



Carbono no solo e no estrato arbóreo em áreas de manejo de florestas nativas no Cerrado

Thiago Gomes ANDRADE¹, Mathaus Messias Coimbra LIMEIRA^{1*},
Maria Cristina Bueno COELHO¹, Maurilio Antônio VARAVALLO¹,
Yandro Santa Brigida ATAIDE¹, André Ferreiras dos SANTOS¹

¹Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, Tocantins, Brasil.

*E-mail: mathauslimeira2010@gmail.com

(ORCID: 0000-0002-9642-411X; 0000-0002-3061-6004; 0000-0003-0409-0624;
0000-0002-9113-296X; 0000-0002-7593-353X; 0000-0003-0449-5111)

Recebido em 31/05/2021; Aceito em 23/05/2022; Publicado em 29/08/2022.

RESUMO: Áreas nativas sob manejo florestal são importantes no processo de estocagem de carbono da atmosfera, podendo contribuir de maneira substancial nesse processo e diminuir exploração ilegal. O objetivo deste estudo foi avaliar o estoque de carbono aéreo e nas camadas superficial e subsuperficial do solo em área de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial alterada no município de Dueré, estado do Tocantins. Os dados foram obtidos através de inventário florestal no ano de 2018 utilizando um delineamento amostral sistemático em faixas, onde foram alocadas 22 unidades amostrais de 20x50 m (1000 m²) em 5 faixas na área de estudo, totalizando uma área amostral de 2,2 hectares. As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-20 cm (superficial) e 20-40 cm, (subsuperficial) foram coletadas 22 amostras de solo para cada camada. A determinação do carbono orgânico aéreo foi obtida através da equação desenvolvida por Higuchi (1998). Para a determinação do carbono do solo foi utilizada a densidade do solo bem como os seus teores de carbonos equivalentes, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

Palavras-chave: inventário florestal; estrato arbóreo; ciclagem de nutrientes.

Carbon in the soil and in the arborous status in management areas of native forests in the Cerrado

ABSTRACT: Native areas under forest management are important in the process of carbon storage in the atmosphere, and can contribute substantially in this process and reduce illegal exploitation. The objective of this study was to evaluate the aerial carbon stock and the superficial and subsurface layer of the Aluvial Seasonal Semideciduous Forest area altered in the municipality of Dueré, State of Tocantins. The data were monitored through the forest inventory in 2018, using a systematic sampling design in bands, where 22 samples of 20x50 m (1000 m²) were allocated in 5 bands in the study area, totaling a sample area of 2.2 hectares. As soil samples were collected in the 0-20 cm (superficial) and 20-40 cm (subsurface layer), 22 soil samples were collected for each layer. The determination of aerial organic carbon was used by the equation developed by Higuchi (1998). To determine soil carbon, the density of the soil was used, as well as its equivalent carbon content, at depths of 0-20 and 20-40 cm.

Keyword: forest inventory; arboreal extract; nutrient cycling.

1. INTRODUÇÃO

As florestas possuem a capacidade de armazenar carbono em seus compartimentos arbóreos e no solo, se tornando essenciais para a redução do CO₂ da atmosfera (ZHANG et al., 2019). Os estoques de carbono significam, de uma forma sucinta, a quantidade de dióxido de carbono que foi retirado da atmosfera, e armazenado nos indivíduos vivos. As árvores têm capacidade de absorção e fixação de carbono em função da espécie, da taxa de crescimento, da longevidade, do sítio, do clima e do período de rotação, entre outros (DIMANDE et al., 2018).

As florestas tropicais proporcionam significativas contribuições, para estocar o dióxido de carbono, na biomassa das plantas acima e abaixo do solo e na matéria orgânica do solo comparado às outras tipologias vegetais (VAN DER SAND et al., 2018).

Nas regiões tropicais, a mudança de uso da terra é a principal ameaça às questões climáticas, com a conversão de

áreas de floresta em pastagens e áreas de agricultura intensiva e permanente (OLIVEIRA, 2021). No contexto de mudanças climáticas, o Brasil assumiu o compromisso no Acordo de Paris (2016) em reduzir as emissões de gases do efeito estufa em 37% até 2025 e 43% até 2030, tendo como ano-base 2005. Para atingir essas metas, no setor de Mudanças do Uso da Terra, o país se comprometeu em restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas (MMA, 2019).

Neste contexto a história do uso e ocupação da terra no Cerrado revela hoje intensa pressão antrópica no bioma, onde o uso insustentável dos recursos ambientais traz elevado grau de perturbação, tornando o Cerrado, um dos biomas mais ameaçados do planeta (OLIVEIRA et al., 2019). Por sua extensão, diversidade biológica e potencial hídrico, o Cerrado apresenta papel fundamental para a qualidade ambiental global.

Dessa forma o estudo das características qualitativas e quantitativas do bioma Cerrado é de grande importância para

um manejo florestal eficaz. Pesquisas sobre os níveis de biomassa em florestas tropicais têm sido utilizados, como forma de avaliação ecológica da vegetação, que por sua vez tem um importante papel no processo de assimilação do carbono atmosférico, principalmente devido ao aumento do desmatamento de áreas nativas, para o uso da terra com outras finalidades (Aguiar, 2018). A determinação do estoque de carbono pode ser obtida pela multiplicação da biomassa seca pelo teor de carbono. Dessa forma, a determinação da biomassa é o ponto crucial para levar a estimativas corretas da fixação de CO₂ em florestas (RASERA, 2019).

A obtenção de estimativas precisas dos estoques de carbono contidos nos ecossistemas florestais, possibilita a compreensão sobre o potencial de sequestro e armazenamento de carbono das florestas (MEIRA, 2018).

Sendo assim, a finalidade deste estudo é a quantificação do carbono aéreo e do solo das camadas superficial e subsuperficial em relação com a vegetação existente em floresta Estacional Semidecidual Aluvial manejada no município de Dueré, região sul do estado do Tocantins.

2. MATERIAL E METODOS

Os dados foram obtidos em área do Plano de Manejo Florestal Sustentável realizado no município de Dueré, sul do estado do Tocantins, localizado geograficamente a latitude 11°20'38" S e longitude 49°16'14" O. A área objeto de estudo apresenta um total de 440 ha, divididas em 18 faixas de aproximadamente 24 ha cada.

A região possui classificação climática de Thornthwaite como sendo BlwA'a', caracterizada por clima úmido com moderada deficiência hídrica no inverno apresentando média anual 1.500 mm, distribuindo-se no verão em torno de 390 e 480 mm no decorrer de três meses com temperatura mais elevada. O relevo apresenta declividade em direção às fontes de água.

A área possui altitude média de 200 metros. Sob o ponto hidrológico a propriedade está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, que pertence a Região Hidrográfica do Araguaia-Tocantins. A divisa da propriedade na porção Oeste é o Rio Formoso. Os solos da área podem ser classificados como Gleissolos de textura variada com solos Aluviais e horizontes plínticos, em sua maior parte distróficos, havendo CTC inferior a vinte e sete, presente em relevos de plano a inclinados. De maneira geral são dominantes em terras de baixo relevo e inundações periódicas, fator que colabora para sua caracterização (NASCIMENTO, 2013).

A classificação fitogeográfica regional da vegetação local é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Aluvial Alterada. O conceito ecológico deste tipo florestal é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional que determina semi-deciduidade da folhagem da cobertura florestal. Na zona tropical, associa-se à região marcada por acentuada seca hibernal e por intensas chuvas de verão; na zona subtropical, correlaciona-se a clima sem período seco, porém com inverno bastante frio (temperaturas médias mensais inferiores a 15° C), que determina repouso fisiológico e queda parcial da folhagem.

O inventário florestal da vegetação foi realizado nos meses de agosto, setembro e outubro de 2018 em unidades amostrais de 20 x 50 m (1000 m²). O processo utilizado foi amostragem sistemática, onde foram instaladas 22 unidades amostrais temporárias distribuídas em 5 faixas (em um total

de 18) totalizando 2,2 ha de área amostral. A coleta do solo ocorreu nos mesmos locais (centro das unidades amostrais), obtendo-se um total de 44 amostras compostas, sendo 22 na profundidade de 0-20 cm e 22 na profundidade de 20-40 cm.

Todos os indivíduos com DAP ≥ 5 cm foram inventariados, havendo identificação botânica, obtenção do DAP através da suta, e da altura total através do clinômetro digital de Haglof (dados utilizados para determinação da estatística descritiva). A intensidade amostral foi determinada com base no volume a partir do inventário piloto (equação 1):

$$n = \frac{t_{\alpha/2}^2 \cdot (CV)^2}{(E\%)^2} \quad (01)$$

em que: n = quantidade de unidades amostrais; t_{α/2} = valor tabelado da distribuição t de Student (α 5%, n-1gl); CV = coeficiente de variação, em percentagem, e E% = erro de amostragem.

Sendo o volume (equação 2) determinado a partir da equação desenvolvida por Colpini et al. (2009):

$$\ln(VT) = -9,1892 + 1,9693 \ln(Dap) + 0,837 \ln(Ht) \quad (02)$$

em que: Ln = logaritmo neperiano ou natural; VT = volume total (m³); Dap = diâmetro em cm tomado a 1,30 m do solo em centímetros; Ht = altura total em metros.

As espécies foram identificadas taxonomicamente em campo, e quando isto não foi possível, foi através de comparações com o material existente no herbário da Universidade Federal do Tocantins (UFT), campus de Porto Nacional e através de consultas com especialistas da área taxonômica quando necessário. A classificação adotada foi a Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, 2016) e a grafia e autoria foram confirmadas nas bases de dados da lista de espécies da flora do Brasil (FLORA DO BRASIL, 2020).

A partir dos dados do inventário foram determinados os valores absolutos e relativos de densidade e dominância (área basal), e o Índice de Valor de Importância (IVI) (Felfili; Rezende, 2003), por espécie, visando caracterizar a cobertura arbóreo-arbustiva local.

Para a coleta de amostras indeformadas de solo foram utilizados anéis volumétricos de alumínio que possuíam altura de 3 cm e diâmetro de 5,5 cm. Após a abertura da trincheira no solo, foi inserido uma régua para medição das profundidades citadas, para a inserção do anel para coleta do solo. Após a retirada do anel já com o solo, o mesmo era armazenado em recipientes com tampa e identificado com o nome da parcela e da profundidade amostrada. A densidade foi calculada pelo método do anel volumétrico (Teixeira et al., 2017), o qual se fundamenta no uso de um anel de bordas cortantes com capacidade interna conhecida. A determinação da densidade do solo ocorreu ao final do período de avaliação da unidade conforme equação 3:

$$DS = \frac{m \text{ seca}}{Vc} \quad (03)$$

em que: DS = Densidade do solo (g cm⁻³), m seca = massa da amostra seca (g), Vc = volume do cilindro (cm³).

O teor de carbono (%) foi analisado no laboratório de solos da Universidade Federal de Brasília – UNB, utilizando

o método de titulação após oxirredução por via úmida para avaliar a concentração de matéria orgânica no solo em função do nível de carbono orgânico – conhecido como método Walkley-Black com metodologia do manual de métodos de análise de solo da Embrapa Solos (Teixeira et al., 2017).

Para a determinação do acúmulo de carbono orgânico no solo, foi usada a densidade do solo de cada amostra, bem como os seus teores de carbono equivalentes, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm conforme equação 4:

$$ECS = (C \times DS \times p) / 10 \quad (04)$$

em que: ECS = estoque de carbono no solo (ton. ha⁻¹); C = teor de carbono do solo (g kg⁻¹); DS = densidade do solo (g cm⁻³); Es = profundidade da camada do solo (m).

A estimativa do carbono orgânico proveniente de matéria seca lenhosa do estrato arbóreo (MS) foi obtida com base nas variáveis dendrométricas diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total (H), que foram obtidas no inventário florestal. Através da equação desenvolvida por Higuchi et al. (1998) para uma Floresta Ombrófila de terra firme do Amazonas, que foi utilizada no inventário florestal da faixa Sul do Estado do Tocantins para florestas estacionais. A estimativa de biomassa foi multiplicada por 0,5 para a obtenção do estoque de carbono de acordo com a equação 5:

$$CA = (0,077 + 0,492 \times DAP^2 \times H) \times 0,6 \times 0,5 \quad (05)$$

em que: CA: estoque de carbono do componente arbóreo aéreo (tonelada); DAP = diâmetro à 1,30 m do solo em metros; H = altura total em metros.

Foi realizada a distribuição de frequência, de acordo com o número de indivíduos e o valor de carbono aéreo, separado por classe diamétrica, das espécies arbóreas mensuradas em campo. Os intervalos de classes foram determinados pela equação 6:

$$IC = \frac{A}{1 + 3,3 \log n} \quad (06)$$

em que: IC = intervalo de classe, A = amplitude (maior diâmetro-menor diâmetro), n = número total de indivíduos

Para fins de descrição da área foi feita a fitossociologia da área bem como calculada a diversidade de Shannon e equabilidade de Pielou.

As análises estatísticas do solo foram avaliadas por hectare para as variáveis, densidade (g cm⁻³), teor de carbono orgânico (%) e o estoque de carbono orgânico (ton ha⁻¹). Os dados de estoque de carbono no solo também foram submetidos a análise de variância visando avaliar a ocorrência de diferenças significativas entre os estoques médios de carbono registrados nas diferentes camadas do solo.

As médias das variáveis foram submetidas ao teste de Tukey, ao nível de 95% de probabilidade de confiança. As análises estatísticas foram feitas com o uso dos softwares Minitab versão 18.1 e Microsoft Excel 2016 e os gráficos foram feitos com auxílio do Sigmaplot versão 12.0.

3. RESULTADOS

As medidas de posição (média, mediana e moda) as medidas de dispersão (valor mínimo e máximo, desvio

padrão) e as medidas de forma (assimetria, curtose e coeficiente de variação) estão apresentadas na Tabela 1. Os diâmetros variaram de 4,77 cm a 147,06 cm tendo média de 25,80 ± 13,76 cm, e a altura total variou de 2,5 m a 28 m obtendo altura total média de 15,72 ± 5,63 m (Tabela 1).

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis DAP e Ht observados

Table 1. Descriptive statistics of the observed DAP and Ht variables

Variáveis	Ht (m)	DAP (cm)
Média	15,720	25,801
Erro padrão	0,196	0,480
Mediana	15,200	21,963
Moda	10,000	14,324
Desvio padrão	5,632	13,765
CV%	35,810	53,350
Variância da amostra	31,716	189,471
Curtose	-0,596	1,504
Assimetria	-0,066	1,187
Intervalo	25,500	87,535
Mínimo	2,500	5,000
Máximo	28,000	92,310
Soma	12921,600	21208,319
Contagem	822,000	822,000

Em que: Ht = altura total medida em metros; DAP = diâmetro à altura do peito medida em cm.

O valor para carbono médio foi de 99,745 ± 14,20 ton ha⁻¹ (desvio padrão). O intervalo de confiança para os valores de carbono orgânico aéreo obtidos no inventário da faixa sul variou entre 48,21 a 79,40 ton ha⁻¹ com 95% de probabilidade de confiança (Tabela 2). A densidade do solo é uma propriedade que é bastante variável e depende da estrutura e da compactação do solo. Observa-se que na profundidade 20 – 40 cm a densidade é maior com valor médio de 1,29 g cm⁻³ que na camada superficial com valor médio de 1,23 g cm⁻³, ainda assim, observa-se que para ambas as profundidades as médias não diferiram significativamente (Tabela 2).

Tabela 2. Estatística descritiva para carbono aéreo (ton ha⁻¹) e densidade (g.cm⁻³) para as diferentes profundidades avaliadas.

Table 2. Descriptive statistics for aerial carbon (ton ha⁻¹) and density (g cm⁻³).

Variáveis	Carbono aéreo (ton ha ⁻¹)	Densidade (g cm ⁻³)	
		0-20	20-40
Média	99,745	1,231*	1,296 ^a
Desvio padrão	32,020	0,145	0,155
CV%	32,100	11,770	11,950
Variância da amostra	1025,273	0,021	0,024
Curtose	-0,192	-0,102	0,752
Assimetria	0,321	-0,539	-1,251
Intervalo	120,170	0,570	0,550
Mínimo	48,037	0,900	0,950
Máximo	168,207	1,470	1,500
Soma	2194,390	27,090	28,510

em que: * médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a probabilidade de 95%

A curtose para frequência de indivíduos por classe diamétrica exibiu uma curva platicúrtica para os níveis de carbono, essa curva se caracteriza por ter uma função de distribuição mais achatada do que a distribuição normal. Já a assimetria apresenta uma curva assimétrica positiva ou à direita, descrevendo um padrão típico de florestas tropicais

inequívocas onde a maior frequência dos indivíduos ocorre nas menores classes de diâmetro, com a curva se assemelhando ao formato de “J” invertido.

Quando se analisa em função da classe diamétrica, verificou-se que os percentuais médios de contribuição se alteram. Nas classes de 36,8 cm a 52,7 cm de DAP estão os maiores percentuais de carbono, seguido pelas classes de 28,9 e 21 cm. O maior estoque de carbono é de 20,49 ton ha⁻¹, este se encontra no sexto intervalo de classes de 44,7 a 52,7 cm de diâmetro. Nos cinco primeiros intervalos de classes (5 até 45 cm) correspondem as árvores remanescentes, uma quantia de carbono acumulado equivalente a 56,36 ton ha⁻¹ (56,51%).

O elevado estoque de carbono nas primeiras classes de diâmetros (Figura 1) indica a importância do Plano de Manejo para o equilíbrio da Floresta Estacional Semidecidual Aluvial da bacia do Rio Formoso para efetivamente contribuir no processo de fixação de carbono (CO₂) da atmosfera. Esse resultado indica que o manejo adotado nessas áreas está contribuindo para manter a estrutura dos sistemas próxima àquela da vegetação nativa.

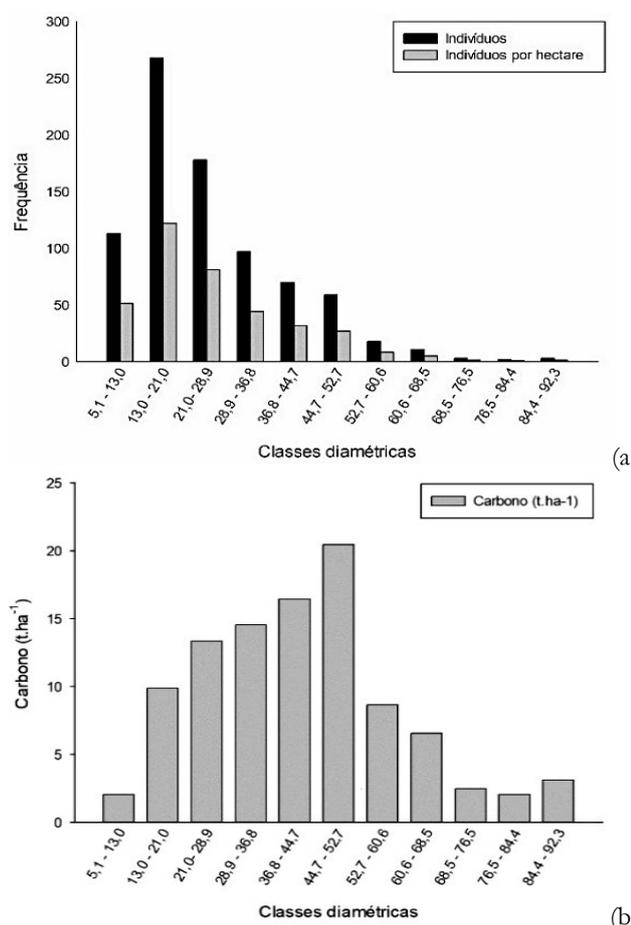


Figura 1. Densidade absoluta para indivíduos e para indivíduos por hectare (a) e Carbono orgânico aéreo armazenado em toneladas por hectare (b)

Figure 1. Absolute density for individuals and individuals per hectare (a) and Aerial organic carbon stored in tons/hectare (b).

Foram amostrados 822 indivíduos vivos, pertencentes a 27 espécies, representados em 18 famílias botânicas distribuídos em 22 unidades amostrais (inventário piloto) onde a intensidade foi determinada com 19,78. A densidade absoluta estimada foi de 373,7 indivíduos por hectare, área

basal de 56,65 m² ha⁻¹, diâmetro médio individual de 25,801 cm e altura total média de 15,72 m (Tabela 1).

As famílias com maior teor de carbono são Calophyllaceae com 44,28 ton ha⁻¹, seguida da Burseraceae (16,42 ton ha⁻¹) e Fabaceae (7,47 ton ha⁻¹). Sendo as espécies que apresentam maiores níveis de carbono são *Caraipa densifolia* Mart., *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand., *Calophyllum brasiliense* Cambess., *Psidium guajava* L., *Annona crassiflora* Mart., *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze., *Annona squamosa* L., *Inga vera* Willd., *Eschweilera ovata* Biriba. e *Enterolobium timbouva* Mart., que juntas somam cerca de 91,52 ton ha⁻¹ (91,75%).

A densidade absoluta destas espécies respectivamente foi de 66,80 ind ha⁻¹; 24,50 ind ha⁻¹; 27,70 ind ha⁻¹; 5,50 ind ha⁻¹; 43,60 ind ha⁻¹; 13,60 ind ha⁻¹; 30,00 ind ha⁻¹; 4,10 ind ha⁻¹; 0,50 ind ha⁻¹ e 34,10 ind ha⁻¹.

Para o carbono aéreo as espécies apresentaram os valores de 31,23 ton ha⁻¹ para *Caraipa densifolia*, 16,46 ton ha⁻¹ para *Protium heptaphyllum*, 13,16% para *Calophyllum brasiliense*, 6,65 ton ha⁻¹ para *Psidium guajava*, 5,87 ton ha⁻¹ para *Annona crassiflora*, 5,10 ton ha⁻¹ para *Cariniana estrellensis*, 4,07 ton ha⁻¹ para *Annona squamosa*, 3,92 ton ha⁻¹ para *Inga vera*, 3,17% para *Eschweilera ovata* e 2,12 ton ha⁻¹ para *Enterolobium timbouva* (Tabela 3).

Diferenças significativas ($p \leq 0,05$) foram detectadas pelo teste Tukey, ao se comparar as médias do teor e estoque de Carbono orgânico no solo em nas diferentes profundidades (Tabela 4), sendo que o maior teor de Carbono ($1,799 \pm 2,921$ ton ha⁻¹) foi registrado na camada de 0 a 20 cm de profundidade.

4. DISCUSSÃO

Os resultados encontrados mostram que a área de estudo apresenta baixa diversidade de espécies arbóreas (índice de diversidade de Shannon-Wiener igual a 2,57 com equabilidade de 0,78) ou seja, poucas espécies constituem as populações de indivíduos arbóreos e contribuem para a maior parte do carbono fixado. A baixa riqueza de espécies arbóreas e o correspondente baixo valor do índice de diversidade de Shannon podem ser atribuídos à seletividade de espécies que ocorre em florestas cujo solo encontra-se sob saturação hídrica (Brito et al., 2008).

Os valores são próximos aos encontrados por Birbeire (2012), quando esta avaliou a densidade do solo em uma floresta nativa obtendo os valores de 1,23 a 1,32 g cm⁻³ e superiores aos obtidos no trabalho de Spera et al. (2004), avaliando densidade do solo em uma área de floresta subtropical, obteve valores entre 1,05 a 1,17 g cm⁻³.

Os maiores estoques de carbono orgânico se encontram na camada superficial, tendo como valor médio de 2,36 ton ha⁻¹, contra 1,82 ton ha⁻¹ da camada subsuperficial (decrecendo em profundidade), totalizando um estoque total (00-40 cm) de 4,18 ton ha⁻¹. Outra possível justificativa para os maiores teores de C orgânico na camada superficial do solo é o aporte de material orgânico, proveniente da queda de folhas, galhos e da casca das árvores, formando a manta orgânica e a maior densidade de raízes finas, fato comum em áreas nativas.

A média e a mediana apresentam valores próximos entre si, isto indica que o ponto central é similar à média aritmética do DAP e da Ht, não ocorrendo divergência para as mesmas.

Para a variável DAP a curtose evidencia uma curva leptocúrtica, ou seja, possui a curva da função de distribuição

mais afunilada, com um pico mais alto do que a distribuição normal, e para a variável altura total a curtose apresenta uma curva platicúrtica, cuja função de distribuição é mais achatada do que a distribuição normal. Quanto à assimetria da distribuição diamétrica verifica-se que é positiva ou à direita, ou seja, a maior frequência dos diâmetros mensurados está nos menores diâmetros da distribuição. Para a altura total a curva descrita é a assimétrica negativa ou à esquerda, ou seja, a maior frequência está nas maiores alturas.

As florestas estacionais da Faixa Sul apresentaram

produtividade em volume, biomassa e carbono superior à do cerrado stricto sensu do Tocantins e do resto do Brasil (FELFILI, 2008). A produtividade de florestas ombrófilas primárias da Amazônia e das florestas estacionais da Faixa Sul apresentam valores inferiores, embora superior ao de florestas ombrófilas secundárias. A produtividade das florestas estacionais da Faixa Sul é superior à obtida em plantios silviculturais de eucalipto, nos quais, após seis anos (idade de corte), tem-se estoque de carbono de 47,70 ton ha⁻¹ para o componente arbóreo aéreo.

Tabela 3. Parâmetros fitossociológicos e carbono aéreo (ton ha⁻¹) por espécie.

Table 3. Phytosociological parameters and air carbon (ton ha⁻¹) by species.

Espécies	Família	DA	DR	N	IVI	C
<i>Albizia Niopoides</i> (Spruce Ex Benth.) Burkart.	Fabaceae	0,90	0,24	1	1,30	0,04
<i>Annona crassiflora</i>	Annonaceae	43,60	11,68	96	23,99	5,86
<i>Annona squamosa</i>	Annonaceae	30,00	8,03	66	22,02	4,06
<i>Buchenania tetraphylla</i> (Aubl.) R. A. Howard.	Combretaceae	0,90	0,24	2	1,50	0,26
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Calophyllaceae	27,70	7,42	61	30,13	13,13
<i>Caraiça densifolia</i>	Calophyllaceae	66,80	17,88	147	58,25	31,15
<i>Cariniana estrellensis</i>	Lecythidaceae	13,60	3,65	30	14,74	5,08
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul.	Urticaceae	0,50	0,12	1	0,69	0,05
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Sapindaceae	0,90	0,24	2	1,41	0,26
<i>Duguetia lanceolata</i> A.St.-Hill	Annonaceae	7,70	2,06	10	11,13	0,52
<i>Enterolobium timbouva</i>	Fabaceae	34,10	9,12	9	18,07	2,11
<i>Eschweilera ovata</i>	Lecythidaceae	0,50	0,12	75	1,42	3,16
<i>Ficus adhatodifolia</i> Schott.	Moraceae	0,50	0,12	1	0,65	0,97
<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos.	Bignoniaceae	13,20	3,53	2	5,23	0,05
<i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.	Chrysobalanaceae	0,50	0,12	29	0,66	0,75
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	4,10	1,09	1	4,74	0,04
<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke.	Fabaceae	30,50	8,15	9	21,29	1,87
<i>Inga vera</i>	Fabaceae	4,10	1,09	67	3,72	3,91
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	Euphorbiaceae	5,50	1,46	9	6,29	0,70
<i>Mouriri acutiflora</i> Naudin.	Melastomataceae	48,60	13,02	12	38,52	0,82
<i>Protium heptaphyllum</i>	Burseraceae	24,50	6,61	107	20,58	16,42
<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	5,50	1,46	54	5,08	6,63
<i>Rawolfia sellowii</i> Müll. Arg.	Apocynaceae	0,90	0,24	12	1,36	1,05
<i>Theobroma cacao</i> L.	Malvaceae	0,50	0,12	1	0,61	0,01
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Myristicaceae	3,60	0,97	8	4,37	0,56
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	Vochysiaceae	4,50	1,22	10	2,25	0,27
TOTAL		373,7	100	822	300	99,73

DA= Densidade Absoluta, DR =densidade relativa, N = número de espécies, VI =índice de valor de importância, C = Carbono aéreo em ton ha⁻¹.

Tabela 4. Teor e estoque de carbono no solo em Floresta Estacional Semidecidual Aluvial Alterada.

Table 4. Soil carbon content and stock in Aluvial Altered Seasonal Semideciduous Forest.

Profundidade (cm)	Teor de Carbono (%)	Estoque de Carbono (ton ha ⁻¹)
00-20	1,62 ± 0, 101 ^{a*}	1,799 ± 2,921 ^a
20-40	1,05 ± 0, 0713 ^b	1,117 ± 2,523 ^b

*Valores seguidos por letras diferentes são significativamente diferentes a um nível de 95% de probabilidade de confiança pelo teste de Tukey

Os valores obtidos para densidade se encontram superiores aos obtidos no trabalho de Spera et al. (2004), quando este avaliou a densidade do solo em uma área de floresta subtropical, obtendo valores entre 1,05 a 1,17 g cm⁻³.

Haidar et al. (2013), trabalhando em Florestas Estacionais na faixa Sul do Tocantins obteve valores inferiores ao do presente estudo, onde os estoques de carbono encontrado por estes autores para o componente arbóreo aéreo variaram de 48,21 ton ha⁻¹, na bacia do rio Tocantins, até 79,40 ton ha⁻¹,

na bacia do Rio Palma. Segundo esses autores, as florestas estacionais da Faixa Sul apresentam produtividade em volume, biomassa e carbono superiores à do cerrado stricto sensu do Tocantins e do resto do Brasil, e similar à de florestas estacionais do Bioma Cerrado da América Central e do mundo. Silva et al. (2018) trabalhando em uma Floresta Estacional Semidecidual encontraram valores para carbono orgânico de 55,91 ton ha⁻¹, respectivamente. Silva (2014), trabalhando em uma área em restauração de uma Floresta Estacional Semidecidual obteve valores de carbono orgânico correspondentes a 49,73 ton ha⁻¹.

Os coeficientes obtidos foram semelhantes aos encontrados por Amaral (2010) ao determinar a assimetria (0,602) e curtose (-0,315) em região de floresta ombrófila mista no Paraná para carbono aéreo.

Paiva et al. 2011, em área de cerrado Sensus Stricto no Distrito Federal, quantificou os níveis de carbono para indivíduos arbóreos vivos, onde observou o valor total de carbono arbóreo na área foi de 99,745 ton ha⁻¹ sendo 7,492 ton ha⁻¹ de carbono para os indivíduos lenhosos. Dentre as

espécies, 4 são iguais às desse estudo, sendo espécie pertencente ao gênero *Hymenaea* (0,044 ton ha⁻¹ e 0,0974 ton ha⁻¹), uma espécie para o gênero *Enterolobium* (0,0212 ton ha⁻¹ e 0,0517 ton ha⁻¹) e 2 espécies pertencentes ao gênero *Vochysia* (0,272 ton ha⁻¹ e 1,255 ton ha⁻¹). Também encontrou valor de 19,37 ton ha⁻¹ de C orgânico na profundidade de 00-10 cm e de 40,30 ton ha⁻¹ na profundidade de 20-40 cm.

Em floresta estacional Semidecidual em Viçosa, MG, inserida na região classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana, Amaro et al. (2013) ao avaliarem o estoque de biomassa e o de carbono, verificaram uma estimativa dos estoques de biomassa e carbono para os fustes sem casca de 103,49 ton ha⁻¹ e 49,50 ton ha⁻¹, respectivamente, valores inferiores aos encontrados nesses estudo 199,49 ton ha⁻¹ para biomassa e 99,745 ton ha⁻¹ para carbono.

O decréscimo dos valores de carbono orgânico no solo (ton ha⁻¹) entre as camadas é descrito por Sordi et al. (2009), que trabalhando com uma avaliação do teor de carbono no solo sob diferentes sistemas de uso da terra (SUTs), obteve que os teores de carbono decresceram com a profundidade, pois nas camadas mais superficiais há uma elevada contribuição dos sistemas radiculares no aporte de carbono aos solos.

De acordo com Sordi et al. (2009) a entrada de carbono orgânico no solo depende da entrada de material orgânico através da senescência de certos componentes da biomassa acima e abaixo do solo, queda das folhas e animais mortos, com suas respectivas taxas de decomposição.

Devido a estes fatores as maiores concentrações de carbono se encontra o valor médio de 2,36 ton ha⁻¹ nos primeiros 20 cm de profundidade. Podendo considerar também a qualidade e diversidade do resíduo liberado no solo, áreas de floresta tendem a ter uma maior diversidade florística, liberando assim diferentes quantidades de carbono ao solo através da senescência de suas estruturas.

5. CONCLUSÕES

O teor de C orgânico do solo é considerado baixo (4,18 t ha⁻¹) sendo o maior estoque registrado na camada superficial.

Os maiores estoques de C orgânico se encontram na parte aérea, em árvores com DAP maiores que 40 cm, sendo a espécie *Caraipea densifolia*, pertencente à família Calophyllaceae a que apresentou a maior concentração.

Áreas nativas sob plano de manejo florestal constituem opção efetiva de captura de C orgânico e podem imobilizar pelo menos 90 ton. ha⁻¹ ano⁻¹ de CO₂ da atmosfera.

A área estudada funciona como reservatório ou estoque de carbono. Sendo que o estoque de carbono (parte aérea + solo) encontrado é corroborado por outros autores, que realizaram quantificações de carbono em outras áreas de vegetação semelhante, independentemente da localização e possíveis fatores de perturbação. Esta pode funcionar como um instrumento para ações de manejo garantindo desta forma a integridade da floresta e sua biodiversidade.

6. REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. R. **Dinâmica e potencial de créditos de carbono na floresta manejada da Flona do Tapajós, Estado do Pará.** 148f. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Amazonas 2018.

AMARAL, P. L. **Geoestatística na caracterização do solo e da vegetação em floresta ombrófila mista.** 154f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – UNICENTRO, Paraná, 2010.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: **APG IV.** Botanical Journal of the Linnean Society 2016. 20f.

BIRBEIRE, C. B. P. **Estoque de carbono em área florestal nativa e em processo de recuperação após mineração, Rio Branco do Sul – PR.** 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Rio Branco do Sul, 2012.

BRITO, E. R.; MARTINS, S. V.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SILVA, E.; SILVA, A. F da. Estrutura fitossociológica de um fragmento natural de floresta inundável em área de Campo Sujo, Lagoa da Confusão, Tocantins. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 3, p. 379-386, 2008. <http://doi.org/10.1590/S0044-59672008000300002>

COLPINI, C.; TRAVAGIN, D. P.; SOARES, T. S.; SILVA, V. S. M. Determinação do volume, do fator de forma e da porcentagem de casca de árvores individuais em uma Floresta Ombrófila Aberta na região noroeste de Mato Grosso. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 1, p. 97–104, 2009. <http://doi.org/10.1590/S0044-59672009000100010>

DIMANDE, F. D. D. L. J. **Estimativa de estoque de carbono nos ecossistemas florestais da província de Manica.** 133f. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação da Biodiversidade). Universidade Eduardo Mondlane, Maputo. 2018.

FELFILI, J.; REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia.** Brasília Editor: UNB, 2003. 68p.

FELFILI, M. C. **Proposição de critérios florísticos, estruturais de produção para manejo do cerrado sensu stricto do Brasil central.** 147f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

FLORA DO BRASIL 2020. **Lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro.** Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

HAIDAR, R. F.; DIAS, R.; FELFILI, J. M. **Mapeamento das regiões fitoecológicas e inventário florestal do Estado do Tocantins.** Palmas, Governo do Estado do Tocantins. 2013. 274p.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. **Acta Amazônica**. v. 28, n. 2, p. 153-166, 1998. <https://doi.org/10.1590/1809-43921998282166>

MEIRA, A. C. S. **Análise estrutural da vegetação e estimativa do sequestro de carbono em área de reflorestamento misto, Laranjeiras, Sergipe.** 43f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Florestal) – UFS, Sergipe, 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Acordo de Paris.** Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>>. Acesso em 2 de junho de 2019.

NASCIMENTO, F. H. **Avaliação do Efeito Orográfico na Distribuição da Precipitação em Fundão e Santa Teresa, no período de 1947 a 2012.** 94f. Monografia

(Bacharelado em geografia). Departamento de Geografia. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Vitória, 2013.

- OLIVEIRA, A. M. **Resiliência e sequestro de carbono por floresta manejada na Amazônia Oriental-Vale do Jari**. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2021.
- OLIVEIRA, C. P. de.; FRANCELINO, M. R.; DAHER, M.; LELES, P. S. S. dos.; ANDRADE, C. de. Comparação de modelos estatísticos para estimativa da biomassa de árvores, e estimativa do estoque de carbono acima do solo em Cerrado. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 255-269, 2019. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509827065>
- PAIVA, A. O.; REZENDE, A. V.; PEREIRA, R. S. Estoque de carbono em cerrado sensu stricto do Distrito Federal. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 527-538, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000300015>
- RASERA, S. **Biomassa e Carbono no estrato arbóreo em área restaurada de Mata Atlântica**. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo. Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz. (Tese/Dissertação), 2019.
- SILVA, H. F.; RIBEIRO, S. C.; BOTELHO, S. A.; LILKA, G. R.; CIRILLO, M. A. Biomass and Carbon in a Seasonal Semideciduous Forest in Minas Gerais. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, p. 1-9, 2018. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.050816>
- SORDI, A.; DENARDIN, R.; MATTIAS, J.; GOFFI, T.; SCHRAGLE, E.; SPAGNOLLO, E. Estoque de carbono do solo, sob diferentes sistemas de uso da Terra. In: **Congresso Brasileiro De Ciências Do Solo**, v. 32, 2009, Fortaleza. Fortaleza: SBCS. 2009.
- SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 533-542, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000300014>
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 573p.
- VAN DER SANDE, M. T.; ARETS, E. J.; PEÑA-CLAROS, M.; HOOSBEEK, M. R.; CÁCERES-SIANI, Y.; VAN DER HOUT, P.; POORTER, L. Soil fertility and species traits, but not diversity, drive productivity and biomass stocks in a Guyanese tropical rainforest. **Functional Ecology**, v. 32, n. 2, p. 461-474, 2018. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12968>
- ZHANG H.; DENG Q.; HUI D.; WU J.; XIONG X.; ZHAO J.; ZHAO M.; CHU G.; ZHOU G.; ZHANG, D. Recovery in soil carbon stock but reduction in carbon stabilization after 56-year forest restoration in degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, v. 441, n. 1, p. 1-8, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.03.037>