesmo com sua dimensão globalmente pequena.

PALAVRAS-CHAVE: sumidouro de carbono; reflorestamento; mudanças climáticas

INTRODUÇÃO

Há um consenso científico de que as ações antrópicas têm forte participação no aumento do efeito estufa da atmosfera, que provoca aquecimento e mudanças climáticas em todo o planeta. Isso decorre de atividades prejudiciais ao sistema terrestre como desmatamento, queima de florestas, queima de combustíveis fósseis, poluição dos recursos hídricos, entre outras.

O quinto relatório de avaliação do clima (AR5) elaborado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) aumentou o grau de certeza dos cientistas em relação à responsabilidade antrópica sobre o aquecimento global. O AR6 (IPCC, 2021) reforçou que o aquecimento global e as mudanças climáticas estão causando perturbações perigosas e generalizadas na natureza e afetando a vida de bilhões de pessoas e da biodiversidade em todo o planeta. O relatório do estado do clima global 2022 da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2023), complementar ao AR6, destacou que as concentrações dos três principais gases de efeito estufa - dióxido de carbono, metano e óxido nitroso - atingiram recordes em 2021 e medições em tempo real mostraram que os níveis dos três gases aumentaram em 2022.

Segundo The Global Carbon Project (GCP, 2022), das 2,4 trilhões de toneladas de CO₂ emitidas pelas atividades antrópicas desde a Revolução Industrial, metade foi lançada na atmosfera desde 1990. Isso demonstra que nos últimos 30 anos a emissão de CO₂ tem se intensificado e promovido o aquecimento global, que é o grande impulsionador das mudanças climáticas.

Como o aquecimento global e as mudanças climáticas vêm se tornando um sério problema para várias nações do mundo, estudos científicos são fundamentais para fornecer o conhecimento necessário sobre o que deve ser feito para enfrentar essas questões. Um ponto em comum no pensamento científico é promover de forma drástica a redução das emissões de GEE, sobretudo do CO₂. Entretanto, mesmo com esse esforço de redução de CO₂ ainda é possível que os resultados esperados não sejam alcançados e não suficientes para, pelo menos, estabilizar esses eventos. Nesse caso se faz necessário também fomentar a remoção de CO₂ já presente na atmosfera e armazenar na natureza. Conforme Mulligan et al. (2018), os cenários climáticos mostram que é preciso remover bilhões de toneladas de dióxido de carbono por ano até meados do século, ao mesmo tempo que se aumenta os esforços para reduzir as emissões.

Nessa abordagem, o mecanismo envolvido para a remoção de GEE da atmosfera, em particular do CO₂, é chamado genericamente de mitigação. O protocolo de Kyoto enxerga a remoção ou sequestro de carbono como alternativa viável

para promover a mitigação dos gases de efeito estufa na atmosfera (UNEP, 2012). Por definição, a mitigação se refere aos esforços para reduzir/evitar a emissão de GEE ou para fortalecer sua remoção da atmosfera por meio de sumidouros (UNFCCC, 2023).

No que se refere à ideia de remover CO² da atmosfera, existem dois tipos de processos: a) aprimorar processos naturais existentes que removem o carbono da atmosfera como as práticas de manejo da terra, absorção e armazenamento do carbono pelas plantas, armazenamento nos solos, nas formações geológicas e nos oceanos (sumidouros de carbono) e; b) usar processos artificiais como a técnica de Sequestro Geológico de Carbono ou a Captura e Armazenamento Geológico de CO² que consiste em captura direta do ar, depuração quimicamente do CO² diretamente do ambiente e armazenamento no subsolo (MARGULIS, 2020).

O processo de sequestro natural promovido pelas plantas terrestres através da fotossíntese é um dos mais viáveis, pois na fase de crescimento as árvores precisam de uma grande quantidade de carbono para se desenvolver. Nessa perspectiva o Brasil pode assumir uma posição importante em relação aos países que buscam mitigar a mudança do clima através do sequestro de carbono, visto que dispõe de vastas áreas de terras potencialmente reflorestáveis, bem como de conhecimento tecnológico para que isso ocorra.

Adentrando no Brasil e focando-se no Estado do Ceará, que ainda não possui um plano técnico de enfrentamento à mudança climática (Plano Estadual de Mudanças Climáticas - PEMC), vale destacar a criação de unidades de conservação da natureza com o objetivo de promover a proteção ambiental no Estado. Estas regiões quando manejadas e geridas de forma correta têm o potencial de evitar e/ou diminuir significativamente o efeito nocivo do desmatamento e das queimadas, fatores fortes relacionados à emissão de GEE. Consequentemente, a conservação de áreas naturais contribui, mesmo que indiretamente, para o combate ao aquecimento global e as mudanças no clima.

Assim sendo, considerando as unidades de conservação na perspectiva de contribuição para mitigação dos efeitos do aquecimento global, por meio da remoção direta de CO², emerge o pensamento para realizar plantios de árvores perenes que promovam uma cobertura vegetal arbórea em terrenos disponíveis. No entanto, o Estado do Ceará está inserido no bioma Caatinga cujo crescimento das espécies vegetais ocorre de forma muito lenta e em determinado período do ano, além de perder as folhas (parte da árvore responsável por realizar a fotossíntese) como forma de adaptação ao clima semiárido, salvo algumas espécies específicas.

Nesse caso haveria dificuldade na utilização do ambiente semiárido como estratégia ou sumidouro para promoção de sequestro do CO². Porém, no Estado existem enclaves de serras úmidas cujas áreas mais elevadas estão revestidas de vegetação arbórea perene de mata atlântica (CAVALCANTE, 2005). E, muitas destas serras úmidas têm sofrido com a degradação de seu ambiente natural, mesmo sendo algumas delas importantes unidades de conservação (Federal e Estadual), como por exemplo a Área de Proteção Ambiental da Serra de Baturité (doravante APA-SB) criada em 18/09/1990 através do Decreto Estadual nº 20.956.

Nesse contexto, a APA-SB mostrou-se um ambiente potencial para investigar a capacidade de sequestro de carbono pela prática de reflorestamento com espécies arbóreas em áreas degradadas.

OBJETIVOS

Tendo em vista avaliar o potencial da APA-SB para fins de remoção natural de carbono como opção de mitigação da mudança climática, foram traçados os seguintes objetivos: 1) identificar e quantificar as áreas degradadas da APA-SB com potencial para reflorestamento e; 2) calcular quanto às áreas aptas ao reflorestamento com árvores de espécies nativas seriam capazes de remover CO² em um futuro próximo.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se na Serra de Baturité, no Estado do Ceará, abrangendo a Área de Proteção Ambiental da Serra de Baturité (APA-SB), unidade de conservação estadual delimitada a partir da cota 600 metros com coordenadas geográficas extremas de 4°08' e 4°47' latitude S e 38°50' e 39°05' longitude W, correspondendo a uma área de 32.690 ha na parte superior da serra de Baturité (CAVALCANTE, 2005) (Fig. 1).

As médias anuais da temperatura do ar e de precipitação na APA-SB são 20 °C e 1.500 mm, respectivamente (BASTOS, 2011), e conforme a classificação climática de Köppen está submetida ao clima tropical chuvoso com inverso seco - Aw (ALVARES et al., 2013). A altitude média da área de estudo é de aproximadamente 700 metros com alguns picos superando os 900 metros. Ocorrem na APA-SB quatro tipos de solos que se sobrepõem às rochas cristalinas com dominância para o tipo Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos (PVA_d). Nessas condições físicas está estabelecida uma formação florestal de Mata Atlântica de elevada relevância ecológica (CAVALCANTE, 2005).

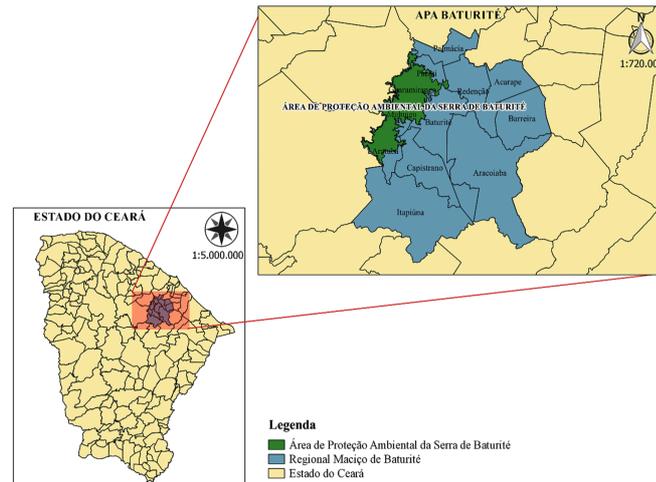


Figura 1 - Localização da Área de Proteção Ambiental da Serra de Baturité - CE (cor verde) criada por meio do Decreto Estadual nº 20.956 de 18/09/1990. Fonte da imagem: Plano de Manejo da APA da Serra de Baturité, 2006.

Várias ações antrópicas vêm ameaçando a APA-SB. Andrade (2018) identificou mesmo com a criação da unidade de conservação, o uso desordenado das áreas de proteção permanentes como as nascentes, córregos, áreas com declive e topos dos morros continuam em uso para agricultura, criação de animais, construção de residências etc. Além do desflorestamento decorrente dessas ações supracitadas, também foram identificadas degradações em algumas áreas por meio de aterramento de córregos, destino inadequado dos efluentes e resíduos sólidos e especulação imobiliária.

Assim, foi produzido um mapa de uso e ocupação da APA-SB a partir de dados do *shapefile* disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE, 1992), além de imagens de satélite disponibilizadas pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2007). A interpretação das imagens de satélite possibilitou a vetorização das classes de uso e ocupação na APA-SB e, na sequência, utilizou-se do geoprocessamento para análise dos dados espaciais e identificação das áreas propícias ao reflorestamento.

Utilizando-se do programa QGIS versão 3.16.16 LTR (um sistema de informação geográfica - livre e aberto) produziu-se o mapa temático capaz de indicar o tipo de uso do solo, áreas de cobertura vegetal e áreas degradadas, com esquema de classificação baseado no MapBiomas, que é um sistema hierárquico com uma combinação de classes *Land Use and Land Cover* (LULC) compatível com os sistemas de classificação da *Food and Agriculture Organization* (FAO) e do IBGE. Para a quantificação das áreas com potencial para reflorestamento na APA-SB foram consideradas as áreas não vegetadas ou de solo exposto, condição que as tornam disponíveis para o reflorestamento com espécies arbóreas nativas.

Para o cálculo de sequestro de carbono foram observados quatro trabalhos, três envolvendo florestas nativas e outro usando plantação de eucalipto. No primeiro estudo Martins (2005) estimou 78 toneladas de carbono (tC) capturado a partir de um hectare de reflorestamento de mata ciliar no sudeste do Brasil com 1.500 indivíduos de diferentes espécies nativas de floresta tropical úmida. A floresta encontrava-se em estágio clímax de desenvolvimento com 37 anos de idade. Em média, cada planta sequestrou 52 kg de carbono em 37 anos. No segundo estudo, IPCC (2006) *apud* Pinto (2013), foi estimado 140 tC imobilizado a partir de um hectare de floresta tropical primária da América do Sul com idade de 20 anos. Contudo, não foi especificado o número de indivíduos por hectare presentes na floresta.

O terceiro estudo Pachón (2014) calculou 75 tC por hectare imobilizado para uma mata nativa plantada no sudeste do Brasil com 20 anos de idade. Também, não especificou o número de plantas nativas utilizadas por hectare. Por último, Carmo (2016) contabilizou 42 tC capturados a partir de um hectare de plantação de eucalipto contendo 1.112 indivíduos com idade de sete anos. Cada árvore de eucalipto sequestrou 38 kg de carbono em sete anos. A estimativa de sequestro de carbono para plantação de eucalipto mostrou grau de confiança melhor, devido ao processo de mensuração do carbono, porém o eucalipto é uma espécie arbórea exótica de rápido crescimento com uso legalmente proibido em unidades de conservação do tipo Área de Proteção Ambiental.

Diante da ausência de uma padronização para o cálculo da quantidade de carbono sequestrado acima do solo em floresta tropical, bem como para floresta tropical em áreas acidentadas, caso da APA-SB, foi definido que: (1) o espaçamento adotado seria 3 m x 2 m suportando 1.667 indivíduos por hectare (STURION; BELLOTE, 2000), haja vista o padrão de relevo onde se localiza a APA-SB ser, predominantemente, forte ondulado a montanhoso (BÉTARD; PEULVAST 2011) e; (2) os valores de 52 kg sequestrados de carbono por indivíduo de espécie nativa com idade de 37 anos (MARTINS, 2005) e 38 kg sequestrados de carbono por indivíduo de eucalipto com idade de sete (7) anos (CARMO, 2016) seriam utilizados como referências.

Destaca-se que a utilização de 38 kg C por planta da plantação de eucalipto foi utilizado apenas para efeito comparativo. De todo modo, para uma primeira aproximação buscou-se estimar a quantidade de carbono sequestrado em duas diferentes circunstâncias envolvendo plantas nativas e exóticas. As toneladas de carbono sequestrado pelas árvores foram, na sequência, convertidas em toneladas de gás carbônico (tCO₂), principal gás de efeito estufa. Para isso 1 t C equivale a 3,67 tCO₂ (ROCHA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produziu-se um mapa de Uso e Ocupação do Solo da APA-SB que permitiu identificar as áreas naturais conservadas e modificadas por seus moradores. As áreas identificadas foram enquadradas em oito categorias: formação florestal,

formação savânica, formação campestre, pastagem, mosaico de usos, área urbanizada, corpos hídricos e outras áreas não vegetadas (Fig. 2).

A quantificação das áreas da APA-SB com potencial para reflorestamento, áreas não vegetadas ou com solo exposto, somaram 1.886,21 ha. As demais categorias com suas respectivas extensões territoriais encontram-se na Tabela 1. A partir do total de áreas disponíveis com potencial para reflorestamento, calculou-se o carbono aprisionado e o gás carbônico sequestrado da atmosfera, assim permitindo estimar a contribuição da APA-SB para mitigação do aquecimento global no decorrer do século XXI por meio do reflorestamento.

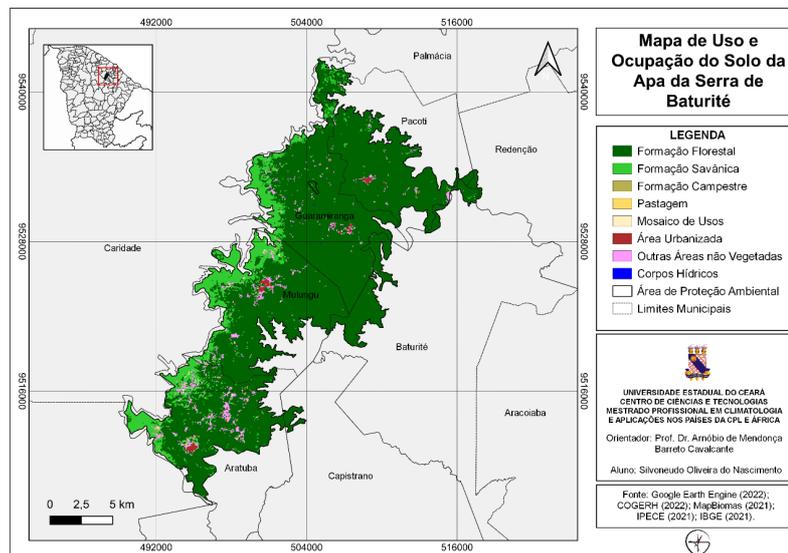


Figura 2 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da APA-SB.

Tabela 1 - Extensão territorial dos tipos de uso e ocupação do solo na APA-SB

Tipo de uso e ocupação do solo	Área (ha)	% em relação à área total
Formação florestal	21.150,43	64,70
Formação savânica	7.289,87	22,30
Formação campestre	117,684	0,36
Pastagem	68,649	0,21
Área urbanizada	1.046,08	3,20
Corpos hídricos	1,072	3,28
Outras áreas não vegetadas	1.886,21	5,77
Mosaico de usos	58,84	0,18
Total	32.690	100,00%

Tendo a área disponível atual para reflorestamento na APA-SB estimada em 1.886,21 ha (~ 2.000 ha) e considerando que cada hectare de área em relevo declivoso tem potencial para o plantio de 1.667 mudas de árvores utilizando-se do espaçamento 3x2 m, o espaço supracitado para reflorestamento na área de estudo é capaz de abrigar 3.144.312 mudas de árvores de espécies nativas ou eucalipto (Quadro 1).

Em um cenário ideal em que, supostamente, toda a área disponível foi plantada utilizando-se de 3.144.312 mudas de árvores e sem ocorrências de perda ao longo do tempo, o estoque de carbono na biomassa aérea florestal total foi estimado em 163.534 tC ao cabo de 37 anos utilizando-se de espécies nativas e 119.586 tC em sete anos com plantação de eucalipto. A conversão de tC para tCO₂ revelou que o reflorestamento com espécies nativas é capaz de sequestrar da atmosfera 600.192 tCO₂ em 37 anos e a plantação de eucalipto 438.921 tCO₂ em sete anos. Assim sendo, por hectare, o sequestro de C em toneladas foi calculado em 86,7 tC (318,2 tCO₂) para o reflorestamento com espécies nativas e 63,4 t (232,7 tCO₂) na plantação de eucalipto (Quadro 1).

Quadro 1 - Reflorestamento e sequestro de C e CO₂ da atmosfera na APA-SB

1	Área atual disponível para reflorestamento em hectare	1.886,21
2	Número de árvores com espaçamento 3x2 m por hectare	1.667
3	Total de mudas de árvore para plantio na área disponível	3.144.312
4	Captura de carbono (kg) por indivíduo de espécie nativa com 37 anos de idade	52
5	Captura de carbono (kg) por indivíduo de eucalipto com 7 anos de idade	38
6	Toneladas de carbono (tC) estocado por hectare com indivíduos nativos aos 37 anos	86,7
7	Toneladas de carbono (tC) estocado por hectare com indivíduos de eucalipto aos 7 anos	63,4
8	Toneladas de carbono (tC) estocado na área disponível com indivíduos de espécies nativas aos 37 anos	163.534
9	Toneladas de carbono (tC) estocado na área disponível com indivíduos de eucalipto aos 7 anos	119.586
10	Toneladas de gás carbônico (tCO ₂) sequestrado da atmosfera por hectare de reflorestamento aos 37 anos	318,2
11	Toneladas de gás carbônico (tCO ₂) sequestrado da atmosfera por hectare de plantação de eucalipto aos 7 anos	232,7
12	Toneladas de gás carbônico (tCO ₂) sequestrado da atmosfera na área disponível com indivíduos de espécies nativas para 37 anos	600.192
13	Toneladas de gás carbônico (tCO ₂) sequestrado da atmosfera na área disponível com indivíduos de eucalipto para 7 anos	438.921

Os resultados obtidos para APA-SB foram significativos e positivos, ao se observar o estoque estimado de C por hectare em 37 anos (86,7 tC/ha) frente aos achados de 78 tC/ha com 37 anos de Martins (2005) e 75 tC/ha com 20 anos de Pachón (2014), ambos envolvendo espécies nativas. Por sua vez, em comparação à plantação de eucalipto ocorreu uma forte divergência em relação aos resultados de Carmo (2016) e Souza et al. (2019), evidentemente, devido ao eucalipto ser uma espécie exótica de rápido crescimento e ao tempo considerado para o cálculo (7 anos). O conjunto desses resultados revela que vários fatores influenciam para as estimativas de captura de C tais como, número de plantas utilizadas por hectare (densidade), espécies nativas ou exóticas selecionadas, frequência de distúrbios, idade do reflorestamento etc., o que torna limitadas as interpretações quanto à maior ou menor capacidade de sequestro de C e CO₂.

De todo modo, o importante a destacar é a potencialidade para sequestro do C a partir de reflorestamento com espécies nativas nas áreas não vegetadas da APA-SB, mesmo sendo para longo prazo (37 anos). É uma contribuição significativa do ponto de vista da mitigação do efeito estufa e da valorização das florestas tropicais secundárias para esse papel. Conforme Heinrich et al. (2023) as florestas tropicais antigas e intactas são sumidouros de carbono importantes globalmente, mas as florestas tropicais secundárias e degradadas têm mostrado também potencial para acumulação de carbono. As florestas secundárias tropicais sequestram carbono até 20 vezes mais rápido do que as florestas primárias (HEINRICH et al., 2021).

Proteger as florestas primárias é uma prioridade, mas a recuperação de áreas degradadas e de florestas secundárias pode ter um potencial futuro viável de sumidouro de carbono nas principais regiões tropicais (HEINRICH et al., 2023). Programar mecanismos legais para proteger e expandir as florestas secundárias ao mesmo tempo em que apoia a conservação de matas antigas é, portanto, a chave para realizar seu potencial como uma solução climática baseada na natureza (HEINRICH et al., 2021).

Nessa perspectiva de solução climática baseada na natureza, para a APA-SB dada sua potencialidade para sequestro do carbono a partir do reflorestamento, é uma grande oportunidade prestar serviço como sumidouro de C ou CO₂, sem alterar o objetivo primordial de uma APA qual seja a conservação de processos naturais e da biodiversidade, orientando o desenvolvimento e adequando as várias atividades humanas às características ambientais da área (BRASIL, 2000). Portanto, nada impede que a APA-SB também venha a atuar como sumidouro, ainda que de efeito pequeno para os esforços globais de mitigação das mudanças climáticas.

Florianópolis (2015), explica que uma das principais práticas de mitigação no combate à intensificação do efeito estufa é o AR (*Afforestation and Reforestation*), ou arborização e reflorestamento e que as atividades de reflorestamento foram reconhecidas pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) e pelo Protocolo de Quioto como medidas mitigadoras de grande importância no combate à mudança climática.

É importante relembrar que o Brasil é um dos países que assinaram o Acordo de Paris e, nesse momento, o País assumiu um compromisso diante dos objetivos da UNFCCC de reduzir as emissões de carbono e promover mitigação climática. O País se comprometeu a reduzir as emissões de GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025 e em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Assim a mitigação climática pelo reflorestamento pode contribuir para que a nação cumpra sua meta.

CONCLUSÃO

A Área de Proteção Ambiental da Serra de Baturité, localizada no Estado do Ceará, disponibiliza cerca de dois mil hectares para o plantio de três milhões de mudas de árvores de espécies nativas. O reflorestamento dessa área, se completo e bem-sucedido na área disponível, tem o potencial estimado de sequestrar da atmosfera 318,2 tCO₂ ha⁻¹ e 600.192 tCO₂ em até meados do corrente século.

Os benefícios gerados pelo reflorestamento na APA-SB trariam vantagens tanto para a natureza quanto para sociedade, em particular para as comunidades instaladas nessa região, visto que durante o desenvolvimento das árvores haveria captura de uma porcentagem significativa de CO₂ da atmosfera, contribuindo para o combate à intensificação do efeito estufa e suas consequências negativas ao clima, bem como haveria conservação do solo, dos recursos hídricos e das encostas contidas nessa região serrana.

Portanto, é uma oportunidade para APA-SB tornar-se além de uma unidade de conservação com certo grau de ocupação humana, também um sumidouro natural de CO₂, ainda que em dimensão globalmente diminuta, mas que contribuiria para com os esforços globais de mitigação do aquecimento e das mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDRADE, P. S. **APA da Serra de Baturité: Um estudo da sustentabilidade ambiental do município de Guaramiranga através da Pegada Ecológica.** Dissertação (Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis). Universidade da Integração Internacional Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2018.

BASTOS, F. H. (Org.). **Serra de Baturité: uma visão integrada das questões ambientais.** Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011.

BÉTARD, F.; PEULVAST, J-P. Evolução morfoestrutural e morfopedológica do maciço de Baturité e de seu piemont: do Cretáceo ao Presente. In: BASTOS, F. H. (Org.). **Serra de Baturité. Uma visão integrada das questões ambientais.** Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011. p. 35-59.

BRASIL. SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006.

CARMO, F. C. A. **Balanco da emissão de gases carbônicos nas operações florestais e sequestro de carbono em florestas plantadas no Espírito Santo.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2016.

CAVALCANTE, A. M. B. **A Serra de Baturité.** Fortaleza: Edições Livro Técnico, 2005.

FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Mapeamento da cobertura vegetal e do uso/ocupação do solo da APA da serra de Baturité** - Ceará. Fortaleza, 2007.

GCP - Global Carbon Projec. **The Global Carbon Project. Disponível em:** <<https://www.globalcarbonproject.org/about/index.htm>>. Acesso em: 22 nov. 2022.

HEINRICH, V. H. A. *et al.* Large carbon sink potential of secondary forests in the Brazilian Amazon to mitigate climate change. **Nature Communications**, v. 12:1785. 2021. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22050-1>

HEINRICH, V. H. A. *et al.* The carbon sink of secondary and degraded humid tropical forests. **Nature**, v. 615. 2023. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05679-w>

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva, 2014. 151 p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, 2021. In press, doi:10.1017/9781009157896.

MARGULIS, S. **Mudanças do Clima: Tudo que você queria e não queria saber**. Rio de Janeiro: Konrad, 2020.

MARTINS, O. S. **Determinação do potencial de sequestro de carbono na recuperação de matas ciliares na região de São Carlos - SP**. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

MULLIGAN, J. *et al.* Technological Carbon Removal in the United States. **Working Paper**, Washington, DC, 2018.

PACHÓN, D. A. O. **Estimativa das emissões e remoções de gases de efeito estufa produzidas pelo INPE em 2012**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2014.

PINTO, N. D. **Análise comparativa entre o reflorestamento e outras alternativas de mitigação de gases de efeito estufa no estado do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ROCHA, M. **Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do Modelo CERT**. Tese (Doutorado em Economia Aplicada). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SEMACE - Superintendência Estadual do Ceará. **Zoneamento Ambiental da APA da Serra de Baturité: diagnóstico e diretrizes**. Fortaleza - CE. 1992.

SOUZA, C. L. *et al.* Balanço de Carbono do processo de produção de madeira de reflorestamento no Norte de Minas Gerais. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros, v. 11, p. 01-08, 2019.

STURION, J. A.; BELLOTE, A. F. J. Implantação de povoamentos florestais com espécies de rápido crescimento. In: GALVAO, A. P. M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília: Embrapa, 2000. p. 209-218.

WMO - *World Meteorological Organization*. **State of the Global Climate 2022**. Geneva, 2023. World Meteorological Organization (WMO-No.1316).

UNEP - *United Nations Environment Programme*. **The Emissions Gap Report 2012**. Nairobi, 2012.

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change. What is mitigation? Disponível em: <<https://unfccc.int/topics/introduction-to-mitigation>>. Acesso em: 10 fev. 2023.