



**ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE**

**ESTRATÉGIAS RELACIONADAS À ECONOMIA DO CARBONO NO TERRITÓRIO DO  
CORREDOR CARAJÁS-BACAJÁ, CENTRO-LESTE DO PARÁ**

Por

**NAIARA RABELO VALLE**

**NAZARÉ PAULISTA, 2024**



**ESCOLA SUPERIOR DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE**

**ESTRATÉGIAS RELACIONADAS À ECONOMIA DO CARBONO NO TERRITÓRIO DO  
CORREDOR CARAJÁS-BACAJÁ, CENTRO-LESTE DO PARÁ**

Por

NAIARA RABELO VALLE

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO

PROF.1 EDUARDO DITT  
PROF.2 ALEXANDRE UEZU  
PROF.3 ANDRÉ LUIS MACEDO VIEIRA

**TRABALHO FINAL APRESENTADO AO PROGRAMA DE MESTRADO  
PROFISSIONAL EM CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL COMO REQUISITO PARCIAL À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE**

O valor de \$15.60 por tonelada de CO<sub>2</sub> se refere ao mercado voluntário de créditos de carbono, especificamente para projetos de Afforestation, Reforestation & Revegetation (ARR) no ano de 2023. Esse valor indica um preço premium para projetos que envolvem restauração e revegetação, que são altamente valorizados no mercado de carbono voluntário devido aos seus benefícios ambientais e sociais adicionais, como a promoção da biodiversidade e a contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

### **Ficha Catalográfica**

Valle, Naiara Rabelo.

ESTRATÉGIAS RELACIONADAS À ECONOMIA DO CARBONO NO TERRITÓRIO DO CORREDOR CARAJÁS-BACAJÁ, CENTRO-LESTE DO PARÁ, 2024.

60 pp.

Trabalho Final (mestrado): IPÊ – Instituto de Pesquisas ecológicas

1. Corredor Ecológico
2. Restauração
3. Carbono

I. Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, IPÊ

### **BANCA EXAMINADORA**

NAZARÉ PAULISTA, 20 de fevereiro de 2024.

---

Prof. Dr. EDUARDO DITT

---

Prof. Dr. ALEXANDRE UEZU

---

Prof. Dr. ANDRÉ LUIS MACEDO VIEIRA

O valor de \$15.60 por tonelada de CO<sub>2</sub> se refere ao mercado voluntário de créditos de carbono, especificamente para projetos de Afforestation, Reforestation & Revegetation (ARR) no ano de 2023. Esse valor indica um preço premium para projetos que envolvem restauração e revegetação, que são altamente valorizados no mercado de carbono voluntário devido aos seus benefícios ambientais e sociais adicionais, como a promoção da biodiversidade e a contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Este trabalho é fruto do desejo incessante de aplicar o conhecimento adquirido ao longo da minha jornada na transformação de realidades distintas desse país continental. Dedico esta pesquisa aos que porventura possam vir a ser beneficiados com as ideias defendidas aqui.

O valor de \$15.60 por tonelada de CO<sub>2</sub> se refere ao mercado voluntário de créditos de carbono, especificamente para projetos de Afforestation, Reforestation & Revegetation (ARR) no ano de 2023. Esse valor indica um preço premium para projetos que envolvem restauração e revegetação, que são altamente valorizados no mercado de carbono voluntário devido aos seus benefícios ambientais e sociais adicionais, como a promoção da biodiversidade e a contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

## AGRADECIMENTOS

A gratidão me acompanha ao longo de todos os passos dados. Neste ciclo que se encerra, quero agradecer ao meu Criador, que me teceu desde o ventre de minha mãe e que conhece e conduz a minha existência mesmo antes de eu ter consciência do propósito que me seria confiado por Ele. Deus tem sido fiel, gracioso e infinitamente misericordioso usando a minha vida para praticar obras de amor e justiça.

À minha família, representada na figura de minha mãe, que me sustenta em orações, cumplicidade e entusiasmo em tudo que eu me envolvo e me proponho. Mãe, você é a base que me permite voar, é a casa que sei que posso retornar depois de longos vôos certa de ter no regresso o acolhimento, afeto e reciprocidade. Às minhas irmãs que são um pedaço importante de mim e da minha história. Aos meus sobrinhos que são meu futuro. À minha avó amada e meu saudoso pai que são meu passado e que não estão aqui, mas que, de onde estiverem, espero que estejam em paz e orgulhosos do que tenho construído. À minha família de fé, aos irmãos que a Igreja me trouxe e que torcem por mim a todo momento, intercedendo e vibrando com minhas conquistas.

Ao Instituto Ipê que revolucionou minha vida profissional por meio do seu exemplo que vai desde a fundação inspiradora há mais de 30 anos, até os dias atuais, mostrando que é possível promover impactos positivos na vida de pessoas, nos ecossistemas e na sociedade como um todo através de seus professores, pesquisadores e colaboradores. Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da

O valor de \$15.60 por tonelada de CO<sub>2</sub> se refere ao mercado voluntário de créditos de carbono, especificamente para projetos de Afforestation, Reforestation & Revegetation (ARR) no ano de 2023. Esse valor indica um preço premium para projetos que envolvem restauração e revegetação, que são altamente valorizados no mercado de carbono voluntário devido aos seus benefícios ambientais e sociais adicionais, como a promoção da biodiversidade e a contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Biodiversidade que, por meio do implemento de bolsa de pesquisa, proporcionou a realização deste sonho que é a entrega de um trabalho que aponta para soluções reais em meio ao grande desafio que é a gestão e proteção das nossas áreas protegidas e patrimônio genético.

Em meu caminho sempre fui contemplada com pessoas especiais que marcam ciclos importantes em minha vida. Alguns ficam, outros não. Mas todos deixam algo de si e levam um pouco de mim, parafraseando o poeta. A turma de Nazaré Paulista (2021/2023) deste Mestrado Profissional não poderia ser mais querida por mim. Meu mais sincero agradecimento ao Léo, mais novo deste coletivo de mestres, por sua paciência, dedicação, carinho e caronas. À Vivi, por seu sorriso que nos momentos desesperadores era conforto e nos momentos de alegria era êxtase. À Carol, pela sua receptividade, pelo seu senso de humor peculiar e pela complementariedade à minha pessoa. À Barbara que, apesar de pouca idade, esbanja a sabedoria de quem vive a vida de maneira leve, o que atrai pessoas como eu, interessadas em boas risadas e boas conversas. Ter vocês, fez toda diferença.

Ao Instituto Ecos de Gaia, onde dedico meu tempo a transformar a realidade do meu local de origem, estado do Maranhão, o qual muito me orgulha e a muitos irá surpreender pelo potencial inerente de suas riquezas naturais, culturais e sociais. Aos meus queridos amigos de trabalho, Zairon, Sara, Rodolfo e tantos outros, com quem invisto boa parte do meu tempo a idealizar e realizar todos esses projetos que um dia foram sonhos. Faremos grandes coisas pela nossa gente e pelo nosso chão.

O valor de \$15.60 por tonelada de CO<sub>2</sub> se refere ao mercado voluntário de créditos de carbono, especificamente para projetos de Afforestation, Reforestation & Revegetation (ARR) no ano de 2023. Esse valor indica um preço premium para projetos que envolvem restauração e revegetação, que são altamente valorizados no mercado de carbono voluntário devido aos seus benefícios ambientais e sociais adicionais, como a promoção da biodiversidade e a contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Ao meu Comitê Orientador, especialmente aos professores Eduardo Ditt e Alexandre Uezu pelos apontamentos e pela confiança. À Rosângela, que é um dos grandes motivos da minha defesa presencial. Ao Reginaldo, Kenny e Elder que colaboraram ativamente nas análises dos meus dados espaciais, sociais e de custos. Ao analista do ICMBio, Wendelo Costa, que confiou a mim o conteúdo desta pesquisa. A todos que contribuíram direta e indiretamente, meu máximo e eterno agradecimento.

O valor de \$15.60 por tonelada de CO<sub>2</sub> se refere ao mercado voluntário de créditos de carbono, especificamente para projetos de Afforestation, Reforestation & Revegetation (ARR) no ano de 2023. Esse valor indica um preço premium para projetos que envolvem restauração e revegetação, que são altamente valorizados no mercado de carbono voluntário devido aos seus benefícios ambientais e sociais adicionais, como a promoção da biodiversidade e a contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE ABREVIações.....	11
RESUMO.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Processo de isolamento devido à conversão da paisagem.....	16
2.2 O Corredor Ecológico Carajás/Bacajá.....	19
2.3 Restauração como vetor de transformação socioambiental e econômica.....	22
3. OBJETIVOS.....	26
3.1 Geral.....	26
3.2 Específicos.....	26
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
4.1 Área de Estudo.....	26
4.2 Metodologia.....	27
4.2.1 Déficit de Reserva Legal e Área de Preservação Permanente.....	27
4.2.2 Potencial do corredor para compensação de carbono.....	30
4.2.3 Custos da restauração.....	31
5. RESULTADOS.....	33
6. DISCUSSÃO.....	41
7. CONCLUSÕES.....	45
8. REFERÊNCIAS.....	47
BIOGRAFIA.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: PIB por setor no município de São Felix do Xingu, PA, 2016 a 2020. ....	21
Tabela 2: Composição do valor por hectare a partir do tamanho da área e o tipo de técnica empregada.....	32
Tabela 3: Custos por hectare para implantação e manutenção da restauração por metodologia no território do Corredor.....	39

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Perdas de cobertura florestal observadas e de referência para os três países selecionados (Adaptado de Knoke et al., 2023). .....	24
Figura 2: Território do Corredor Sociobiocultural e o núcleo do Corredor Linear Estrutural. Fonte: ICMBio. ....	27
Figura 3: Mapa com identificando RL e APP nos imóveis localizados no território do Corredor Estrutural.....	34
Figura 4: Tipos de Uso e Cobertura nos imóveis que compõem o território do Corredor Estrutural.....	35

## LISTA DE ABREVIÇÕES

APP	Área de Preservação Permanente
ARR	Afforestation, Reforestation and Revegetation
CAR	Cadastro Ambiental Rural
FBDS	Fundação Brasileira Desenvolvimento Sustentável
GCF	Gestão Comunitária de Florestas
GEE	Gases do Efeito Estufa
HA	Hectare
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PA	Projeto de Assentamento
PIB	Produto Interno Bruto
RL	Reserva Legal
REBIO	Reserva Biológica
SE	Serviços Ecossistêmicos
SAF	Sistemas Agroflorestais
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TC	Toneladas de Carbono
tCO <sub>2</sub>	Toneladas de Gás Carbônico
TI	Terra Indígena
UC	Unidade de Conservação

## RESUMO

Resumo do Trabalho Final apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre

### ESTRATÉGIAS RELACIONADAS À ECONOMIA DO CARBONO NO TERRITÓRIO DO CORREDOR CARAJÁS-BACAJÁ, CENTRO-LESTE DO PARÁ

Por

NAIARA RABELO VALLE

Fevereiro, 2024

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Ditt

Corredores Ecológicos são ferramentas ainda pouco utilizados na Amazônia. A implementação de estratégias atreladas à economia do carbono pode subsidiar a restauração de paisagens relevantes para a conservação da biodiversidade. Este estudo teve como objetivo a proposição de ações e estratégias relacionadas à economia do carbono no âmbito do Corredor Carajás-Bacajá. Identificou-se que o déficit de restauração deste território é de 6.256 hectares distribuídos em 24 imóveis. O seu potencial para mitigação das emissões de gases do efeito estufa em um período de 40 anos é de 14.893.598,18 tCO<sub>2</sub>. Os custos de restauração utilizando regeneração natural em 40%, plantio total em 40% e Sistemas Agroflorestais em 20% do território é de aproximadamente R\$ 287.747.779,15. Todavia, a recuperação de áreas degradadas hoje é considerada uma das formas mais comuns de geração de crédito de carbono. E este mercado climático, cada vez mais crescente, pode ser utilizado para financiar as ações de recuperação. A economia de carbono aplicada ao Corredor Carajás-Bacajá surge, assim, como oportunidade para subsidiar e incentivar modelos de desenvolvimento sustentável e de gestão territorial na Amazônia conferindo segurança de renda às comunidades, promovendo regularização ambiental e fundiária e disseminando soluções climáticas que resguardam a biodiversidade por meio da restauração de paisagens funcionais.

## ABSTRACT

Abstract do Trabalho Final apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre

### ESTRATÉGIAS RELACIONADAS À ECONOMIA DO CARBONO NO TERRITÓRIO DO CORREDOR CARAJÁS-BACAJÁ, CENTRO-LESTE DO PARÁ

By

NAIARA RABELO VALLE

February 2024

Advisor: Prof. Dr. Eduardo Ditt

Ecological corridors are tools still underutilized in the Amazon. The implementation of strategies related to the carbon economy can support the restoration of landscapes relevant for biodiversity conservation. This study aimed at proposing actions and strategies related to the carbon economy within the scope of the Carajás-Bacajá Corridor. It was identified that the restoration deficit of this territory is 6.256 hectares distributed across 24 properties. Its potential for mitigating greenhouse gas emissions over a 40-year period is 14.893.598,18 tCO<sub>2</sub>. The restoration costs using natural regeneration for 40%, total planting for another 40%, and Agroforestry Systems for 20% of the territory amount to R\$ 287,747,779.15. However, the recovery of degraded areas is now considered one of the most common ways of generating carbon credits. And this increasingly growing climate market can be used to finance recovery actions. The carbon economy applied to the Carajás-Bacajá Corridor thus emerges as an opportunity to support and encourage models of sustainable development and territorial management in the Amazon, providing income security to communities, promoting environmental and land regularization, and disseminating climate solutions that protect biodiversity through the restoration of functional landscapes.

## 1. INTRODUÇÃO

Os créditos de carbono de conservação têm se multiplicado no território da Amazônia. Porém, uma grande parte do bioma é ocupado por pastagens que, segundo dados do MAPBIOMAS (Souza et al., 2020), totalizam 56,6 milhões de hectares dos quais cerca de 22,1 milhões pode ser considerado severamente degradado. A partir desta realidade, os instrumentos de financiamento climático, como créditos de carbono de restauração, configuram uma alternativa de redução das pressões sobre novas áreas de floresta, promovendo regularização ambiental e fundiária, além de integrar comunidades às soluções climáticas baseadas na natureza.

De fato, a grilagem de áreas públicas é uma realidade amazônica que tem causados sérios prejuízos de ordem financeira e ambiental, acentuando os efeitos das alterações climáticas sobre as comunidades tradicionais e assentamentos. A Economia de Carbono tem potencial de financiar soluções e convergir os interesses dos múltiplos atores em um território de constantes conflitos por terra. A estruturação de uma cadeia de restauração no Corredor Carajás-Bacajá, atrelada a um sistema de financiamento climático, pode representar uma oportunidade para a aplicação de um modelo de governança territorial autofinanciável. Testar este modelo, com enorme potencial para transformar a realidade local de degradação ambiental e concentração de terras, pode trazer algumas contribuições para o desenvolvimento sustentável do território amazônico.

Tal modelo leva em conta algumas realidades. O Corredor Carajás-Bacajá é composto por imóveis que possuem déficit de reserva legal cujo potencial de estoque de carbono poderá viabilizar estratégias financeiras para estruturação local da cadeia de restauração, uma vez que grande parte dos proprietários de imóveis rurais necessitam de incentivos para buscar a regularização ambiental. Agricultores familiares, assentados e comunidades indígenas exercem o manejo da terra, mas muitas vezes enfrentam dificuldade nas demandas para escoamento de suas produções. Os agentes públicos e privados, em geral, fazem a gestão de conflitos

locais à distância uma vez que se situam-se nos núcleos urbanos, como Marabá e Parauapebas.

A governança territorial, assim, estaria assentada na necessidade de convergência entre os interesses dos diversos atores mapeados que atuam direta ou indiretamente na região. Um modelo de recuperação de áreas degradadas integrantes de um mesmo corredor social, cultural e ecológico (como é a proposta de criação do Corredor Carajás-Bacajá) poderia estar atrelado também a um modelo de co-participação e governança coletiva do território e de seus meios de financiamento, por intermédio da criação de fundos e conselhos que, dentre outras coisas, serviriam para coordenar os esforços comuns da recuperação de áreas com potencial de captura de carbono para eventual negociação em mercados de carbono.

Para proprietários, este modelo responderia às necessidades de investimento para recuperação. Para comunidades, a valorização direta de seus serviços ambientais e meios de preservação da natureza. Para órgãos ambientais, a possibilidade de garantir a preservação e recuperação de áreas degradadas. Para investidores nacionais e estrangeiros, a possibilidade de investir em projetos de crédito de carbono que apresentem não só um ganho econômico, mas também social, assegurado pela participação e acompanhamento de órgãos fiscalizadores. Para a sociedade em geral, o ganho ecológico da recuperação de áreas de grande relevância ambiental e, ainda, a possibilidade de captura de grandes quantidades de carbono equivalente.

Portanto, este trabalho foi desenvolvido para verificar a hipótese de viabilidade da economia do carbono enquanto vetor de implementação do Corredor Carajás-Bacajá no estado do Pará.

Para seu desenvolvimento foram realizadas revisões bibliográficas dos temas que lhe são referencial teórico, bem como pesquisas de campo para análise de entendimento dos setores envolvidos na proposta, e revisões documentais e dados fornecidos por órgãos ambientais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Processo de isolamento devido à conversão da paisagem

As Áreas Protegidas são um importante instrumento de conservação do patrimônio natural e serviços ecossistêmicos. Trabalhos anteriores constataram que os Espaços Especialmente Protegidos da Amazônia Brasileira são eficientes na prevenção do desmatamento. No entanto, em períodos mais recentes, o enfraquecimento da governança e a diminuição na proteção e direitos dos povos indígenas têm subtraído importantes reservas de carbono destes territórios, contribuindo com os efeitos das mudanças climáticas (Barretto Filho et al., 2021; da Silva et al., 2023; Qin et al., 2023).

As regiões periféricas das unidades de conservação estão experimentando um processo acentuado de degradação ambiental, simultaneamente agravado por desafios socioeconômicos significativos. Este cenário de deterioração é exacerbado por múltiplos fatores, entre eles o crescimento populacional acelerado, disputas territoriais fomentadas por extensivos empreendimentos mineradores, e uma presença governamental deficitária. Adicionalmente, a intensificação de práticas como a agropecuária, a implementação de assentamentos rurais e atividades extrativas, tanto madeireiras quanto de garimpo, está promovendo a fragmentação das áreas protegidas. Estas últimas estão sendo convertidas em fragmentos isolados de vegetação nativa, intensificando a pressão sobre os recursos naturais existentes e comprometendo a biodiversidade local. (AMPLO, 2017; BRASIL, 2016 *apud* Vieira et al., 2020).

Os instrumentos e políticas públicas de gestão e proteção às florestas que afetam diretamente o clima do planeta, têm sido insuficientes para resguardar os serviços prestados por elas. O resultado direto é o lançamento de mais carbono na atmosfera e perda de serviços ecossistêmicos como fixação e sequestro de carbono e alterações nos padrões de precipitação (Heinrich et al., 2021; Leite-Filho et al., 2021). Dentro das terras indígenas (TIs), o desmatamento levou à emissão de 96 gT CO<sup>2</sup> (milhões de toneladas de CO<sup>2</sup>) na atmosfera entre 2013 e 2021; esse valor é 1,83

vezes maior que a média anual das emissões brasileiras do setor de processo industrial (da Silva et al., 2023).

Segundo da Silva et al. (2023), em 2012, o Código Florestal Brasileiro, prejudicou o estoque potencial de 2,4 Gt de carbono por meio da anistia promovida aos desmatadores que avançaram sobre áreas de preservação permanente e reservas legais, somente na Amazônia. Estes autores ainda revelaram em sua pesquisa que, entre 2003 e 2020, a maior parte do desmatamento na região amazônica ocorreu em áreas privadas quando comparado às áreas protegidas (Unidades de Conservação e Terras Indígenas). Foi observado ainda um déficit total de Reserva Legal (RL) maior em propriedades rurais de médio/grande porte.

Qin et al. (2023b), analisaram as taxas de coberturas florestais em TIs e UCs nacionais e estaduais, e identificaram que as TIs/UCs nas porções sul e leste da Amazônia Legal tiveram as maiores perdas de área florestal. Turner (1996) já considerava a fragmentação como uma das principais ameaças à biodiversidade em florestas tropicais. Ela afirma que fragmentos isolados sofrem reduções na riqueza de espécies com o tempo após a remoção da floresta contínua, e que pequenos fragmentos geralmente têm menos espécies registradas para o mesmo esforço de observação do que grandes fragmentos ou áreas de floresta contínua. Portanto, a conservação da biodiversidade requer a integridade de remanescentes florestais independentemente dos tamanhos de seus fragmentos além da existência de condições favoráveis ao fluxo de seres vivos entre eles. Freitas & Garay (2021) consideraram que não somente os conceitos da ecologia de populações são relevantes para a conservação, mas também assegurar a conectividade entre áreas e conciliar as diversas atividades humanas com a sustentabilidade ambiental.

Quanto a isso, a teoria do Equilíbrio Insular (Wilson & Willis, 1975), que surgiu a partir da teoria da Biogeografia de Ilhas (McArthur & Wilson, 1967), definiu os pressupostos para os conceitos e aplicação de corredores ecológicos enquanto estratégia para conectividade entre fragmentos florestais com impactos positivos sobre a biodiversidade local, como crescimento e distribuição populacional. Mais recentemente, a iniciativa de pensar estratégias econômicas neutras ou de baixa

emissão de carbono ou, que retirem o carbono da atmosfera, tem sido uma estratégia inovadora para lidar com os eventos promovidos pelas mudanças climáticas.

Neste cenário em que o desmatamento na Amazônia Legal Brasileira tem promovido o aumento da fragmentação de florestas primárias e secundárias, bem como avançado para o interior de áreas protegidas, como Terras Indígenas e Unidades de Conservação, especialmente entre 2019 e 2021 (Montibeller et al., 2020; Pacheco & Meyer, 2022; Taubert et al., 2018), é possível identificar dois grandes blocos florestais gradualmente isolados pelos múltiplos usos da terra na região centro-leste do Pará.

O complexo de áreas protegidas de Carajás inclui seis unidades de conservação (UC) e uma Terra Indígena (TI), totalizando aproximadamente 1,2 milhão de hectares. Esta extensão representa a maior faixa contínua de floresta amazônica na região sudeste do Pará. As unidades são administradas de maneira integrada, formando o que é atualmente conhecido como o "Mosaico" de Carajás. Diz-se "Mosaico" (entre aspas) porque essa configuração não foi oficialmente estabelecida. Conforme o art. 8º do Decreto Federal nº 4.340/2002, que regulamenta o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), os Mosaicos devem ser estabelecidos por meio de ato oficial do Ministério do Meio Ambiente, provocado a pedido dos órgãos gestores das unidades de conservação que compõem o Mosaico (Vieira et al., 2020).

Outro importante fragmento de áreas protegidas, mais ao norte do Mosaico de Carajás, contempla as Terras Indígenas (TI) Trincheira Bacajá, Apyterewa, Arawetê Ipixuna e Arara da Volta Grande do Xingu. Somadas, as TIs resguardam uma área de 3.639.320 hectares, abrigando grande diversidade de povos, fauna e flora da Amazônia.

Os efeitos deletérios da fragmentação no entorno das áreas protegidas evidenciam a urgência de estratégias econômicas que valorizem os serviços ecossistêmicos, promovam a reconexão de paisagens e garantam segurança aos povos e comunidades inseridas na área de estudo.

## 2.2 O Corredor Ecológico Carajás/Bacajá

(Gregory & Beier, 2014), (Gilbert-Norton et al., 2010), Beier & Noss (1998), questionaram e avaliaram a efetividade dos corredores medindo a presença das espécies através de corredores estruturais. Estes estudos validaram a conservação por meio de corredores, pois estes promovem um resgate demográfico e a recolonização de habitats isolados uns dos outros pela matriz. No entanto, poucas pesquisas abordam os aspectos socioambientais da reconexão de paisagens fragmentadas, o que pode dificultar o processo de criação, implementação e governança de corredores, uma vez que as pessoas associam áreas protegidas a restrições de uso da terra.

Já Merenlender et al. (2022) abordam a distinção entre conectividade estrutural e funcional dos corredores ecológicos enfatizando que, nem sempre a sua presença garante a movimentação efetiva de organismos devido as limitações específicas de dispersão e necessidades de habitat das espécies focais. Em seu estudo, os autores criticam o emprego de métodos baseados unicamente em cobertura territorial, pois estes muitas vezes ignoram complexidades ecológicas específicas e barreiras invisíveis que afetam o movimento das espécies. Destacam ainda a importância de focar na funcionalidade dos corredores para as espécies mais vulneráveis e exigentes, bem como aplicar o uso de tecnologias e modelagem climática garantindo que sejam eficazes agora e no futuro, considerando as mudanças climáticas.

Mendonça (2019), por sua vez, discute em seu trabalho uma proposta de corredor ecológico tendo as comunidades de moradores locais como parte da estruturação por meio de suas atividades produtivas. Portanto, o enfoque dos projetos de corredores ecológicos poderia ser a diminuição do isolamento de áreas, potencializando a participação dos atores sociais (stakeholders) e legitimando-se as decisões compartilhadas, conforme (Brito, 2012).

O Código Florestal, instituído em 1965 e revisado nos anos 1990, passou por mudanças significativas em 2012 para abordar questões contemporâneas de desmatamento e gestão ambiental. A revisão foi significativa pois redefiniu os termos para as reservas legais e áreas de preservação permanente, e introduziu novas

regulamentações que impactam diretamente a governança das florestas (Kleinschmit et al., 2021). Nesse sentido, a Lei Federal 12.651/2012 (Código Florestal) estabelece no seu art. 3º:

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

II – **Área de Preservação Permanente - APP**: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;

III – **Reserva Legal**: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa;

IV – **Área rural consolidada**: área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio;

VI – **Uso alternativo do solo**: substituição de vegetação nativa e formações sucessoras por outras coberturas do solo, como atividades agropecuárias, industriais, de geração e transmissão de energia, de mineração e de transporte, assentamentos urbanos ou outras formas de ocupação humana;

Diz ainda em seu art. 13:

Art. 13. Quando indicado pelo Zoneamento Ecológico-Econômico - ZEE estadual, realizado segundo metodologia unificada, o poder público federal poderá:

I - reduzir, exclusivamente para fins de regularização, mediante recomposição, regeneração ou compensação da Reserva Legal de imóveis com área rural consolidada, situados em área de floresta

localizada na Amazônia Legal, para até 50% (cinquenta por cento) da propriedade, excluídas as áreas prioritárias para conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos e os **corredores ecológicos**;

Kleinschmit et al. (2021) alegam que o Código buscou equilibrar uso econômico e conservação ambiental, introduzindo obrigações mais claras para a restauração de áreas ilegalmente desmatadas e criando mecanismos para maior controle e monitoramento, como o cadastro ambiental rural (CAR). Rodrigues & Matavelli (2020) por sua vez, afirmam que o novo Código reduziu as obrigações de restauração, enfraqueceu os mecanismos de conservação ambiental que ajudam a manter a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos, como a regulação hídrica e o sequestro de carbono. Na visão destes autores houve, portanto, enfraquecimento da legislação ambiental, onde medidas adicionais seriam necessárias para compensar os impactos negativos dessas mudanças legais.

Passando a uma análise de contexto social, econômico e ecológico da área em estudo, observamos que nos municípios do Território de Carajás, a mineração e a agropecuária são importantes atividades econômicas no contexto local. Seus resultados refletem no produto interno bruto e no desenvolvimento econômico municipal, embora apresentem baixo impacto na inclusão da sociedade e no cuidado com o meio ambiente (Campos, 2019). Em São Félix do Xingu, por exemplo, a pecuária é a atividade que mais contribui com o PIB do município (Tabela 1), sendo também o principal vetor de conversão da paisagem, conforme é possível observar na Figura 1:

**Tabela 1: PIB por setor no município de São Felix do Xingu, PA, 2016 a 2020.**

<b>Ano</b>	<b>Agropecuária</b>	<b>Indústria</b>	<b>Serviços</b>	<b>Administração</b>
2016	R\$646.494.000,00	R\$121.869.530,00	R\$236.945.820,00	R\$340.148.410,00
2017	R\$514.908.870,00	R\$156.082.870,00	R\$260.161.420,00	R\$385.629.640,00
2018	R\$471.181.900,00	R\$164.864.080,00	R\$280.170.600,00	R\$391.700.710,00
2019	R\$454.993.980,00	R\$192.926.360,00	R\$283.013.500,00	R\$432.593.250,00
2020	R\$601.909.940,00	R\$170.378.930,00	R\$249.361.540,00	R\$469.800.240,00

Fonte: Adaptado de IBGE (2022).

Os projetos de assentamento rural são uma das alternativas possíveis para regularização fundiária e desenvolvimento sustentável na região amazônica como

estratégia de combate ao desmatamento que, no geral é promovido por grilagem de terras públicas (Moutinho & Azevedo-Ramos, 2023a; Pacheco & Meyer, 2022a). Da Cruz et al. (2021) enfatizam a falta de publicações científicas no campo da restauração florestal na Amazônia e afirmam que a insegurança na posse de terras tem sido um problema persistente na região, contribuindo significativamente para o desmatamento na maior floresta equatorial do mundo.

Alcançar reduções maiores e mais duradouras nas perdas florestais está entre os maiores desafios da sociedade. Os esforços para proteger as florestas também podem ser economicamente compensadores. Iniciativas futuras poderiam abordar as causas e não os sintomas da perda florestal, incluindo o lado da procura de produtos agrícolas, e influenciar a identidade social dos gestores de terras, em vez de considerar o seu comportamento real como um erro a corrigir (Knoke et al., 2023). Todavia, para o Corredor Linear Estrutural Carajás-Bacajá serão necessários esforços para além da proteção das florestas remanescentes. A restauração das áreas poderá contribuir para sua gestão territorial na medida em que viabiliza mecanismos de financiamento climático, fomentando uma economia local sustentável e inclusiva, tornando-o um modelo replicável de desenvolvimento para a Amazônia.

### **2.3 Restauração como vetor de transformação socioambiental e econômica**

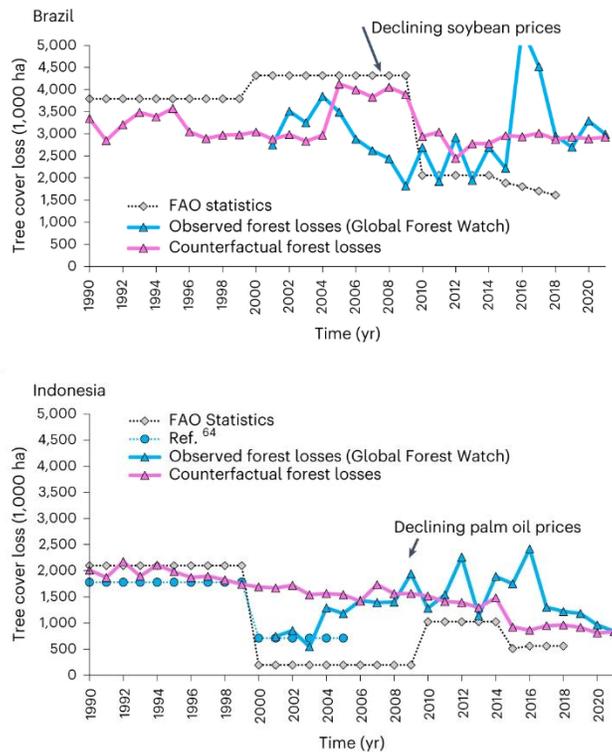
Os Serviços Ecossistêmicos (SE) podem ser considerados como norteadores para o planejamento e a tomada de decisões que envolvem tanto conservação, quanto desenvolvimento sustentável. Os benefícios que os seres humanos obtêm dos ecossistemas, como água limpa, fertilidade do solo, polinização e proteção contra inundações são essenciais para a alimentação, saúde, energia, abrigo, redução do risco de desastres e outras condições básicas necessárias para assegurar nossos meios de vida e o crescimento sustentado (GIZ, 2019).

A produtividade dos ecossistemas está diretamente associada a capacidade destes ambientes de suportarem diversidade natural de espécies. Portanto, a perda contínua de espécies nos ecossistemas florestais em todo o mundo poderia reduzir

substancialmente a produtividade florestal e, assim, a taxa de absorção de carbono florestal, comprometendo o sumidouro global de carbono florestal (Liang et al., 2016).

Knoke et al. (2023) demonstraram em sua pesquisa que a diminuição do índice de perda florestal em países tropicais, pode estar diretamente associada à queda de preços de *commodities* agrícolas como a soja no Brasil e óleo de palma na Indonésia, por exemplo. Desta forma, é possível afirmar que a conversão e manutenção de florestas sofre influência direta do mercado, visto que a elevação dos preços de *commodities* pode aumentar a pressão sobre as áreas florestadas, conforme a Figura 1 aponta.

Estes autores ainda relacionam fatores não mercadológicos à perda de florestas. As ações governamentais de comando e controle (ou seja, quando há maior presença do estado), podem promover a redução das perdas florestais, sendo o contrário igualmente verdadeiro. Além do componente governamental, é possível considerar também fatores associados a conflitos armados, crises sociais, pandemias e anomalias climáticas, como o El Niño. Seus resultados indicam a viabilidade e a urgência de integrar as dimensões econômicas das perdas florestais na tomada de decisões e nos sistemas de contabilidade de bem-estar.



**Figura 1: Perdas de cobertura florestal observadas e de referência para os três países selecionados (Adaptado de Knoke et al., 2023).**

As pesquisas de Austin et al. (2020) contribuem com uma visão abrangente dos custos econômicos e potencial de mitigação de diferentes práticas de manejo florestal através do Global Timber Model, um modelo que simula a comercialização e consumo de produtos florestais. Segundo os autores do estudo, a prevenção do desmatamento tropical representa 30-54% do potencial global de mitigação, da ordem de 0,6 a 6,0 GtCO<sup>2</sup> por ano até 2055 e considera ainda o preço de carbono a US\$ 281/tCO<sup>2</sup> como viável para comportar os custos do setor florestal, tão importante para o alcance das metas assumidas por governos e empresas no combate aos efeitos das mudanças climáticas.

Mo et al. (2023) pesquisaram sobre a contribuição potencial da conservação, restauração e manejo florestal sustentável na captura de carbono da atmosfera.

Segundo os autores a melhoria da gestão florestal e da restauração para reconexão de paisagens florestais fragmentadas contribuem com consideráveis 87 Gt (39%) para o potencial extra de redução de carbono. A pesquisa aponta que a proteção e a restauração dos ecossistemas florestais constituem desafios sociais, políticos e econômicos complexos que exigem o desenvolvimento de políticas de gestão de terras que deem prioridade aos direitos e ao bem-estar das comunidades locais e dos povos indígenas. Concluem que, quando construída de uma forma social e ecologicamente responsável, a promoção de diversas florestas pode contribuir substancialmente para alcançar os objetivos combinados entre clima e biodiversidade.

Oldekop et al. (2019) realizaram um estudo no Nepal para entender como a Gestão Comunitária de Florestas (GCF) poderia influenciar na redução do desmatamento e da pobreza, descobrindo que há uma relação direta entre estas duas variáveis. Em áreas onde a gestão comunitária de florestas foi implementada, houve uma redução significativa tanto na pobreza quanto no desmatamento. Isso indica que a GCF pode ser uma ferramenta eficaz não apenas para a conservação ambiental, mas também para o desenvolvimento socioeconômico. A restauração florestal é uma das formas possíveis de estruturar a economia do carbono enquanto estratégia de mitigação climática e desenvolvimento socioeconômico.

Todavia, é necessário entender os custos de cada técnica e comparar o fluxo de caixa para múltiplos usos da terra, para que seja possível criar os mecanismos financeiros que sobreponham a restauração às atividades que historicamente converteram áreas de florestas. Sinacore et al. (2023) analisam a rentabilidade de diferentes métodos de restauração florestal e concluíram que ela pode variar dependendo de vários fatores, como o tipo de ecossistema florestal, as condições locais, os custos de implementação e manutenção, e o valor dos pagamentos por carbono ou subsídios disponíveis.

As estratégias que visam o alcance das metas globais para redução da concentração dos Gases do Efeito Estufa (GEE) na atmosfera devem integrar os stakeholders e buscar o nivelamento de capacidades e alinhamento de interesses.

Governos oferecendo caminhos através das políticas públicas, agentes privados investindo em modelos que alcancem eficiência, inclusão e sustentabilidade, e as comunidades locais, detentoras de amplo conhecimento territorial, como guardiãs dos serviços ecossistêmicos por meio do manejo.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Geral**

O objetivo geral do presente estudo é “Avaliar o potencial da economia do carbono como vetor de implementação do Corredor Carajás-Bacajá, estado do Pará”.

#### **3.2 Específicos**

**3.2.1** Avaliar o déficit de restauração do território do corredor;

**3.2.2** Estimar o potencial do corredor para compensação de carbono a partir das áreas legalmente restauráveis;

**3.2.3** Apontar os custos por hectare de restauração a partir de diferentes métodos.

### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **4.1 Área de Estudo**

Esta pesquisa foi desenvolvida no Corredor Linear Estrutural Carajás/Bacajá, que integra o Corredor Sociobiocultural (dados não publicados do ICMBio), estabelecido no âmbito do objetivo específico 3, conforme o Plano de Conservação Estratégico para o Território de Carajás, segundo Vieira et al. (2020).

No Corredor Linear Estrutural Carajás/Bacajá, possui cerca de 18,4 mil hectares de pastagem e, uma área em torno de 20,065 mil hectares correspondente à formação florestal remanescente do corredor e sua área de influência. Por meio deste núcleo pretende-se reconectar os dois grandes maciços florestais ao norte através da Terra Indígena Trincheira Bacajá e, ao sul, a Reserva Biológica do Tapirapé. A

conexão dos fragmentos florestais exigirá ações de restauração no território da área estudada.

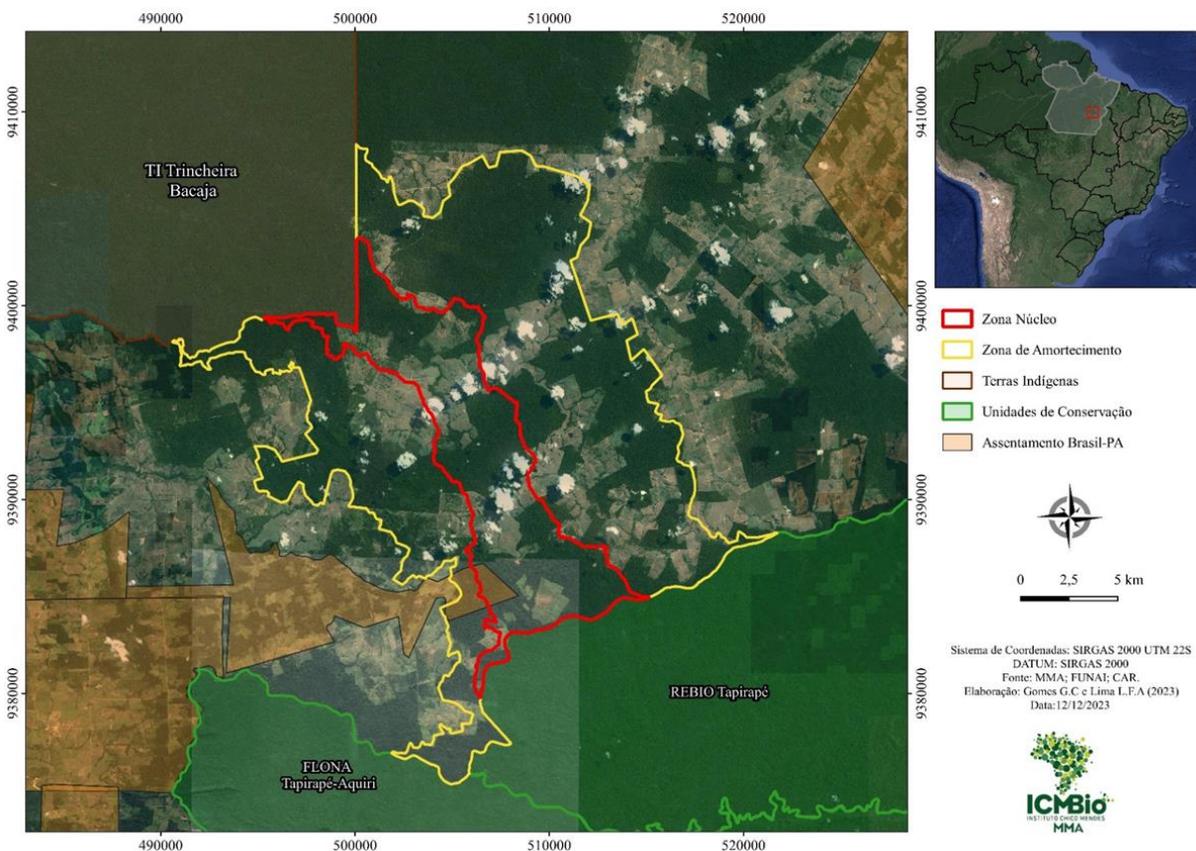


Figura 2: Território do Corredor Sociobiocultural e o núcleo do Corredor Linear Estrutural. Fonte: ICMBio.

## 4.2 Metodologia

### 4.2.1 Déficit de Reserva Legal e Área de Preservação Permanente

#### *Obtenção e Preparação dos Dados*

Os dados iniciais sobre os imóveis inseridos na área direta do proposto Corredor Carajás-Bacajá foram adquiridos do Cadastro Ambiental Rural (CAR), Fundação Brasileira Desenvolvimento Sustentável (FBDS) e MapBiomass. Os dados foram ajustados para o sistema de coordenadas DATUM SIRGAS 2000, utilizando a projeção UTM 22S, garantindo a consistência espacial necessária para as análises

subsequentes. Em referidos cadastros também foi possível ter acesso às áreas de Reserva Legal e APP declaradas pelos proprietários dos imóveis.

### *Identificação das Áreas de Interesse*

Dentro da proposta de área do Corredor Linear Estrutural Carajás/Bacajá, o ICMBio estabeleceu não só a área direta do corredor (área em vermelho na Figura 2), como também suas áreas de influência ou amortecimento (áreas em amarelo na Figura 2).

Nesta fase do estudo, foram selecionadas as coordenadas de intersecção dos limites dessas duas áreas (do corredor propriamente dito e de suas áreas de amortecimento). Isto porque o presente trabalho se concentra apenas nas áreas constantes dentro do corredor, não incluindo as zonas de amortecimento. Esse passo, portanto, foi crucial para focar na análise das propriedades relevantes para os objetivos estabelecidos.

### *Análise de Sobreposição das Propriedades no CAR*

Utilizando a ferramenta "Count Overlapping Features" no ArcGIS Pro 3.2.1, foi realizada uma análise para calcular quantas vezes as feições dos limites das propriedades se sobrepuseram. Isso proporcionou uma visão inicial das sobreposições existentes.

### *Delimitação e Quantificação das Áreas Sobrepostas*

A ferramenta "*Find Overlaps*" foi empregada para delimitar as áreas que se sobrepunham entre diferentes propriedades. A área resultante dessa sobreposição foi calculada em hectares, proporcionando uma medida quantitativa para análise.

### *Cálculo da Porcentagem de Sobreposição:*

Com as áreas de sobreposição definidas, foi calculada a porcentagem de sobreposição em relação à área total original, utilizando a fórmula:

$$PS = \frac{AT - DAS}{AT \times 100}$$

Onde:

PS : Porcentagem de sobreposição
AT : Área Total
DAS : Diferença da Área Sobreposta

Isso permitiu a quantificação precisa do grau de sobreposição entre as propriedades.

#### *Filtragem e Exclusão de Áreas com Alta Sobreposição*

Com base nas porcentagens calculadas, áreas com mais de 70% de sobreposição foram identificadas e excluídas para evitar duplicidade de informações e garantir a qualidade dos resultados.

#### *Avaliação da Reserva Legal e APP*

Após a filtragem, áreas de reserva legal e APP foram selecionadas com base nos limites das propriedades. A sobreposição nessas áreas foi verificada, utilizando dados detalhados do FBDS para as APP, garantindo uma análise precisa.

#### *Cálculo do Déficit de Reserva Legal*

O déficit de reserva legal foi calculado considerando a norma legal de manter 80% da área total composta por floresta nativa, utilizando a fórmula: Área Total \* 0.8 - (Reserva Legal + APP). Esse cálculo determinou se as propriedades cumpriram as exigências legais.

#### *Análise do Uso e Ocupação da Terra*

Utilizando dados do MapBiomas com resolução espacial de 10 metros, a camada de uso e ocupação da terra foi recortada conforme os limites das propriedades, e a área em hectares para cada classe foi calculada. Isso proporcionou uma compreensão detalhada da distribuição do uso da terra em cada propriedade rural.

#### 4.2.2 Potencial do corredor para compensação de carbono

O cálculo do potencial de acúmulo de carbono do Corredor Linear Estrutural utilizou as estimativas de Sanquetta et al. (2020) para Amazônia, que tinham por objetivo quantificar e comparar os estoques de carbono em plantios de restauração florestal, regeneração natural e florestas maduras na Amazônia. O estudo determinou o estoque de carbono a partir da caracterização da área amostrada e inventários florestais para determinar a biomassa das partes aéreas e subterrânea. Com isso, foi possível chegar aos valores de estocagem em três cenários possíveis: restauração florestal, florestas secundárias e florestas maduras.

Para estimar o potencial das áreas restauráveis do Corredor Estrutural, aplicou-se os valores de estocagem das florestas secundárias onde, segundo a referida pesquisa, há um incremento médio anual de 16,23 TCO<sub>2</sub>e/ha/ano. O tempo delimitado para avaliar o potencial de estocagem foi de 40 anos. Os resultados de Sanquetta et al. (2020) demonstram o potencial de sequestro maior em plantios de restauração, alcançando em poucas décadas valores próximos aos de florestas maduras. Para calcular a linha de base do projeto utilizou-se os dados obtidos a partir do estudo realizado por Conceição et al. (2017) onde foi possível chegar ao valor de estoque de carbono em áreas de pastagem em 71 TC/ha. Considerando que esses valores refletem o estoque de carbono no final de um período de três anos (de 2011 a 2014, como mencionado no contexto do estudo), calculou-se a taxa média anual de mudança no estoque de carbono dividindo esses valores por três. Esta abordagem assume que a mudança no estoque de carbono foi relativamente uniforme ao longo dos três anos, o que é uma simplificação. Assim chegou-se ao valor de 23,67 TC ha/ano.

Para calcular a capacidade estimada das áreas restauráveis do Corredor na geração de receitas a partir da comercialização de créditos de carbono, utilizou-se o último relatório *State of the Voluntary Carbon Markets 2023* (Forest Trends' Ecosystem Marketplace, 2023). Assim, com base no valor médio praticado pelo mercado e de posse do potencial de acúmulo de carbono das áreas restauráveis, foi possível chegar a valores em dólar e, posteriormente convertidos em real para o período equivalente a

40 anos. As unidades de medidas foram ajustadas para tCO<sub>2</sub>, conforme o mercado pratica os valores para pagamentos por carbono sequestrado.

### **4.2.3 Custos da restauração**

Para análise dos custos da restauração buscou-se compreender os modelos de mercado aplicados por profissionais com experiência operacional em implantação e manutenção de projetos desta natureza. As premissas adotadas para composição dos custos levam em consideração o cenário base, que no caso desta pesquisa aborda três componentes: (i) de pastagem degradada; (ii) o tipo de metodologia empregada no processo de restauração e, (iii) a densidade de indivíduos por hectares. Os cálculos foram feitos com base no rendimento operacional das etapas de implementação e manutenção, como por exemplo, custo de mudas e aquisição dos insumos necessários. O tempo de manutenção estabelecido foi de 5 anos. Os valores de referência aplicados aos cálculos foram obtidos a partir de atividade realizada pela empresa Atlas Florestal no ano de 2022<sup>1</sup> com produtores e implementadores do município de São Félix do Xingu. Portanto, a validação dos custos seguiu a lógica de mercado onde a restauração ocorre por meio de contratação de mão-de-obra especializada na implementação de projetos de restauração que, por sua vez, aplicam suas margens sobre o custo do serviço.

Assim, baseou-se em modelos praticados pelo mercado a partir de três técnicas distintas e que, devem ser complementares ao longo do processo:

#### **I. Regeneração Natural**

Considerou-se a aplicação desta técnica em 40% da área total restaurável do corredor. Além disso, assumiu-se o cenário de alto potencial de indivíduos regenerantes com enriquecimento de até 500 indivíduos arbóreos por hectare.

---

<sup>1</sup> Essa fonte de dado foi selecionada por se tratar de custos locais equivalentes à área de estudo em período próximo ao de desenvolvimento desta pesquisa, sendo possível aplicar ao modelo proposto neste trabalho.

## II. Plantio total

Considerou-se a execução desta técnica em outra porção de 40% do total restaurável. O cenário predominante é de pastagem degradada com plantio de 2.000 mil indivíduos por hectare.

## III. Sistemas Agroflorestais (SAF)

Considerou-se o uso de SAF em 20% do território restaurável em áreas degradadas, de pastagem ou não, e plantio de 2.000 mil indivíduos por hectares das espécies interesse econômico.

Na Tabela 2 é possível identificar os custos relacionados à restauração de áreas com base no tamanho e na técnica aplicada à restauração.

**Tabela 2: Composição do valor por hectare a partir do tamanho da área e o tipo de técnica empregada.**

Fonte: Atlas Florestal (modelo adaptado)

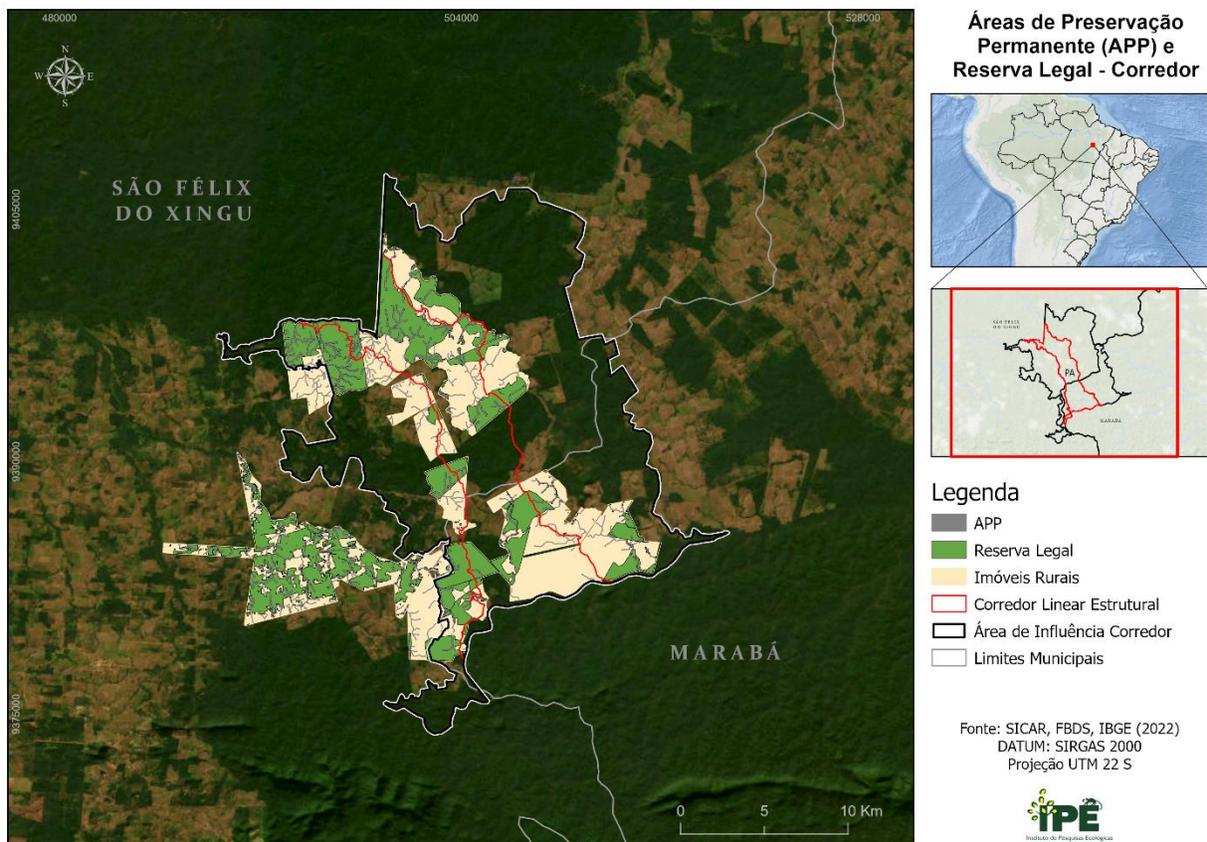
METODOLOGIA	CENÁRIO BASE	DENSIDADE INDIVÍDUOS/ha	Tamanho da área				CUSTO/ha (R\$)		
			0-10	10-50	50-100	<100	Implantação	Manutenção	TOTAL
								5 anos	
Condução da Regeneração Natural com Enriquecimento	Área em processo de regeneração natural	500					R\$ 8.892,00	R\$ 8.977,50	R\$ 17.869,50
							R\$ 8.424,00	R\$ 8.505,00	R\$ 16.929,00
							R\$ 8.236,80	R\$ 8.316,00	R\$ 16.552,80
							R\$ 7.845,50	R\$ 8.032,50	R\$ 15.878,00
Plantio Total	Pastagem com a presença de indivíduos arbóreos isolados	2000					R\$ 19.836,00	R\$ 42.750,00	R\$ 62.586,00
							R\$ 18.792,00	R\$ 40.500,00	R\$ 59.292,00
							R\$ 18.374,40	R\$ 39.600,00	R\$ 57.974,40
							R\$ 17.501,50	R\$ 38.250,00	R\$ 55.751,50
SAFs	Pastagem com a presença de indivíduos arbóreos isolados	2000					R\$ 31.350,00	R\$ 65.550,00	R\$ 96.900,00
							R\$ 29.700,00	R\$ 62.100,00	R\$ 91.800,00
							R\$ 29.040,00	R\$ 60.720,00	R\$ 89.760,00
							R\$ 28.050,00	R\$ 58.650,00	R\$ 86.700,00

## 5. RESULTADOS

### *Décifit de Reserva Legal e Área de Preservação Permanente*

O número de propriedades identificadas por meio do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) com interceção na área de estudo, ou seja, o Corredor Estrutural, totalizou 24 imóveis. Estas propriedades somam cerca 20.758 hectares, com média de 865 hectares/imóvel. A maioria delas se encontra no município de Marabá, com 15 propriedades e o restante no município de São Félix do Xingu.

Com auxílio do banco de dados da Fundação Brasileira Desenvolvimento Sustentável (FBDS), do MapBiomass, além do já mencionado SICAR, buscou-se eliminar as sobreposições de áreas para então filtrá-las e excluí-las de modo evitar duplicidades e assegurar maior compatibilidade dos dados à realidade local. O cálculo para avaliação da integridade das áreas de Reserva Legal (RL) e Área de Preservação Permanente (APP), consideraram a Lei Federal 12.651 de 2012 (Código Florestal Brasileiro), a qual estabelece como RL de uma propriedade em 80% desta, permitido o cômputo com APP. Assim a Figura 3 mostra o mapa das áreas identificadas como RL e APP no território do Corredor Estrutural.



**Figura 3: Mapa com identificando RL e APP nos imóveis localizados no território do Corredor Estrutural.**

O Corredor Estrutural contabilizou **6.256 hectares em deficit de RL e APP** dos imóveis inseridos em seu território após a eliminação das sobreposições. Também foram analisados os tipos de cobertura e uso da terra destes imóveis, predominando 10.144 hectares de pasto e 8.653 hectares de formação florestal, além de outros tipos cobertura e uso em menor escala, que totalizam cerca de 359 hectares (Figura 4).

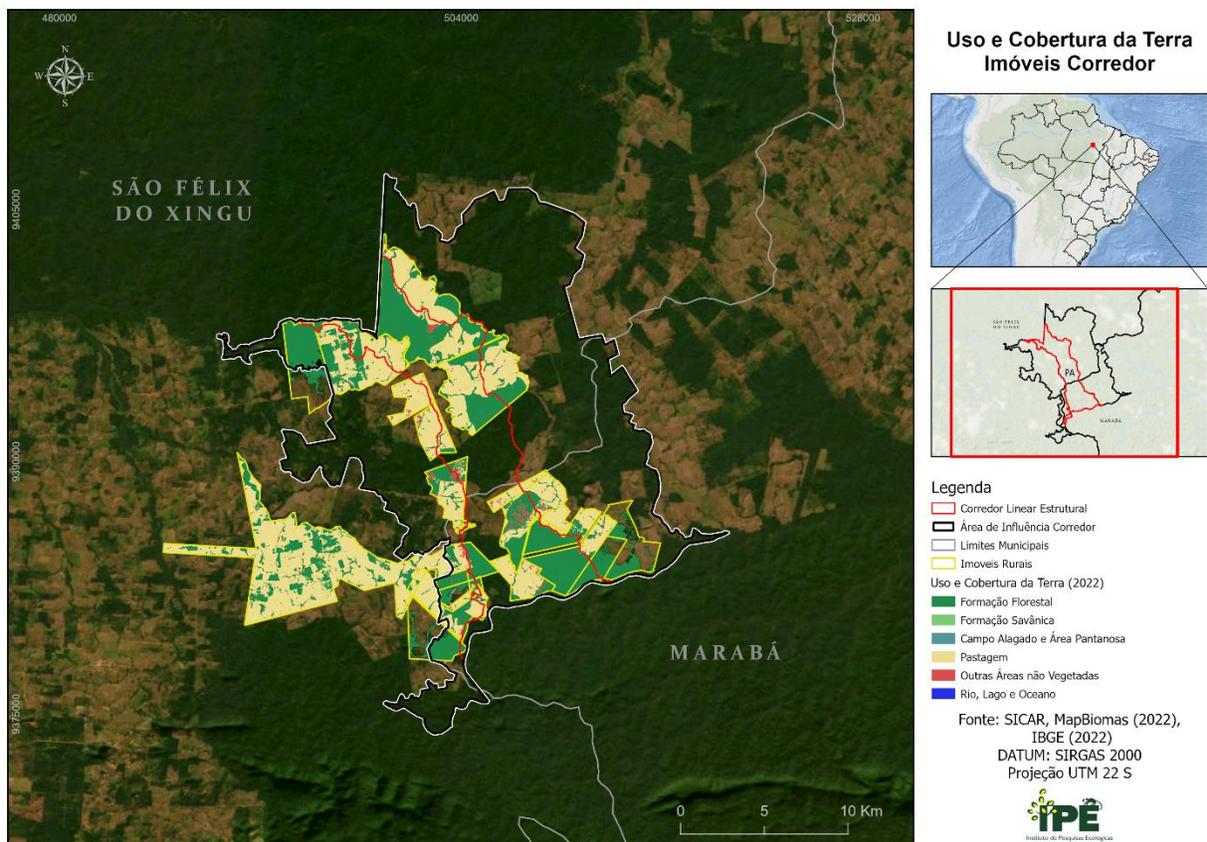


Figura 4: Tipos de Uso e Cobertura nos imóveis que compõem o território do Corredor Estrutural.

### Potencial para Compensação de Carbono

Após obter o valor do déficit de áreas prioritárias para a restauração no Corredor Estrutural, buscou-se avaliar o potencial de acúmulo de carbono para estas áreas tendo como base a regularização ambiental necessária ao cumprimento do Código Florestal Brasileiro, que destina 80% das propriedades rurais no bioma amazônico para RL e APP, sendo permitido o cômputo de ambas para alcançar o percentual.

Para estimar o potencial de estocagem da área total restaurável de 6.256 hectares ao longo de 40 anos dentro do Corredor Estrutural temos que:

$$\text{Acúmulo total de carbono} = \text{Área} \times \text{Taxa de Acúmulo} \times \text{Número de Anos}$$

$$\text{Acúmulo total de carbono em 40 anos} = 6.256\text{ha} \times 16,23 \text{ TC ha/ano} \times 40 \text{ anos} = 4.058.342,72 \text{ TC}$$

Como cada tonelada de carbono está presente em aproximadamente 3,67 toneladas de dióxido de carbono, utilizou-se o fator de conversão de carbono para dióxido de carbono, que é 3,67. Isso se deve ao peso molecular do carbono (C) e do oxigênio (O) na molécula de CO<sub>2</sub>.

$$\text{Converteção TC para tCO}_2 = 4.058.342,72\text{TC} \times 3,67 = 14.893.598,18 \text{ tCO}_2$$

Portanto, o acúmulo total estimado da área analisada ao longo de 40 anos seria de aproximadamente 14.893.598,18 tCO<sub>2</sub>.

Para compreender quanto este volume pode representar em termos financeiros, utilizou-se o valor médio pago por volume de carbono que foi praticado em 2023 para créditos relacionados a projetos da categoria *Afforestation/Reforestation/Revegetation* (ARR) a \$15,60/ tCO<sub>2</sub>, segundo o *State of the Voluntary Carbon Markets 2023*<sup>2</sup> (Forest Trends' Ecosystem Marketplace, 2023).

A área de 6.256 hectares considerados por este estudo como prioritários para conservação teve potencial de monetização calculado abaixo:

$$\text{Potencial Financeiro} = \text{Acúmulo Total de Carbono} \times \text{Preço por Tonelada de tCO}_2$$

---

<sup>2</sup> O valor de \$15.60 por tonelada de CO<sub>2</sub> se refere ao mercado voluntário de créditos de carbono, especificamente para projetos de *Afforestation, Reforestation & Revegetation* (ARR) no ano de 2023. Esse valor indica um preço premium para projetos que envolvem restauração e revegetação, que são altamente valorizados no mercado de carbono voluntário devido aos seus benefícios ambientais e sociais adicionais, como a promoção da biodiversidade e a contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Potencial Financeiro =  $14.893.598,18 \text{ tCO}_2 \times \$15.60 / \text{tCO}_2$

**Potencial Financeiro = \$ \$232.534.131,61 no período de 40 anos**

Portanto, o potencial financeiro da negociação dos créditos de carbono acumulados na sua área de 6.256 hectares ao longo de 40 anos seria de aproximadamente \$232.534.131,61. Se convertido em valores atuais<sup>3</sup> (rodapé: de que ano e mês) para a moeda brasileira, o montante chegaria a cerca de R\$ 1.197.550.877,79. Esse seria o valor convertido para reais do potencial ganho com a venda dos créditos de carbono acumulados, usando o preço premium de mercado.

#### *Custos de Restauração das Áreas Prioritárias do Corredor*

Os custos identificados através do emprego de três metodologias aplicáveis à restauração das áreas de RL e APP nas propriedades inseridas no corredor variaram de acordo com o tamanho da área e o tipo de método utilizado para para implantação do projeto. A Tabela 3 apresenta quanto cada proprietário rural deverá investir para alcançar a regularização ambiental em seu imóvel tendo em vista o cumprimento do Código Florestal Brasileiro.

Em um cenário de aplicação da regeneração natural em cerca de 40% sobre o total do déficit de RL e APP deverá ser investido um montante de R\$ 39.736.294,19 em uma área de 2.502 hectares. Para o plantio total em outros 40% do déficit total, os investimentos somados alcançam o valor de R\$ 139.523.743,88 em uma área de mesmo tamanho, ou seja, 2.502 hectares. Para fechar os custos, constatamos a necessidade de investimentos na ordem de R\$ 108.487.741,09 na implantação de SAFs em 20% do território considerado prioritário para restauração, o que corresponde a uma área de 1.251 hectares, sendo o método proporcionalmente mais caro, porém,

<sup>3</sup> Com base na cotação do dia 20 de fevereiro de 2024, o valor em reais brasileiros (BRL) a uma taxa de câmbio de R\$ 5,15.

com elevada capacidade de retorno do investimento através de subprodutos madeireiros e não madeireiros.

O custo final para implantação do modelo sugerido por esta pesquisa é de R\$ 287.747.779,16 para restauração de 6.256 hectares no território do Corredor Carajás-Bacajá através de um arranjo de metodologias.

Tabela 3: Custos por hectare para implantação e manutenção da restauração por metodologia no território do Corredor.

Propriedade	METODOLOGIA DE RESTAURAÇÃO				CUSTOS POR METODOLOGIA DE RESTAURAÇÃO		
	Deficit de RL e APP (ha)	Regeneração Natural e enriquecimento (ha)	Plantio Total (ha)	SAF (ha)	Regeneração Natural e enriquecimento (R\$)	Plantio Total (R\$)	SAF (R\$)
1	268,36	107,34	107,34	53,67	1.704.385,36	5.984.509,43	4.653.300,51
2	280,66	112,27	112,27	56,13	1.782.551,17	6.258.968,49	4.866.708,23
3	147,79	59,11	59,11	29,56	938.624,56	3.295.737,95	2.562.625,94
4	151,89	60,76	60,76	30,38	964.703,91	3.387.308,84	2.633.827,58
5	139,21	55,68	55,68	27,84	884.159,56	3.104.498,14	2.413.925,98
6	322,73	129,09	129,09	64,55	2.049.702,94	7.197.002,98	5.596.084,04
7	414,84	165,94	165,94	82,97	2.634.736,61	9.251.197,77	7.193.338,72
8	661,47	264,59	264,59	132,29	4.201.114,55	14.751.129,73	11.469.852,36
9	285,66	114,26	114,26	57,13	1.814.280,22	6.370.376,85	4.953.334,64
10	28,58	11,43	11,43	5,72	181.495,36	637.274,12	495.517,30
11	276,76	110,70	110,70	55,35	1.757.742,03	6.171.857,60	4.798.974,50
12	139,30	55,72	55,72	27,86	884.717,36	3.106.456,73	2.415.448,90

<b>13</b>	322,57	129,03	129,03	64,51	2.048.687,30	7.193.436,83	5.593.311,15
<b>14</b>	19,37	7,75	7,75	3,87	123.039,76	432.022,37	335.922,26
<b>15</b>	353,22	141,29	141,29	70,64	2.243.340,69	7.876.912,00	6.124.752,43
<b>16</b>	16,61	6,65	6,65	3,32	105.523,93	370.520,05	288.100,66
<b>17</b>	771,62	308,65	308,65	154,32	4.900.683,20	17.207.484,5 2	13.379.809,5 8
<b>18</b>	310,53	124,21	124,21	62,11	1.972.247,69	6.925.038,88	5.384.616,29
<b>19</b>	3,44	1,38	1,38	0,69	21.869,69	76.789,78	59.708,47
<b>20</b>	2,07	0,83	0,83	0,41	13.149,14	46.169,81	35.899,69
<b>21</b>	226,42	90,57	90,57	45,28	1.438.046,66	5.049.329,77	3.926.144,51
<b>22</b>	1,82	0,73	0,73	0,36	11.557,28	40.580,41	31.553,61
<b>23</b>	448,73	179,49	179,49	89,75	2.849.999,49	10.007.037,8 3	7.781.047,86
<b>24</b>	662,86	265,14	265,14	132,57	4.209.935,72	14.782.102,9 9	11.493.935,8 5
<b>Total</b>	<b>6256,50</b>	<b>2502,60</b>	<b>2502,60</b>	<b>1251,30</b>	<b>39.736.294,1 9</b>	<b>139.523.743, 88</b>	<b>108.487.741, 09</b>

## 6. DISCUSSÃO

A situação fundiária na Amazônia é um dos grandes desafios para contenção do desmatamento que avança sobre áreas de interesse para conservação da biodiversidade e manutenção das populações residentes da floresta. A comparação de diferentes regimes de posse de terra, incluindo áreas de proteção ambiental, terras indígenas, assentamentos, áreas privadas e terras públicas não destinadas é fundamental para entender os mecanismos que alimentam a perda de extensas áreas verdes. Pacheco & Meyer (2022) identificaram que cada regime tem um impacto distinto sobre o desmatamento: áreas de proteção e terras indígenas são eficazes em reduzir o desmatamento devido às políticas de conservação e gestão sustentável; assentamentos apresentam resultados mistos, dependendo da implementação de práticas sustentáveis; terras privadas tendem a ter menos desmatamento que terras públicas não destinadas, porém, mais que áreas protegidas, devido a diferentes níveis de fiscalização e uso da terra.

Em sua pesquisa, Moutinho & Azevedo-Ramos (2023) afirmam que cerca de 50% do desmatamento da Amazônia ocorre em florestas públicas não destinadas, sendo alvos fáceis para grileiros na exploração ilegal de recursos naturais. Os autores corroboram que a insegurança fundiária desafia a implementação de modelos de uso sustentável da terra como alternativas ao modelo de desenvolvimento prevalente na Amazônia que implica na substituição da floresta para outros tipos de usos do solo. Este desafio, todavia, deve ser encarado para promover a segurança de comunidades e a conservação do bioma.

O pagamento por serviços ecossistêmicos e ambientais podem alavancar a restauração florestal e incentivar um modelo econômico benéfico ao bioma amazônico e inclusivo para as comunidades e populações residentes na medida em que acolhe seu modo de vida. Daí a importância dos arranjos produtivos locais, reconhecendo a diversidade de contextos sociais e ecológicos. Sinacore et al. (2023) afirmam que o sucesso da restauração depende não apenas de fatores técnicos e biológicos, mas também de uma abordagem integrada que inclua apoio financeiro e político, destacando a necessidade de modelos de financiamento sustentáveis e inclusivos.

Austin et al. (2020) sugeriram em seu trabalho que, para manter o aumento da temperatura global em até 1,5°C acima dos níveis pré-industriais, o preço da tonelada de carbono deveria atingir \$281 até 2055, destacando a importância econômica na estratégia de mitigação das mudanças climáticas através do manejo florestal. Isto mostra que há um mercado em franca expansão que pode ser catalizador de modelos locais de economia que promovam soluções climáticas, possibilite a inclusão de comunidades neste processo e assegurem a governança territorial. Terras privadas, em geral, possuem taxas de desmatamento mais elevadas quando comparadas às áreas de conservação. Este dado indica os desafios de promover a integração na gestão de áreas privadas e a governança dos recursos naturais (da Silva et al., 2023) uma vez que a economia está pautada na conversão de áreas extensas para uso intensivo da terra.

A criação do Corredor Ecológico Carajás-Bacajá é uma alternativa para definição de governança territorial sobre uma região de interesse para a conservação com inúmeros conflitos relacionados à posse da terra. Frequentemente o sul da Terra Indígena Trincheira Bacajá é alvo de invasões e, sucessivas operações de desintrusão, embora se façam necessárias, não geram uma solução definitiva à questão, sendo paliativo. A lógica econômica por trás destas práticas tem dado sinais de que a impunidade ainda faz o crime ambiental na região ser recompensado com a posse ilegal de terras. Um exemplo claro de estratégia econômica bem-sucedida no combate ao desmatamento a partir da lógica de mercado foi avaliado por Heilmayr et al. (2020). O artigo aponta o sucesso da Moratória da Soja na redução do desflorestamento na Amazônia Brasileira, destacando a importância de acordos privados de zero desmatamento nas cadeias de suprimentos agrícolas. Segundo os autores, a Moratória, juntamente com outras políticas de conservação, contribuiu significativamente para frear a perda de cobertura florestal. São estratégias econômicas como esta que podem transformar a realidade local de conflitos baseados na posse de terras na região do corredor e alavancar modelos de desenvolvimento sustentável para a Amazônia.

Os custos inerentes à implementação e manutenção das áreas restauráveis é fundamental para o sucesso do arranjo produtivo bem como para demonstrar o seu

potencial enquanto solução econômica de combate às mudanças climáticas. Um modelo bem-sucedido, portanto, deve alcançar a eficiência no planejamento e execução das estratégias de restauração visando a otimização dos recursos financeiros disponíveis. Por meio da diversificação de abordagens é possível maximizar o retorno sobre o investimento, tanto em termos de biodiversidade quanto de sequestro de carbono, configurando um mecanismo eficaz para a recomposição de paisagens (Strassburg et al., 2020) e alternativa para uma bioeconomia na Amazônia capaz de gerar renda e potencializar os serviços ecossistêmicos da floresta.

O déficit total de áreas restauráveis no corredor é de 6.256 hectares distribuídos em 24 imóveis rurais. Esta área apresenta um potencial de sequestro de carbono de 14.893.598,18 tCO<sub>2</sub>, que poderão gerar recursos da ordem de R\$ 1.197.550.877,79 (valores estimados) em um período de 40 anos, representando aproximadamente R\$ 30 milhões por ano. Estes valores excedem em muito os custos de restauração das áreas mapeadas levantados por este estudo (aproximadamente R\$ 287.747.779,16). Com acesso a estes recursos financeiros as pressões antrópicas locais sobre as áreas protegidas poderão ser reduzidas por meio da estruturação da cadeia de restauração no território do corredor em construção. Além disso, ações de comando e controle nas unidades de conservação e terras indígenas conectadas pelo corredor poderão ser mais frequentes aumentando a presença do estado nas áreas de conflito e inibindo invasões que causam degradação ambiental e instabilidade social. O monitoramento da biodiversidade e dos co-benefícios atrelados à reconexão da paisagem a partir do corredor agrega valor ao carbono produzido potencializando os ganhos financeiros.

A restauração das áreas florestais apontadas por este estudo, representa uma oportunidade de estabelecer o engajamento dos atores inseridos no território do corredor. Na convergência de interesses comuns buscam: a regularização ambiental por parte de proprietários rurais; a promoção de uma economia local sustentável por parte dos usuários do território; a contribuição com as metas climáticas assumidas pelo país por parte dos agentes gestores, além do incentivo efetivo à conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos prestados por ela. Tal processo poderá ser motivado e conduzido por objetivos que priorizem os princípios das soluções

climáticas naturais pautados por Ellis et al. (2024). Ou seja, que viabilizem a conexão da paisagem, o envolvimento dos atores locais a partir de uma lógica econômica que permita a gestão responsável do território destinado ao corredor e que promovam soluções climática de alto valor agregado pelos seus co-benefícios.

Naturalmente, existem grandes desafios associados à implementação de corredores como o que está sendo discutido neste trabalho. O engajamento de atores é essencial para que toda a cadeia de restauração possa ser suprida em seus diferentes elos. Oldekop et al. (2019) verificaram os impactos do manejo florestal comunitário no Nepal e encontraram correlação positiva entre distritos que exerciam esta atividade e a redução da pobreza e do desmatamento. Para estes pesquisadores, a definição do tipo de regime da terra é fundamental para que seja possível operacionalizar as ações que gerem resultados positivos do ponto de vista social, ambiental e econômico

Do ponto de vista operacional, portanto, o conhecimento ascentral dos povos indígenas sobre a florestas e suas sementes e plantas, associado ao conhecimento tradicional das comunidades rurais no cultivo das espécies de interesse econômico poderão alavancar a produção de mudas. Esta produção atenderá a demanda local de recomposição da paisagem do corredor nas áreas apontadas, bem como a outros mercados que poderão se estabelecer no entorno do corredor (regularização ambiental, projetos de carbono, plantio de SAFs, entre outros). O modelo de governança para planejar, executar e monitorar as ações é um grande desafio, uma vez que o corredor conecta UCs e Tis e é composto por áreas públicas não destinadas, outras que foram ocupadas no passado e que, atualmente, estão em posse privada.

Para atingir este objetivo, o modelo deve implementar processos de consulta participativos e transparentes para evitar conflitos e salvaguardar os direitos à terra. Propõe-se a criação de colegiados (espaços que garantem a gestão participativa equitativa de um determinado território), a exemplo do que ocorre com as unidades de conservação em geral. Portanto, para assegurar os direitos e atribuir responsabilidade partilhadas, sugere-se que o Corredor Carajás-Bacajá tenha seu próprio órgão colegiado, como um Conselho, que assegure a participação de todos os atores, sejam eles assentados, indígenas e proprietários rurais e, bem como agentes públicos,

privados e pesquisadores. Neste espaço poderá ser discutida a paisagem desejada para o corredor no futuro, assim como os acordos necessários para alcançar o cenário pactuado. Uma vez que todos os atores estejam cientes do cenário a ser alcançado, todos terão maior clareza e estarão engajados em contribuir ativamente no processo.

Propõe-se ainda a criação de um fundo climático para onde os recursos oriundos dos mecanismos financeiros estabelecidos a partir do potencial de sequestro de carbono do corredor poderão ser destinados. A gestão do fundo se daria a nível do colegiado e seus representantes, podendo sua criação e modelo de gestão estar atrelada aos instrumentos de criação do Corredor Carajás-Bacajá e cuja a finalidade estaria previamente estabelecida entre os atores ao longo do processo de mobilização.

O Corredor Carajás-Bacajá poderá, desta forma, representar um modelo replicável para todo território da Amazônia que está sob risco de isolamento de suas Áreas Protegidas, uma vez que, ao estabelecer corredores entre estes espaços especialmente protegidos é possível estabelecer mecanismos financeiros a partir da economia do carbono que viabilizem a restauração da paisagem assegurados por uma governança sólida, inclusiva e transparente. Assim, a economia de carbono surge como um modelo de negócio bem estruturado que poderá multiplicar corredores consolidando a restauração e a reconexão funcional da paisagem como modelo de desenvolvimento sustentável para o território amazônico.

## **7. CONCLUSÕES**

A restauração das áreas florestais identificadas demonstra um potencial significativo para sequestro de carbono, com estimativas mostrando que os benefícios financeiros da comercialização de créditos de carbono podem superar largamente os custos de restauração. Isso reforça a viabilidade econômica da restauração como estratégia de conservação.

economia de carbono apresenta-se como um mecanismo eficiente para financiar a restauração da paisagem, com o potencial de sequestro estimado em 14.893.598,18 tCO<sub>2</sub> gerando recursos significativos. Este financiamento pode ser

canalizado para ações diretas de restauração e conservação, destacando o papel catalisador do mercado de carbono.

O estudo dos custos por hectare de restauração reforça a necessidade de abordagens diversificadas e eficientes em termos de custo. A implementação de um fundo climático pode proporcionar a gestão sustentável desses recursos, garantindo que os investimentos em restauração sejam maximizados em termos de retorno ecológico e econômico.

O Corredor Carajás/Bacajá tem o potencial de servir como um modelo replicável para outras regiões amazônicas, evidenciando como iniciativas baseadas na economia de carbono podem efetivamente conectar áreas protegidas e financiar estratégias de conservação. Este modelo pode fortalecer a bioeconomia local, alavancar serviços ecossistêmicos e promover a biodiversidade.

Como recomendação, esta pesquisa propõe a criação de um conselho colegiado para o Corredor Carajás-Bacajá para facilitar a sua governança participativa e inclusiva, crucial para o sucesso das iniciativas de restauração e conservação. Este órgão deve assegurar a colaboração entre todos os stakeholders, promovendo transparência e compromisso comum em prol da sustentabilidade ambiental e social. Além disso, propõe a implementação de um fundo climático, administrado através do órgão colegiado do Corredor Carajás-Bacajá. Este fundo poderá ser abastecido pelos recursos gerados através do sequestro de carbono, garantindo que os investimentos sejam direcionados de maneira eficaz para otimizar os resultados ambientais e sociais.

## 8. REFERÊNCIAS

- Austin, K. G., Baker, J. S., Sohngen, B. L., Wade, C. M., Daigneault, A., Ohrel, S. B., Ragnauth, S., & Bean, A. (2020). The economic costs of planting, preserving, and managing the world's forests to mitigate climate change. *Nature Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19578-z>
- Barretto Filho, H., Ramos, A., Barra, A., Barroso, M., Caron, P., Benzi Grupioni, L., von Hildebrand, M., Jarrett, C., Pereira Junior, D., Painter, L., Pereira, H., & Rodríguez Garavito, C. (2021). Strengthening land and natural resource governance and management: Protected areas, Indigenous lands, and local communities' territories. In *Science Panel for the Amazon Amazon*. <https://doi.org/10.55161/NQBA9165>
- Beier, P., & Noss, R. F. (1998). Do habitat corridors provide connectivity? In *Conservation Biology* (Vol. 12, Issue 6, pp. 1241–1252). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1998.98036.x>
- Brito, F. (2012). CORREDORES ECOLÓGICOS uma estratégia integradora na gestão de ecossistemas. *Editora UFSC*, 14–264. [www.editora.ufsc.br](http://www.editora.ufsc.br)
- Campos, J. C. F. (n.d.). *Carajás: aspectos naturais e socioeconômicos no entorno das áreas protegidas*.
- Conceição, M. C. G. da, S. Matos, E., Bidone, E. D., Rodrigues, R. de A. R., & Cordeiro, R. C. (2017). Changes in Soil Carbon Stocks under Integrated Crop-Livestock-Forest System in the Brazilian Amazon Region. *Agricultural Sciences*, 08(09), 904–913. <https://doi.org/10.4236/as.2017.89066>
- da Cruz, D. C., Benayas, J. M. R., Ferreira, G. C., Santos, S. R., & Schwartz, G. (2021). An overview of forest loss and restoration in the Brazilian Amazon. In *New Forests* (Vol. 52, Issue 1). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s11056-020-09777-3>
- da Silva, R. F. B., de Castro Victoria, D., Nossack, F. Á., Viña, A., Millington, J. D. A., Vieira, S. A., Batistella, M., Moran, E., & Liu, J. (2023a). Slow-down of deforestation following a Brazilian forest policy was less effective on private lands than in all conservation areas. *Communications Earth and Environment*, 4(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00783-9>
- da Silva, R. F. B., de Castro Victoria, D., Nossack, F. Á., Viña, A., Millington, J. D. A., Vieira, S. A., Batistella, M., Moran, E., & Liu, J. (2023b). Slow-down of deforestation following a Brazilian forest policy was less effective on private lands than in all conservation areas. *Communications Earth and Environment*, 4(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00783-9>
- da Silva, R. F. B., de Castro Victoria, D., Nossack, F. Á., Viña, A., Millington, J. D. A., Vieira, S. A., Batistella, M., Moran, E., & Liu, J. (2023c). Slow-down of deforestation following a Brazilian forest policy was less effective on private lands than in all

- conservation areas. *Communications Earth and Environment*, 4(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00783-9>
- Ellis, P. W., Page, A. M., Wood, S., Fargione, J., Masuda, Y. J., Carrasco Denney, V., Moore, C., Kroeger, T., Griscom, B., Sanderman, J., Atleo, T., Cortez, R., Leavitt, S., & Cook-Patton, S. C. (2024). The principles of natural climate solutions. *Nature Communications*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44425-2>
- Forest Trends' Ecosystem Marketplace. (2023). *State of the Voluntary Carbon Markets 2023*. [www.forest-trends.org](http://www.forest-trends.org)
- Freitas, L. E. de, & Garay, I. E. G. (2021). Corredores Ecológicos como Ferramentas de Gestão. *Brazilian Journal of Development*, 7(5), 47042–47063. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n5-217>
- Gilbert-Norton, L., Wilson, R., Stevens, J. R., & Beard, K. H. (2010). Una revisión meta-analítica de la efectividad de los corredores. In *Conservation Biology* (Vol. 24, Issue 3, pp. 660–668). <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01450.x>
- Gregory, A. J., & Beier, P. (2014). Response variables for evaluation of the effectiveness of conservation corridors. *Conservation Biology*, 28(3), 689–695. <https://doi.org/10.1111/cobi.12252>
- Heilmayr, R., Rausch, L. L., Munger, J., & Gibbs, H. K. (2020). Brazil's Amazon Soy Moratorium reduced deforestation. *Nature Food*, 1(12), 801–810. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-00194-5>
- Heinrich, V. H. A., Dalagnol, R., Cassol, H. L. G., Rosan, T. M., de Almeida, C. T., Silva Junior, C. H. L., Campanharo, W. A., House, J. I., Sitch, S., Hales, T. C., Adami, M., Anderson, L. O., & Aragão, L. E. O. C. (2021). Large carbon sink potential of secondary forests in the Brazilian Amazon to mitigate climate change. *Nature Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22050-1>
- Kleinschmit, D., Ferraz Ziegert, R., & Walther, L. (2021). Framing Illegal Logging and Its Governance Responses in Brazil – A Structured Review of Diagnosis and Prognosis. In *Frontiers in Forests and Global Change* (Vol. 4). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.624072>
- Knoke, T., Hanley, N., Roman-Cuesta, R. M., Groom, B., Venmans, F., & Paul, C. (2023). Trends in tropical forest loss and the social value of emission reductions. *Nature Sustainability*. <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01175-9>
- Leite-Filho, A. T., Soares-Filho, B. S., Davis, J. L., Abrahão, G. M., & Börner, J. (2021). Deforestation reduces rainfall and agricultural revenues in the Brazilian Amazon. *Nature Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22840-7>
- Liang, J., Crowther, T. W., Picard, N., Wiser, S., Zhou, M., Alberti, G., Schulze, E. D., McGuire, A. D., Bozzato, F., Pretzsch, H., De-Miguel, S., Paquette, A., Hérault, B., Scherer-Lorenzen, M., Barrett, C. B., Glick, H. B., Hengeveld, G. M., Nabuurs, G. J., Pfautsch, S., ... Reich, P. B. (2016). Positive biodiversity-productivity

relationship predominant in global forests. *Science*, 354(6309).  
<https://doi.org/10.1126/science.aaf8957>

Merenlender, A. M., Keeley, A. T. H., & Hilty, J. A. (2022). Ecological corridors for which species? *Therya*, 13(1), 45–55. <https://doi.org/10.12933/therya-22-1162>

Mo, L., Zohner, C. M., Reich, P. B., Liang, J., de Miguel, S., Nabuurs, G.-J., Renner, S. S., van den Hoogen, J., Araza, A., Herold, M., Mirzaghali, L., Ma, H., Averill, C., Phillips, O. L., Gamarra, J. G. P., Hordijk, I., Routh, D., Abegg, M., Adou Yao, Y. C., ... Crowther, T. W. (2023). Integrated global assessment of the natural forest carbon potential. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06723-z>

Montibeller, B., Kmoch, A., Virro, H., Mander, Ü., & Uuemaa, E. (2020). Increasing fragmentation of forest cover in Brazil's Legal Amazon from 2001 to 2017. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62591-x>

Moutinho, P., & Azevedo-Ramos, C. (2023a). Untitled public forestlands threat Amazon conservation. In *Nature Communications* (Vol. 14, Issue 1). Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36427-x>

Moutinho, P., & Azevedo-Ramos, C. (2023b). Untitled public forestlands threat Amazon conservation. In *Nature Communications* (Vol. 14, Issue 1). Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36427-x>

Oldekop, J. A., Sims, K. R. E., Karna, B. K., Whittingham, M. J., & Agrawal, A. (2019). Reductions in deforestation and poverty from decentralized forest management in Nepal. *Nature Sustainability*, 2(5), 421–428. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0277-3>

Pacheco, A., & Meyer, C. (2022a). Land tenure drives Brazil's deforestation rates across socio-environmental contexts. *Nature Communications*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33398-3>

Pacheco, A., & Meyer, C. (2022b). Land tenure drives Brazil's deforestation rates across socio-environmental contexts. *Nature Communications*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33398-3>

Qin, Y., Xiao, X., Liu, F., de Sa e Silva, F., Shimabukuro, Y., Arai, E., & Fearnside, P. M. (2023a). Forest conservation in Indigenous territories and protected areas in the Brazilian Amazon. *Nature Sustainability*. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-01018-z>

Qin, Y., Xiao, X., Liu, F., de Sa e Silva, F., Shimabukuro, Y., Arai, E., & Fearnside, P. M. (2023b). Forest conservation in Indigenous territories and protected areas in the Brazilian Amazon. *Nature Sustainability*, 6(3), 295–305. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-01018-z>

Rodrigues, A. do R., & Matavelli, C. J. (2020). As principais alterações do Código Florestal Brasileiro. *Revista Brasileira de Criminalística*, 9(1), 28–35. <https://doi.org/10.15260/rbc.v9i1.300>

- Sanquetta, C. R., Neto, E. M. da C., Araujo, E. C. G., Santana, G. M., Bastos, A. de S., Ferronato, M. L., Sanquetta, M. N. I., & Corte, A. P. D. (2020). ESTOQUE DE CARBONO EM PLANTIOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL, FLORESTAS SECUNDÁRIAS E MADURAS NA AMAZÔNIA. In *A Produção do Conhecimento na Engenharia Florestal* (pp. 132–144). Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.00620261013>
- Sinacore, K., García, E. H., Finkral, A., van Breugel, M., Lopez, O. R., Espinosa, C., Miller, A., Howard, T., & Hall, J. S. (2023). Mixed success for carbon payments and subsidies in support of forest restoration in the neotropics. *Nature Communications*, *14*(1), 8359. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-43861-4>
- Souza, C. M., Shimbo, J. Z., Rosa, M. R., Parente, L. L., Alencar, A. A., Rudorff, B. F. T., Hasenack, H., Matsumoto, M., Ferreira, L. G., Souza-Filho, P. W. M., de Oliveira, S. W., Rocha, W. F., Fonseca, A. V., Marques, C. B., Diniz, C. G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E. R., Vélez-Martin, E., ... Azevedo, T. (2020). Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. *Remote Sensing*, *12*(17). <https://doi.org/10.3390/RS12172735>
- Taubert, F., Fischer, R., Groeneveld, J., Lehmann, S., Müller, M. S., Rödig, E., Wiegand, T., & Huth, A. (2018). Global patterns of tropical forest fragmentation. *Nature*, *554*(7693), 519–522. <https://doi.org/10.1038/nature25508>
- Turner, I. M. (1996). Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Source: Journal of Applied Ecology*, *33*(2), 200–209. <https://doi.org/10.2307/2404743>
- Vieira, A. L. M., Bottecchia, C. P. F., Ribeiro, K. T., Barros, L. L., & Mariz, R. G. (2020). *PLANO DE CONSERVAÇÃO ESTRATÉGICO PARA O TERRITÓRIO DE CARAJÁS*.

## BIOGRAFIA

Durante a graduação teve experiências em diversos laboratórios e participou da Empresa Júnior do curso de Ciências Biológicas, tendo sido uma experiência que permitiu desenvolver habilidades para comunicação e gestão de equipe. Após a graduação trabalhou durante três anos na Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais nos setores de gestão de Áreas Protegidas e Fiscalização Ambiental, esta última na função de Superintendente do órgão. Fundou o Instituto Ecos de Gaia em 2015, com sede no Maranhão, que preside e onde desempenha suas atividades profissionais. Possui MBA em Gestão de Negócios Socioambientais pelo Instituto de Pesquisas Ecológicas - Ipê. Mestre em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável pela mesma instituição onde se pós graduou. É bolsista de mestrado do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, através do Núcleo de Gestão Integrada de Carajás, onde desenvolveu sua pesquisa com Corredor Ecológico Carajás-Bacajá.

Em seu local de atuação, no estado do Maranhão, tem se dedicado à estruturação da cadeia de restauração por meio da implantação de diversos viveiros, fomento às redes de coletores de sementes para conectar atores para promover impactos socioambientais. Monitorar os indicadores de biodiversidade, clima e comunidades tem sido a estratégia adotada para agregar valor às iniciativas que visam investimentos em soluções baseadas na natureza. Paralelo a isto, é sócia fundadora da startup ZCarbon®, que pretende atuar com a agenda de descarbonização em diversos segmentos, como Portuário/Aeroportuário, Logística, Energia e Agrícola, a fim de disseminar o *mindset* climático tão necessário ao desenvolvimento seguro, responsável e inclusivo da sociedade. Atua ativamente nos espaços de gestão participativa, sendo conselheira de recursos hídricos e membro do Fórum Estadual de Mudanças Climáticas no Maranhão onde contribui na defesa dos direitos de uso sustentável dos recursos naturais.