

## CONTEÚDO E ESTOQUE DE CARBONO EM *Citrus sinensis* (L. OSBECK) DO CINTURÃO CITRÍCOLA DE SÃO PAULO E TRIÂNGULO/SUDOESTE MINEIRO

### CARBON CONTENT AND STOCK IN *Citrus sinensis* (L. OSBECK) OF THE SÃO PAULO AND WEST-SOUTHWEST MINAS GERAIS CITRUS BELT

Lauro Nogueira Junior<sup>1</sup>, Carlos Ronquim<sup>2</sup>, Vinicius Trombin<sup>3</sup>, Roseli Reina<sup>4</sup>, Fernando Delgado<sup>5</sup>,  
Fernando Paim<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Campinas, SP, Brasil – [lauro.nogueira@embrapa.br](mailto:lauro.nogueira@embrapa.br)

<sup>2</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Campinas, SP, Brasil – [carlos.ronquim@embrapa.br](mailto:carlos.ronquim@embrapa.br)

<sup>3</sup>Fundo de defesa da Citricultura, Araraquara, SP, Brasil – [vinicius.trombin@gmail.com](mailto:vinicius.trombin@gmail.com)

<sup>4</sup>Fundo de defesa da Citricultura, Araraquara, SP, Brasil – [roseli.reina@fundecitrus.com.br](mailto:roseli.reina@fundecitrus.com.br)

<sup>5</sup>Fundo de defesa da Citricultura, Araraquara, SP, Brasil – [fernando.delgado@fundecitrus.com.br](mailto:fernando.delgado@fundecitrus.com.br)

<sup>6</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Campinas, SP, Brasil – [fernando.paim@embrapa.br](mailto:fernando.paim@embrapa.br)

#### RESUMO

Na agricultura brasileira, as ações de apoio à adaptação e mitigação das mudanças climáticas vêm recebendo cada vez mais atenção. Entretanto, estudos sobre carbono (C) na agricultura são em sua grande maioria focados no solo, e os dados e informações científicas sobre C na biomassa de espécies lenhosas agrícolas ainda são escassos. Buscando apoiar estimativas dos estoques de C na biomassa de laranjeiras do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro, o presente estudo avaliou o conteúdo médio e o estoque de C em 16 indivíduos de laranjeiras (*Citrus sinensis* L. Osbeck), considerando as folhas, galhos, tronco e raízes de duas variedades (Pera e Valência) em quatro classes de idade (3-5, 6-10, 11-15 e > 15 anos). As laranjeiras foram avaliadas pelo método destrutivo, e as amostras foram analisadas em um analisador elementar de C. Com base na média ponderada da biomassa das raízes, caule, galhos e folhas, a média do conteúdo de C nas laranjeiras foi de 47% e do estoque em toda planta foi de 45 kg. Os compartimentos lenhosos apresentaram maior teor de C, em comparação às folhas. Os galhos apresentaram maior estoque de C, comparado aos demais compartimentos. As variedades Pera e Valência não apresentaram diferenças no conteúdo e estoque de C. As classes de idade estudadas apresentaram diferenças apenas para o estoque de C. Os resultados geraram dados inéditos e robustos de valores do carbono e da fitomassa de plantas de citros e podem contribuir para os estudos de balanço de gases de efeito estufa e mitigação das mudanças climáticas mais alinhados a realidade da citricultura brasileira.

**PALAVRAS-CHAVE:** Avaliação destrutiva, Laranja Pera, Laranja Valência, Manejo de Biomassa, Projetos de Carbono.

#### ABSTRACT

In Brazilian agriculture, actions to support climate change adaptation and mitigation are receiving increasing attention. However, studies on carbon (C) in agriculture have mostly focused on soil, and scientific data and information on C in the biomass of agricultural woody species are still scarce. Seeking to support estimates of C stocks in the biomass of orange trees from the São Paulo and West-Southwest Citrus Belt, the present study evaluated the average of C content and stock in 16 orange trees (*Citrus sinensis* L. Osbeck), considering leaves, branches, trunk and roots of two varieties (Pera and Valencia) in four age classes (3-5, 6-10, 11-15 and > 15 years). The orange trees biomass were evaluated using the destructive method and the samples were analyzed in an elemental C analyzer. Based on the weighted average of the biomass of roots, stem, branches and leaves, the average C content in the orange trees was 47% and the stock was 45 kg. The woody parts had a higher C content than the leaves. The branches had the highest C stock compared to the other compartments. The varieties Pera and Valencia did not differ in C content and stock. The age classes studied differed only in C stock. The results generated unprecedented and robust data on the carbon and phytomass values of citrus plants, and could contribute to greenhouse gas balance and climate change mitigation studies that better reflect the reality of Brazilian citrus agriculture.

**KEYWORDS:** Biomass management, Carbon Projects, Destructive assessment, Pera orange variety, Valencia orange variety.

## INTRODUÇÃO

Reduzir a emissão ou sequestrar o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), um dos gases de efeito estufa (GEE) mais importantes, pode surtir efeitos na mitigação das mudanças climáticas (IPCC, 2023). Nesse sentido, a agropecuária brasileira vem buscando contribuir, tendo algumas ações em curso, como o Plano ABC – Agricultura de Baixo Carbono – promovido pelo Governo Federal (BRASIL, 2012). Mais recentemente, alguns setores, como o da Pecuária, vêm estabelecendo iniciativas, como o Carne Carbono Neutro (ALVES et al., 2015). Essas ações e iniciativas, bem como a exigência de mercados importadores desses produtos agrícolas, vêm despertando o interesse de outros setores, como o de bebidas (<https://aijn.eu/en/news/juice-environmental-summit-a-starting-point-for-sector-wide-cooperation>), a buscar formas de promover uma agricultura de baixo carbono ou carbono neutro.

Além de exercer um papel central sobre as consequências bem como sobre a mitigação das mudanças climáticas, estudos indicam que o carbono (C) é um elemento fundamental para a citricultura (MORGAN et al., 2006; BALOTA & AULER, 2011; IGLESIAS et al., 2013; ESCANHOELA et al., 2019). Nas plantas, o C está ligado à formação de compostos orgânicos, sendo encontrado em várias partes das plantas e participando em alguns processos, especialmente a fotossíntese.

Conforme sintetizado por Martin & Thomas (2011), o conteúdo de C na madeira para espécies arbóreas subtropicais e mediterrâneas pode variar entre 45,7 e 60,7%. Essa variação se dá principalmente em função do tipo de espécie estudada. Além disso, para uma mesma espécie, o conteúdo de C também pode variar em função do método de análise, incluindo o equipamento utilizado (MARTINS et al., 2017; SILVA et al., 2021).

Ao caracterizar a biomassa lenhosa seca de árvores de citrus na Espanha, López-Cortés et al. (2022) encontraram uma média de conteúdo de C de 41%, com o máximo de 42,8 e o mínimo de 33,6. Estudando o balanço de C de plantações de citrus no leste da Espanha, Iglesias et al. (2013) apresentaram valores médios de conteúdo de C em diferentes compartimentos variando entre 39,8% para frutos e 44,6% para o tronco. Já Quiñones et al (2012) apresentaram valores médios de conteúdo de C para a árvore toda (frutos, folhas, galhos, tronco e raízes) variando entre 42,4 e 43,38 para árvores de diferentes idades entre 2 e 14 anos. Nesse contexto, avaliar o potencial de captura e armazenamento de C por espécies arbóreas requer avaliações precisas do C em

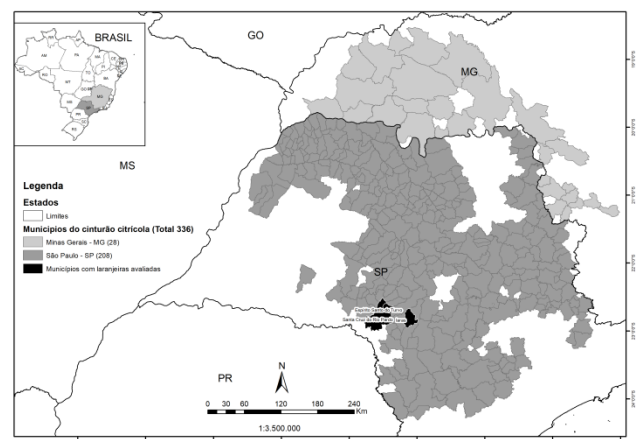
compartimentos (raízes, tronco, galhos e folhas) de árvores vivas (NOGUEIRA JUNIOR, 2010; MARTIN & THOMAS, 2011).

Os pomares de laranja do cinturão citrícola de São Paulo e do triângulo e sudoeste de Minas Gerais, que representam 90% das áreas da citricultura brasileira, ocupam uma área de aproximadamente 400 mil hectares (FUNDECITRUS et al., 2023). Destes pomares, em termos do total de árvores, a variedade Pera e Valência representam 36 e 25% do total de árvores respectivamente.

Subsidiar a citricultura brasileira com informações sobre o conteúdo de C pode favorecer o estabelecimento de iniciativas que visem a mitigação das mudanças climáticas, como o mercado de carbono e o pagamento por serviços ambientais, bem como o manejo e a renovação dos pomares. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o conteúdo médio e o estoque de C em laranjeiras representativas do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste de Minas Gerais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em três fazendas de citros, localizadas nos municípios de Espírito Santo do Turvo, Iaras e Santa Cruz do Rio Pardo (Figura 1), na região centro-sudoeste do estado de São Paulo, Brasil.



**Figura 1.** Localização dos municípios do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste de Minas Gerais e localização dos municípios (Espírito Santo do Turvo, Iaras e Santa Cruz do Rio Pardo) com laranjeiras (*Citrus sinensis* L. Osbeck) avaliadas.

Foram avaliadas laranjeiras em oito talhões de pomares comerciais de laranja. Em cada talhão, foram

aleatoriamente avaliadas duas árvores. As 16 árvores avaliadas contemplaram quatro classes de idades, de 3-5, de 6-10, de 11-15 e maior que 15 anos e duas variedades (Pera e Valência), ou seja, foram avaliadas quatro árvores por classe de idade e oito árvores por variedade. O talhão ocupado pela variedade Pera na classe de idade de 11-15 era irrigado. Vale destacar que estas duas variedades de *Citrus sinensis* foram selecionadas por representarem aproximadamente 61% das laranjeiras do cinturão citrícola do sudeste brasileiro.

Nas 16 árvores avaliadas foram medidas as seguintes variáveis biométricas: altura total, diâmetro da copa na linha de plantio e diâmetro da copa perpendicular a linha de plantio em metros; diâmetro do tronco à 0,3 metros de altura, diâmetro dos galhos primários e diâmetro dos galhos secundários em centímetros. A partir das medidas do diâmetro do tronco, dos diâmetros dos galhos primários e dos diâmetros dos galhos secundários, calculou-se a área basal (BA) em cm<sup>2</sup> dessas três variáveis avaliadas por meio da equação I:

$$BA = \pi r^2 \text{ (Equação I)}$$

A área basal dos galhos primários e a área basal dos galhos secundários é a soma da área basal de todos os galhos primários e de todos os galhos secundários, respectivamente.

A partir da altura total (AT) e do diâmetro médio da copa (DC = ((DC na linha de plantio + DC perpendicular a linha de plantio)/2)), calculou-se o volume de copa (VC) em m<sup>3</sup> por meio da equação II:

$$VC = \frac{2}{3} \pi r^2 AT \text{ (Equação II)}$$

Cada uma das 16 árvores foi avaliada por método destrutivo, sendo cortada com motosserra e as raízes retiradas manualmente com o auxílio do equipamento tália. Em cada árvore foram avaliados quatro compartimentos: A) raízes – biomassa entre a base do tronco (rente ao solo) e as raízes com diâmetro maior que 1 cm; B) tronco – biomassa entre a base do tronco e o início dos galhos primários; C) galhos – biomassa entre o início dos galhos primários e as folhas e; D) folhas.

Foram coletadas amostras frescas de 0,5 a 1 kg de raízes, tronco, galhos e folhas de cada árvore, totalizando um conjunto de 64 amostras. Em laboratório, as amostras frescas foram secas em estufa de circulação de ar forçado a 70°C até peso constante. Em seguida, as amostras foram moídas em moedores tipo Willey e passadas em peneiras.

Para determinar o conteúdo de C, cada amostra foi analisada pelo método de combustão a seco em analisador elementar de C, hidrogênio e nitrogênio (CHN) da marca LECO, modelo C-144.

Para o cálculo do conteúdo de C de cada árvore (CCA) foi aplicada uma média ponderada da biomassa por compartimento de cada planta, conforme a equação III:

$$CCA = \frac{(BF*CC)+(BG*CG)+(BT*CT)+(BR*CR)}{BA} \text{ (Equação III)}$$

Onde: B = biomassa (kg); C = conteúdo de carbono (%); F = folhas; G = galhos; T = tronco; R = raízes; A = árvore.

Para chegar ao conteúdo médio de C (CMC) das 16 árvores avaliadas, também foi usada uma média ponderada, dada pela equação IV:

$$CMC = \frac{soma((BA1*CCA1):(BA16*CCA16))}{soma(BA1:BA16)} \text{ (Equação IV)}$$

Os estoques de carbono por compartimentos, variedades, classes de idade, e combinação de variedades e classes de idade foram obtidos multiplicando-se a biomassa seca (kg) pelo conteúdo de carbono (%). Os dados dos conteúdos (%) e estoques de C (kg) foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk, análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey (P > 0,95) para comparação das médias. Para as análises estatísticas e produção dos gráficos foi utilizado o software R (WICKHAM, 2022; DOWLE; SRINIVASAN, 2023; R CORE TEAM, 2023; WICKHAM, 2023).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para obter um conhecimento abrangente do conjunto amostral, a Tabela 1 apresenta a estatística descritiva das variáveis das 16 laranjeiras avaliadas. Em geral, as variáveis biométricas, as variáveis de biomassa e a variável de C total por árvore apresentaram uma grande variação entre os valores mínimos e máximos. Isso demonstra a heterogeneidade das 16 árvores amostradas, que incluem duas variedades e quatro classes de idade. A título de exemplo, o volume de copa variou de 5 a 24 m<sup>3</sup>, a biomassa seca da árvore variou de 22 a 224 kg e o C total por árvore variou de 10 a 100 kg (Tabela 1).

Ao considerar o conteúdo de C das árvores, que variou de 46,18 a 47,97%, e dos compartimentos, que variou de 42,36 a 44,66% para as folhas, de 46,94 a 48,05% para os galhos, de 46,91 a 48,11% para o tronco, e de 46,24 a

49,67% para as raízes (Tabela 1), os intervalos entre os valores mínimos e máximos foram menores. Isso demonstra que dentro da mesma espécie, o conteúdo de C por unidade de matéria seca apresenta baixa variância. Essa observação é corroborada pelo estudo de Quiñones et al. (2012), que apresentou valores médios do conteúdo de C para a árvore toda (frutos, folhas, galhos, tronco e raízes) variando de 42,4% a 43,38% em árvores de idades entre 2 e 14 anos.

Quanto ao estoque de C, a média foi de 45,5 kg. Os galhos são o maior compartimento, com uma média de 24,5 kg, representando 54% do estoque de C das árvores. Os galhos somados as raízes e tronco estocam em média 91% de C das árvores (Tabela 1).

**Tabela 1.** Estatística descritiva das variáveis das 16 árvores de *Citrus sinensis* avaliadas.

Variáveis	Mínimo	Mediana	Média	Máximo
AT (m)	2,14	3,21	3,56	5,10
VC (m³)	4,91	11,56	14,31	24,06
DT (cm)	7,48	12,66	13,99	23,52
ABT (cm²)	43,95	126,58	172,11	434,59
ABGP (cm²)	53,26	180,43	223,58	421,92
ABGS (cm²)	66,33	229,74	237,02	526,11
BF (kg)	3,60	6,94	9,49	20,61
BG (kg)	9,58	40,59	51,66	125,99
BT (kg)	1,34	6,04	7,82	22,28
BR (kg)	6,96	18,30	27,70	63,80
BA (kg)	22,16	72,28	96,67	213,57
CCF (%)	42,36	43,33	43,46	44,66
CCG (%)	46,94	47,38	47,40	48,05
CCT (%)	46,91	47,62	47,58	48,11
CCR (%)	46,24	47,18	47,36	49,67
CCA (%)	46,18	46,90	46,90	47,97
ECF (kg)	1,56	3,02	4,12	8,87
ECG (kg)	4,57	19,22	24,47	60,03
ECT (kg)	0,64	2,86	3,72	10,66
ECR (kg)	3,33	8,70	13,16	30,81
ECA (kg)	10,41	33,92	45,48	99,97

Variáveis: AT = altura total; VC = volume de copa; DT = diâmetro do tronco; ABT = área basal do tronco; ABGP = área basal dos galhos primários; ABGS = área basal dos galhos secundários; BA = biomassa da árvore; BF = biomassa das folhas; BG = biomassa dos galhos; BT = biomassa do tronco; BR = biomassa das raízes; CCF = conteúdo de C nas folhas; CCG = conteúdo de C nos galhos; CCT = conteúdo de C no tronco; CCR = conteúdo de C nas raízes; CCA = conteúdo de C na árvore; ECF = estoque de C nas folhas; ECG = estoque de C nos galhos; ECT = estoque de C no tronco; ECR = estoque de C na raiz; ECA = estoque de C na árvore.

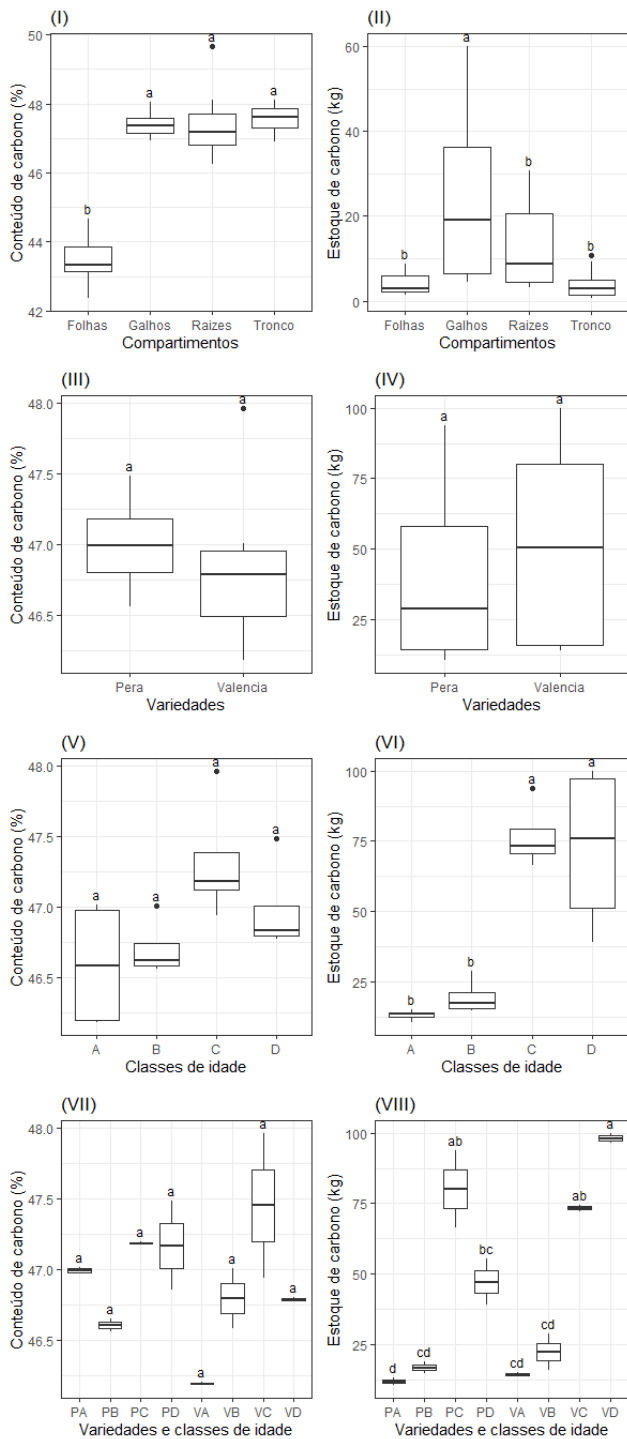
Em relação ao conteúdo de C, os resultados das análises de variância (ANOVA) (Tabela 2) e do teste de

normalidade de Shapiro-Wilk (dados não apresentados) indicam uma normalidade e independência dos dados. Isso permitiu a comparação dos dados de conteúdo e estoque de C por compartimentos, variedades, classes de idade, e combinações de variedades e classes de idade por meio do teste de Tukey ( $P > 0,95$ ) (Figura 2).

**Tabela 2.** Análise de variância do conteúdo e estoque de carbono (C) por compartimentos, variedades, classes de idade, e combinação variedades e classes de idade.

Variáveis	Fonte de variação	gl	SQ	QM	F	valor-P
Conteúdo de C	Compartimentos	3	191,14	63,71	183,6	<2e-16
	Resíduos	60	20,82	0,35		
	Variedades	1	0,1298	0,1298	0,641	0,437
	Resíduos	14	2,8369	0,2026		
	Classes de idade	3	1,260	0,4201	2,954	0,0755
	Resíduos	12	1,706	0,1422		
	Variedades/Idades	7	2,149	0,3070	3,002	0,0732
	Resíduos	8	0,818	0,1023		
Estoque de C	Compartimentos	3	4574	1524,5	12,01	2,93e-06
	Resíduos	60	7615	126,9		
	Variedades	1	691	691,1	0,591	0,455
	Resíduos	14	16365	1168,9		
	Classes de idade	3	13764	4588	16,72	0,000139
	Resíduos	12	3292	274		
	Variedades/Idades	7	16448	2350	30,9	3,53e-05
	Resíduos	8	608	76		

O tronco (47,6%), os galhos (47,4%) e as raízes (47,4%) são os compartimentos da biomassa das laranjeiras com o maior conteúdo de C, quando comparados estatisticamente com as folhas (43,9%) (Figura 2). Os valores do conteúdo de C por compartimento apresentados por Vieira et al. (2023) também foram estatisticamente diferentes, sendo os galhos (44,98%), raízes (44,67%) e tronco (44,66%) diferentes das folhas (43,01%). O fato do material lenhoso (galhos, tronco e raízes) apresentar um maior conteúdo de C, bem como fixar a maior parte do C, deve ser considerado no manejo dos resíduos dos pomares, especialmente quando da renovação, erradicação de plantas doentes e atacadas por pragas, doenças e quando da substituição por outras culturas agrícolas. Sugere-se a disposição desse material lenhoso em áreas fora dos pomares, como as áreas de preservação permanente e reserva legal que estejam em processo de restauração, pois essa galharia, troncos e raízes podem funcionar como abrigos naturais da fauna e favorecer a restauração (REIS et al., 2014). Sugere-se também que esse material seja destinado à geração de energia térmica, reduzindo as emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera em comparação com a queima do material em campo, dado o alto poder calorífico do material lenhoso (LÓPEZ-CORTÉS et al. 2022).



**Figura 2.** Gráficos com conteúdo e estoque de carbono por compartimentos (I e II), variedades (III e IV), classes de idade (V e VI), e combinação variedades e classes de idade (VII e VIII). Onde: P = Pera; V = Valência; A = 3-5; B = 6-10; C = 11-15; D = > 15 anos. Gráficos com barras seguidas da mesma letra não apresentam diferenças significativas nos níveis médios do conteúdo de C ao nível de confiança de 95% pelo teste de Tukey.

Não foram encontradas diferenças estatísticas nos seguintes casos: conteúdo e estoque de C entre as variedades Pera e Valência (Figura 2 III e IV); conteúdo de C entre as classes de idade de 3-5, 6-10, 11-15 e > 15 anos (Figura 2 V); e conteúdo de C na combinação das variedades e classes de idade (Figura 3 VII).

O estudo de Quiñones et al. (2012) também apresenta valores de conteúdo de C em laranjeiras com idades entre 2 e 14 anos muito próximos, variando entre 42,4% e 43,38%, sem diferenças estatísticas. Quanto ao conteúdo de C das variedades Pera e Valência, não foi encontrada literatura científica que confirme ou refute a similaridade entre elas.

Comparando as classes de idade, foram encontrados maiores estoques nas árvores acima de 10 anos (Figura VI), o que é corroborado pelo estudo de Quiñones et al. (2012). Quanto a combinação das variedades e classes de idade (Figura VIII), percebe-se a influência das classes de idade na diferença entre as médias, visto as composições da variedade Pera e Valência com as classes de idade acima de 10 anos apresentarem as maiores médias.

De acordo com a Equação IV descrita na seção de materiais e métodos, o conteúdo médio de C nas laranjeiras foi de 47%. Vieira et al. (2023) analisaram o conteúdo de C nas mesmas árvores aqui estudadas, entretanto, usaram analisador elementar de CHN e uma composição de amostras diferente das apresentadas aqui. Neste estudo, todas as amostras das árvores, ou seja, 64 amostras foram analisadas. No estudo de Vieira et al. (2023), eles pegaram uma grama de cada amostra e fizeram uma amostra composta de 16 amostras por compartimento. Da amostra composta de cada compartimento, eles analisaram 4 repetições, totalizando 16 amostras analisadas. Dessa forma, ao realizar a análise de amostras compostas, eles não consideraram nem a variedade nem a classe de idade, apenas os compartimentos. Além das diferenças na composição das amostras e no analisador elementar usado, ao considerar a média ponderada da biomassa das raízes, tronco, galhos e folhas, o conteúdo médio de C chegou a 44,69%.

Ou seja, a diferença nos resultados do conteúdo médio de C entre o estudo de Vieira et al. (2023) e o presente estudo foi de 2,31 pontos percentuais. Apesar das diferenças na metodologia de análise, essa diferença nos resultados é um fato importante a ser destacado. Pois, o mesmo conjunto amostral pode apresentar resultados diferentes dependendo da metodologia de análise, incluindo a composição das amostras e o analisador elementar utilizado.

Por fim, é importante lembrar que o valor de referência para o conteúdo de C na biomassa lenhosa, sugerido pelo Guia de Boas Práticas para Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2003) é de 50%. Isso representa um valor de três pontos percentuais acima do valor mensurado nesse estudo. Considerando os dados de conteúdo de C de nosso estudo e de outros estudos em outras variedades de citros em outros países (QUIÑONES et al., 2012; IGLESIAS et al., 2013; LÓPEZ-CORTÉS et al., 2022; VIEIRA et al., 2023), observa-se que o valor de referência de 50% sugerido pelo IPCC (2003) pode superestimar os estoques e o sequestro de C em pomares cítricos. Portanto, tanto no inventário nacional de emissões de gases de efeito estufa, quanto nos inventários de propriedades cítricas que não utilizam amostragem destrutiva, sugere-se a utilização de valores de conteúdo de C da literatura científica, a fim de evitar a superestimação dos estoques de C na biomassa de laranjeiras.

## CONCLUSÕES

Com base na média ponderada da biomassa das raízes, tronco, galhos e folhas das 16 laranjeiras avaliadas, de duas variedades e quatro classes de idade, o conteúdo médio de carbono (C) nas laranjeiras é de 47%. O material lenhoso (galhos, raízes e tronco) nas laranjeiras apresenta um maior conteúdo de C, em comparação com as folhas. Esses valores do conteúdo médio de C de 47% na biomassa das laranjeiras, bem como os valores de C por compartimento (tronco 47,6%, galhos 47,4%, raízes 47,4% e folhas 43,9%), podem ser utilizados como referência em projetos de estimativas de C em pomares cítricos. Com uma média de 45 e um valor máximo de 100 kg por árvore, o estoque de C indica o grande potencial de armazenamento de C na fitomassa de laranjeiras. O que demonstra a importância de espécies agrícolas lenhosas no sequestro de C. As informações apresentadas podem contribuir para o estabelecimento de práticas de manejo em pomares cítricos que buscam a manutenção e/ou aumento dos estoques de C no solo e na biomassa das árvores. Também podem contribuir com projetos de mitigação das mudanças climáticas que visam à redução de emissões de gases de efeito estufa ou o aumento do sequestro de C.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Innocent Drinks CO pelo apoio

financeiro do Farmer Innovation Fund a este estudo. Agradecemos aos proprietários e a todos os funcionários das três fazendas cítricas, bem como a todos os membros das equipes da Pesquisa de Estimativa de Safra do Fundecitrus e da empresa FlorAgro que nos apoiaram no campo e na preparação das amostras.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em <https://bv.fapesp.br/pt/publicacao/92900/koppens-climate-classification-map-forbrazil/>.
- ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A. Carne Carbono Neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos. Série Documentos (Documentos 210). Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2015. 29 p.
- BALOTA, E. L.; AULER, P. A. M. Soil microbial biomass under different management and tillage systems of permanent intercropped cover species in an orange orchard. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 35, p. 1873-1883, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura. Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília, DF: MAPA/ACS, 2012. 173 p.
- DOWLE, M.; SRINIVASAN, A.. Data.table: Extension of `data.frame`. **R package version 1.14.8**, 2023. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=data.table>. Acesso em: 29 mai. 2023.
- ESCANHOELA, A.S.B.; PITOMBO, L.M.; BRANDANI, C.B.; NAVARRETE, A.A.; BENTO, C.B.; DO CARMO, J.B. Organic management increases soil nitrogen but not carbon content in a tropical citrus orchard with pronounced N<sub>2</sub>O emissions. **J. Environ. Manag.**, v. 234, pp. 326-335, 2019.
- FUNDECITRUS, MARKESTRAT, FEA-RP/USP, FCAV/UNESP. **Inventário de árvores do cinturão cítrico de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro: retrato dos pomares em março de 2023**. Araraquara: Fundecitrus, 2023. Disponível em: [https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes\\_relatorios/2023\\_06\\_05\\_Invent%C3%A1rio\\_e\\_Estimativa\\_do\\_Cinturao\\_Citricola\\_2023-2024.pdf](https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2023_06_05_Invent%C3%A1rio_e_Estimativa_do_Cinturao_Citricola_2023-2024.pdf). Acesso em: 19 mar. 2023.
- IGLESIAS, D. J., QUIÑONES, A., FONT, A., MARTÍNEZ-ALCÁNTARA, B., FORNER-GINER, M. Á., LEGAZ, F., & PRIMO-MILLO, E. (2013). Carbon balance of citrus plantations in Eastern Spain. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 171, 103–111. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.03.015>
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry**. Kamiyaguchi: IGES, 2003.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers. **Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Geneva: IPCC, 2023.

KONGSAGER, R.; NAPIER, J.; MERTZ, O. The carbon sequestration potential of tree crop plantations. **Mitig Adapt Strateg Glob Change**, v. 18, p. 1197-1213, 2013.

LÓPEZ-CORTÉS, I., MARTÍ, B. V., ESTORNELL, J., RODRÍGUEZ, J. E. F., MARTÍ-GAVILÁ, J., & HERNÁNDEZ, D. S. Quantification Model of Residual Biomass in Citrus Uprooting. **Agronomy**, v. 12, p. 1-10, 2022. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071648>

MARTIN, A. R.; THOMAS, S. C. A Reassessment of Carbon Content in Tropical Trees. **Plos One**, v. 6, n. 8, p 1-9, 2011.

MARTINS, A. P. M.; CARVALHO, R. R.; ANDRADE, C.; SANQUETTA, C. R. Comparação de métodos de quantificação de carbono em bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). **BIOFIX Scientific Journal**, v. 2, n. 1, p. 16-21, 2017.

MORGAN, K.T.; SCHOLBERG, J.M.S.; OBREZA, T.A.; WHEATON, T.A. Size, Biomass, and Nitrogen Relationships with Sweet Orange Tree Growth. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** v. 131, n. 1, p. 149–156, 2006.

NOGUEIRA JUNIOR, L. R. **Estoque de carbono na fitomassa e mudança nos atributos do solo em diferentes modelos de restauração da Mata Atlântica.** 2010. 94p. (Tese Doutorado).

QUIÑONES, A.; MARTÍNEZ-ALCÁNTARA, M.; FONT, A.; FORNERGINER, M. Á.; LEGAZ, F.; PRIMO-MILLO, E.; IGLESIAS, D. J. Allometric Models for Estimating Carbon Fixation in Citrus Trees. **Agronomy Journal**, v. 105, n. 5, p. 1355-1366, 2013

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>> . Acesso em: 29 mai. 2023.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R.; TRENTIN, B. E. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 509-519, 2014.

SILVA, T. C.; ARAUJO, E. C. G.; SANQUETTA, C. R.; COELHO, J. B. M.; BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P.. Comparison of methodologies for determining the carbon content in wood. **Rev Agro Amb**, v. 14, Supl. 2, e8400, 2021.

VIEIRA, L. C.; NOGUEIRA JUNIOR, L. R.; RONQUIM, C. C.; PAIM, F. A. de P.; TROMBIN, V. G. Carbono (C), Nitrogênio (N) e relação C/N em raízes, tronco, galhos, folhas e frutos de laranjeiras (*Citrus sinensis* L. Osbeck) no estado de São Paulo. **17º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica**, p. 1-11, 2023.

WICKHAM, H. **Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis.** New York: Springer-Verlag, 2016. Disponível em: <<https://ggplot2.tidyverse.org/>>. Acesso em: 29 mai. 2023.

WICKHAM, H. **Stringr: Simple, Consistent Wrappers for Common**

String Operations. **R package 2022.** Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=stringr>>. Acesso em: 29 mai. 2023.