

## COMPARAÇÃO ENTRE MANOVA E SÉRIES TEMPORAIS EM MEDIDAS REPETIDAS AO LONGO DO TEMPO

IÊDA MARIA DE SIQUEIRA BEZERRA<sup>1</sup>  
JOSÉ ANTÔNIO ALEIXO DA SILVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco.

<sup>2</sup> Academia Pernambucana de Ciência Agronômica.

Autor para correspondência: jaaleixo@uol.com.br

**Resumo:** O estudo avaliou o crescimento em altura de espécies florestais, incluindo clones de eucaliptos, em monocultivos e sistema agroflorestal e silvipastoril com Feijão-Caupi e Capim Tanzânia. Foram testados diferentes espaçamentos 3 m × 2 m em monocultivos e 4 m × 2 m, tanto em monocultivos como em consórcios, e também a eficácia da aplicação de fontes de nutrientes: resíduos dos tanques de piscicultura, sedimentos do reservatório de Itaparica, biocarvão e testemunha, cada uma repetida quatro vezes. O experimento, localizado em Belém de São Francisco, Pernambuco, utilizando delineamento multivariado com medidas repetidas. Os espaçamentos 4 m × 2 m com consórcios mostraram resultados promissores. O modelo multivariado foi o método mais eficaz na análise do sistema agroflorestal e silvipastoril. Os clones MA 2000 e MA 2001 se destacaram como as espécies com o maior crescimento, sendo o MA 2001 a mais promissor em altura. Este clone apresenta potencial para atender às demandas energéticas locais. Os resultados ressaltam a importância de espécies de rápido crescimento para suprir necessidades energéticas, especialmente em regiões semiáridas, reduzindo a exploração ilegal de floresta nativa. A abordagem oferece oportunidades de diversificação de renda para agricultores, diminuindo a dependência da agricultura convencional. A madeira de eucalipto, de valor significativo, é aplicada em diversos setores, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da região.

**Termo para indexação:** Sistema Agroflorestal, *Eucalyptus*, Experimentação Florestal.

## COMPARISON BETWEEN MANOVA AND TIME SERIES IN REPEATED MEASURES OVER TIME

**Abstract:** The study evaluated the height growth of forest species, including eucalyptus clones, in monocultures and agroforestry systems and silvipastoral with Cowpea and Tanzânia Grass. Different spacings were tested, 3 m × 2 m in monocultures and 4 m × 2 m, both in monocultures and in intercrops, and also the effectiveness of the application of nutrient sources: waste from fish farming tanks, sediments from Itaparica reservoir, biochar and control, each repeated four times. The experiment, located in Belém de São Francisco, Pernambuco, used a multivariate design with repeated measures. The 4 m × 2 m spacing with consortia showed promising results. The multivariate model was the most effective method in analyzing the agroforestry system. The clones MA 2000 and MA 2001 stood out as the species with the highest growth, with MA 2001 being the most promising in terms of height. This clone has the potential to

supply local energy demands. The results highlight the importance of fast-growing species to attend energy needs, especially in semi-arid regions, reducing the illegal exploitation of native wood. The approach offers income diversification opportunities for farmers, reducing dependence on conventional agriculture. The *Eucalyptus* wood, of significant value, is applied in several sectors, contributing to the sustainable development of the region.

**Index terms:** Agroforestry System, *Eucalyptus*, Forest Experimentation.

## INTRODUÇÃO

A região Semiárida do Nordeste brasileiro, com condições desfavoráveis de elevadas temperaturas, escassa precipitação e solos frágeis, enfrenta degradação ambiental devido a práticas agrícolas extrativistas, expansão da pecuária e exploração intensa de lenha e madeira (Fialho *et al.*, 2021).

Estudos mostram que implementar Sistemas Agroflorestais (SAFs) em áreas com atividades agrícolas e pecuárias traz benefícios, como a diversificação de espécies, superando sistemas agrícolas convencionais. A diversidade fortalece a resistência do sistema, tornando-o mais adaptável a variações como mudanças climáticas, doenças, pragas e disponibilidade de recursos (Kay *et al.*, 2019).

Segundo Silva *et al.* (2020), a adoção de SAFs no Semiárido visa otimizar espaços limitados e promover convivência sustentável, especialmente para preservar ou recuperar áreas degradadas da Caatinga. De acordo com Mukhlis, Rizaludin e Hidayah (2022), o manejo florestal sustentável é uma opção viável para pequenos agricultores no Semiárido, preservando o ecossistema e seus elementos a médio e longo prazo, além disto, proporciona emprego durante períodos de estiagem, garantindo renda à população rural.

Segundo Oliveira *et al.* (2021), ao utilizar espécies do gênero *Eucalyptus* em SAFs, destaca-se seu rápido crescimento e características silviculturais favoráveis,

possibilitando a adaptação a diferentes condições climáticas e de solo.

A Aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Fr, All) é uma espécie arbórea nativa com grande potencial para integrar os SAFs (Salomão *et al.*, 2012). A madeira da Aroeira possui qualidades físicas, biológicas e químicas que proporcionam resistência a vários fatores.

O Angico (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil*) é uma árvore semicaducifólia com crescimento moderado a rápido, heliófila, adapta-se a áreas ensolaradas, com moderada tolerância a baixas temperaturas (Souza; Bôas; Durigan, 2015). Altamente recomendada em SAFs e reflorestamentos de áreas danificadas, destaca-se pela eficiente fixação de nitrogênio e resistência a ventos fortes (Paes *et al.*, 2006).

O feijoeiro é amplamente usado em SAFs, especialmente em condições de menor sombreamento, adaptando-se bem entre as fileiras de árvores (Oliveira *et al.*, 2022). De acordo com Miccolis *et al.* (2016), recomenda-se o uso de capim nos SAFs manejo regular do mesmo, realizando a roçagem regularmente, em geral de três a quatro vezes por ano.

Os adubos orgânicos desempenham papel crucial na melhoria da produção agrícola, promovendo uma estrutura do solo mais favorável (Silva, 2012). A relação entre as raízes e o biocarvão potencializa a absorção de nutrientes pelas plantas, otimizando a eficácia da adubação (Olmo *et al.*, 2016). O uso de resíduos dos tanques de pisciculturas como fonte de adubação, além

de promover o desenvolvimento sustentável permite a reutilização de nutrientes vitais (Nascimento *et al.*, 2016; 2018). Os sedimentos do reservatório podem ser usados como melhorador de solo, reduzindo custos de dragagem, diminuindo a necessidade de fertilizantes químicos, enriquecendo a fertilidade do solo e promovendo a reciclagem de resíduos pelo ciclo vegetal (Mtibaa *et al.*, 2020).

Os estudos conduzidos por Santos (2016) e Moreira (2018) na região semiárida de Pernambuco abordaram um SAF comum, empregando a técnica da MANOVA. Este método possibilitou uma análise minuciosa por parte dos referidos autores sobre os elementos intrínsecos ao experimento, ressaltando tanto suas vantagens quanto desvantagens no contexto da composição do SAF. Deste modo, suas contribuições resultam no progresso contínuo e na sofisticada compreensão deste SAF.

No estudo de Silva (2008) foi empregue séries temporais para analisar o crescimento em altura (m) de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit), o autor concluiu que a utilização de séries temporais em estudos de crescimento em altura seja limitada a casos em que a série seja estacionária. Pois, as equações derivadas dos modelos ARIMA não demonstraram vantagens sobre os métodos tradicionais sobre o crescimento florestal, apesar das equações apresentarem precisões satisfatórias.

A presente pesquisa objetivou avaliar, na região de Itaparica, localizada no Semiárido pernambucano, o crescimento em altura das espécies florestais, cultivadas em um sistema agroflorestal, incluindo: dois clones de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus tereticornis*), Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) Angico (*Anadenanthera colubrina* var. Cebil), em consórcios com uma espécie agrícola, o Feijão-Caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) e com uma espécie forrageira, o Capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq) e em monocultivos, bem como verificar o efeito dos espaçamentos 3 m × 2 m em monocultivo e 4 m × 2 m, tanto em monocultivo como em consórcios com Capim Tanzânia e Feijão-Caupi, e também a eficácia da aplicação de fontes de nutrientes e um condicionador do solo, os resíduos dos tanques de piscicultura, sedimentos do reservatório de Itaparica, biocarvão e testemunha (sem adubação). Na análise, foram empregados e comparados dois métodos estatísticos, o multivariado com medidas repetidas ao longo do tempo e séries temporais.

A inserção de espécies de crescimento acelerado, exemplificada pelos clones de *Eucalyptus*, tem como objetivo atender as necessidades energéticas da região, proporcionando uma rápida produção de madeira, visando mitigar a exploração ilegal da vegetação local.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado, em março de 2014, na Estação Experimental do Instituto de Pesquisa Agronômica de Pernambuco (IPA), localizado na latitude 08°45'14" Sul e longitude 38°57'57" Oeste, com altitude de 305 metros, no município de Belém de São Francisco - PE, na

Microrregião de Itaparica, região Semiárida de Pernambucano (IBGE, 2010).

Belém de São Francisco possui um clima de estepe, caracterizado pela escassez de chuvas ao longo do ano, classificado como BSh' de Köppen e Geiger, representando um clima semiárido quente e seco (Marques; Gunkel; Sobral, 2019). A

temperatura média anual no município é cerca de 24,7 °C (Menezes *et al.*, 2007).

Alguns fatores não controlados que podem influenciar os resultados são o clima, a qualidade do solo, a topografia do terreno, incluindo altitude, inclinação e exposição solar, pestes e doenças.

Os plantios foram definidos em dois espaçamentos: 4 m x 2 m para as espécies arbóreas em consorciações e isoladas, 3 m x 2 m para as espécies arbóreas em cultivos isolados, combinados com duas fontes de nutrientes: resíduos dos tanques de piscicultura e sedimentos do reservatório, biocarvão como condicionador do solo e testemunha. A primeira adubação foi realizada durante o plantio, e novamente após 1 ano e 4 meses.

O delineamento experimental é o multivariado de medidas repetidas com quatro repetições, distribuídas em 256 parcelas. As parcelas foram instaladas da seguinte maneira: 64 parcelas das espécies arbóreas isoladas no espaçamento 3 m x 2 m, 64 parcelas das espécies arbóreas isoladas no espaçamento 4 m x 2 m, 64 parcelas de espécies florestais consorciadas com Feijão-Caupi e 64 parcelas de espécies florestais consorciadas com Capim Tanzânia. As parcelas com espaçamento 3 m x 2 m possuem 14 m x 12 m de dimensões cada parcela, área de 168 m<sup>2</sup> por parcela, no espaçamento 4 m x 2 m possuem dimensões de 14 m x 16 m cada parcela, e área de 224 m<sup>2</sup> por parcela, cada parcela contém 28 plantas.

Para monitorar o desenvolvimento das árvores, foram realizadas medições de altura a cada três meses nos primeiros 18 meses e, posteriormente, a cada seis meses.

Para a coleta dos dados dendrométricos foram utilizados o Clinômetro Eletrônico Haglôf (CE II) e régua topográfica metálica para alturas, além de fita métrica de 1,50 m para mensurar as circunferências.

Aplicou-se inicialmente o método estatístico multivariado com medidas

repetidas ao longo do tempo. A avaliação da homogeneidade das variâncias e independência das correlações em 114 meses utilizou o teste de esfericidade de Mauchly (1940), logo, foi empregue o modelo estatístico (Nemec, 1996; Neter; Wasserman; Kutner, 1990).

$$Y_{ijk} = \mu + \gamma_i + \tau_j + (\gamma\tau)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

em que:  $Y_{ijk}$  = Altura das árvores no  $i$ -ésimo tratamento, no  $j$ -ésimo tempo e na  $k$ -ésima repetição;  $\mu$  = média geral;  $\gamma_i$  = efeito no  $i$ -ésimo tratamento;  $\tau_j$  = efeito do  $j$ -ésimo tempo;  $(\gamma\tau)_{ij}$  = efeito da interação entre o  $i$ -ésimo tratamento no  $j$ -ésimo tempo;  $\varepsilon_{ijk}$  = erro da interação entre o  $i$ -ésimo tratamento no  $j$ -ésimo tempo e na  $k$ -ésima repetição.

Hipóteses testadas a 5% de significância:  $H_{01}$  = não há diferenças significativas entre tratamentos (perfis coincidentes);  $H_{02}$  = não há diferenças significativas entre tempos (perfis horizontais);  $H_{03}$  = não há interação tempo x tratamentos (perfis paralelos). As hipóteses foram testadas por meio dos testes de Lambda de Wilks, Traço de Pillai, Traço de Hotelling-Lawley e Maior Raiz de Roy foram usados. Ao identificar diferenças significativas, foi necessário aplicar o teste de comparação múltipla de médias de Tukey a 5% de significância.

Em que, **Tempo**: as medições ao longo do tempo, sendo **T(1)** = 0; **T(2)** = 3 meses; **T(3)** = 6 meses; **T(4)** = 9 meses; **T(5)** = 12 meses; **T(6)** = 15 meses; **T(7)** = 18 meses; **T(8)** = 24 meses; **T(9)** = 30 meses; **T(10)** = 36 meses; **T(11)** = 42 meses; **T(12)** = 48 meses; **T(13)** = 54 meses; **T(14)** = 60 meses; **T(15)** = 66 meses; **T(16)** = 72 meses; **T(17)** = 78 meses; **T(18)** = 84 meses; **T(19)** = 90 meses; **T(20)** = 96 meses; **T(21)** = 102 meses; **T(22)** = 114 meses.

O segundo método estatístico corresponde as séries temporais, em que  $Z(t)$  a função que retrata a série temporal em termos de  $t$  (Sorjamaa *et al.*, 2007).

As séries temporais foram derivadas das quatro espécies arbóreas, dos espaçamentos isolados e consorciados, bem como das diferentes fontes de adubação. As séries temporais passaram pelo teste de Dickey-Fuller (1981) para verificar a estacionaridade. Em seguida, foram analisados os gráficos de ACF (Função de Autocorrelação) e PACF (Função de Autocorrelação Parcial) de cada série temporal. Ao analisar a ACF, é possível obter percepções sobre a estrutura temporal de uma série, sendo que picos ou declínios significativos podem indicar ciclos sazonais ou tendências (Silva; Lima; Camargo, 2021). Permitindo também a identificação das ordens autorregressiva (AR) e de média móvel (MA).

Para este estudo os métodos utilizados foram os lineares, que incluem os

seguintes modelos: AR, MA, ARMA e ARIMA.

Sérgio (2017) destaca que na anotação ARIMA ( $p, d, q$ ), em que  $p$  representa o número de termos autorregressivos (AR),  $d$  indica o número de distinções e  $q$  equivale ao número de termos de médias móveis (MA), a condição ARIMA( $p, 0, q$ ) origina em ARMA( $p, q$ ), além disto, AR( $p$ ) é provável ser adquirido utilizando ARIMA( $p, 0, 0$ ), a notação ARIMA( $0, 0, q$ ) denota o modelo MA( $q$ ).

Para escolher o melhor modelo, foram usados os critérios de informação de Akaike (AIC) e de informação bayesiano (BIC), propostos por Akaike em (1974) e (1978), respectivamente. As análises estatísticas do modelo multivariado e das séries temporais foram conduzidas utilizando o software RStudio.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado do teste de Mauchly para a variável de altura, ao longo dos 114 meses, evidenciou significância estatística em relação à variável tempo, a um nível de significância de 5%. Assim, rejeitou-se a hipótese de esfericidade. Em termos mais

específicos, a matriz de covariância do erro experimental não satisfaz a condição estabelecida por Huynh-Felt. Corroborando adequada aplicação da análise multivariada de medidas repetidas ao longo do tempo (Nimon; Williams, 2009).

**Tabela 1** - Resultado do teste de esfericidade de Mauchly para o crescimento em altura média (m/parcela) das espécies arbóreas submetidas a três tipos de adubação e um grupo de controle, distribuídas em dois espaçamentos distintos ao longo do período temporal.

Efeito entre tratamentos	W de Mauchly	Aprox. Qui-quadrado	G.L.	Valor de P
Tempo	1,8398E <sup>-31</sup>	15627,362	230	2,2E <sup>-16</sup>

Em que: G.L. = Graus de liberdades.

Fonte: Autoria própria (2023)

**Tabela 2** - Resultado do teste multivariado para o fator tempo em relação ao crescimento em altura média (m/parcela) das espécies arbóreas.

Efeito	Estatística	Valor	F	Sig.
Tempo	Rastreio de Pillai	0,868	898,073	**
	Lambda de Wilks	0,132	898,073	**
	Rastreio de Hotelling	6,550	898,073	**
	Maior raiz de Roy	6,550	898,073	**

Em que: os asteriscos indicam os níveis de significância nos quais a hipótese nula foi rejeitada, sendo que (\*) representa 5% de significância e (\*\*) representa 1% de significância; Sig. = Significância.

Fonte: Autoria própria (2023)

Os resultados das tabelas 1 e 2 abordam os testes multivariados que investigam o efeito do tempo e suas interações na variável altura das espécies arbóreas no experimento. Com base nos resultados, a hipótese nula  $H_{02}$  foi rejeitada em todos os testes, indicando a influência significativa ( $p < 0,05$ ) do tempo em relação ao crescimento em altura média (m) das árvores. Estes resultados indicam que o crescimento das árvores pode ser influenciado por uma variedade de fatores ambientais, como mudanças climáticas e ciclos de crescimento.

Foi realizado os testes multivariados referente à interação entre tempo e tratamentos ao longo dos 114 meses em relação ao crescimento em altura média (m) das espécies arbóreas. Todas as hipóteses nulas  $H_{03}$  foram rejeitadas devido às interações, sugerindo que pelo menos uma interação entre o tempo e os tratamentos é

estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ). Isto implica que os diferentes tratamentos ao longo do tempo tiveram impacto diferencial, e que estas interações podem ser exploradas para identificar quais tratamentos são mais eficazes.

Os testes multivariados também foram aplicados no fator tratamento e suas interações. A hipótese nula ( $H_{01}$ ) foi rejeitada, demonstrando que os tratamentos relacionados a adubações, espécies, espaçamentos e suas interações desempenham um papel significativo no incremento médio das alturas das árvores. Isto indica que as práticas de manejo adotadas, têm um impacto direto no crescimento das árvores ao longo do tempo.

A Análise de Variância Multivariada (MANOVA) foi conduzida para examinar os efeitos dos tratamentos em relação ao tempo (Tabela 3).

**Tabela 3** - Resultado da Análise de Variância Multivariada (MANOVA) referente aos efeitos entre os tratamentos em relação ao crescimento em altura média (m), considerando o tempo, as espécies arbóreas, as adubações e os espaçamentos.

Fonte de variação	GL	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Sig.
<b>Tempo</b>	21	52344,552	2492,598	4642,008	**
<b>Tempo x Espécies</b>	63	12639,039	200,620	373,617	**
<b>Tempo x Adubações</b>	63	63,470	1,007	1,876	*
<b>Tempo x Espaçamentos</b>	63	1059,491	16,817	31,319	**
<b>Tempo x Espécies x Adubações</b>	189	104,771	5,554	1,632	*
<b>Tempo x Espécies x Espaçamentos</b>	189	1306,849	7,779	14,487	**
<b>Tempo x Adubações x Espaçamentos</b>	189	57,834	3,306	5,570	*
<b>Tempo x Espécies x Adubações x Espaçamentos</b>	504	223,494	4,443	6,826	*
<b>Resíduo</b>	3549	1905,690	4,239		

Em que: G.L. = Graus de liberdade; Sig. = Significância; n.s. = não significativo; os asteriscos indicam os níveis de significância quais a hipótese nula foi rejeitada, sendo que (\*) representa 5% de significância (\*\*) representa 1% de significância.

Fonte: Autoria própria (2023)

Com base nos resultados apresentados na tabela 3, confirma-se a significância dos efeitos temporais associados aos seus respectivos tratamentos e interações. Estas constatações sustentam as inferências previamente obtidas nos testes multivariados pertinentes, destacando a influência direta do fator tempo no crescimento em altura média das árvores.

Torna-se essencial avaliar de forma detalhada os efeitos entre os tratamentos por meio de análise univariada ao longo do tempo.

O delineamento multivariado de medidas repetidas foi empregado para avaliar os efeitos entre os tratamentos (Tabela 4).

**Tabela 4** - Resultado da ANOVA referente ao crescimento em altura média (m) ao longo dos anos, considerando as diferentes espécies arbóreas, tipos de adubação e espaçamentos, bem como suas interações.

Fonte de variação	G.L.	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Sig.
Espécies	3	48220,98815	16073,66272	1517,8237	**
Espaçamentos	3	2030,17698	676,72566	63,9027	**
Adubações	3	81,52411	27,1747	2,5661	0,0528 <sup>n.s.</sup>
Espécies x Espaçamentos	9	2769,88034	307,76448	29,062	**
Espécies x Adubações	9	140,96644	15,66294	1,479	0,1494 <sup>n.s.</sup>
Adubações x Espaçamentos	9	34,51818	3,83535	0,3622	0,9531 <sup>n.s.</sup>
Espécies x Adubações x Espaçamentos	27	140,75925	5,21331	0,4923	0,9871 <sup>n.s.</sup>
Resíduo	4730	50090,42008	10,58994		
<b>Total</b>	<b>4793</b>	<b>103509,23354</b>			

Em que: G.L. = Graus de liberdade; Sig. = Significância; n.s. = não significativo; os asteriscos indicam os níveis de significância quais a hipótese nula foi rejeitada, sendo que (\*) representa 5% de significância (\*\*) representa 1% de significância.

Fonte: Aatoria própria (2023)

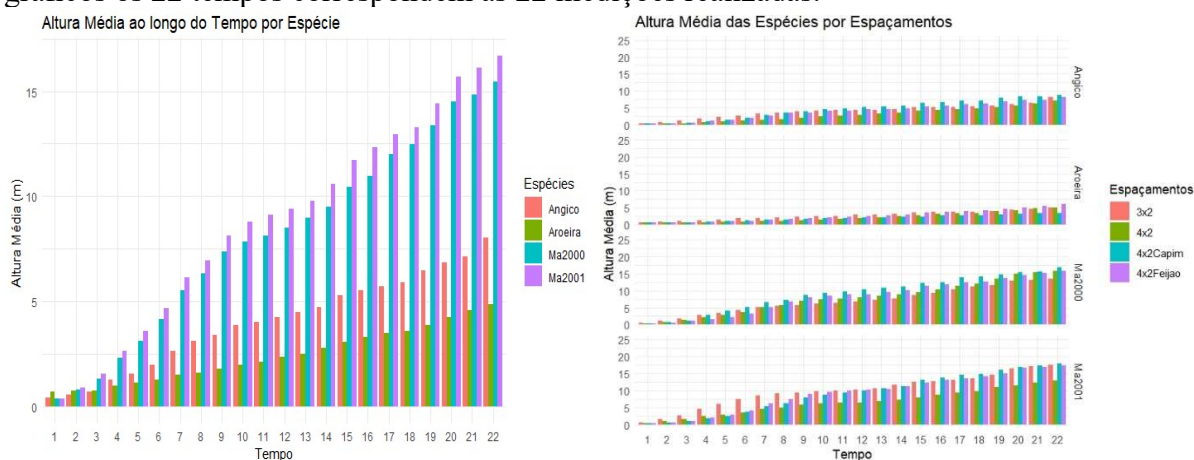
De acordo com os resultados da análise da variância, apresentados na tabela 4, para o efeito das adubações e interações não se observou efeito significativo dos adubos nas alturas médias ao longo do tempo. Entretanto, a variabilidade natural das árvores pode mascarar os efeitos das adubações, assim como fatores não controlados como condições climáticas imprevisíveis ou variações no solo.

Por outro lado, os fatores espécies, espaçamentos e a interação espécies×espaçamentos, apresentaram diferenças estatisticamente significativas em suas predisposições de crescimento, ao longo dos 114 meses.

Os espaçamentos afetaram significativamente o crescimento médio em altura das quatro espécies arbóreas. A interação espécies×espaçamentos indicou diferenças no crescimento entre as espécies, evidenciando a influência do espaçamento. Diante disto, procedeu-se ao desdobramento da interação espécies×espaçamentos, revelando significância estatística para todos os casos ( $p < 0,05$ ). Em seguida, realizou-se o teste de Tukey, adotando um nível de significância de 5%, tanto para as interações quanto para os efeitos dos fatores.



**Figura 1** - Crescimento das espécies arbóreas em altura média (m) ao longo do tempo, nos gráficos os 22 tempos correspondem as 22 medições realizadas.



Fonte: Autoria própria (2023)

Os resultados do desdobramento de espécies dentro de cada nível dos espaçamentos evidenciando significância estatística para todos ( $p < 0,05$ ), subsequentemente, realizou-se o teste de Tukey, o qual indicou que a espécie MA2001 se destacou estatisticamente das demais, apresentando o maior valor em altura média em todos os espaçamentos. Em seguida, a espécie MA 2000 obteve o segundo maior valor em altura média.

No desdobramento dos espaçamentos dentro de cada nível das espécies, todos foram estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ), posteriormente foi realizado o teste de Tukey, o resultado do teste informou que para a espécie Angico, o espaçamento de  $4\text{ m} \times 2\text{ m}$ , quando consorciado com Capim Tanzânia, resultou na maior altura média, equiparando-se ao significativamente do espaçamento de  $4\text{ m} \times 2\text{ m}$  isolado.

No estudo conduzido por Nascimento *et al.* (2011), foram examinadas as alturas de diversas espécies florestais, incluindo *Anadenanthera macrocarpa* Benth. Brenan (Angico vermelho) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira pimenteira), em diferentes espaçamentos, sendo um deles o espaçamento de  $3\text{ m} \times 2\text{ m}$ . A avaliação foi realizada aos 22 meses de idade, revelando

espaçamento de  $4\text{ m} \times 2\text{ m}$  consorciado com Feijão-Caupi e se diferenciando significativamente dos demais.

No caso da Aroeira, o espaçamento isolado de  $3\text{ m} \times 2\text{ m}$  resultou na maior altura média, assemelhando-se ao espaçamento de  $4\text{ m} \times 2\text{ m}$  consorciado com Feijão-Caupi e se diferenciando significativamente dos demais.

No clone MA 2000, o espaçamento de  $4\text{ m} \times 2\text{ m}$  consorciado com Capim Tanzânia manifestou a maior altura média, destacando-se estatisticamente dos demais. No clone MA 2001, o espaçamento isolado de  $3\text{ m} \times 2\text{ m}$  resultou na maior altura média, sendo comparável aos espaçamentos de  $4\text{ m} \times 2\text{ m}$  consorciados com Capim Tanzânia e Feijão-Caupi, estes três espaçamentos se diferenciam

que o Angico vermelho alcançou uma altura média de 2,8 m, enquanto a Aroeira atingiu uma altura média de 2,7 m. Em uma comparação entre as medições do Angico e da Aroeira, deste estudo, no ponto T8 (24 meses), verificou-se alturas médias de 3,08 m e 1,62 m, respectivamente. Observa-se que, mesmo com uma idade mais avançada, a Aroeira deste estudo apresentou uma estatura inferior àquela encontrada por Nascimento *et al.* (2011).

Magalhães *et al.* (2006) conduziram uma avaliação em três espécies de eucaliptos aos 9,4 anos de idade, nomeadamente *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus camaldulensis*, em quatro diferentes espaçamentos (3 m x 2 m, 6 m x 2 m, 6 m x 3 m, 6 m x 4 m). As alturas médias destas espécies foram registradas como 16,9 m (*E. urophylla*), 15,8 m (*E. pellita*) e 18,63 m (*E. camaldulensis*). Os autores destacaram que a altura das espécies pode ser mais influenciada pelo material genético do que pelo tipo de espaçamento.

Na presente pesquisa, o espaçamento 3 m x 2 m, na medição T22, o MA 2001 apresentou 11,57 m, enquanto o MA 200 apresentou 7,87 m, valores inferiores aos encontrados na pesquisa de Magalhães *et al.* (2006). Estes resultados enfatizam a importância do manejo do espaçamento para a produtividade das plantas, destacando a necessidade de considerar tanto o arranjo inicial quanto seu impacto no crescimento ao longo do tempo. Compreender esses padrões pode fornecer informações valiosas para a melhoria das técnicas de plantio e o aumento da produtividade em sistemas agroflorestais (Righi; Bernardes, 2018).

Para avaliar o efeito isolado das espécies e espaçamentos no crescimento em altura média ao longo do tempo, procedeu-se a comparação das médias pelo teste de Tukey. Os resultados do teste indicaram que a partir do T6 (15 meses), o clone MA 2001 evidenciou alturas médias progressivamente superiores em relação às demais espécies, diferenciando-se significativamente delas. O clone MA 2000 seguiu em segundo lugar, enquanto o Angico e a Aroeira ocuparam as posições subsequentes.

Na vigésima segunda medição, T22 (114 meses), o clone MA 2001 alcançou a maior altura média, atingindo 17,25 m, seguido pelo clone MA 2000, que atingiu

14,9 m. O Angico registrou 8,27 m, enquanto a Aroeira atingiu 4,84 m.

Canuto *et al.* (2016) conduziram um estudo sobre Aroeiras (*Myracrodruon urundeuva*) de 10 anos em diferentes modalidades de plantio, incluindo SAFs com culturas anuais. A Aroeira alcançou sua melhor altura média de 8,82 m nos SAFs com culturas anuais, contrastando com 5,99 m. Nesta pesquisa, na medição T22, a altura média da Aroeira consorciada com Capim Tanzânia foi de 2,19 m, enquanto com Feijão-Caupi, 2,89 m. Estes valores são consideravelmente inferiores aos observados por Canuto *et al.* (2016), possivelmente devido a diferenças regionais nas condições de crescimento, como clima e solo, entre os dois estudos.

Os resultados do teste Tukey para o fator espaçamentos mostrou que o espaçamento isolado de 3 m x 2 m apresentou as maiores alturas médias nas medições T3 (6 meses), T4 (9 meses), T5 (12 meses) e T6 (15 meses), diferenciando-se significativamente dos demais espaçamentos. No intervalo compreendido entre as medições T13 (54 meses) e T20 (96 meses), todos os espaçamentos evidenciaram distinção entre si, sendo que o espaçamento de 4 m x 2 m em associação com Capim Tanzânia continuou a apresentar a mais elevada média. Isto sugere que, ao longo desses períodos intermediários de crescimento, o arranjo espacial e a associação com o Capim Tanzânia desempenharam um papel crucial na determinação do crescimento das plantas.

Nas medições T22 (114 meses), o espaçamento 4 m x 2 m consorciado com Feijão-Caupi registrou a maior altura média, seguido pelo 4 m x 2 m consorciado com Capim Tanzânia, o 3 m x 2 m isolado e o 4 m x 2 m isolado. Assim, ao longo do tempo, destaca-se que os espaçamentos de 4 m x 2 m consorciados com Capim Tanzânia e Feijão-Caupi, juntamente com o 3 m x 2 m isolado, apresentaram consistentemente

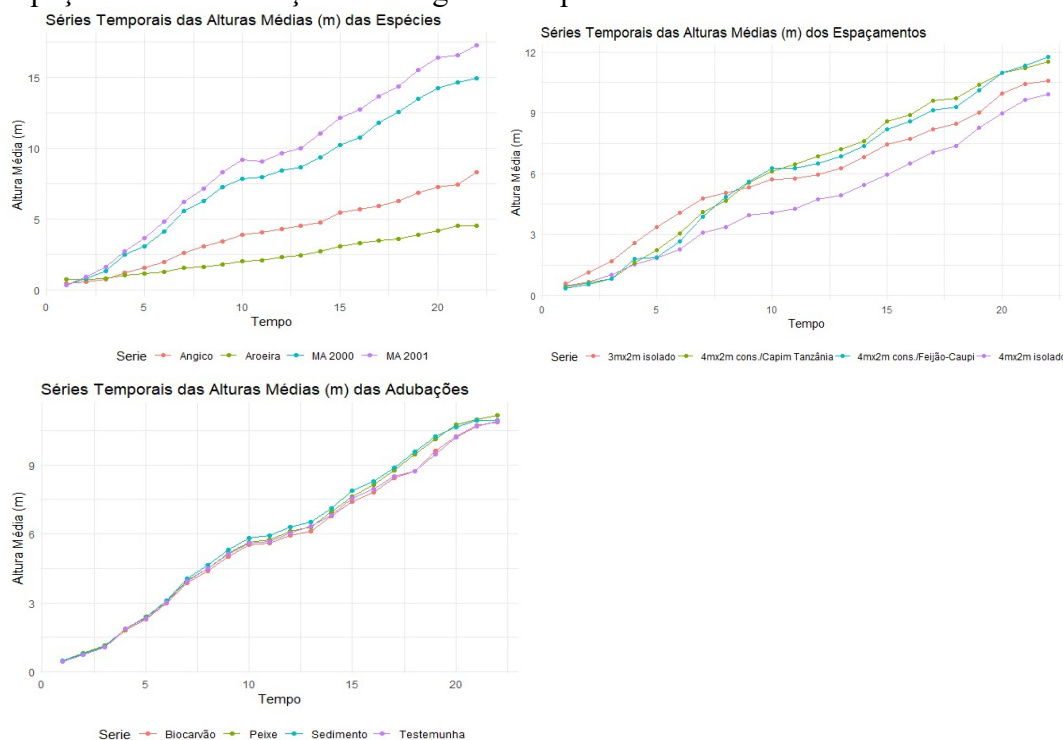
os melhores resultados em termos de crescimento em altura média das espécies. Podendo indicar que, em estágios mais avançados de desenvolvimento, outros fatores além do tipo de consórcio podem começar a influenciar mais significativamente o crescimento das plantas, como a disponibilidade de nutrientes no solo ou a competição por luz solar (Andrade; Assis; Ferreira, 2015).

Em Itatinga – SP, um experimento com *Eucalyptus grandis* em consórcio com espécies nativas como Angico e Aroeira, utilizando espaçamento de 3 m × 2 m, foi avaliado por Santos (2022). Concluiu-se que o sombreamento dos eucaliptos pode

reduzir a mortalidade em plantios com árvores nativas, mas é crucial entender os limites de sombreamento, conforme os espaçamentos utilizados, pois o excesso pode ser prejudicial. A Aroeira e o Angico mostraram alta sobrevivência e são recomendadas para plantios diversos. Esta pesquisa identificou que o sombreamento dos eucaliptos, ocasionados pelos espaçamentos utilizados, não aumentou a mortalidade. Além disto, Aroeira e Angico demonstraram uma boa adaptação ao SAF.

Os dados longitudinais referentes à altura média (m) dos fatores investigados até o momento foram submetidos à análise de séries temporais.

**Figura 2** - Séries temporais do crescimento em altura média (m) das espécies arbóreas, espaçamentos e adubações ao longo do tempo.



Fonte: Autoria própria (2023)

As séries temporais das espécies arbóreas indicam um crescimento consistente ao longo do tempo. Os clones de eucalipto, especialmente o MA 2001, apresentou o maior crescimento em altura média. O Angico, entre as espécies nativas, mostra um notável crescimento.

O gráfico das séries temporais dos espaçamentos revela uma tendência de crescimento. Entre T1 (0) e T8 (24 meses), o espaçamento isolado de 3 m × 2 m registrou a maior altura média. Este fenômeno pode ser atribuído a uma série de fatores, como a disponibilidade inicial de

nutrientes, e competição entre as plantas e a adaptação inicial das mudas ao ambiente.

De T9 (30 meses) a T22 (114 meses), os espaçamentos de 4 m × 2 m, tanto consorciado com Capim Tanzânia quanto com Feijão-Caupi, apresentaram os melhores índices de crescimento em altura média. Isto sugere que, à medida que as plantas amadurecem e o sistema radicular se expande, os benefícios proporcionados pelos espaçamentos mais amplos podem se tornar mais evidentes, permitindo um crescimento mais vigoroso das plantas (Guerra, 2020).

Do T11 (42 meses) ao T19 (90 meses), o espaçamento de 4 m × 2 m com Capim Tanzânia teve a altura média mais alta. A partir do T21 (102 meses), o espaçamento de 4 m × 2 m com Feijão-Caupi mostrou um crescimento superior comparado a todos os outros. Esta mudança de dinâmica de crescimento ao longo do tempo destaca a importância de considerar não apenas o desempenho inicial das plantas, mas também sua evolução ao longo do ciclo cultivo.

As séries temporais referente as práticas de adubação, indicam uma tendência de crescimento. Entre T8 (24 meses) e T19 (90 meses), o adubo sedimentos do reservatório apresentou um crescimento ligeiramente superior. Em seguida, a adubação com resíduos dos tanques de piscicultura teve médias próximas, destacando-se levemente em T22 (114 meses) com a maior altura média.

Durante este período, a testemunha exibiu uma média próxima à dos sedimentos do reservatório. Ao longo do tempo, as adubações com sedimentos do reservatório e resíduos dos tanques de piscicultura mantiveram alturas médias mais elevadas. Entretanto, em T22, as

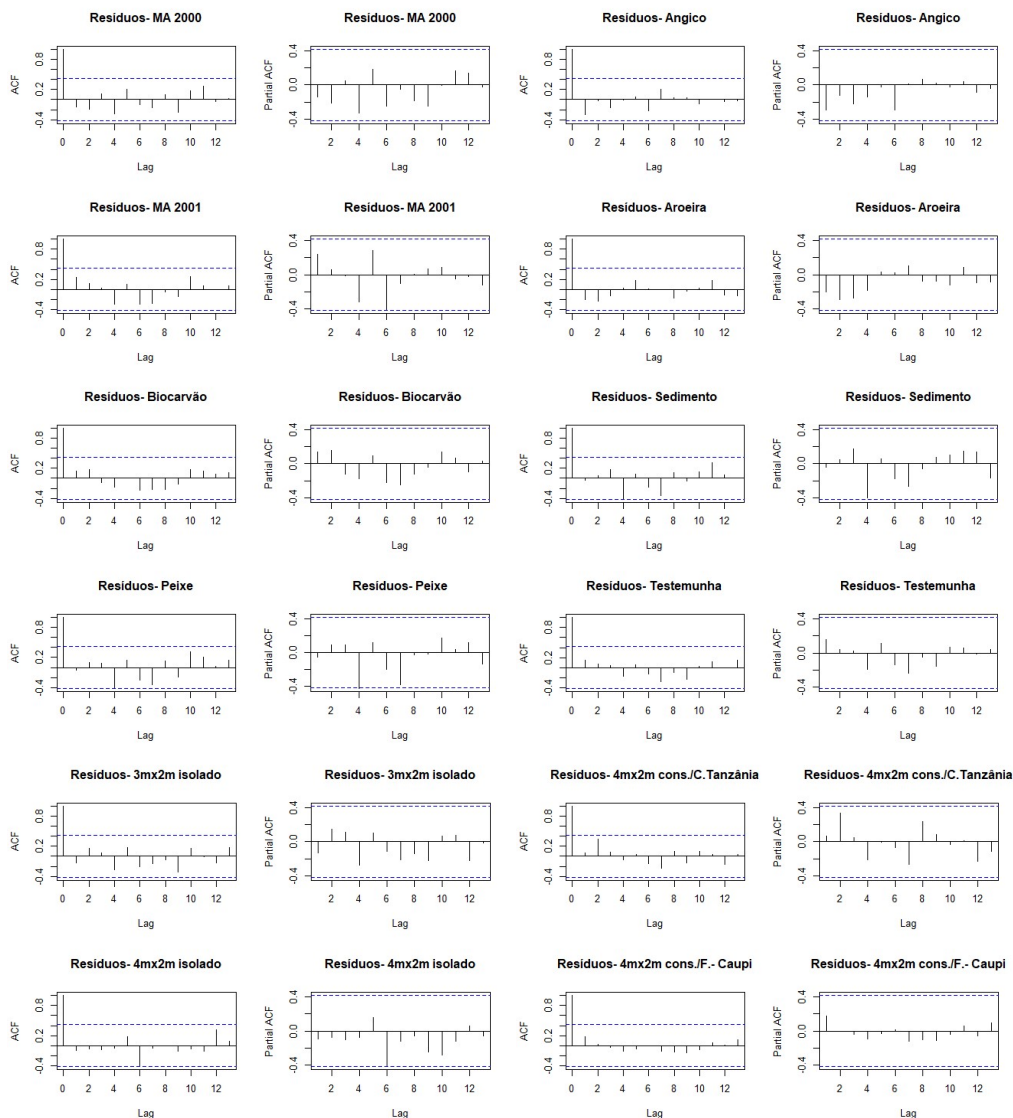
médias dos três grupos se tornaram próximas, sugerindo que ao longo do tempo, as adubações orgânicas equiparam deixando de apresentar diferenças significativas. Notavelmente, a testemunha começou a apresentar resultados semelhantes aos grupos adubados.

Foi aplicado o teste de Dickey-Fuller para verificar se as séries eram estacionárias. Os resultados do teste indicaram que todas as séries temporais são não estacionárias, indicando a existência de tendências. Para eliminar a tendência e tornar as séries estacionárias, procedeu-se à diferenciação ( $d = 1$ ) utilizando o comando "diff()" no software RStudio. Portanto, o valor de diferenciação utilizado nos modelos ARIMA foi  $d = 1$ .

Ao examinar os gráficos ACF e PACF, foi estabelecido que alguns modelos tem no máximo, um termo autorregressivo (AR), no máximo um termo de média móvel (MA) e a ordem de diferenciação ( $d = 1$ ). A partir dos resultados obtidos no critério de AIC e BIC, observou-se que as espécies apresentam diferentes modelos ARIMA, o clone MA 2000 modelo ARIMA (0,1,1), o clone MA 2001 modelo ARIMA (1,1,0), angico ARIMA (0,1,0) e aroeira modelo ARIMA (0,1,0), estes foram os modelos que registraram os valores mais baixos para as espécies arbóreas.

No que diz respeito às adubações testemunha e biocarvão, os resultados indicam que, com base nos valores de AIC e BIC, o modelo escolhido é o ARIMA (0,1,0), para sedimentos do reservatório de Itaparica o modelo ARIMA (1,1,0) e para os resíduos dos tanques de piscicultura é o modelo ARIMA (0,1,1). Em contrapartida, nenhum dos espaçamentos apresentou termos AR e MA, desta forma, o modelo ajustado foi ARIMA (0,1,0).

**Figura 3** - Gráficos de ACF e PACF dos resíduos das espécies arbóreas, espaçamentos e adubações, referente aos modelos ARIMA.



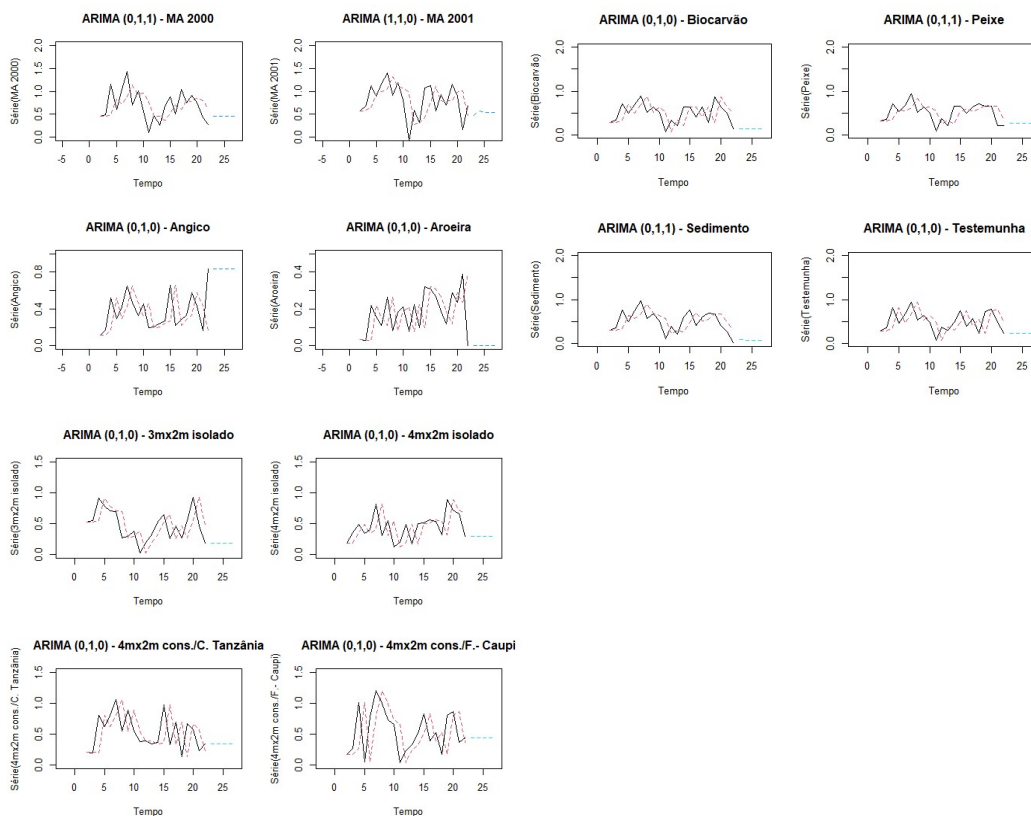
Fonte: Autoria própria (2023)

Ao examinar os gráficos da ACF e PACF dos resíduos das séries temporais diferenciadas, não há evidência de um padrão particular, deste modo, constatando que os modelos são adequados.

Portanto, foram realizados ajustes dos modelos ARIMA para as séries

temporais das espécies arbóreas, espaçamentos e adubações. Procedeu-se com as previsões para cada série, considerando um horizonte de 5 passos à frente. Na figura 4, são apresentadas as séries temporais diferenciadas, as séries ajustadas e os valores projetados.

**Figura 4** - Ajuste dos modelos ARIMA das séries temporais para as espécies arbóreas, espaçamentos e adubações. A linha em preto representa a séries temporais diferenciadas, a linha tracejada em vermelho indica a série ajustada, e a linha tracejada em verde claro.



Fonte: Autoria própria (2023)

Ao analisar visualmente os gráficos das séries temporais das equações dos modelos ARIMA, é perceptível que as séries ajustadas estão se adequando às séries diferenciadas. Mas, o ajuste se deve ao desempenho da incorporação do componente de integração ( $d = 1$ ) no modelo ARIMA, que propiciou a estacionariedade das séries. Desta maneira, esta metodologia possibilita que as equações do modelo de previsão possam fornecer resultados mais precisos e confiáveis.

Entretanto, conforme evidenciado pelo estudo conduzido por Silva (2008), ao utilizar séries temporais e modelos ARIMA para analisar o crescimento em altura da *Leucena leucocephala* ao longo do tempo, constatou-se que, embora as equações dos modelos ARIMA fossem precisas, sua aplicação não proporcionou melhorias

significativas em comparação com os métodos convencionais de estudos sobre crescimento florestal. O autor sugere que a utilização de séries temporais em análises de crescimento em altura deve ser limitada a situações em que a série seja estacionária, pois mesmo após a eliminação da tendência, as equações dos modelos ARIMA não demonstraram vantagem sobre os métodos tradicionais.

O modelo estatístico multivariado com medidas repetidas ao longo do tempo, mostrou-se mais adequado para avaliar o crescimento em altura das espécies arbóreas.

Ao encontrar efeitos significativos, foi aplicado o teste de Tukey, permitindo a identificação do nível específico em que um determinado fator exerceu influência mais significativa. Portanto, este modelo, por sua capacidade de analisar detalhadamente os

efeitos individuais de cada fator e suas interações, mostrou-se apropriado para proporcionar uma compreensão mais aprofundada do fenômeno estudado.

Além disto, este procedimento viabiliza a análise simultânea do efeito de diversas variáveis, revelando-se particularmente valioso em investigações longitudinais, demonstrando eficácia na minimização de erros. Por outro lado, é sensível a violação das suposições de normalidade e homogeneidade de variâncias nos dados, interpretação complexa, assunção de homogeneidade de covariância.

As séries temporais originais, viabilizaram a observação dos padrões de crescimento em altura média das espécies arbóreas ao longo do tempo. Adicionalmente, permitiram a análise do impacto das adubações e espaçamentos no crescimento em altura média ao longo do período de estudo.

Ao analisar os gráficos, foi possível identificar os períodos de maior crescimento dos fatores, bem como verificar se estão demonstrando um desenvolvimento satisfatório e analisar a

consistência do crescimento entre eles. É adequada para modelar tendências de longo prazo, útil para entender como as variáveis evoluem ao longo do tempo. Porém, necessita de estacionariedade, não possibilita ter detalhes mais minuciosos sobre os efeitos dos tratamentos, assim como no modelo multivariado, como por exemplo, nos períodos T14 e T19 do gráfico das séries temporais, os espaçamentos consorciados parecem ter alturas médias bastante próximas. Contudo, no teste de Tukey do modelo multivariado, nestes períodos, o espaçamento 4 m × 2 m consorciado com Capim Tanzânia difere significativamente do 4 m × 2 m consorciado com Feijão-Caupi.

Portanto, o método mais adequado depende dos objetivos do estudo, para detalhes sobre os efeitos dos tratamentos ao longo do tempo, o modelo estatístico multivariado é mais eficiente. Para entender as tendências gerais de crescimento e o impacto dos tratamentos em um contexto amplo, as séries temporais é uma opção viável.

## CONCLUSÃO

O modelo estatístico MANOVA foi o mais adequado para avaliação do SAF. Os espaçamentos 4 m × 2 m consorciados com Capim Tanzânia e Feijão-Caupi são as opções favoráveis, para serem implementadas na região.

O clone MA 2001 surge como uma escolha altamente promissora para o cultivo na região, com crescimento acelerado, adequado para atender às demandas energéticas locais e contribuir para combater a exploração ilegal da vegetação nativa.

Os resultados sublinham a importância da seleção de espécies de crescimento rápido para suprir necessidades

energéticas, especialmente em regiões semiáridas. Além disto, esta abordagem oferece oportunidades para diversificar as fontes de renda dos agricultores na região semiárida, reduzindo a dependência exclusiva da agricultura convencional, dado o valor significativo da madeira de eucalipto, amplamente aplicada em diversos setores.

É importante considerar algumas limitações deste estudo, como as condições ambientais e climáticas ao longo dos 114 meses, as quais podem influenciar de maneira imprevisível o desenvolvimento do SAF, principalmente por serem fatores não controlados. Uma sugestão de pesquisa

futura consistiria em aplicar adubo orgânico algumas vezes ao longo do tempo e, posteriormente, conduzir uma avaliação.

Possivelmente esta abordagem poderia evidenciar a eficácia dos adubos ou falta dela.

## REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE transactions on automatic control**, v. 19, n. 6, p. 716-723, 1974.

AKAIKE, H. On the likelihood of a time series model. **Journal of the Royal Statistical Society: Series D (The Statistician)**, v. 27, n. 3-4, p. 217-235, 1978.

ANDRADE, C. de; ASSIS, G. de; FERREIRA, A. Eficiência de longo prazo da consorciação entre gramíneas e leguminosas em pastagens tropicais. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 25., 2015, Fortaleza. Dimensões tecnológicas e sociais da Zootecnia: anais. Fortaleza: ABZ, p. 1-31, 2015.

CANUTO, D. S. d. O.; SILVA, A. M. d.; MORAES, M. L. Teixeira de; RESENDE, M. D. Vilela de. Estabilidade e adaptabilidade em testes de progênies de *Myracrodruon urundeuva* sob quatro sistemas de plantio. **Cerne**, Universidade Federal Lavras-UFLA, p. 171–179, 2016.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. **Econometrica: journal of the Econometric Society**, p. 1057-1072, 1981.

FIALHO, J. S.; PRIMO, A. A.; AGUIAR, M. I. de; MAGALHÃES, R. B.; MAIA, L. dos S.; CORREIA, M. E. F.; CAMPANHA, M. M.; OLIVEIRA, T. S. de. Pedofauna diversity in traditional and agroforestry systems of the Brazilian semi-arid region. **Journal of Arid Environments**, Elsevier, v. 184, p. 104315, 2021.

GUERRA, H. G. **Manual de fruticultura tropical I**. Clube de Autores, p. 1- 212, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Áreas Territoriais**. Rio de Janeiro: IBGE, p. 1-11, 2010.

KAY, S.; GRAVES, A.; PALMA, J. H.; MORENO, G.; ROCES-DÍAZ, J. V.; AVIRON, S.; CHOU-VARDAS, D.; CROUS-DURAN, J.; FERREIRO-DOMÍNGUEZ, N.; JALÓN, S. G. de et al. Agroforestry is paying off—Economic evaluation of ecosystem services in European landscapes with and without agroforestry systems. **Ecosystem services**, Elsevier, v. 36, p. 100896, 2019.

MAGALHÃES, W. M.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIM, N.; HIGASHIKAWA, E. M.; JÚNIOR, M. Y. Desempenho silvicultural de espécies de *Eucalyptus* spp. em quatro espaçamentos de plantio na região noroeste de Minas Gerais. **Floresta e Ambiente**, SciELO Brasil, v. 12, p. 1–7, 2006.



MARQUES, É. T.; GUNKEL, G.; SOBRAL, M. C. Management of tropical river basins and reservoirs under water stress: experiences from Northeast Brazil. **Environments**, MDPI, v. 6, n. 6, p. 1-62, 2019.

MAUCHLY, J. W. Significance test for sphericity of a normal n-variate distribution. *The Annals of Mathematical Statistics*, **JSTOR**, v. 11, n. 2, p. 204–209, 1940.

MENEZES, J. B. de; ARAÚJO, M. d. S. B. de; GALVÍNCIO, J. D.; SAMPAIO, E. V. d. S. B.;

CORRÊA, A. C. de B. Índice de Vulnerabilidade à Erosão para Uma Bacia na Mesorregião do São Francisco Pernambucano, d Partir das Relações entre Morfogênese e Pedogênese.

**Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n. 2, p. 45-56, 2007. DOI:

<https://doi.org/10.20502/rbg.v8i2.93>.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. M.; MARQUES, H. R.; VIEIRA, D. L.; ARCO-VERDE, M. F.; HOFFMANN, M. R.; REHDER, T.; PEREIRA, A. V. Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção: opções para cerrado e caatinga. Brasília, DF: **Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal**, p. 266, 2016.

MTIBAA, S.; IRIE, M.; HENTATI, O.; TRABELSI, H.; KALLEL, M.; KSIBI, M.; ISODA, H. Soil amendment by sediment from water storage reservoir as a restoration technique in secondary treated wastewater irrigated area at El Hajeb region. **Journal of Arid Land Studies**, v. 22, n. 1, p. 315–318, 2020.

MOREIRA, F. T. de A. **Avaliação de um sistema agroflorestal na região de Itaparica, semiárido pernambucano**. 2018. 100f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018.

MUKHLIS, I.; RIZALUDIN, M. S.; HIDAYAH, I. Understanding socio-economic and environmental impacts of agroforestry on rural communities. **Forests**, MDPI, v. 13, n. 4, p. 556, 2022.

NASCIMENTO, D. F. do; LELES, P. S. dos S.; NETO, S. N. de O.; MOREIRA, R. T. S.; ALONSO, J. M. Initial growth of six forest tree species in different spacing conditions. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 159–165, 2011.

NASCIMENTO, I. S. B.; CUNHA, P. S. J.; PINHO, A. C.; SANTOS, J. V. S.; GALVÃO, J. R. CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE *Coriandrum sativum* L. SOB A APLICAÇÃO DE SÓLIDOS SEDIMENTADOS DE TANQUE DE PISCICULTURA. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS COINTER – PDVAGRO, 3., 2018. **Anais [S.l.: s.n.]**, 2018. V. 3, p. 1-7. **Rochas e Minerais Industriais – CETEM/**, 2ª Edição, 2008.

NASCIMENTO, T. S.; FLORIANO, L. S.; PEREIRA, A. I. A.; MONTEIRO, R. N. F.; SALES, M. A. L. PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTÃO IRRIGADAS COM EFLUENTES DE PISCICULTURA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, nº.1, p. 449 - 459, Fortaleza, CE, 2016. ISSN 1982-7679 (On-line).

NEMEC, A. F. L. Analysis of repeated measures and time series: an introduction with forestry examples. Victoria, B.C.: **Biometric Information Handbook**, 1996, n.6. 83p.

NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M. H. **Applied statistical models**. IL: Irwin, p. 232, 1990.

NIMON, K.; WILLIAMS, C. Evaluating performance improvement through repeated measures: A primer for educators considering univariate and multivariate designs. **Research in Higher Education Journal**, v. 2, p. 1, 2009.

OLIVEIRA, D. de; CAMPELLO, E.; GUERRA, J.; RESENDE, A. de; RUMJANEK, N. Plantio do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um sistema agroflorestal em Seropédica, RJ. In: ARAUJO, F. de CD; DIAS, A. (org.), 1., 2022. **Anais [S.l.: s.n.]**, p. 65-76, 2022.

OLIVEIRA, T. de; SILVA, S.; SILVA, D.; ALMEIDA, J. Avaliação de mudas de espécies de eucalipto e seu desempenho em sistema silvipastoril no acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 12., 2021, Piracicaba. **Anais [S.l.] Piracicaba**, p. 187-190, 2021.

OLMO, M.; VILLAR, R.; SALAZAR, P.; ALBURQUERQUE, J. A. Changes in soil nutrient availability explain biochar's impact on wheat root development. **Plant and Soil**, Springer, v. 399, p. 333–343, 2016.

PAES, J. B.; DINIZ, C. E. F.; MARINHO, I. V.; LIMA, C. R. de. Tannin potencial evaluation of six forest species of Brazilian semi-arid region. **Cerne**, v. 12, n. 3, p. 232–238, 2006.

SALOMÃO, G. de B.; FERNANDES, S. S. L.; PEREIRA, Z. V.; MOITINHO, M. R.; SILVA, S. de M.; PADOVAN, M. P. 056-Fitossociologia e desempenho de espécies arbóreas em um sistema agroflorestal sob bases agroecológicas em Dourados, Mato Grosso do sul. **Cadernos de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 1-5, 2012.

SANTOS, K. F. A. **O manejo do ambiente luminoso em sistemas agroflorestais de usos múltiplos**. 2022. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa em Recursos Florestais, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022.

SANTOS, R. C. **Avaliação nutricional e de crescimento inicial em altura de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais na região de Itaparica, Semiárido pernambucano**. 2016. 97. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.

SERGIO, A. T. **Seleção dinâmica de combinadores de previsão de séries temporais**. 2017. p. 129. Tese (Doutorado em Ciências da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/25449>. Acesso em: 15 jun. 2023.

SILVA, J. A. da. **Estimativa de crescimento em altura de *Leucena* [*Leucena leucocephala* (Lam.) de Wit.] por meio de Modelo ARIMA**. 2008. 64f. Dissertação (Mestrado em Biometria e Estatística Aplicada) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/5003>. Acesso em: 17 jan. 2024.

SILVA, J. P.: Adubação orgânica. **Brasília-DF: Ageitec, Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, p. 66-125, 2012.

SILVA, J. R. V. da; LIMA, S. A. O. de; CAMARGO, E. E. S. Relação entre casos e óbitos da COVID-19 nos municípios do estado de Rondônia-Brasil: Uma análise de séries temporais diárias. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 10, p. 99503-99520, 2021.

SILVA, R. M. A. da; AQUINO, J. R. de; COSTA, F. B.; NUNES, E. M. Características produtivas e socioambientais da agricultura familiar no semiárido brasileiro: evidências a partir do censo agropecuário de 2017. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 55, p. 314-338, 2020.

SORJAMAA, A.; HAO, J.; REYHANI, N.; JI, Y.; LENDASSE, A. Methodology for long-term prediction of time series. **Neurocomputing**, v. 70, n. 16-18, p. 2861-2869, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231207001610>. Acesso em: 11 jun. 2023.

SOUZA, C. E. M. de; BÔAS, O. V.; DURIGAN, G. SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO DE ESPÉCIES TROPICAIS MADEIREIRAS EM CONSÓRCIO COM ESPÉCIE PIONEIRA EM DIFERENTES PROPORÇÕES. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 155-165, 2015. DOI: 10.4322/rif.2015.012. Disponível em: <https://rif.emnuvens.com.br/revista/article/view/154>. Acesso em: 7 jul. 2023.