

Relação entre Uso Tradicional e a Dinâmica do Carbono Florestal em Territórios Quilombolas no Pará¹

Antonio Oviedo², Barbara Costa³

1. Introdução

A importância e o valor das florestas para as populações e comunidades tradicionais são frequentemente subestimados (Cunha et al., 2021). A gama de concepções sobre como manejar o meio ambiente e compreender as relações estabelecidas com ele representa uma ampla rede de inter-relações entre agentes, sejam eles humanos ou não-humanos (Ingold, 2011). As áreas de floresta manejadas por comunidades tradicionais não separam a obtenção dos alimentos e a proteção ambiental. Nesse contexto de inter-relação o manejo de florestas secundárias ao longo do tempo é um elemento importante como forma de garantir a manutenção de suas tradições e modos de vida.

As florestas desempenham um papel crucial na regulação do clima global por meio da absorção e armazenamento de dióxido de carbono (CO₂), um dos principais gases de efeito estufa. Comunidades tradicionais, como os quilombolas, desenvolveram ao longo de gerações sistemas complexos de manejo de seus territórios, que conciliam o uso dos recursos naturais com a conservação dos ecossistemas. Compreender a dinâmica do carbono nessas áreas é fundamental, não apenas para a valorização dos conhecimentos tradicionais, mas também para a formulação de políticas de mitigação das mudanças climáticas que sejam justas e eficazes.

Este estudo busca gerar informações qualificadas sobre a interação entre indicadores de uso tradicional e a dinâmica do carbono florestal (ganhos, perdas e estoque final) em territórios quilombolas, fornecendo subsídios para a gestão territorial e para o reconhecimento do papel dessas comunidades na conservação ambiental.

2. Metodologia

Para determinar os ciclos de manejo e crescimento da vegetação secundária nos territórios quilombolas, foram coletados dados georeferenciados e de cobertura da terra do projeto MapBiomias⁴. As relações espaço-temporais foram determinadas mediante o uso da plataforma Google Earth Engine (Gorelick et al., 2017) e tratadas estatisticamente utilizando a linguagem de *scripting* R (R Core Team, 2019). Foi adotado um conjunto de 48

¹ Nota Técnica elaborada em 09.06.2025

² Analista de políticas públicas no Instituto Socioambiental.

³ Geógrafa, consultora em meio ambiente, geotecnologias e gestão de dados.

⁴ O projeto MapBiomias é uma iniciativa multi-institucional para gerar mapas anuais de cobertura e uso do solo a partir de processos de classificação automática aplicada a imagens de satélite. <http://mapbiomas.org>.

Territórios Quilombolas no estado do Pará (43 Titulados, 2 com RTID e 3 com Portaria), obtidos da base espacial do INCRA (2025).

Os dados de cobertura e uso da terra do MapBiomias, coleção 9, cobrem o período 1985-2023 com uma resolução espacial de 30 metros. Os mapas de cobertura e uso da terra foram reclassificados em cinco classes: (1) Floresta; (2) Vegetação herbácea e arbustiva, (3) Agropecuária, (4) Outras áreas não vegetadas e (5) Corpos d'água, conforme nível 1 da legenda do MapBiomias. Para cada território, definido por um polígono, e para cada ano da série MapBiomias foi realizado o cálculo da proporção de cobertura das cinco classes.

Com base nos dados anuais de cobertura das cinco classes, foram calculados os seguintes índices de uso tradicional:

(i) Área em Preservação: área (ha) que não sofreu alteração, ou seja, áreas que permaneceram como vegetação nativa (classes 1 - Floresta e 2 - Vegetação herbácea e arbustiva) em toda a série histórica (Figura 1a).

(ii) Área em Regeneração: área (ha) que em 2023 registra a classe de vegetação nativa (Classes 1 e 2) após ter sido, em algum momento da série temporal, classe antrópica (Classes 3 e 4) (Figura 1b).

(iii) Área em Roça Tradicional: área (ha) que sofreu duas ou mais transições entre as classes de vegetação nativa (Classes 1 e 2) e antrópica (Classes 3 e 4) (Figura 1c).

(iv) Ciclos de Rotação: média de ciclos de rotação (anos) em área manejada. O ciclo de rotação é determinado a partir de uma alternância entre vegetação natural e área manejada. O cálculo é feito pela média do número de anos em que a área se apresenta como antrópica (classes 3 e 4) ao longo da série histórica. Por exemplo, um pixel que permaneceu antrópico por 17 anos, regenerou-se (classe 1) e retornou à condição antrópica por 7 anos, apresenta um valor para o ciclo de rotação de 12, onde $([17 + 7] / 2)$.

(v) Intensidade de manejo: razão entre a área em rotação e o número de anos desde primeira antropização.

Estimamos a dinâmica do carbono florestal a partir de estimativas espacialmente explícitas baseadas em satélite, com resolução de aproximadamente 30 m, geradas pela empresa Chloris Geospatial, incluindo as variáveis: ganhos e perdas de carbono no período de 2000 a 2023 e estoque final em 2023 (em tC) e densidade de estoque de carbono florestal em 2023 (em tC ha⁻¹). Os ganhos de carbono são resultado do acúmulo de biomassa florestal (ou seja, crescimento), enquanto as perdas são o resultado da remoção de biomassa associada à conversão florestal (i.e. desmatamento) para outro uso da terra ou reduções na densidade de biomassa da floresta (i.e. degradação antropogênica ou perturbação natural). Os métodos foram baseados na pesquisa de Baccini et al. (2017).

Os valores de ganhos, perdas, estoque final em 2023 (Figura 2) e densidade de estoque de carbono florestal em 2023 (em tC ha⁻¹), obtidos ao nível do território, foram correlacionados com os índices de uso tradicional.

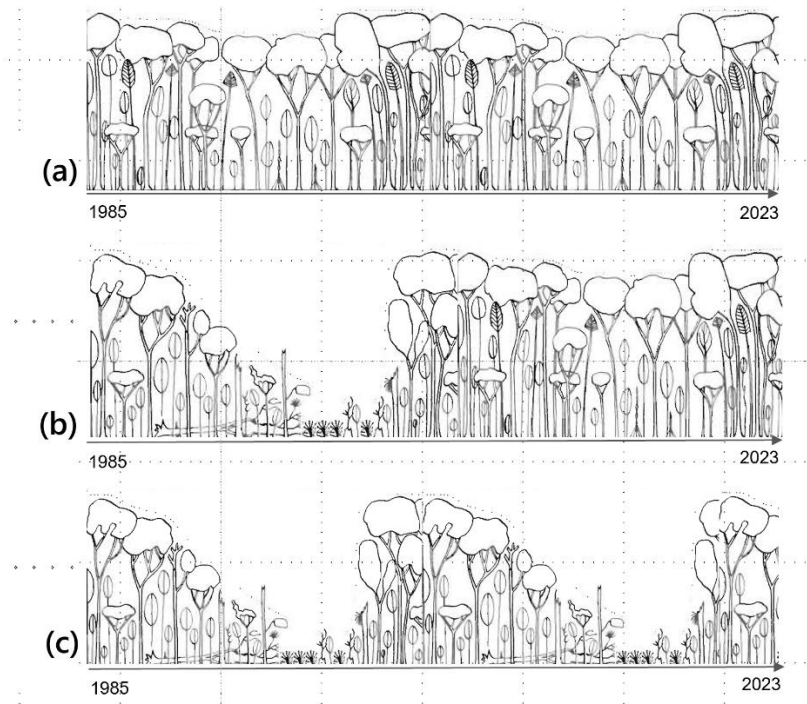


Figura 1. Representação dos índices de área em preservação (a), área em regeneração (b) e área em roça tradicional (c) ao longo da série histórica 1985 – 2023.

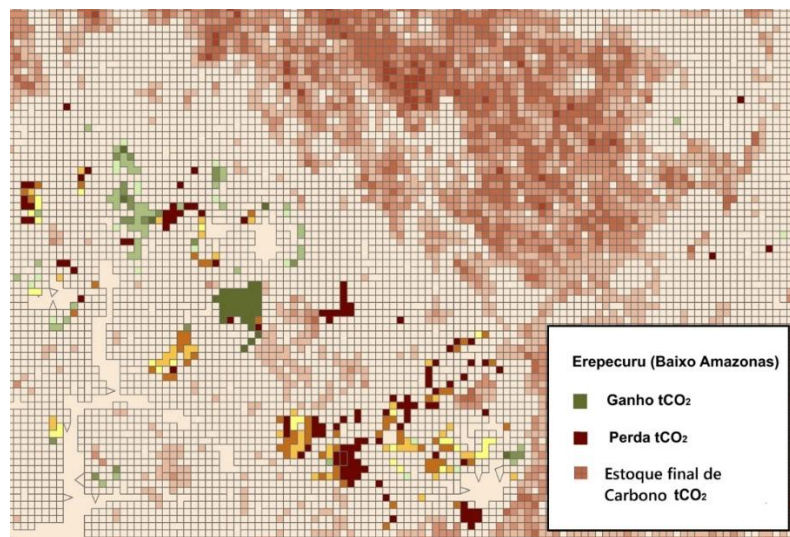


Figura 1. Áreas (pixels de 30m) com valores para as variáveis ganho (verde), perda (marrom escuro) e estoque final de carbono (tonalidades de vermelho) para uma região do território quilombola Erepecuru.

Para avaliar o impacto das práticas de manejo tradicional na dinâmica do carbono, foi empregada uma abordagem quantitativa baseada em análise estatística descritiva e de correlação. A principal ferramenta desta análise é o Coeficiente de Correlação de Pearson, representado pela letra r . Ele é uma medida estatística que nos ajuda a entender se duas variáveis se movem juntas e em que direção. Em termos simples, ele responde à pergunta: Quando a variável A aumenta, o que tende a acontecer com a variável B?. A interpretação

do coeficiente r baseia-se em duas características: o sinal (positivo ou negativo) e a força (o valor numérico).

(i) *A Direção (o sinal do coeficiente):*

Correlação Positiva (+): Indica que as duas variáveis se movem na mesma direção. Quando uma aumenta, a outra também tende a aumentar. Exemplo prático: Uma correlação positiva entre Proteção (ha) e Estoque de Carbono significa que territórios com maiores áreas protegidas tendem a ter maiores estoques de carbono.

Correlação Negativa (-): Indica que as variáveis se movem em direções opostas. Quando uma aumenta, a outra tende a diminuir. Exemplo prático: Uma correlação negativa entre Proteção (ha) e Perda de Carbono significa que quanto maior a área protegida, menor tende a ser a perda de carbono.

(ii) *A Força (o valor do coeficiente)*: O valor de r varia de -1 a +1. A força da relação é determinada pela proximidade do valor a esses extremos.

Correlação Forte (próximo de +1 ou -1): Valores como 0.8, -0.9 ou 0.95 indicam uma relação muito forte e previsível.

Correlação Moderada (valores intermediários): Valores como 0.5, -0.6 ou 0.4 indicam uma relação perceptível, mas com mais variações.

Correlação Fraca (próximo de 0): Valores como 0.1, -0.2 ou 0.05 indicam que há pouca ou nenhuma relação linear entre as variáveis.

É fundamental lembrar que correlação não implica causalidade. Mesmo que duas variáveis estejam fortemente correlacionadas, isso não prova que uma causa a outra. A correlação aponta uma associação que, neste estudo, é interpretada à luz do conhecimento ecológico e das práticas de manejo.

3. Resultados

A análise estatística dos dados revelou padrões claros e fortes entre as práticas de uso tradicional e a dinâmica do carbono nos territórios estudados (Tabela 1). As figuras abaixo ajudam a visualizar a relação que os coeficientes de correlação nos mostraram numericamente.

Tabela 1. Coeficientes de correlação entre variáveis de carbono e índices de uso tradicional. Os valores em negrito representam forte correlação entre as variáveis.

Variáveis de Carbono	Preservação	Regeneração	Roça Tradicional	Ciclos de rotação	Intensidade de manejo
Estoque final (tC)	0.865	0.592	0.494	-0.081	-0.116
Ganho	0.889	0.688	0.610	-0.109	-0.137
Perda	-0.909	-0.626	-0.515	0.025	0.076
Densidade de estoque (tC ha-1)	-0.114	-0.331	-0.404	-0.010	-0.044

A Figura 2a mostra a relação entre área em preservação e estoque final de carbono (correlação $r = 0.889$, forte e positiva), onde territórios com maiores áreas em preservação (eixo x) tendem a apresentar estoque final de carbono (eixo y) significativamente maior. A linha de tendência ascendente confirma visualmente a forte correlação positiva. Cada ponto representa um território quilombola.

A Figura 2b mostra a relação entre perda de carbono e área em preservação, onde a relação é a mais forte de toda a análise, porém negativa (correlação $r = 0.909$, forte negativa). O gráfico demonstra claramente que à medida que a área em preservação (eixo x) aumenta, a perda de carbono (eixo y) diminui drasticamente. A linha de tendência descendente ilustra essa forte relação inversa, validando o papel crucial das áreas preservadas na redução das emissões.

A Figura 2c mostra a relação entre área em preservação e estoque final de carbono (correlação $r = 0.865$, forte positiva), onde o estoque final de carbono (eixo y) também mostra uma forte correlação positiva com a área preservada (eixo x). Isso indica que os territórios que dedicam mais área à preservação conseguem manter estoques totais de carbono maiores. A tendência ascendente dos pontos é clara e confirma a importância dessa prática de uso para a manutenção do estoque de carbono florestal.

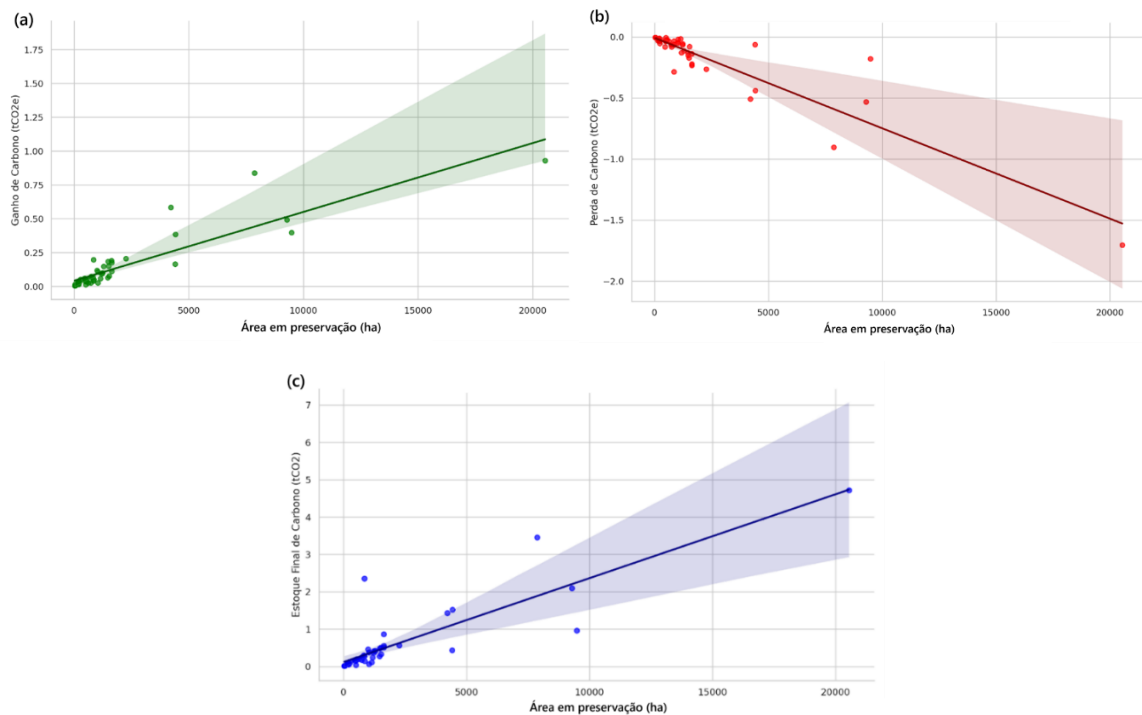


Figura 2. Relação entre área em preservação (eixo x) e a dinâmica do carbono (eixo y): ganhos (a), perdas (b) e estoque final (c).

Para as áreas em regeneração, a Figura 3a mostra a relação entre as áreas em regeneração e os ganhos de carbono (correlação $r = 0.688$, forte positiva), onde os territórios com maiores áreas em regeneração (eixo x) tendem a apresentar um maior ganho de carbono (eixo y). A tendência ascendente confirma essa forte relação positiva, mostrando o papel importante das áreas em regeneração para o sequestro de carbono.

A Figura 3b mostra a relação entre áreas em regeneração e perdas de carbono (correlação $r = 0.626$, moderada a forte negativa). Aqui, vemos uma relação negativa significativa. À medida que a área em regeneração (eixo x) aumenta, a perda de carbono (eixo y) tende a diminuir. Isso sugere que as atividades de restauração da cobertura florestal também contribuem para a estabilidade geral do território, ajudando a evitar novas perdas de carbono.

A Figura 3c ilustra que o estoque final de carbono (eixo y) também se beneficia de maiores áreas em regeneração (eixo x). A correlação é moderada (correlação $r = 0.592$, moderada positiva), mas a tendência positiva é clara, indicando que as práticas de restauração florestal contribuem para o acúmulo e a manutenção do carbono estocado no território a longo prazo.

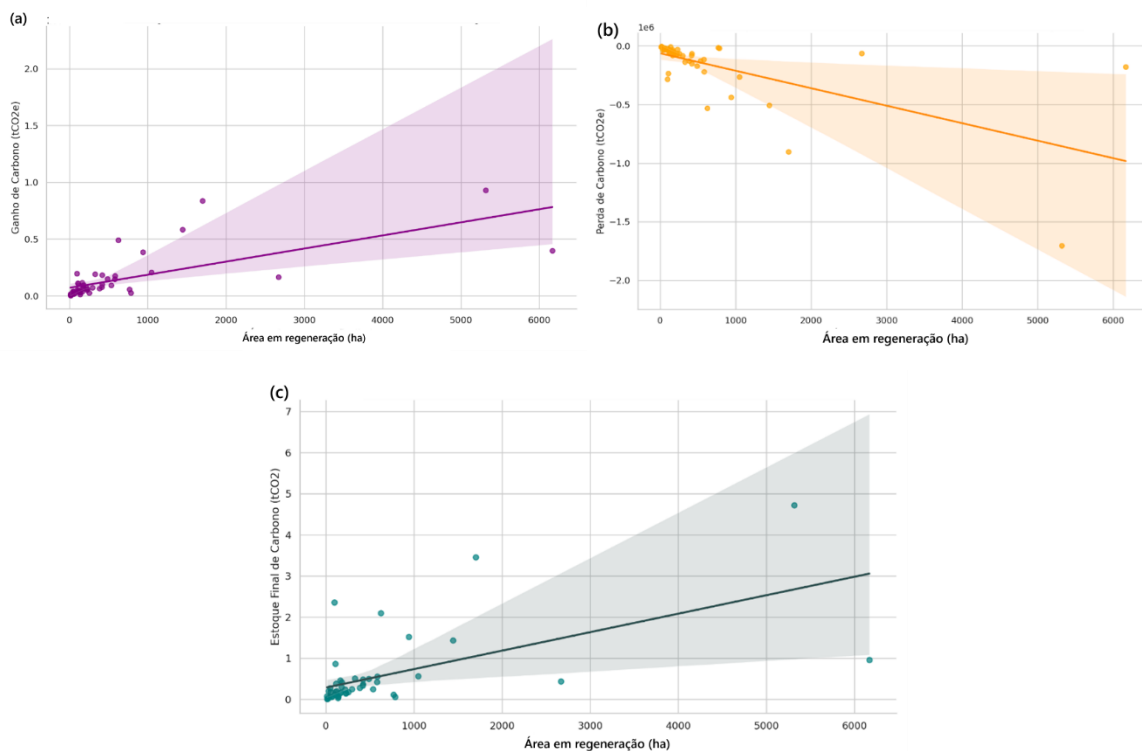


Figura 3. Relação entre área em regeneração (eixo x) e a dinâmica do carbono (eixo y): ganhos (a), perdas (b) e estoque final (c).

O sistema de roça tradicional é, por natureza, um ciclo dinâmico de emissão e sequestro de carbono. Ele pode ser simplificado nas seguintes etapas:

- (i) Corte e Queima (fase de emissão): A vegetação de uma pequena área é cortada e queimada. Nesta fase, o carbono estocado na biomassa é emitido para a atmosfera. Se olhássemos apenas para este momento, a prática teria um impacto negativo no balanço de carbono.
- (ii) Cultivo (fase de baixa acumulação): A área é cultivada por um a dois anos com culturas de ciclo curto. A acumulação de carbono é baixa.
- (iii) Pousio (fase de sequestro): A área é deixada em descanso. A floresta secundária (conhecida como "capoeira") começa a crescer. Esta é uma fase crucial de sequestro de

carbono, onde a vegetação em rápido crescimento absorve CO₂ da atmosfera a taxas elevadas. A duração do pousio é determinante para a recuperação do estoque de carbono daquela parcela.

O índice área em roça tradicional é um "retrato" do território em um momento específico. Ele agrega áreas que podem estar em qualquer uma das três fases descritas acima. Essa mistura de processos de emissão e sequestro em um único índice explica por que a correlação linear com o estoque final de carbono total do território é fraca. O efeito não é linear, mas sim um balanço complexo ao longo do tempo.

A relação das áreas em roça tradicional com a dinâmica do carbono é complexa devido à sua natureza cíclica (corte-queima-cultivo-pousio). Os coeficientes de correlação linear são moderados, e os gráficos de dispersão abaixo refletem essa tendência, que é menos acentuada do que para as áreas em preservação, mas ainda indicativa de certas associações. A Figura 4a mostra que territórios com maiores áreas em roça tradicional tendem a apresentar um ganho de carbono um pouco maior (correlação $r = 0.610$, moderada positiva). Isso pode estar relacionado à fase de regeneração (pousio/capoeira) dentro do sistema de roça tradicional, onde a vegetação secundária cresce rapidamente e sequestra carbono. A dispersão dos pontos é maior do que nos gráficos para áreas em preservação, refletindo a complexidade da variável.

A Figura 4b mostra uma tendência moderada de que territórios com mais área em roça tradicional apresentem um pouco menos perda de carbono (correlação $r = 0.515$, moderada negativa). Isso pode parecer contraintuitivo se pensarmos apenas na fase de queima, mas, no contexto da paisagem em mosaico, pode indicar que a presença de um sistema de roça tradicional integrado com áreas de floresta (áreas em preservação) e capoeiras mais velhas (áreas em regeneração) ajuda a evitar formas de degradação mais extensivas ou desmatamento.

A Figura 4c mostra uma leve tendência positiva: territórios com mais área em roça tradicional tendem a ter um estoque final de carbono ligeiramente maior (correlação $r = 0.494$, moderada positiva). Novamente, isso deve ser interpretado com cautela, pois não significa que a roça tradicional em si armazene muito carbono, mas que, no contexto dos territórios analisados, a presença desse sistema de manejo está associada a um panorama geral que favorece um estoque de carbono um pouco maior, possivelmente devido à regeneração em áreas de pousio e à manutenção de outras áreas florestais no entorno.

É importante reiterar que, para a variável área em coivara, a análise de correlação linear e os gráficos de dispersão com linha de tendência linear oferecem uma visão simplificada. A dinâmica real do carbono associada a essa prática é influenciada pelo tempo de pousio, pelo tamanho das roças, pela sua distribuição na paisagem e pela composição da floresta secundária que se regenera.

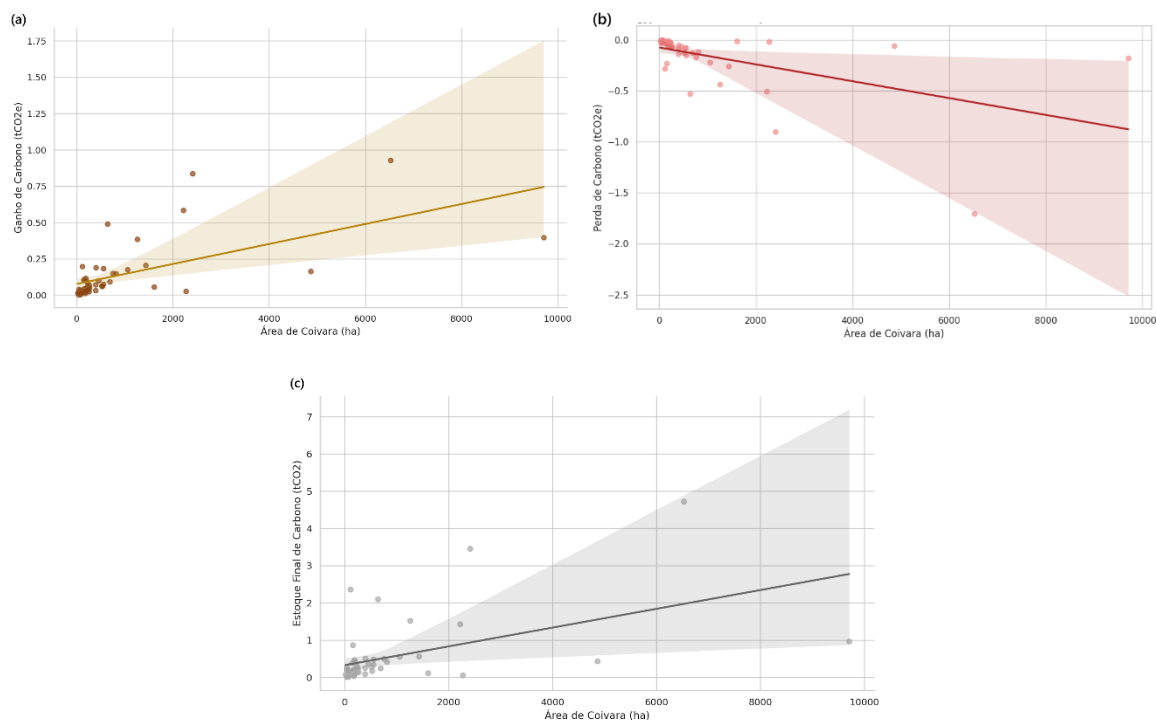


Figura 4. Relação entre área em roça tradicional (eixo x) e a dinâmica do carbono (eixo y): ganhos (a), perdas (b) e estoque final (c).

O fato de variáveis como área em roça tradicional, ciclos de rotação e intensidade de manejo não apresentarem uma correlação linear forte (Tabela 1) não significa que elas não sejam importantes. Na verdade, isso nos indica que a relação delas com o carbono é mais complexa e não pode ser capturada por uma simples linha de tendência. A análise dessas variáveis exige uma interpretação mais qualitativa e ecológica. As práticas de manejo que envolvem a agricultura tradicional, os ciclos de pousio (áreas em rotação) e a intensidade de manejo, operam em uma lógica diferente, que é cíclica e multifacetada.

O manejo tradicional quilombola não cria uma paisagem homogênea, mas sim um mosaico composto por: florestas primárias ou maduras (áreas em preservação), áreas em regeneração (em diferentes estágios de pousio), roças tradicionais (em diferentes estágios), rios e outras fitofisionomias. Nesse mosaico, as áreas de floresta madura funcionam como grandes e estáveis reservatórios de carbono, o que explica sua forte correlação positiva com o estoque final de carbono. As áreas de manejo tradicional, por sua vez, representam a parte mais dinâmica do sistema. A sustentabilidade e a resiliência do sistema vêm justamente da combinação dessas diferentes partes. A roça tradicional garante a segurança alimentar da comunidade, enquanto os longos períodos de pousio e a manutenção de florestas em pé garantem a recuperação do carbono e a provisão de outros serviços ecossistêmicos.

Os índices ciclos rotação e intensidade de manejo apresentaram baixos coeficientes de correlação com a dinâmica de carbono. Ambos os índices podem representar diferentes ciclos de pousio, roçados distribuídos ao longo da série histórica ou concentrados num período mais recente da série histórica. Futuros estudos poderiam se beneficiar da integração de dados de campo e etnográficos para modelar a dinâmica cíclica do carbono nessas áreas de uso tradicional, em vez de depender apenas de correlações lineares.

A densidade de carbono florestal (tC ha⁻¹) apresentou correlações fracas ou negativas com todos os índices. Isso pode indicar que, embora as práticas de manejo aumentem o estoque final de carbono, a densidade média pode ser influenciada por outros fatores não mensurados, como o tipo de fisionomia florestal predominante ou a idade das florestas. As variáveis ciclos de rotação (anos) e intensidade de manejo mostraram correlações muito fracas com a dinâmica de carbono, sugerindo que seu impacto, isoladamente, é menos direto do que a dimensão espacial das áreas sob manejo florestal (preservação e regeneração).

4. Conclusões

Os resultados da análise de correlação demonstram um impacto significativo e positivo das práticas de manejo e uso tradicional na manutenção e no acúmulo de carbono florestal. As variáveis estoque final e ganho de carbono (tC) apresentaram correlações fortes e positivas com os índices áreas em preservação ($r=0.865$ e $r=0.889$, respectivamente), restauração e coivara. Isso indica que territórios com maiores áreas dedicadas a práticas de preservação e regeneração tendem a apresentar estoques de carbono significativamente maiores e um balanço de carbono mais positivo (maiores ganhos).

A correlação mais forte encontrada em toda a análise foi entre a perda de carbono (tC) e as áreas em preservação ($r=-0.909$). Esta correlação negativa e muito forte é uma evidência robusta de que as áreas sob preservação são extremamente eficazes na prevenção da perda de carbono, ou seja, na redução do desmatamento e da degradação florestal. As práticas de restauração e roça tradicional também se mostraram negativamente correlacionadas com as perdas, reforçando o papel do manejo tradicional na estabilidade dos estoques.

A análise estatística dos dados de territórios quilombolas no Pará fornece evidências quantitativas claras de que os sistemas de uso tradicional, especialmente as práticas voltadas para a preservação e regeneração de áreas, estão diretamente associados a maiores estoques de carbono, maiores ganhos anuais e, crucialmente, menores perdas de carbono.

Esses resultados reforçam a importância de reconhecer e apoiar os modos de vida e os sistemas de conhecimento das comunidades quilombolas. Suas práticas de manejo territorial não apenas garantem sua subsistência e reprodução cultural, mas também prestam um serviço ambiental vital para a mitigação das mudanças climáticas. Portanto, políticas de clima e conservação devem integrar e fortalecer a gestão territorial autônoma realizada por essas comunidades, assegurando que elas sejam protagonistas nas estratégias de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+) e em outras iniciativas de economia de baixo carbono.

5. Referências

Baccini, A., et al. 2017. Tropical forests are a net carbon source based on aboveground measurements of gain and loss. *Science*, 358(6360), 230–234. <https://doi.org/10.1126/science.aam5962>

Da Cunha, M. C., S. B. Magalhães, C. Adams, L. Emperaire (Orgs.). 2021. Povos tradicionais e biodiversidade no Brasil: contribuições dos povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais para a biodiversidade, políticas e ameaças. Seção 7, São Paulo: SBPC, 351 p.

Gorelick, N. et al. 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment* 202: 18–27.

Ingold, T. 2011. *Being alive: Essays on movement, knowledge and description*. London: Routledge. 288p.

R Core Team. 2019. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Acesso em: <https://www.R-project.org/>.