

Desenvolvimento de *Eucalyptus spp.* em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em solo arenoso do Oeste da Bahia ¹

Daniela de Azevedo Ladeira²; Renato Vinícius Oliveira Castro³; Flávia Cristina dos Santos⁴

1 Trabalho financiado pela Fazenda Trijunção. 2 Estudante de Engenharia Florestal da Universidade Federal de São João del-Rei, bolsista PIBIC do Convênio CNPq/Embrapa, daniela.a.ladeira@gmail.com. 3 Professor da Universidade Federal de São João del-Rei, D.Sc. em Ciência Florestal, renatocastro@ufsj.edu.br. 4 Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, flavia.santos@embrapa.br.

Introdução

Atualmente, com o crescente avanço das técnicas e práticas agrícolas conservacionistas, os produtores têm investido cada vez mais em sistemas integrados, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), por ser mais sustentável se comparados aos plantios convencionais (Salles et al., 2012). Neste sistema, as culturas agrícolas, florestais, pastagens e animais são associados a fim de aumentar as interações ecológicas, conservar o meio ambiente, otimizar o uso de recursos e ainda assim obter altas produtividades.

A ILPF possibilita que o solo seja explorado durante todo o ano, resultando em aumento na oferta de grãos, carne e leite a um custo mais baixo (Costa et al., 2019). Além disso, considerando o principal recurso da produção agropecuária, o solo, a ILPF promove maior ciclagem de nutrientes, sequestro de carbono, melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo, entre outros, pela maior diversidade vegetal de parte aérea e raízes. Portanto, a ILPF se apresenta como uma forma sustentável de intensificação agrícola para os solos arenosos, que vêm sendo incorporados ao processo produtivo, embora sejam mais frágeis fisicamente e apresentem, originalmente, baixos teores de matéria orgânica e nutrientes (Donagemma et al., 2016).

Portanto, esses sistemas de produção vêm crescendo em área plantada por meio de programas de fomento, como o Programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC), implantado pela Lei n° 12.187 de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudanças do Clima (Cerqueira et al., 2020). Diante desses incentivos é necessário ainda mais investimento em pesquisas para aprimorar as modelagens estatísticas, ferramentas computacionais e técnicas de manejo desses sistemas.

Dentre as espécies florestais utilizadas nos sistemas integrados, a *Eucalyptus spp.* é a mais plantada, sendo uma das mais estudadas e conhecidas por apresentar rápido crescimento em diferentes condições edafoclimáticas, possibilitando seu cultivo de norte a sul do País, com elevado rendimento econômico e inúmeras aplicações (Faria et al., 2013). Em sistema ILPF, o *Eucalyptus spp.* tem crescimento 18% mais que em monocultivos, até os cinco anos de idade, e também apresenta maior produtividade por árvore, já que o espaçamento é maior e sofre menos competição. Entretanto, apresenta menor produtividade por hectare, por possuir menos indivíduos por hectare em razão do maior espaçamento (Faria, 2019). Em plantios convencionais, o espaçamento é reduzido, e nestas condições o eucalipto atinge maior volume total e altura, logo, maior lucratividade. Todavia, o objetivo principal da ILPF não é a comercialização exclusivamente florestal, portanto, espaçamentos maiores ainda podem trazer lucratividade ao produtor.

Boa parte dos plantios de *Eucalyptus spp.* se encontram em solos ácidos, de baixa fertilidade (Balieiro et al., 2021), portanto, a ciclagem de nutrientes e a fertilização são de extrema importância para manutenção da produtividade (Silva et al., 2012). Os volumes de *Eucalyptus spp.* encontrados em solos arenosos podem chegar até 104,21 m³ ha⁻¹ em média, para 30 meses de idade, e estudos específicos de resposta do *Eucalyptus spp.* em diferentes solos são importantes para entendimento de sua dinâmica de crescimento e oferta de madeira.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial do *Eucalyptus spp.* em um sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em solo arenoso do Oeste da Bahia.

Material e Métodos

O ensaio de ILPF foi instalado no município de Jaborandi, BA, em dezembro de 2018, com o plantio alternado de mudas clonais de *Eucalyptus spp.*, cultivares AEC 144 e AEC 2084, em renques de 400 m lineares e espaçados de 25 m entre linhas e 2 m entre plantas na linha, totalizando 15 parcelas de 1 ha cada. Nos períodos de maior déficit hídrico foi realizada a irrigação de salvamento utilizando caminhão-pipa.

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico típico, de textura arenosa, com as características químicas e físicas antes da instalação do ensaio apresentadas na Tabela 1.

Anteriormente ao plantio, em agosto de 2018, foi realizada a correção do solo com aplicação de 5 t ha⁻¹ de calcário (PRNT 76%), e em outubro de 2018 foram aplicados 700 kg ha⁻¹ de gesso e 290 kg ha⁻¹ de MAP (11-52-00), em toda a área.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo antes da instalação dos ensaios.

Prof.	pH	P-M1	K	S	Ca	Mg	Al	H+Al	T	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Cm	H ₂ O	-----mg dm ⁻³ -----			-----cmol _c dm ⁻³ -----					-----%-----	-----mg dm ⁻³ -----					
0-20	6,5	2,1	14,3	10,5	1,1	0,4	0,01	0,8	2,2	59,5	0,9	0,1	2,0	57,5	1,1	3,4
20-40	5,5	1,0	10,5	16,7	0,4	0,2	0,05	1,3	1,8	25,9	13,7	0,1	1,6	58,9	0,7	2,8

Prof.	argila	silte	ar. fina	ar. gr	MO
Cm	-----dag kg ⁻¹ -----				
0-20	11	2	23	64	0,67
20-40	14	2	21	63	0,67

OBS: pH em água, relação 1:2,5 TFSA; P-M1, K, Cu, Mn, Fe e Zn – Método Mehlich 1; S – Método Ca(H₂PO₄)₂, 500 mg L⁻¹ de P, em HOAc 2 mol L⁻¹; Ca, Mg, Al - Método KCl 1 mol L⁻¹; H+Al – Método Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0; MO – Método Walkley & Black (MO = 1,724 x CO); B – Método da água quente.

O plantio de *Eucalyptus spp.* foi realizado de 3 a 6 de dezembro de 2018, com hidrogel, sob condição de sequeiro, com aplicação de 200 g de 03-18-05 + micronutrientes nas covas do eucalipto e de 200 kg ha⁻¹ + micronutrientes no sulco de plantio das culturas. Na mesma data foram semeadas as culturas do girassol, feijão caupi, sorgo forrageiro (Volumax e SS 318), soja e capim entre os renques de *Eucalyptus spp.* e com adubação de plantio de 200 kg ha⁻¹ de 03-18-05 + micronutrientes, realizada no sulco. Em janeiro de 2019 foi realizada a adubação de cobertura com 120 kg ha⁻¹ de ureia e 100 kg ha⁻¹ de KCl, aplicados a lanço, nas culturas citadas anteriormente.

Na safra 2019/2020 foram cultivados os sorgos forrageiros BRS 658, Volumax, Ponta Negra, Capim Sudão cv Estribo, o milheto forrageiro ADR 6010 e o milheto ADR 300, todos consorciados com a *Braquiária brizantha* cv. Piatã. A adubação de plantio foi de 400 kg ha⁻¹ do formulado 11-33-11 + 30 kg ha⁻¹ de FTE + 30 kg ha⁻¹ de Ulexita, aplicados em sulco de plantio.

Ao atingir 12 meses de idade, o *Eucalyptus spp.* recebeu adubação a lanço (10 a 15 cm do tronco, em círculo), com aplicação de 150 g pl⁻¹ de 11-33-11+30FTEBR-12 + 20 g pl⁻¹ de FTE BR-12 + 20 g pl⁻¹ de Ulexita. Nas culturas, em cobertura e a lanço, foram aplicados 1 L ha⁻¹ de Quimifol Cerrado, nos estádios V4 e V8, e 200 kg ha⁻¹ de 20-00-30 (03/01/2020) e 150 kg ha⁻¹ de ureia e 150 kg ha⁻¹ de KCl (16/01/2020).

Foi realizada a amostragem foliar no *Eucalyptus spp.* com 15 meses de idade. Foram coletadas 80 folhas por linha (15 linhas), sendo 40 folhas para cada clone (AEC 144 (A) e AEC 2084 (B)). As coletas foram realizadas ao longo de todo o comprimento da linha (400 m), sendo coletados 5 pontos em cada linha e para cada clone. Com isso foram geradas 15 amostras por clone, cada uma contendo 40 folhas que foram secas em estufa a 65 °C por 72 h e posteriormente enviadas para o laboratório para análise dos macro e micronutrientes foliares.

Para avaliar o desenvolvimento do *Eucalyptus spp.* e para se apresentar o ativo florestal (volume de madeira total com casca), aos 23 meses de idade, foi realizado o inventário (censo) nas plantas. Foram medidas as alturas de 20% das árvores utilizando um Clinômetro digital Haglôf. Mensurou-se o CAP (cm) de todas as árvores contidas nas linhas com uma fita métrica, e o valor do DAP foi determinado pelo cálculo CAP/π . Ademais, cada árvore foi qualificada quanto à situação do fuste. Para a estimativa hipsométrica foi usado o seguinte modelo por apresentar melhor estatística de precisão:

$$\ln H = \beta_0 + \beta_1 * 1/DAP + \varepsilon$$

Onde: H é a altura total observada (m); DAP é o diâmetro das árvores a 1,3m (cm); $\beta_0 = 2,2524665$ e $\beta_1 = - 3,1518779$ são parâmetros do modelo; ε é o erro aleatório.

Para determinação dos volumes das árvores, foi utilizado um fator de forma de 0,47, sendo:

$$V = (\pi * DAP^2 / 40000) * Ht * 0,47$$

Onde V = volume com casca total (m³); DAP = diâmetro à 1,30m (cm); Ht = altura total (m).

O processamento dos dados englobou a estimação do volume individual e total, com casca, das árvores; cálculo das variáveis do povoamento (DAP médio – q (cm)); altura total média (m); área basal por hectare (m²/ha); número de árvores por hectare; volume médio individual e total (m³); volume médio por hectare (m³/ha); incremento médio anual – IMA (m³/ha/ano); volume total em m³/talhão; e inventário qualitativo.

Resultados e Discussão

Em relação ao diagnóstico nutricional das plantas de eucalipto, os dados evidenciam uma boa nutrição dos macronutrientes para os dois clones, com teores médios dentro da faixa considerada adequada (Martinez et al., 1999), à exceção do Mg (Tabela 2). Quanto aos micronutrientes, os clones apresentaram deficiência em Fe, Zn e Mn, (Tabela 2), sendo realizadas adubações posteriores (julho de 2019 e abril de 2021) para tentar corrigir estas deficiências.

Tabela 2. Teores foliares de macronutrientes do eucalipto em fevereiro de 2020.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Média (dag kg ⁻¹)	2,83	0,20	1,23	0,99	0,28	0,21	14,09	50,17	18,23	52,29	66,05
Mín (dag kg ⁻¹)	1,78	0,17	0,83	0,70	0,20	0,16	2,20	33,54	13,09	30,32	36,23
Máx (dag kg ⁻¹)	3,48	0,24	1,61	1,27	0,35	0,24	18,80	143,17	33,75	75,97	98,46
Desvio Padrão	0,39	0,02	0,24	0,17	0,05	0,02	2,55	21,59	3,91	10,67	15,70
CV (%)	13,65	8,94	19,19	17,38	19,84	8,25	18,12	43,04	21,43	20,41	23,77

A Tabela 3 apresenta o volume total, que foi de 49,99 m³, o que se aproxima dos valores de volume total ha⁻¹ encontrados por Santarosa et al. (2014) em plantas de 4 anos com espaçamento de 2 m entre plantas e 18 m entre renques. O volume total de madeira foi 3,33 m³ ha⁻¹, com taxa de incremento anual de 1,74 m³ ha⁻¹.ano⁻¹. A altura média das plantas foi 6,60 m e o DAP médio, 9,10cm, resultando em um volume médio de 0,0212m³ por planta e área basal de 1,04m² ha⁻¹. O valor de volume médio por planta de 0,0212m³ aos 23 meses de idade se aproxima do valor 0,0386 m³ obtido por Oliveira et al. (2015) para eucalipto de 25 meses.

Tabela 3. Resultados quantitativos de *Eucalyptus spp.* com 23 meses de idade.

Variável	Valor
Volume total (m ³)	49,99
Volume total (m ³ ha ⁻¹)	3,33
Média volumétrica (m ³)	0.0212
Desvio padrão do volume (m ³)	0.0071
Média de DAP (cm)	9,10
Desvio padrão do DAP (cm)	1,50
Diâmetro quadrático (q, em cm)	9,20
Média de Altura (m)	6,60
Desvio padrão da altura (m)	0,70

Nº de fustes ha ⁻¹ (ha)	183
IMA (m ³ .ha.ano)	1,74
Área Basal (m ² ha ⁻¹)	1,04

Quanto à distribuição diamétrica observou-se que 95% dos diâmetros possuem centro de classe de 7 a 11 cm, sendo 61% representado pelo centro de classe de 9 cm. Este resultado se aproxima do encontrado por Oliveira et al. (2015), em que o DAP esteve em torno de 9 cm para eucalipto de 25 meses, em solo classificado como de textura média (argila 28,0 dag kg⁻¹), superior aos valores do monocultivo. O crescimento diamétrico está relacionado ao aumento nos espaçamentos de plantio. Este fator favorece o crescimento secundário das árvores, fato importante para a obtenção de fustes de maior diâmetro, com possibilidades de usos mais nobres e de maior valor agregado, como produção de madeira para móveis e serraria (Oliveira et al., 2015; Cipriani et al., 2018).

A porcentagem total de árvores bifurcadas foi de 4,6%, sendo 1,2 % abaixo do DAP; 3,2% acima do DAP e 0,2% no DAP. Bifurcações abaixo do DAP não são desejáveis, pois influenciam negativamente no aproveitamento de madeira. Entretanto, para árvores de 23 meses de idade o impacto não é significativo, visto que o corte da árvore é feito, geralmente, a partir dos 7 anos após incremento de altura, DAP e volume. As árvores sem bifurcações, inclinações ou tortuosidades foram consideradas normais, estas representaram 78,3 % da população.

Quanto às falhas no plantio/taxa de mortalidade, a porcentagem foi de 15,5% da população, incluindo ambos os clones. Ataque de formigas; falha nos processos de plantio; déficit hídrico, entre outros, são fatores que podem ter levado à supressão das plantas. Esta porcentagem foi inferior à de Prevedello et al. (2013), que foi de 20% aos 12 meses. Todavia, o ideal é que a taxa de mortalidade seja de até 5%, ultrapassando esse valor. Em empresas florestais, é necessário realizar o replantio (Ferreira et al., 2017), e acima de 10% já indica problemas no plantio e no manejo inicial (Santarosa et al., 2014). Com base nestes resultados, percebe-se o impacto do tipo de solo e condição climática no estabelecimento e desenvolvimento do eucalipto, mesmo sendo uma planta originária de condições tropicais, de regiões mais quentes e úmidas.

Conclusões

Verifica-se que o desenvolvimento inicial das árvores de eucalipto das cultivares implantadas no sistema ILPF está dentro das métricas esperadas. A forma dos fustes e a relação hipsométrica (dap x altura) estão adequadas para o espaçamento e idade do

componente florestal. A produção total de madeira da área é penalizada pela alta taxa de falhas de plantio (mortalidade até 2 anos), que foi superior à taxa média aceita (< 10%).

Referências

BALIEIRO, F. de C.; SANTOS, F. M.; CHAER, G. M.; COSTA, C. T. R. C. da. **Benefícios dos plantios mistos de eucalipto e acácia em solo arenoso**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2021. 14 p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 78).

CERQUEIRA, C. L.; MÔRA, R.; TONINI, H.; ARCE, J. E.; LISBOA, G. dos S.; DINIZ, C. C. C.; CARVALHO, S. de P. Modelagem do volume de eucalipto em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 4, p. 1213-1221, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34062/afs.v7i4.9910>.

CIPRIANI, H. N.; VIEIRA, A. H.; PASSOS, A. M. A. dos; CARMO, C. C. A. do; VIEIRA, D. da S. Crescimento de eucaliptos em dois espaçamentos dentro do renque em sistema iLPF. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 4., 2018, Ribeirão Preto. **Anais**. Brasília, DF: Embrapa; Colombo: Embrapa Florestas, 2018. p. 193-195.

COSTA, M. de A. A.; HARDT, V. A.; VIEIRA, C. V.; FARIAS NETO, A. L. de; MENEGUCI, J. L. P.; ZOLIN, C. A.; LULU, J.; PORFIRIO-DA-SILVA, V. Aspectos ecofisiológicos e de crescimento de *Eucalyptus urograndis* submetido a estresse hídrico com potencial para sistemas agrossilvipastoris. In: FARIAS NETO, A. L. de; NASCIMENTO, A. F. do; ROSSONI, A. L.; MAGALHÃES, C. A. de S.; ITUASSU, D. R.; HOOGERHEIDE, E. S. S.; IKEDA, F. S.; FERNANDES JÚNIOR, F.; FARIA, G. R.; ISERNHAGEN, I.; VENDRUSCULO, L. G.; MORALES, M. M.; CARNEVALLI, R. A. (ed.). **Embrapa Agrossilvipastoril: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma agropecuária sustentável**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. pt. 4, cap. 8, p. 221-225.

DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L. de; BALIEIRO, F. de C.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; VIANA, J. H. M.; ARAÚJO FILHO, J. C. de; SANTOS, F. C. dos; ALBUQUERQUE FILHO, M. R. de; MACEDO, M. C. M.; TEIXEIRA, P. C.; AMARAL, A. J. do; BORTOLON, E. S. O.; BORTOLON, L. Characterization, agricultural potential, and perspectives for the management of light soils in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1003-1020, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900001>.

FARIA, G. **Eucalipto cresce mais em sistemas ILPF comparado ao plantio em monocultura**. 2019. Notícias. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/48890866/eucalipto-cresce-mais-em-sistemas-ilpf-comparado-ao-plantio-em-monocultura>. Acesso em: 21 ago. 2021.

FARIA, J. R.; SILVA, J. F.; NERIS, K. P.; LOPES, F. L. R.; SILVA, M. C.; LISBOA, E. S.; RODRIGUES, J.; CENTENO, A. J.; LOPES, F. M. Desenvolvimento de

Eucalyptus urograndis no município de Corumbá-GO. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 17, n. 2, p. 9-27, 2013.

FERREIRA, D. H. A. A.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; PAULA, T. R.; COUTINHO, R. P.; SILVA, R. L. Crescimento e produção de eucalipto na região do Médio Paraíba do Sul, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 24, e00131315, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.131315>.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. p. 143-168.

OLIVEIRA, F. L. R.; CABACINHA, C. D.; SANTOS, L. D. T.; BARROSO, D. G.; SANTOS JÚNIOR, A.; BRANT, M. C.; SAMPAIO, R. A. Crescimento inicial de eucalipto e acácia, em diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta. **Cerne**, v. 21 n. p. 227-233, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201521021489>.

PREVEDELLO, J.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; VOGELMANN, E. S.; FONTANELA, E.; REICHERT, E. M. Manejo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis hill ex maiden* em argissolo. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 129-138, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050988447>.

SALLES, T. T.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; SOARES, C. P. B.; PAIVA, H. N.; SANTOS, F. L. Modelo de Clutter na modelagem de crescimento e produção de eucalipto em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 2, p. 253-260, fev. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000200014>.

SANTAROSA, E.; MELLO, I. B. de; DERETI, R. M.; PENTEADO JÚNIOR, J. F.; BONATO, J. A.; GOULART, I. C. G. dos R.; PINTO, A. F. Estimativa do volume de madeira em unidades de referência tecnológica com sistema agrossilvipastoril. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ARBORIZAÇÃO DE PASTAGENS EM REGIOES SUBTROPICAIS, 1., 2013, Colombo. **Anais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2014. p. 81-92. (Embrapa Florestas. Documentos, 268).

SILVA, M. O. P.; CORRÊA, G. F.; COELHO, L.; RABELO, P. G. Avaliação de dois tratamentos de adubação em plantio de eucalipto clonal em solo arenoso. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 212-222, 2012. Suppl. 1.

SIMÕES, J. W.; COELHO, A. S. R.; MELLO, H. A.; COUTO, H. T. Z. Crescimento e produção de madeira de eucalipto. **IPEF**, n. 20, p. 77-97, jun. 1980.