

## AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CARBONO EM ESPÉCIES ARBÓREAS DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM REABILITAÇÃO

JOSÉ AURELIO VAZQUEZ RUBIO<sup>1</sup>, DENILSON DE OLIVEIRA GUILHERME<sup>2</sup>, CHARLYS ROWEDER<sup>3</sup>,  
GISELE CRISTINA DE OLIVEIRA MENINO<sup>4</sup>, AURELIO RUBIO NETO<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Doutorando em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária, Professor EBTT, IFGoiano – C. Rio Verde – GO, jose.aurelio@ifgoiano.edu.br

<sup>2</sup>Dr. em Produção Vegetal, Professor/Coordenador UCDB, Campo Grande-MS, denilson@ucdb.br

<sup>3</sup>Dr. em Engenharia Florestal, Professor EBTT, IFGoiano – C. Rio Verde-GO, charlys.roweder@ifgoiano.edu.br

<sup>4</sup>Dra. em Engenharia Florestal, Professora EBTT, IFGoiano – C. Rio Verde-GO, gisele.menino@ifgoiano.edu.br

<sup>5</sup>Dr. em Agronomia, Professor EBTT, IFGoiano – C. Rio Verde-GO, aurelio.rubio@ifgoiano.edu.br

Apresentado no Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
06 a 09 de outubro de 2025

**RESUMO:** As Áreas de Preservação Permanente (APP) são fundamentais para a proteção hídrica e o sequestro de carbono. Este estudo avaliou uma APP com nascente em reabilitação em Rio Verde – GO, caracterizando o estrato arbóreo e estimando o estoque de carbono por meio de equações alométricas. Foram registrados 230 indivíduos, de 20 espécies e 12 famílias, com 18,36 t de carbono armazenado. Três espécies de grande porte – *A. colubrina*, *I. vera* e *H. courbaril* – concentraram 74,9% do total. A área apresentou 45,36 t de CO<sub>2</sub> sequestrado, com incremento de 14,80 t após dois anos. Conclui-se que espécies de maior porte e densidade potencializam o sequestro de carbono e favorecem a restauração ecológica e a sustentabilidade hídrica, destacando o papel estratégico das APPs em compensações ambientais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Armazenamento de Carbono; Sequestro de CO<sub>2</sub>; Biomassa Arbórea Viva.

### ASSESSMENT OF CARBON POTENTIAL IN TREE SPECIES FROM A REHABILITATING PERMANENT PRESERVATION AREA

**ABSTRACT:** Permanent Preservation Areas (APPs) are essential for water protection and carbon sequestration. This study assessed an APP with a spring under rehabilitation in Rio Verde – GO, by characterizing the tree layer and estimating carbon stock using allometric equations. A total of 230 individuals from 20 species and 12 families were recorded, storing 18.36 tons of carbon. Three large-sized species – *A. colubrina*, *I. vera*, and *H. courbaril* – accounted for 74.9% of this total. The area sequestered 45.36 tons of CO<sub>2</sub>, with an increase of 14.80 tons over two years. It is concluded that including large, dense-wood species enhances carbon sequestration and supports ecological restoration and water sustainability, highlighting the strategic role of APPs in environmental compensation.

**KEYWORDS:** Carbon Storage; CO<sub>2</sub> Sequestration; Live Tree Biomass.

### INTRODUÇÃO

O sequestro de carbono consiste no processo pelo qual o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é capturado da atmosfera e convertido em biomassa através da fotossíntese da vegetação (Lal, R., 2004; Feng, H., 2005), ficando armazenado na biomassa existente acima e abaixo do solo, bem como na matéria orgânica morta dos ecossistemas, impedindo que seja libertado imediatamente para a atmosfera (Pereira et al., 2019). O Código Florestal Brasileiro (CFB), composto pelas Leis 12.651/2012 e 12.727/2012 considera Área de Preservação Permanente (APP), uma 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 (BRASIL, 2012).

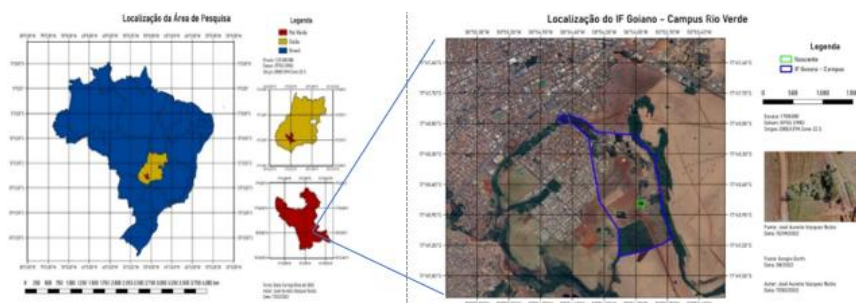
A recuperação de APPs degradadas, sejam urbanas ou rurais, é essencial para restaurar a biodiversidade, estabilizar o solo, reduzir a erosão e reforçar sua função como sumidouros de carbono, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (Bieluczyk et al., 2023). De acordo com o Intergovernmental Panel on Climate Change (2014), os ciclos naturais de carbono têm papel relevante na neutralização parcial das emissões antrópicas, ajudando a conter o aquecimento global. Dentre os processos de intervenções destaca-se o de reabilitação, que refere-se ao retorno do ecossistema degradado a algum estado alternativo, entretanto com forte intervenção antrópica (Rodrigues et al., 2000).

Nesse contexto, este estudo teve como objetivo caracterizar as espécies arbóreas de uma APP com nascente em reabilitação, estimando a biomassa, o sequestro e o estoque de carbono visando futuras compensações ambientais.

### MATERIAL E MÉTODOS

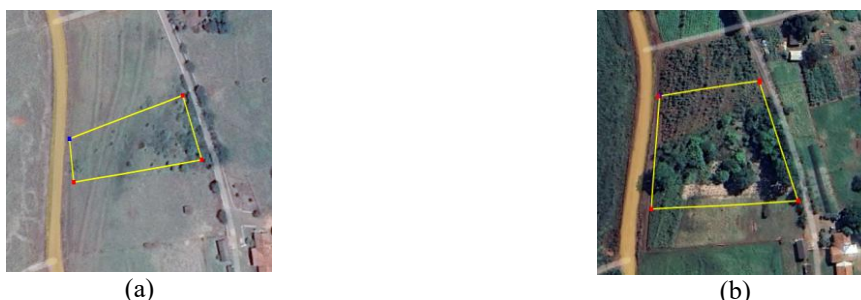
A escolha desta APP em processo de reabilitação com nascente do tipo perene, deve-se à sua importância tanto para conservação dos ecossistemas presentes e suas potencialidades de armazenamento e sequestro de carbono. Localizada no município de Rio Verde – Goiás, esta APP encontra-se entre as coordenadas 17°48'47.71" Sul - 50°53'58.08" Oeste (Fig.1).

**Figura. 1** Localização do município de Rio Verde-GO (a) e área de estudo no Instituto Federal Goiano.



Até 2012, a área apresentava sinais de antropização devido ao uso agropecuário intensivo (Fig. 2<sup>a</sup>). Em novembro de 2022, foi demarcado 1,0 hectare (Fig. 2b) conforme o Código Florestal Brasileiro, passando a ser classificada em dois estágios sucessionais distintos (BRASIL, 2023). A área em estágio inicial (0,4 ha) apresenta indivíduos jovens, baixa diversidade estrutural e área basal inferior a 8 m<sup>2</sup>/ha. Já a área em estágio médio (0,6 ha) possui dois estratos bem definidos — dossel e sub-bosque, com predominância de espécies pioneiras e secundárias. Na área inicial, iniciou-se a reabilitação com o plantio de 125 mudas de espécies arbóreas compatíveis com o ambiente local.

**Figura 2.** Área de APP delimitada em 2012 (a) e após delimitação realizada em 2022(b).



Para avaliar o armazenamento de carbono na biomassa arbórea viva (BAV), foi estabelecida uma parcela permanente onde se realizaram dois inventários florestais, em dezembro de 2022 e dezembro de 2024. Todas as árvores com DAP  $\geq 2,0$  cm foram identificadas em campo até o nível de espécie, com medições de DAP por fita diamétrica e altura com régua graduada de 4 m. O objetivo foi mensurar a variação no acúmulo de carbono ao longo de dois anos. Nos indivíduos com ramificações abaixo de 1,30 m, foi mensurado o diâmetro de cada ramificação, e o DAP equivalente foi calculado conforme a equação proposta por Soares et al. (2006).

O inventário florestal, conforme Avery & Burkhart (1994), é essencial para o manejo e conservação, e, segundo Fonseca (2006), é ferramenta-chave em estudos de biomassa e projetos de crédito de carbono.

A seleção da equação alométrica para estimar a biomassa aérea viva (BAV) foi baseada na proposta descrita por Chave et al (2014), utilizada em estudos prévios para espécies arbóreas de clima tropical, utilizando o Diâmetro Acima do Peito (DAP=1,30 m), a densidade específica da madeira e altura total (Equação a).

$$BAV = 0,0673 \cdot (\mu \cdot DAP^2 \cdot HT)^{0,976} \quad (a)$$

Onde:

BAV=biomassa arbórea viva; 0,0673 = constante conífera; DAP= diâmetro acima do peito (cm),  $\mu$  = densidade específica da madeira.

Para estimar o estoque de carbono, considerou-se que ele representa 45% da biomassa aérea. O sequestro de CO<sub>2</sub> foi calculado utilizando o fator de conversão de 1 Mg de carbono para 3,67 Mg de CO<sub>2</sub>. O carbono removido da atmosfera é armazenado na biomassa como carbono orgânico. A metodologia adotada segue os parâmetros do ICRAF, conforme Arevalo et al. (2002), publicada pela EMBRAPA, aplicável à estimativa de biomassa, estoque de carbono e sequestro de CO<sub>2</sub> em diferentes usos do solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise da Biomassa Aérea Viva (BAV) em dezembro de 2022/2024 na APP

No primeiro inventário realizado em dezembro de 2022, a BAV não foi estimada na área em estágio inicial devido à predominância de indivíduos com DAP  $\leq 2,0$  cm. Na área em estágio médio, a biomassa total estimada foi de 18.504,40 kg para 161 indivíduos, com forte concentração em cinco espécies que somaram 86,4% da BAV: *A. colubrina* (49,5%), *I. vera* (13,9%), *H. courbaril* (11,5%), *I. laurina* (5,9%) e *M. urundeuva* (4,7%). As demais 13 espécies, embora representem quase metade dos indivíduos, contribuíram com apenas 8,9% da biomassa, evidenciando desigualdade estrutural. Ressalta-se que o acúmulo de biomassa não depende apenas do número de indivíduos, mas também do porte e da densidade da madeira, sendo possível elevada BAV mesmo em espécies pouco abundantes (Chave et al., 2014).

No segundo inventário (dezembro/2024), a biomassa aérea viva (BAV) total nas duas áreas da APP foi estimada em 27.468,07 kg, sendo 179,26 kg no estágio sucessional inicial e 27.288,81 kg no médio. Cinco espécies concentraram mais de 85% da biomassa: *A. colubrina* (49,9%), *H. courbaril* e *I. vera* (12,3% cada), *I. laurina* (5,6%) e *M. urundeuva* (5,3%). Embora numerosas, *C. urucurana* e *C. pachystachya* contribuíram com apenas 3,94% e 0,66%, respectivamente. Em dois anos, a área em estágio médio teve aumento de 47,5% na BAV e 6,2% no número de indivíduos, com incremento total de 8.963,67 kg nas duas áreas (48,4%).

### Análise do armazenamento de carbono acumulado na APP em 2024.

Após dois anos de acompanhamento do processo de reabilitação ecológica na Área de Preservação Permanente (APP), foi estimado um estoque total de 12,36 t de carbono armazenado na biomassa arbórea viva. Esse valor está distribuído entre duas áreas com distintos estágios sucessionais. Na área em estágio sucessional inicial, o estoque de carbono foi de 0,08 t, representando apenas 0,65% do total acumulado, enquanto a área em estágio sucessional médio concentrou 12,8 t, equivalente a 99,35% do total. Esse contraste evidencia o papel determinante do tempo de regeneração e da complexidade estrutural da vegetação no acúmulo de biomassa e, conseqüentemente, no sequestro de carbono. Entre as espécies avaliadas, destacam-se *A. colubrina* com 6,17 t (49,9 % do total), *H. courbaril* com 1,53 t (12,34 %) e *I. vera* com 1,52 t (12,32%). Juntas, essas três espécies foram responsáveis por 74,6% do carbono acumulado na APP. Mesmo com baixa densidade populacional, essas espécies demonstram elevada eficiência em sequestrar carbono, o que justifica seu papel dominante no estoque total observado.

O incremento total de carbono na APP após dois anos de reabilitação somando-se as duas áreas em estágios sucessionais distintos foi de 4,03 t kg, o que representa um aumento de aproximadamente 32,63 % em relação ao acúmulo de carbono estimado em 2022.

### **Análise das estimativas de sequestro de CO<sub>2</sub> equivalente na APP**

O estudo estimou um total de 45,36 t de CO<sub>2</sub> sequestradas por 230 indivíduos em uma APP em reabilitação, com incremento de 14,80 t nos últimos dois anos. Esse resultado evidencia o alto potencial de sequestro mesmo com número reduzido de árvores, reforçando a relevância ecológica de áreas em recuperação. A diversidade de espécies contribui para a resiliência e o equilíbrio dos serviços ecossistêmicos, sendo essencial em estratégias de restauração. Espécies de grande porte e alta densidade de madeira deve ser priorizadas para maximizar o estoque de carbono.

Em APPs com nascente, como a do presente estudo, a expansão da cobertura arbórea é estratégica para a conservação dos recursos hídricos e para a mitigação das mudanças climáticas, justificando a continuidade de ações de reabilitação e políticas de preservação.

### **CONCLUSÃO**

Foram identificados 230 indivíduos arbóreos, distribuídos em 20 espécies pertencentes a 12 famílias botânicas. Entre elas, destacam-se *A. colubrina*, *I. vera* e *H. courbaril*, espécies de maior porte, densidade de madeira e altura, que se mostraram altamente eficazes no armazenamento de carbono. Juntas, essas três espécies acumularam aproximadamente 12,36 t de carbono, o que representa 74,9% do total, concentrado em apenas 54 indivíduos.

A estimativa total de CO<sub>2</sub> equivalente sequestrado na área foi de 45,36 t. Após dois anos de reabilitação, verificou-se um incremento de 14,80 t de CO<sub>2</sub> equivalente, evidenciando o elevado potencial das Áreas de Preservação Permanente em processo de recuperação não apenas para capturar e armazenar carbono, mas também para promover o restabelecimento das funções ecossistêmicas essenciais.

### **AGRADECIMENTOS**

Ao Instituto Federal Goiano Verde pela concessão da bolsa de pesquisa ao primeiro autor e à Universidade Católica Dom Bosco (UCDB) pelo apoio prestado ao desenvolvimento desta pesquisa.

### **REFERÊNCIAS**

Arevalo, L.A.; Alegre, J.C.; Vilcahuaman, L.J.M. Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 41 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 73).

Avery, T. E., & Burkhart, H. E. (1994). Forest measurements (4<sup>th</sup> ed). McGraw-Hill.

Bieluczyk, W.; Merloti, L.F.; Cherubin, M.R.; Mendes, L.W.; Bendassolli, J.A.; Rodrigues, R.R.; de Camargo, P.B.; Van der Putten, W.H.; Tsai, S.M. Forest restoration rehabilitates soil multifunctionality in riparian zones of sugarcane production landscapes. *Science of Total Environment* v. 888, 164175, 2023.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de Dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de Dezembro de 2006; Revoga as Leis nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965, e nº 7.754, de 14 de Abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de Agosto de 2001; e dá outras providências; Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 de maio 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 505, de 17 de outubro de 2023. Define vegetação primária e secundária de regeneração de Mata Atlântica no estado de Goiás. Diário Oficial da União, seção 2, Brasília, DF, 18 de outubro de 2023.

Chave, J.; Réjou-Méchain, M.; Búrquez, A.; Chidumayo, E.; Colgan, M.S.; Delitti, W.B.; Duque, A.; Eid, T.; Fearnside, P.M.; & Goodman, R.C. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 2014, v.20, p. 3177-3190.

Feng, H. The dynamics of carbon sequestration and alternative carbon accounting, with an application to the Upper Mississippi River Basin. *Ecological Economics*, 2005. v.54, n.1 p. 23-35.

Fonseca, W. Carbon sequestration in tropical forests. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 2006. 68 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2014: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2014 p. 1454p.

Lal, R. Soil Carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 2004, p. 1623-1627.

Pereira, T.; Amaro, A.; Borges, M.; Silva, R.; Pina, A.; Canaveira, P. Portuguese national inventory report on greenhouse gases. Lisboa: Agência Portuguesa do Ambiente, 2019.

Rodrigues, R. R.; Gandolfi, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. (org.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: Universidade de São Paulo; FAPESP, 2000. p. 235-247.

Soares, C.P. B.; Paula Neto, F. de P.; Souza, A.L. de Dendrometria e inventário florestal. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 276 p.