



ANÁLISE DA INFLUÊNCIA EDAFO-METEOROLOGICA NO CRESCIMENTO VOLUMÉTRICO DE *EUCALYPTUS* SPP. UTILIZANDO PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO E SENSOR IOT

Karlmer Abel Bueno Corrêa¹, Esthevan Augusto Goes Gasparoto, Emily Tsiemi
Shinzato, Maycow Lucas Dutra Gomes Berbert, Lucas Kröhling Bernardi

1 Treevia Forest Technologies, São José dos Campos, SP, Brasil. E-mail: karlmer.correa@treevia.com.br; esthevan@treevia.com.br; emily@treevia.com.br; maycow.berbert@treevia.com.br; lucas.bernardi@treevia.com.br (ORCID:)

Autor correspondente: Karlmer Abel Bueno Corrêa. E-mail: karlmer.correa@treevia.com.br.

RESUMO

Fatores como clima, solo e disponibilidade de água possuem forte correlação com a produtividade de povoamentos. Dendrômetros digitais com capacidade de coletas diárias de diâmetro possibilitam a mensuração dessa relação em curtos períodos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação entre variáveis edafo-meteorológicas e o incremento florestal em um plantio clonal de *Eucalyptus spp.* utilizando dados de dendrômetros digitais e sensoriamento remoto. Os resultados mostram que as variáveis climáticas influenciam no crescimento de formas distintas, com destaque para a precipitação, que apresentou coeficiente de determinação R^2 de 0,38 para os dados de incremento corrente diário em $m^3 ha^{-1}$. O uso de sensores com coleta de dados diária aliado a dados de sensoriamento remoto se mostrou eficaz para modelar os efeitos climáticos e espaciais na produtividade de povoamentos de *Eucalyptus*.

Palavras-chave: Agrometeorologia; dendrometria; disponibilidade hídrica; internet das coisas

ANALYSIS OF THE EDAPHO-METEOROLOGICAL INFLUENCE ON THE VOLUMETRIC GROWTH OF *EUCALYPTUS* SPP. USING REMOTE SENSING PRODUCTS AND IOT SENSOR

ABSTRACT

Factors such as climate, soil, and water availability have a strong correlation with stand productivity. Digital dendrometers with daily diameter collection capabilities make it possible to measure this relationship in short periods. The objective of this work was to evaluate the relationship between soil and weather variables and forest growth in a clonal plantation of *Eucalyptus spp.* using data from digital dendrometers and remote sensing. The results show that the climate variables influence growth in different ways, especially precipitation, which showed a coefficient of determination R^2 of 0.38 for current daily increment data in $m^3 ha^{-1}$. The use of sensors with daily data collection combined with remote sensing data proved effective for modeling the climatic and spatial effects on the productivity of *Eucalyptus* stands.

Key words: Agrometeorology; dendrometry; water availability; internet of things

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MENSURAÇÃO FLORESTAL



INTRODUÇÃO

As mudanças nas variáveis climáticas, como temperatura do ar e chuva, têm afetado diretamente a produção das florestas plantadas, impactando o abastecimento industrial (Baesso *et al.*, 2010). Diante dessas mudanças, é essencial compreender a relação entre as variáveis climáticas e seu impacto nas florestas, visando melhorar o manejo florestal (Coops & Waring, 2011) e reduzir os riscos de incêndios florestais (Caúla *et al.*, 2015).

Estudos demonstram a forte relação entre o crescimento das florestas plantadas e a disponibilidade de água perante diferentes cenários de projeções climáticas (Elli *et al.*, 2020). Períodos prolongados de estiagem e secas severas recorrentes podem reduzir a produtividade dos plantios de eucaliptos, resultando na mortalidade de algumas árvores. A diminuição da precipitação pode prejudicar o desenvolvimento dos indivíduos florestais e reduzir o crescimento das plantações, tornando imprescindível compreender os efeitos dos fatores climáticos na eficiência do uso da água pelas árvores (Almeida *et al.*, 2007).

O inventário florestal visa, por meio de técnicas de amostragem, estimar parâmetros da floresta em momentos específicos do tempo. Aliado a sensores com Internet das Coisas (IoT) disponíveis no mercado brasileiro, estimar tais parâmetros se torna muito mais fácil dada a grande quantidade de dados produzida diariamente por esses equipamentos. Essa riqueza de dados permite mensurar o efeito de fatores externos na produtividade de povoamentos. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a dinâmica em um curto período do crescimento florestal de povoamento clonal de *Eucalyptus* spp. utilizando dados geoespaciais e sensor IoT no monitoramento e a influência da precipitação no crescimento das árvores, permitindo um melhor planejamento e manejo florestal.

MATERIAL E MÉTODOS

A base de dados do presente estudo é proveniente de um plantio de *Eucalyptus* spp., com 5 anos de idade, localizado no Vale do Paraíba, estado de São Paulo, em uma área de 36,57 hectares.

Foram delimitadas 20 parcelas de área variável, pelo método de Bitterlitch, utilizando um fator de expansão $K=1$, dispostas de maneira sistemática na área de estudo (Figura 1A).

Em campo, foi realizada a mensuração da circunferência a 1,30 m de altura (C) de cada uma das árvores selecionadas pelo reláscopio de Bitterlich. Ao final da mensuração de todas as árvores da parcela, identificou-se a árvore que mais se aproxima do diâmetro médio quadrático (Dg), na qual instalou-se o dendrômetro *Long Range* (DLR) da marca Treevia em sua versão 1.0 (Figura 1B), representando assim a árvore média da parcela. O volume total por hectare (V) foi calculado multiplicando-se o volume da árvore média pelo número de fustes por hectare medido em campo.

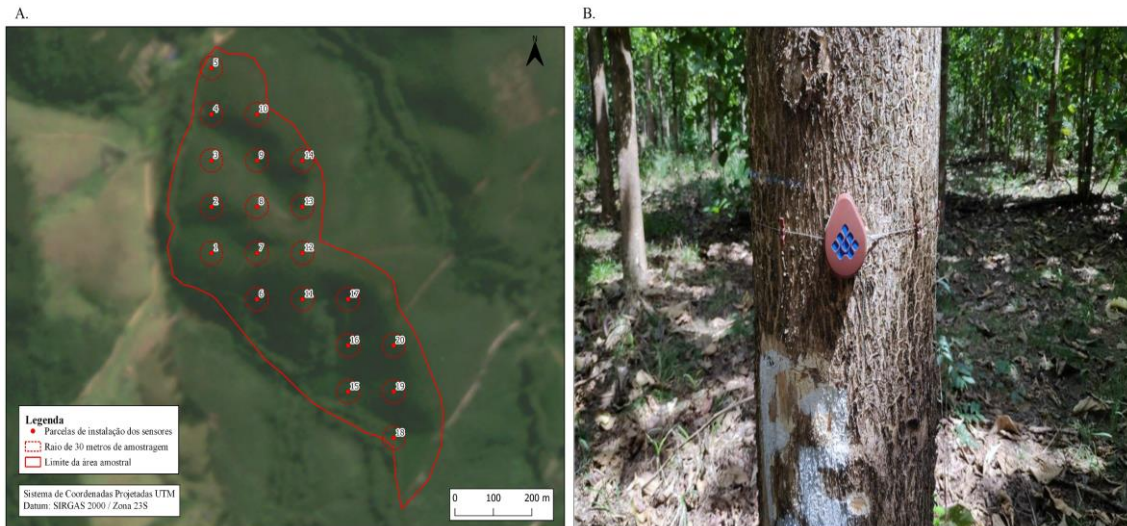


Figura 1. Localização da área de estudo e distribuição dos sensores (A) e imagem do sensor de dendrometria instalado (B)

Os dendrômetros foram configurados para obter leituras diárias da circunferência das árvores. Dessa forma, foi calculado o incremento corrente diário da variável volume total com casca (ICD-V) a nível de estrato para a utilização nas análises meteorológicas e o incremento líquido no período para a variável volume total com casca (IL-V), a nível de amostra, para as análises edáficas. Os sensores foram instalados no dia 16 de maio e desinstalados no dia 23 de junho de 2022, permanecendo 39 dias em campo.

Foram utilizados dados de precipitação e temperatura obtidos do produto CFSv2 (*Climate Forecast System, version 2, 6-hourly Products*); informações de solo pelo produto Soilgrids (Hengl *et al.*, 2017) para a profundidade de 100 cm de solo; de altitude do produto SRTMGL1 (*NASA Shuttle Radar Topography Mission Global 1 arc second V003*); e o modelo que estima a altura acima da drenagem mais próxima (HAND) (Donchyts *et al.*, 2016).

Tais informações foram obtidas pela plataforma do *Google Earth Engine* (GEE) (Gorelick *et al.*, 2017), por sua interface de programação de aplicativo (API) em linguagem de programação Python. A partir das coordenadas de cada dendrômetro, utilizou-se a média de *pixels* em um raio de 30 metros. A qualidade dos ajustes foi avaliada por meio do Coeficiente de Determinação Ajustado (R^2), considerando a quantidade média diária, a nível de estrato ou em relação a árvore amostrada em campo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2A é demonstrado que o aumento do volume é proporcional ao aumento da precipitação pluvial na localidade do estrato. A Figura 2B representa a correlação entre os valores diários da estimativa de precipitação com respectivos dados obtidos pelo volume líquido, com um R^2 de 0,38. Além disso, conforme as Figuras 2C e 2D, as correlações tanto da amplitude térmica como temperatura mínima demonstraram valores mais baixos, respectivamente 0,06 e 0,15.

Sendo indicativo de que, na região avaliada, a redução na amplitude térmica influenciou no aumento do volume líquido.

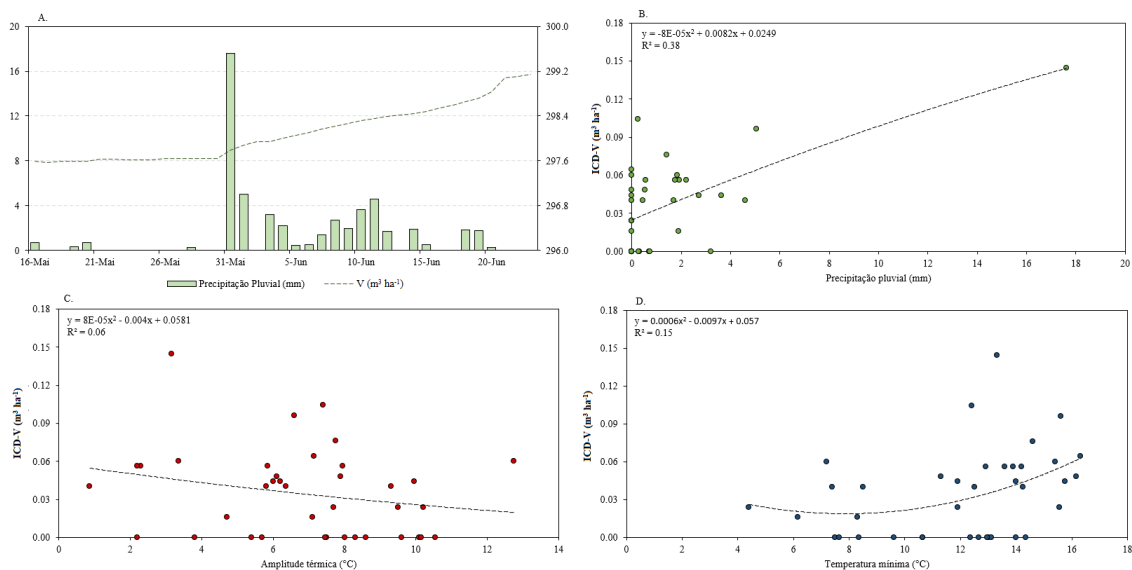


Figura 2. Gráfico de distribuição da precipitação e V diário (A), dispersão do incremento corrente do volume diário (ICD-V) versus a precipitação pluviométrica estimada (B), amplitude térmica (C) e temperatura mínima (D) da área de estudo

Quando avaliado os parâmetros relacionados ao terreno, conforme as Figuras 3A e 3C, os R^2 de 0,19 e 0,26, respectivamente, evidenciam um comportamento inversamente proporcional dessas texturas com o IL-V. Já na Figura 2B, a altitude nessa área possuiu um comportamento de parábola, com o ápice do volume líquido entre 730 e 750 metros, demonstrando que acima ou abaixo desses valores, ocorre uma diminuição de volume. Na Figura 3D, o modelo HAND apresentou R^2 de 0,25, indicando que áreas com melhor drenagem apresentam um maior volume de floresta, possivelmente pela maior disponibilidade de água.

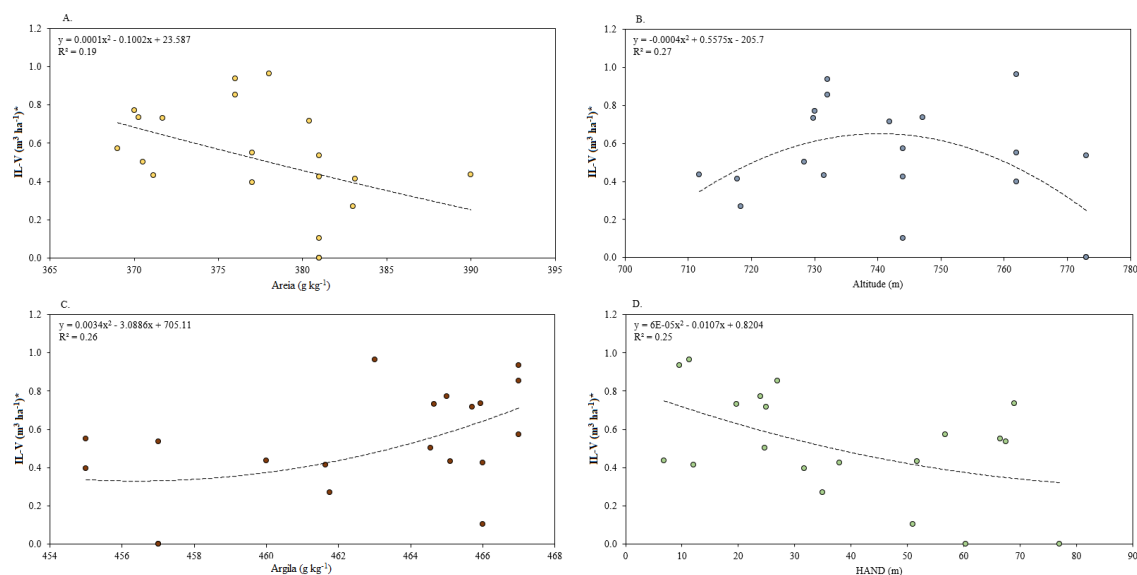


Figura 3. Gráfico de dispersão do incremento líquido do volume (IL-V) versus a proporção de areia (A), altitude do terreno (B), proporção de argila (C) e altura acima da drenagem mais próxima (HAND) (D) referente aos sensores da área de estudo

CONCLUSÃO

O uso de produtos de sensoriamento remoto e sensores *in situ* mostraram boas relações entre as variáveis meteorológicas e topográficas com o incremento no V em um curto espaço de tempo para a região avaliada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A. C.; Soares, J. V.; Landsberg, J. J.; Rezende, G. D. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 251, n. 1-2, p. 10-21, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.009>.
- Baesso, R. C. E.; Ribeiro, A.; Silva, M. P. Impacto das mudanças climáticas na produtividade do eucalipto na região norte do Espírito Santo e Sul da Bahia. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 2, p. 335-344, 2010. <https://doi.org/10.5902/198050981856>
- Caúla, R. H.; Oliveira-Júnior, J. F.; Lyra, G. B.; Delgado, R. C.; Heilbron Filho, P.F.L. Overview of fire foci causes and locations in Brazil based on meteorological satellite data from 1998 to 2011. **Environmental Earth Sciences**, v. 74, n. 2, p. 1497-1508, 2015. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4142-z>.
- Coops, N. C.; Waring, R. H. A process-based approach to estimate lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.) distribution in the Pacific Northwest under climate change. **Climatic Change**, v. 105, n. 1, p. 313- 328, 2011. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9861-2>.
- Donchyts, G.; Winsemius, H.; Schellekens, J.; Erickson, T.; Gao, H.; Savenije, H. H. G.; van de Giesen, N. Global 30m height above the nearest drainage (HAND). In: European Geosciences Union 2016, Vienna. **Proceedings...** Vienna: EGU, 2016. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3956.8880>.
- Elli, E. F.; Sentelhas, P. C.; Bender, F. D. Impacts and uncertainties of climate change projection on Eucalyptus plantation productivity across Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.474, e118365, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118365>.
- Gorelick, N.; Hancher, M.; Dixon, M.; Ilyushchenko, S.; Thau, D.; Moore, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v.202, p.18–27, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>.
- Hengl, T.; Mendes de Jesus, J.; Heuvelink, G. B. M.; Ruiperez Gonzalez, M.; Kilibarda, M.; Blagotić, A. et al. SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. **PLOS ONE**, v. 12, n. 2, e0169748, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169748>.