



Padrões de fluxo e particionamento de C do clone *Eucalyptus urophylla* em diferentes gradientes climáticos no Brasil

Fernanda Leite Cunha¹
Anny Francielly Ataíde Gonçalves¹
Josiana Jussara Nazaré Basílio¹
Cléber Rodrigo de Souza¹,
Otávio Camargo Campoe¹

¹Universidade Federal de Lavras (fernandaleitecunha@gmail.com, anny.goncalves1@ufla.br, crdesouza@hotmail.com, otavio.campoe@ufla.br, josianajussara@gmail.com)

RESUMO: O clone *Eucalyptus urophylla* é o mais plantado no Brasil devido sua alta plasticidade e produtividade. Dessa forma, esse trabalho teve o objetivo de estudar o balanço de C do clone em sítios com e sem déficit hídrico no Brasil. O fluxo e o particionamento médio do clone para produção de madeira foi de $1873,1 \text{ g C m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ (25%). A produtividade primária bruta reduziu, quase a metade em plantios localizados em sítios com déficit hídrico. Ao analisar os fluxos nos mesmos sítios, foi observado que fluxo para produção de madeira reduziu, em detrimento do aumento do fluxo para produção de raízes, quando comparado com os sítios sem déficit hídrico. Apesar do clone responder negativamente em crescimento em função do aumento do déficit hídrico, a probabilidade do particionamento do C para produção de madeira é de 59%. Este valor pode ser considerado satisfatório para a indústria, o que pode representar um dos indicativos do clone apresentar a maior área plantada no país, enfatizando sua importância para o setor florestal Brasileiro.

Palavras-chave: Balanço de carbono, plantios florestais, produção de madeira.

Introdução

A alocação de carbono de ecossistemas florestais é considerada um dos mais importantes mecanismos de adaptação das plantas às mudanças ambientais (Campoe et al. 2020). Contudo, os padrões de alocação do carbono em diferentes gradientes climáticos ainda não são totalmente compreendidos, devido ao fato de variar de acordo com o material genético (Yang et al. 2018).

Nesse contexto, os estudos de partição de carbono são essenciais para uma estimativa precisa da produção das florestas (Ryan et al. 2010). Dessa forma, esse trabalho teve o objetivo de estudar o balanço de C do clone A1 (*Eucalyptus urophylla*) em sítios com características tropicais (com déficit hídrico e altas temperaturas) e subtropicais (sem déficit hídrico e com temperaturas amenas), no Brasil.

Material e métodos

O estudo foi desenvolvido utilizando-se o clone A1 (*Eucalyptus urophylla*), em quatro locais da pesquisa experimental Tolerância de *Eucalyptus* Clonais ao Estresse Hídrico, Térmico e Bióticos (TECHS). Os locais foram divididos em sítios com estresses hídricos e elevadas temperaturas -S1 (L.3 e L.17), com maiores médias de temperatura e maior déficit hídrico, e sítios subtropicais sem déficit hídrico pronunciado-S2 (L.22, L.24), temperaturas amenas e menor déficit hídrico Tabela 1.



Tabela 1: Localização e características climáticas dos locais de estudo.

Código Local	Local	Latitude (S)	Longitude (O)	Pluviosidade (mm)	Déficit Hídrico (mm ano ⁻¹)	Temperatura média (°C)
L.3	Urbano Santos, MA	-3,4	-43,1	1461	578	27,3
L.17	Bocaiúva-MG	-17,3	-43,8	713	544	23,3
L22	Mogi Guaçu, SP	-22,4	-47	1097	145	23,3
L.24	Telêmaco Borba, PR	-24,2	-50,5	1497	5	19,6

O balanço de C dos sítios foi realizado utilizando técnicas descritas por Giardina e Ryan (2002) e Ryan et al. (2004). Cada balanço de C foi medido durante 2 anos, dos 22 aos 33 meses de idade da floresta, e expresso em g de C m⁻² ano⁻¹. As metodologias e os cálculos realizados para o fluxo total de C abaixo do solo (TBCF), produção primária líquida de madeira (WNPP), produção primária líquida de folhagem (FNPP) e a respiração das árvores acima do solo (Ra) podem ser encontrados em Campoe et al. (2020).

A produção primária bruta (GPP) foi calculada como a soma de WNPP, FNPP, TBCF e Ra. O particionamento foi calculado como a razão entre um fluxo de C específico e a GPP. O particionamento do C para cada componente da árvore foi obtido através da divisão do fluxo pela GPP. Para analisar os dados foram confeccionados histogramas dos fluxos e particionamentos do C para o clone e para cada condição climática (Tropical e Subtropical).

Ademais, para conhecer a probabilidade de particionamento do carbono, para os diferentes compartimentos da árvore, nos diferentes gradientes climáticos no Brasil, avaliamos para cada variável a probabilidade de uma determinada observação ocorrer ao longo da amplitude de valores possíveis. Para isso, extraímos 1000 amostras aleatórias do conjunto de dados (com reposição) e para cada uma delas quantificamos o percentual de valores de cada variável presente em cinco diferentes classes: 1) valor mínimo existente até a média menos 2 desvios-padrão; 2) média menos 2 desvios-padrão até a média menos 0,5 desvios-padrão; 3) média menos 0,5 desvios-padrão até a média mais 0,5 desvios-padrão; 4) média mais 0,5 desvios-padrão até a média mais 2 desvios-padrão; 5) média mais 2 desvios-padrão até o valor máximo existente. Com base no resultado das 1000 amostras, quantificamos para cada classe o percentual médio de ocorrência de valores de cada variável, obtendo assim a probabilidade de que o valor para uma variável de uma amostra retirada ao acaso esteja contido em cada uma das classes.

Resultados e discussão

O clone A1 é o material genético de eucalipto mais plantado no Brasil devido a sua alta produtividade e qualidade da madeira produzida. Além disso, é tolerante as pragas e doenças, e possui uma tolerância moderada à seca. Ao longo do gradiente geográfico no clima, a produção de madeira (WNPP) para o clone obteve média de 1079,46 g C m⁻² ano⁻¹ e particionamento de 25% do C da GPP



(Figura 1). O fluxo de C para abaixo do solo (TBCF) foi de 1873,1 g C m⁻² ano⁻¹, e obteve o maior particionamento do C para o clone de 45%. A respiração autotrófica (Ra) e o fluxo de C para as folhas (FNPP), obtiveram média de 888,3 e 382,9 g C m⁻² ano⁻¹, e particionamento de 21 e 9%, respectivamente.

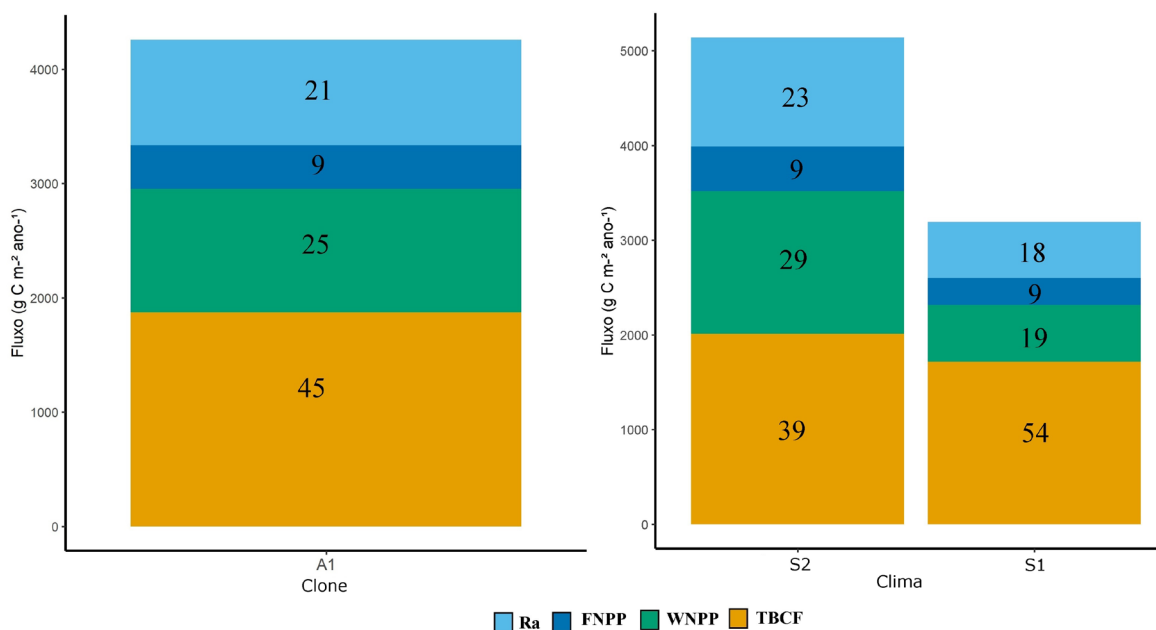


Figura 1: Médias dos Fluxos e particionamento do C para o clone A1 em plantios no Brasil e em condições climáticas de sítios tropicais e subtropicais. Em que: Ra: respiração das árvores acima do solo, FNPP: produção primária líquida de folhagem, WNPP: produção primária líquida de madeira, TBCF: fluxo total de C abaixo do solo (TBCF), S1: sítios com déficit hídrico pronunciado e temperaturas elevadas, S2: sítios se déficit hídrico e com temperaturas amenas.

Os plantios localizados nos sítios tropicais tiveram a GPP reduzida quase a metade quando comparado aos plantios subtropicais, e consequentemente obtiveram menor particionamento do C para a produção de madeira (19 e 29%), em detrimento do maior particionamento para o TBCF (54 e 39%), respectivamente. Esses resultados corroboram com o observado por Campoe et al. (2020), os quais discutem que em ambientes estressantes, a absorção de C diminui e a partição subterrâneo aumenta, devido ao acesso limitado de recursos, como a água, dessa forma, as plantas tendem a particionar mais o C no crescimento das raízes para atingir pools de recursos no solo para atender a demanda.

O Ra para o clone tendeu a reduzir nos ambientes tropicais, o que pode indicar que o clone A1 reduz a abertura estomática em ambientes estressantes, para reduzir a perda de água através da transpiração. Por fim, em relação ao FNPP, não foi observado mudanças significativas no particionamento do C entre os climas tropicais e subtropicais, o que indica que o custo energético para a produção de folhas não se alterada em condições adversas.

Os fluxos e o particionamento do C para o clone A1 é variável com as condições climáticas, como observado na figura 1. Segundo Campoe et al. (2020), o particionamento do C em plantios de eucalipto é dependente das temperaturas, em que, quanto maior a temperatura menor é a GPP, e menor é a produção de madeira. No entanto, no geral, de acordo com a Figura 2, pode-se observar que a probabilidade de ocorrência dos maiores particionamentos de C para produção de madeira (0,27 a 0,41) é de 29%. Ainda segundo Campoe et al. (2020), altos particionamentos do C para a madeira só ocorre em sítios com condições climáticas favoráveis ao crescimento do gênero, como temperaturas amenas e baixo déficit de pressão de vapor, ou seja, sítios localizados mais ao sul do Brasil. O particionamento mediano do clone (0,18 a 0,27), teve probabilidade de 30%, valores que também podem ser considerados satisfatórios para produção de madeira. Somando as duas classes superiores da análise, o particionamento para o WNPP acumula 59% de probabilidade de ocorrência, o que ressalta os seus altos índices de produtividade no Brasil.

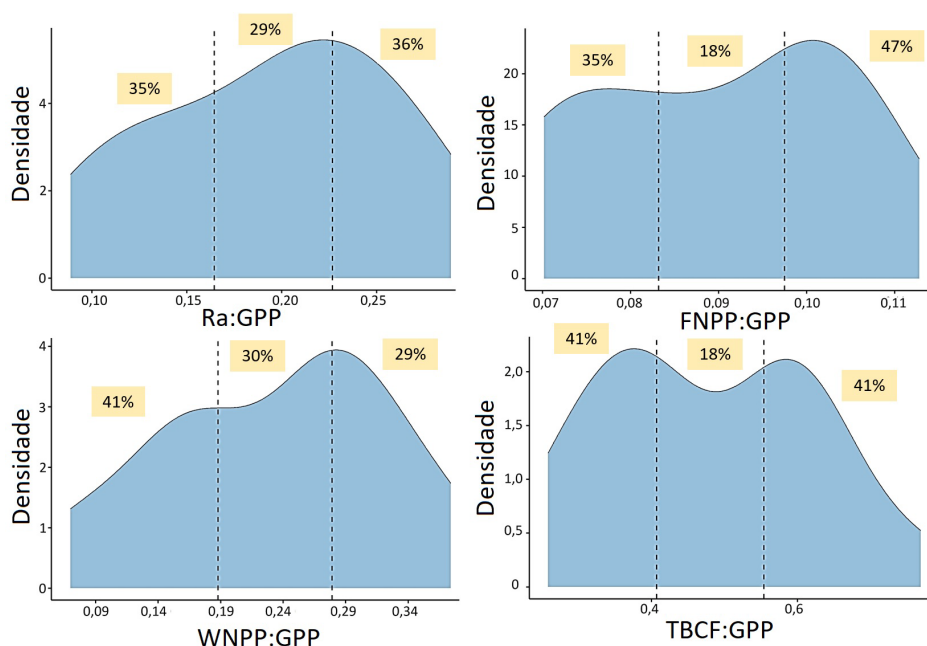


Figura 2 - Probabilidade de ocorrência dos particionamentos do C nos diferentes compartimentos da árvore em plantios do clone A1 em diferentes gradientes climáticos no Brasil.

A classe inferior da análise de probabilidade para o particionamento do WNPP, indicou alta chance de ocorrência, com 41%. Esses valores normalmente ocorrem em sítios que apresentam condições estressantes, como ocorrência de altas temperaturas (Campoe et al, 2020). Isso representa um problema para o setor florestal, já que a expansão dos plantios de eucalipto tem ocorrido em áreas mais secas no país, o que desperta um grande desafio na seleção de clones com maior tolerância a essas condições (Hubbard et al., 2020).



O particionamento do C nas classes superiores do TBCF (0,55 a 0,77) e inferior (0,18 a 0,47) teve 41% de probabilidade de ocorrência, enquanto que a classe mediana teve 18% de probabilidade. A amplitude de particionamento do FNPP foi pequena (0,07 a 0,12), com probabilidade de ocorrência foi de 35, 18 e 47% para as classes inferior, mediana e superior. Já o particionamento para a Ra, a probabilidade de ocorrência foi de 35, 29 e 36% para as classes inferior, mediana e superior. O particionamento do Ra, varia de acordo com as condições climáticas, Hubbart et al (2020), encontrou que o clone A1 transpira mais em sítios mais úmidos quando comparado aos sítios mais secos.

Conclusões

O clone A1 é um clone produtivo, por possuí alta probabilidade de particionamento do C para produção de madeira, em detrimento do particionamento do C para o crescimento de raízes. Contudo, quando submetido a ambientes estressantes, em climas tropicais, a prioridade do particionamento se inverte, como uma estratégia de sobrevivência em locais com recursos limitantes. Esses resultados ressaltam a importância do programa de melhoramento genético, em produzir clones com boa adaptabilidade as condições adversas, e também de rever as estratégias silviculturais utilizadas pelos plantios de eucalipto, principalmente quanto ao uso da água, para assegurar a produtividade necessária para abastecer o setor florestal.

Referências bibliográficas

- CAMPOE, O.C. et al. Climate and genotype influences on carbon fluxes and partitioning in Eucalyptus plantations. *For. Ecol. Manage*, v. 475, p.118445, 2020.
- GIARDINA, C.P.; RYAN, M.G. Total belowground carbon allocation in a fast-growing Eucalyptus plantation estimated using a carbon balance approach. *Ecosystems*, New York, v. 5, p. 487-499, 2002. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118445>.
- HUBBARD, R.M.; CARNEIRO, R. L.; CAMPOE, O.; ALVARES, C. A.; FIGURA, M. A.; Moreira, G. G. Contrasting water use of two Eucalyptus clones across a precipitation and temperature gradient in Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 475, p. 118407, 2020.
- RYAN, M.G. et al. Factors controlling Eucalyptus productivity: How water availability and stand structure alter production and carbon allocation. *For. Ecol. Manage*, 259, 1695–1703, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.foreco>.
- RYAN, M.G. et al. Factors controlling Eucalyptus productivity: How water availability and stand structure alter production and carbon allocation. *For. Ecol. Manage*, 259, 1695–1703, 2010.
- YANG, J.; MEDLYN, B. E.; KAUWE, M. G. D.; DUURSMA, R. A. Applying the concept of ecohydrological equilibrium to predict steady state leaf area index. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, v. 10, p. 1740– 1758, 2018.

