

MARINA ALVES CLEMENTE

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO SORGO E EUCALIPTO EM
DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Carlos Juliano Brant Albuquerque

Co-orientadora

Profa. Dra. Regina Maria Quintão Lana

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

C626c Clemente, Marina Alves, 1989-
2015 Características agronômicas do sorgo e eucalipto em diferentes
arranjos espaciais / Marina Alves Clemente. - 2015.

Orientador: Carlos Juliano Brant Albuquerque.
Coorientadora: Regina Maria Quintão Lana.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. Sorgo - Teses. 3. Sustentabilidade - Teses.
4. Eucalipto - Teses. I. Albuquerque, Carlos Juliano Brant. II. Lana,
Regina Maria Quintão. III. Universidade Federal de Uberlândia.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

MARINA ALVES CLEMENTE

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO SORGO E EUCALIPTO EM
DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 24 de fevereiro de 2015.

Profa. Dra. Regina Maria Quintão Lana
(co-orientadora)

UFU

Prof. Dr. José Geraldo Magest

UFU

Dr. Marcos Vieira de Faria

FAPEMIG

Prof. Dr. Carlos Juliano Brant Albuquerque
EPAMIG
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

BIOGRAFIA DO AUTOR

Marina Alves Clemente, filha de Carlos Henrique Clemente e Angela Maria Alves Clemente, casada com Fernando Monteiro Lemos, nasceu na cidade de Araguari, MG, no dia 16 de julho de 1989.

Cursou ensino fundamental no Colégio Magnus e ensino médio no Colégio Nacional, ambos na cidade de Araguari.

Em março de 2007 ingressou na Universidade Federal de Uberlândia, para o curso de Agronomia. Em janeiro de 2013 diplomou-se agrônoma.

Em março de 2013 iniciou-se, nesta mesma instituição, o Mestrado em Agronomia pelo Instituto de Ciências Agrárias ICIAG/UFU na área de Fitotecnia.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	ii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO 1.....	3
REFERENCIAL TEÓRICO	3
Integração lavoura-pecuária-floresta.....	3
Arranjos espaciais de eucalipto para a iLPF	4
Cereais em sistema iLPF	6
REFERÊNCIAS.....	8
CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E LOCAIS DE AVALIAÇÃO DE PARCELAS DO SORGO EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS DE EUCALIPTO.....	11
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUÇÃO	14
MATERIAL E MÉTODOS	16
Local e descrição da área experimental	16
Componentes vegetais.....	17
Arranjos espaciais avaliados	17
Implantação e condução do experimento	17
Características avaliadas no sorgo	18
Altura de planta (m).....	18
Massa de grãos (kg).....	19
Produtividade de grãos ($t ha^{-1}$)	19
Produtividade efetiva de grãos por arranjo espacial.....	19
Análise estatística.....	19
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS.....	27
CAPÍTULO 3 – PRODUÇÃO DO EUCALIPTO EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS	29

RESUMO.....	30
ABSTRACT.....	31
INTRODUÇÃO.....	32
MATERIAL E MÉTODOS	34
Local e descrição da área experimental	34
Arranjos espaciais avaliados	34
Implantação e condução do experimento.....	35
Características avaliadas no eucalipto.....	35
Análise estatística.....	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
CONCLUSÃO	39
ANEXO	42
Croqui da área experimental	42

RESUMO GERAL

CLEMENTE, MARINA ALVES. **Características agronômicas do sorgo e eucalipto em diferentes arranjos espaciais.** 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.¹

A expansão da agricultura e pecuária para novas áreas, a fim de abastecer a demanda por alimentos da população mostra-se inviável no mundo atual. Além disso, a presença crescente de pastagens degradadas denota a necessidade de reverter tal situação. Diante disso, a integração lavoura pecuária floresta (iLPF) enquadra-se nesse patamar, com o intuito de renovar as áreas em processo de degradação, concomitantemente, possibilitando a produção de alimentos advindos da agricultura e pecuária, além da obtenção de produtos e subprodutos da floresta. Assim, os objetivos desse trabalho foram avaliar o local das parcelas de sorgo (centro, lateral direita e lateral esquerda do eucalipto) sob diferentes arranjos espaciais de eucalipto; determinar o rendimento de madeira em diferentes arranjos espaciais de plantas e gerar informações sobre as principais características agronômicas do sorgo e silviculturais do eucalipto, em consórcio, para o sistema de iLPF, no cerrado de Minas Gerais. Utilizou-se clone de eucalipto I 144, para compor a floresta e o híbrido de sorgo granífero 1G220, a fim de compor a lavoura. Estudou-se o efeito de arranjos espaciais em linha simples: 10 x 2 m; linhas duplas: (2 x 3) + 15 m e (2 x 3) + 20 m e em linha tripla (3 x 2 x 3) + 20 m. Para avaliação do sorgo utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas com cinco repetições. A parcela experimental do sorgo foi constituída dos quatro arranjos espaciais de eucalipto e as subparcelas os 3 locais de avaliação das características agronômicas do sorgo. Para o eucalipto, o delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com seis repetições, sendo a parcela mínima constituída por duas árvores. Em relação ao sorgo, para altura de plantas, o arranjo espacial que proporcionou maior resultado foi o 10 x 2 m e o local de avaliação realizado no centro. Para as demais características avaliadas, massa de grãos, produtividade média e produtividade efetiva, o local de avaliação no centro dos renques de eucalipto e o arranjo espacial (2 x 3) + 20 m mostraram-se com maiores resultados. Para o eucalipto, o DAP aumentou com a proximidade dos renques, maior nos sistemas 10 x 2 m e (2 x 3) + 15 m ; a altura de plantas mostrou-se maior nos arranjos espaciais mais adensados, 10 x 2 m, (2 x 3) + 15 m e (3 x 2 x 3) + 20 m; volume de madeira por planta e volume de madeira por hectare apresentaram com maiores valores nos sistemas 10 x 2 m e (2 x 3) + 15 m, o menor volume por hectare encontrou-se no sistema de eucalipto com menor quantidade de árvores, (2 x 3) + 20 m.

Palavras Chave: Sustentabilidade, *Sorghum bicolor* (L.), Consociação de plantas, Madeira.

¹ Comitê orientador: Carlos Juliano Brant Albuquerque – EPAMIG (Orientador) e Regina Maria Quintão Lana – UFU (Co-Orientadora).

GENERAL ABSTRACT

CLEMENTE, MARINA ALVES. **Agricultural characteristics of sorghum and eucalypt in different spatial arrangements.** 2015. Dissertation (Masters degree in Agriculture/Crop Sciences) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.²

Agriculture and cattle raising expansion into new areas to supply the demand for food has become unviable. Moreover, the increasing presence of degraded pastures shows the need to revert such situation. Thus, integration of crop production with cattle rising and forestry (iLPF) becomes a new standard, allowing the renovation of areas in degradation process while, at the same time, allows the production of food with agriculture and cattle ranching, besides obtaining products and by-products of forests. Therefore, this study evaluated the location of sorghum plots (middle, right side or left side of eucalypts) under different spatial arrangements of eucalypts; determined the wood yield and different plant spatial arrangements and generated information about the major agricultural characteristics of sorghum and sylvicultural ones of eucalypt, in consortium, for the iLPF system, in Minas Gerais savannah. Eucalypt clone I 144 was used for the forest component and hybrid grain sorghum 1G220 for the crop component. The effect of spatial arrangement was evaluated in single rows 10 x 2 m, double rows 2 x 3) + 15 m or (2 x 3) + 20 m and triple rows (3 x 2 x 3) + 20 m. Sorghum was evaluated in a randomized block design, in split plots with five replications. The experimental unit consisted of four eucalypt spatial arrangements, and the split plots consisted of each of the three evaluation locations for sorghum agricultural characteristics. The experimental design for eucalypt was randomized blocks, with six replications, and the minimum experimental unit consisted of two trees. The results showed that the spatial arrangement with greatest sorghum height was 10 x 2 m with the evaluation done in the center of the eucalypt rows. All other characteristics, grain matter, average yield and effective yield were greater in the center of eucalypt alleys and the spatial arrangement of (2 x 3) + 20 m. The diameter at breast height increased as plant space increased in the systems 10 x 2 m and (2 x 3) + 15 m; plant height increased in more dense arrangements, 10 x 2 m, (2 x 3) + 15 m e (3 x 2 x 3) + 20 m; wood volume per plant and per hectare were greatest in the systems 10 x 2 m and (2 x 3) + 15 m.

Keywords: Sustainability, *Sorghum bicolor* (L.), Plant consortium, Wood.

² Supervising committee: Carlos Juliano Brant Albuquerque – EPAMIG (Supervisor) and Regina Maria Quintão Lana – UFU (Co-supervisor).

INTRODUÇÃO GERAL

Com o avanço da monocultura, tanto agrícola como pastagem, levou-se à degradação do solo com perdas das suas qualidades química, física e biológica, com consequente queda de produtividade e qualidade dos produtos. Aliado a esses fatores, tem-se o aumento da necessidade por alimentos, madeira e seus derivados, que carece cada vez mais de terras para cultivo. Com isso, a integração lavoura pecuária floresta (iLPF) vem como solução para recuperação das áreas degradadas atendendo a demanda da população por tecnologias sustentáveis.

Vários são os fatores que resultam na degradação do solo. Assim, os sistemas agrícolas que associam a monocultura contínua ao uso de equipamentos inadequados de preparo do solo e o uso de pastagens de forrageiras exigentes em fertilidade, num regime extensivo de pastejo, apresentam consequências negativas ao meio ambiente (MOREIRA et al., 2005).

Para se ter sucesso na implantação da iLPF, um requisito fundamental denota-se na escolha das espécies. As forrageiras devem ser produtivas, além de apresentar tolerância ao sombreamento sendo adaptadas às condições edafoclimáticas do local de implantação (ANDRADE et al., 2003 e MACEDO et al., 2008). Com isso, o cultivo do sorgo destaca-se em relação à cultura anual, pela simplicidade de condução, multifuncionalidade e tolerância a várias condições desfavoráveis para maioria dos cultivos.

Em relação à espécie arbórea que será utilizada num sistema silvipastoril deve apresentar, de preferência, copas que permitam uma passagem de luz suficiente para o crescimento das forrageiras. O gênero *Eucalyptus* é muito utilizado, pois permite uma incidência de luz satisfatória para o desenvolvimento do sub- bosque (ALVES, 2013).

Além das culturas que irão compor o sistema, o arranjo espacial de plantas adotado pela espécie florestal pode afetar características de interesse agronômico e silvicultural.

De acordo com Magalhães et al. (2007), sob o aspecto da silvicultura e do manejo, um dos principais elementos de tomada de decisão é a análise do espaçamento ótimo de plantio, através de estudos de crescimento dos indivíduos em diferentes espaçamentos, pois a densidade de árvores de um povoamento florestal influencia a taxa de crescimento, qualidade da madeira, idade de corte, e consequentemente, os aspectos econômicos do investimento.

Segundo Silveira et al. (2014), o objetivo do espaçamento de plantio é proporcionar espaço suficiente para cada árvore obter máximo crescimento com melhor qualidade e menor custo. Na fase inicial, as plantas encontram os elementos essenciais para seu crescimento em quantidades adequadas, mesmo em alta densidade. Além disso, também interfere na produtividade da espécie agronômica presente no estrato herbáceo do sistema.

Viana et al. (2010), em experimento para avaliar a influência dos diferentes arranjos espaciais do eucalipto, $(3 \times 2) + 20\text{ m}$, $(2 \times 2) + 9\text{ m}$ e $9 \times 2\text{ m}$ e em monocultivo, na produção do sorgo para silagem, não obtiveram diferença no teor de massa seca do sorgo cultivado entre os diferentes sistemas. Entretanto, para a produtividade foram observadas diferenças estatísticas, o sorgo, no arranjo espacial $(3 \times 2) + 20\text{ m}$ e no $9 \times 2\text{ m}$, foi semelhante à obtida em monocultivo, à pleno sol.

Poucos estudos foram desenvolvidos em sistemas agrossilvipastoris visando avaliar o eucalipto em condições de plantios mais elaborados (por exemplo, em linhas simples ou duplas, sob adensamento moderado), uma vez que a maioria dos estudos concluídos aborda espaçamentos em torno de dois ou três metros entre plantas e entre linhas e em arranjos espaciais simplificados (OLIVEIRA et al., 2009).

Sendo assim, visando a aumentar a eficiência do manejo adotado em sistemas de iLPF na região do cerrado de Minas Gerais foram conduzidos experimentos com os seguintes objetivos:

- a) Avaliar o efeito do local de avaliação de parcelas de sorgo sob diferentes arranjos espaciais de eucalipto;
- b) Determinar o rendimento de madeira do eucalipto em diferentes arranjos espaciais de plantas;
- c) Gerar informações sobre as principais características agronômicas do sorgo e silviculturais do eucalipto em consórcio para o sistema de iLPF no cerrado de Minas Gerais.

CAPÍTULO 1

REFERENCIAL TEÓRICO

Integração lavoura-pecuária-floresta

A necessidade cada vez maior de alimentos e a presença de quantidades alarmantes de pastagens degradadas levam à procura de novas áreas para potencial produtivo. Com isso, a iLPF mostra-se como alternativa para a recuperação desses locais degradados. Ao mesmo tempo, fornece a possibilidade de produzir alimentos, criar animais e obter produtos madeireiros e seus derivados.

A demanda crescente por informações sobre tecnologias, que reduzam os riscos da atividade agropecuária com agregação de valor aos produtos e disponibilização de serviços ambientais na propriedade, tem aumentado nos últimos anos (VIANA et al., 2012). Esses autores afirmam que o momento é oportuno para a exploração de produtos florestais, agrícolas e pecuários. Além do mais, as questões relacionadas com serviços ambientais, tais como o sequestro de carbono, a conservação da água e do solo e a biodiversidade são vantagens que agregam valor à adoção dos sistemas agrossilvipastorais na propriedade rural.

Segundo Machado et al. (2011), a iLPF é definida como estratégia de produção sustentável, que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas em uma mesma área, seja em cultivo consorciado, em sucessão ou em rotação. Esse sistema vem ganhando importância dentro das propriedades agrícolas, mostrando ser uma opção totalmente viável e consistente na produção de alimentos tanto para o homem, quanto para os animais.

De acordo com Leite et al. (2010), a estratégia de iLPF contempla quatro modalidades de sistemas: (i) integração Lavoura-Pecuária ou Agropastoril: Sistema que integra os componentes: lavoura e pecuária, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área, em um mesmo ano agrícola ou por múltiplos anos; (ii) integração Lavoura-Pecuária-Floresta ou Agrossilvipastoril: Sistema que integra os componentes: lavoura, pecuária e floresta, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área. O componente lavoura pode ser utilizado na fase inicial de implantação do componente florestal ou em ciclos durante o desenvolvimento do sistema; (iii) integração Pecuária-Floresta ou Silvipastoril: Sistema que integra os componentes: pecuária e floresta em consórcio e

(iv) integração Lavoura-Floresta ou Silviagrícola: Sistema que integra os componentes: floresta e lavoura, pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas (anuais ou perenes). O componente lavoura pode ser utilizado na fase inicial de implantação do componente florestal ou em ciclos durante o desenvolvimento do sistema. Os sistemas apresentados assemelham-se à classificação de sistemas agroflorestais: silviagrícola, silvipastoril e agrossilvipastoril. Contudo, a iLPF é uma estratégia que apresenta classificação mais abrangente, incluindo a integração lavoura-pecuária.

Nestes sistemas, estratégias de rotação pasto-lavoura na presença do componente arbóreo e, sob manejo adequado, promovem melhorias consistentes de ordem agronômica, zootécnica, ambiental e socioeconômica (FERREIRA et al., 2012). Ainda de acordo com esses autores, o Brasil apresenta elevado potencial de implantação de sistemas integrados de produção, principalmente nas áreas do Brasil-Central, onde há extensas áreas de pastagens com algum nível de degradação.

Várias são as vantagens advindas desse sistema. Assim Alvarenga et al. (2010) ressaltam que o componente florestal representa uma poupança para o agropecuarista, pois os custos podem ser menores em razão das outras atividades associadas, sejam lavouras ou pastagens.

Além disso, os benefícios dos sistemas integrados têm sido associados, invariavelmente, à redução de custos, ao aumento da eficiência do uso da terra; à melhoria dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo; à redução de pragas e doenças, além do aumento de liquidez e de renda (MORAES et al., 2011).

Arranjos espaciais de eucalipto para a iLPF

Muitas são as variáveis a serem observadas na implantação de um sistema integrado sustentável e, um dos requisitos fundamentais para o sucesso é a escolha das espécies para o sistema e os melhores arranjos espaciais de árvores para maiores produtividades.

A espécie arbórea de maior destaque no desenvolvimento de sistemas integrados é o eucalipto. O gênero *Eucalyptus* tem sido plantado no Brasil para produção de madeira para diversas finalidades, e o interesse por esta espécie florestal aumenta devido a crescente demanda por produtos florestais, aliada ao rápido crescimento, boa adaptação climática e ótima qualidade da madeira produzida (SILVEIRA et al., 2014).

Sua adaptação às condições locais de clima e solo, seu crescimento rápido e a arquitetura de copa favorecem sua consorciação com as culturas. A radiação solar incidente no sub-bosque em sistemas iLPF constitui fator primordial para o crescimento de plantas no estrato herbáceo desse sistema (ALBUQUERQUE et al., 2014).

Para isso, o ajuste dos espaçamentos entre os sistemas de eucalipto mostram-se indispensáveis para o sucesso da iLPF. Assim, de acordo com Bernardo (1995), a definição de espaçamentos adequados para o estabelecimento de espécies florestais é especialmente importante para regiões, onde os solos apresentam baixa fertilidade e a disponibilidade hídrica é relativamente baixa e irregular, assim como na região do cerrado. De acordo com autor, nessa condição de recursos escassos, o espaçamento torna-se muito relevante, visto que os mais fechados podem gerar intensa competição, enquanto os espaçamentos mais abertos podem resultar em subutilização e menor produtividade das florestas.

O objetivo do espaçamento de plantio é proporcionar espaço suficiente para cada árvore obter máximo crescimento com melhor qualidade e menor custo. Na fase inicial, as plantas encontram os elementos essenciais para seu crescimento em quantidades adequadas, mesmo em alta densidade (SILVEIRA et al., 2014).

Em experimento de análise econômica de dez arranjos espaciais produtivos de eucalipto intercalado com a cultura do milho (Maravilhas/Jovelino 1,10 x 8 m; Maravilhas/Dirceu 1,10 x 8 m; Maravilhas/Gilmar 1,10 x 8 m; Maravilhas/Gilmar 2 x 9 m; Florestal/ Heleno1 - 2 x 10 m; Florestal/ Heleno2 - 2 x 10 m; Florestal/ Heleno3 - 2 x 10 m; Onça de Pitangui/ Pedro1 - 1,5 x 2 x 2 x 16; Onça de Pitangui/ Pedro2 - 1,5 x 2 x 2 x 16; Onça de Pitangui/ Pedro3 - 1,5 x 2 x 2 x 16), Viana et al. (2010) concluíram que os rendimentos de grãos no sistema de iLPF foram satisfatórios apresentando produções superiores às obtidas na região com o cultivo de milho solteiro. Esses autores justificaram que a utilização de espaçamentos mais amplos de plantio do eucalipto permitia maior incidência de luz entre os renques das árvores. Resultados semelhantes foram encontrados por Wendling et al. (2014), em que a produtividade de grãos de milho foi maior com o aumento da distância do renque das árvores.

Paula (2011), avaliando o efeito de arranjos espaciais de plantio no crescimento de clone de eucalipto, observou que o diâmetro à altura do peito e o volume individual das plantas intactas decresceram com a proximidade das plantas, sendo que o maior volume por hectare de plantas intactas ocorreu nos arranjos espaciais 3,6 x 2,5 m; 3,3 x 3 m e (2 x 2) + 10 m. Segundo autor, os arranjos espaciais (2 x 2) + 10 m e 3,6 x 2,5 m

são os mais indicados para produção de madeira com menor diâmetro, para plantas intactas. Os maiores diâmetros foram obtidos no 9 x 3 m.

Oliveira et al. (2009) constataram que houve interação significativa entre os arranjos espaciais (3,33 x 2 m; 3,33 x 3 m; 5 x 2 m; 10 x 2 m; 10 x 3 m; 10 x 4 m; (3 x 4) + 7 m; (3 x 3) + 10 m; (3 x 4) + 10 m; (3 x 3) + 15 m e (3 x 4) + 7 + 10 m e as épocas de avaliação (18, 27, 38 e 51 meses após o plantio), sendo que, aos 18 meses após o plantio, os menores valores de DAP e área basal, foram observados para os arranjos espaciais 3,33 x 2 m; (3 x 4) + 7 m; (3 x 3) + 10 m e (3 x 4) + 10 m. A altura de plantas foi maior nos arranjos espaciais mais adensados (3,33 x 2 m; 3,33 x 3 m e 5 x 2 m).

Diante disso, torna-se indispensável o conhecimento acerca dos arranjos espaciais das espécies florestais no sistema iLPF, de maneira que se tenha ótimo rendimento de madeira. Os diferentes sistemas iLPF devem ser planejados levando em consideração os diferentes aspectos socioeconômicos e ambientais das unidades de produção. Evidentemente, a forma e a intensidade de adoção do conjunto de tecnologias que compõem a iLPF dependerão, entre outros fatores, dos objetivos e da infraestrutura disponível de cada produtor (BALBINO et al., 2012).

A iLPF pode ser facilitada pela adequada distribuição espacial das árvores no terreno, visando a práticas de conservação do solo e da água, bem como beneficiando melhor o trânsito das máquinas e aspectos comportamentais dos animais (BALBINO et al., 2012). Para tanto, segundo esse mesmo autor, o arranjo espacial mais simples e eficaz é o de “aleias” (ou renques), em que as árvores são plantadas em faixas (linhas simples ou múltiplas), com espaçamentos amplos.

Cereais em sistema iLPF

Um requisito fundamental para o sucesso da iLPF está relacionado com a escolha das espécies que irão compor o sistema. As lavouras e forrageiras devem ser produtivas, parcialmente tolerantes ao sombreamento e adaptadas às condições edafoclimáticas do local de implantação. Isto se torna mais relevante, em se tratando de áreas de cerrado, com características particulares de solos ácidos de baixa fertilidade e estação seca bem definida e prolongada (VIANA et al., 2012).

O sorgo produz grande quantidade de palhada e com elevada relação C/N, o que é uma característica fundamental para a prática de semeadura direta em regiões quentes, onde a lenta decomposição é desejada (ALBUQUERQUE et al., 2013). Outra vantagem

da utilização de espécies forrageiras em consórcio com o sorgo diz respeito ao incremento de matéria orgânica no solo em suas camadas (CABRAL et al., 2011).

Ademais, os grãos podem ser comercializados com o intuito de amortizar os custos de recuperação da área e a forragem pode ser utilizada na entressafra pelas criações, gerando melhor uso e maior receita da atividade (ALBUQUERQUE et al., 2013).

Em experimento envolvendo o sorgo granífero em consórcio com braquiária mostraram redução na produtividade do cereal (ALBUQUERQUE et al., 2013). Entretanto, essa competição pode ser anulada com a semeadura da braquiária na ocasião da adubação de cobertura (ALBUQUERQUE et al., 2011).

Em experimento realizado por Viana et al. (2012), observaram, para a cultura do sorgo, que não houve diferença entre os tratamentos $(3 \times 2) + 20\text{ m}$, $(2 \times 2) + 2\text{ m}$ e em $9 \times 2\text{ m}$, para altura de planta e teor de massa seca. No entanto, em relação ao diâmetro de colmo, foram detectadas diferenças entre os arranjos espaciais e entre a amostragem realizada no centro e sob a copa das árvores. Foram observados acréscimos de 100% no diâmetro do colmo nas plantas de sorgo conduzidas no maior espaçamento (20 m) em relação àquelas que se desenvolveram no arranjo mais adensado $(2 \times 2) + 9\text{ m}$. O diâmetro das plantas de sorgo coletadas no centro de cada faixa ($1,08\text{ cm}$) foi maior que o observado para as plantas conduzidas sob a copa do eucalipto ($0,81\text{ cm}$).

Wendling et al. (2014), também encontraram diferença na produtividade de grãos em função das posições das fileiras de milho + capim em relação aos renques de eucalipto (distância do renque e pleno sol), com a produtividade aumentando diretamente em relação ao aumento da distância do renque de eucalipto.

Em outro experimento com objetivo de avaliar a influência dos diferentes arranjos estruturais do eucalipto na produção do sorgo para silagem, observaram que a produtividade do sorgo no arranjo espacial $(3 \times 2) + 20\text{ m}$ e no arranjo espacial de $9 \times 2\text{ m}$ com linha simples foi semelhante à obtida em monocultivo à pleno sol (VIANA et al., 2010). No plantio efetuado no espaçamento mais adensado do eucalipto, com linhas duplas, $(2 \times 2) + 9\text{ m}$ ocorreu redução de 37,7% na produtividade em relação ao plantio à pleno sol. Segundo os autores, esse resultado pode ser explicado pela menor incidência de radiação para o desenvolvimento do sorgo no sistema iLPF, devido ao sombreamento proporcionado pelo eucalipto.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; GONTIJO, M.; ALVARENGA, R.C.; ALVES, D.D.; GUIMARÃES, A.S. **Circular técnica 148:** Época de semeadura de braquiária em consórcio com sorgo granífero para sistema de integração lavoura-pecuária. Circular técnica.: Epamig, 2011.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; CAMARGO, R.; SOUZA, M. F. Extração de macronutrientes no sorgo granífero em diferentes arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.12, n.1, p. 10-20, 2013.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; OLIVEIRA, R. M.; SILVA, K. M. J; ALVES, D. D.; ALVARENGA, R. C.; BORGES, G. L. F. N. Consórcio de forrageiras tropicais com o sorgo granífero em duas localidades do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, Brasília – DF, v.12, n.1, p. 1-9, 2013.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, M. C. M.; CLEMENTE, M. A.; WENDLING, B.; ARAÚJO, S. A. C. Cultura do sorgo em sistema Integração lavoura-pecuária-floresta. **Informa Agropecuário**, Belo Horizonte, v.35, n. 278, p. 63-73, jan./fev. 2014.

ALVARENGA, R. C.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; NETO, M. M. G.; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. Sistema Integração lavoura-Pecuária-Floresta: Condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.31, n.257, p.59-67, jul./ago. 2010.

ALVES, F. L. **Características de eucalipto e de braquiária em sistema silvipastoril.** 2013. 33 f. Monografia. (Trabalho de conclusão de curso). Engenharia Florestal do Instituto Florestal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ, 2013.

ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G.; SOUZA, A. L. de. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com *Stylosantes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1845-1850, 2003.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, P. R.; VILELE, L. **Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta.** Informações agronômicas. N° 138, Junho, 2012.

BERNARDO, A.L. **Crescimento e eficiência nutricional de *Eucalyptus spp.* sob diferentes espaçamentos na região do cerrado de Minas Gerais.** 1995. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CABRAL, D. A.; ALBUQUERQUE, C. J.; SANTOS, F. E.; AGOSTINHO, F. B.; RODRIGUES, W. S.; CARDOSO, M. M. Matéria orgânica em solo cultivado com sorgo granífero sob diferentes coberturas vegetais para o sistema Integração lavoura-

pecuária. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DO SOLO, 33, 2011, **Anais...** Uberlândia UFU, 2011.

FERREIRA, A. D.; ALMEIDA, R. G. de; MACEDO, M. C. M.; LAURA, V. A.; BUNGENSTAB, D. J.; MELOTTO, A. M. Arranjos espaciais sobre a produtividade e o potencial de prestação de serviços ambientais do eucalipto em sistemas integrados. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7, **Anais...**, 2012.

LEITE, L. F. C.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. A.; BARCELLOS, A. O.; BALBINO, L. C. O potencial de sequestro de carbono em sistemas de produção integrados: integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). In: **ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA**, 12.. 2010. Foz do Iguaçú. **Anais...** Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2010. p.69-76.

MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B. do; VENTURIN, N. Eucalipto em sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 242, 2008.

MACHADO, L. A. Z.; BALBINO, C. L.; CECCON, G.; **Documentos**. Novembro, 2011.

MAGALHÃES, W. M. Desempenho silvicultural de clones e espécies/procedência de *Eucalyptus* na região nordeste de minas gerais. **CERNE**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 368-375, 2007.

MORAES, A.; PIVA, J. T.; SARTOR, L. R.; CARVALHO, P. C. F. Avanços científicos em integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA- PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 3, 2011. **Anais...** Synergismus scientifica UTFPR, Pato Branco, 06 (2). 2011.

MOREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA, I. P.; GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Atributos químicos e físicos de um latossolo vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 35 nº 3 p. 155-161, 2005.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E. M. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 01-09, dez. 2009. Edição especial.

PAULA, R. R. **Avaliação silvicultural de eucalipto em monocultivo e em sistema agroflorestal com diferentes arranjos espaciais**. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVEIRA, E. R.; REINER, D. A.; SMANIOTTO, J. R. Efeito do espaçamento de plantio na produção de madeira e serapilheira de *Eucalyptus dunni* na região Sudoeste do Paraná. 2^a ed. **Revista Técnico-científica**: o ensino e a pesquisa como atividade profissional. Curitiba, 2014.

VIANA, M. C. M.; GUIMARÃES, C. G.; ALBRNAZ, W. M.; MASCARENHAS, M. H. T.; NETO, M. M. G.; MACEDO G. A. R.; FONSECA, F. R. E. PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE SORGO, SOB DIFERENTES ARRANJOS DO EUCALIPTO, NO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA. Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 28, 2010, *Anais...*, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. CD-ROM.

VIANA, M. C. M.; ALVARENGA, R. C.; MASCARENHAS, M. H. T.; MACEDO, G. A. R.; SILVA E. A.; SILVA, K. T.; RIBEIRO, P. C. O. CONSORCIAÇÃO DE CULTURAS COM O EUCALIPTO NO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA- FLORESTA. Congresso Nacional de milho e sorgo, 29, 2012, *Anais...*, - Águas de Lindóia - 26 a 30 de Agosto de 2012.

WENDLING, I. J.; NETO, M. M. G.; SIMÃO, E. P.; SANTOS, E. A.; CECON, C. F.; BORGHI, E. PRODUTIVIDADE DE CONSÓRCIO MILHO E BRAQUIÁRIAS EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA, NA REGIÃO DO CERRADO BRASILEIRO. Congresso nacional de milho e sorgo, 30, *Anais...*, 2014.

**CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E LOCAIS DE
AVALIAÇÃO DE PARCELAS DO SORGO EM DIFERENTES ARRANJOS
ESPACIAIS DE EUCALIPTO**

RESUMO

CLEMENTE, MARINA ALVES. **Características agronômicas e locais de avaliação de parcelas do sorgo em diferentes arranjos espaciais de eucalipto.** 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

O aumento de áreas degradadas, aliado à crescente demanda de alimentos, faz que haja maior necessidade de áreas para cultivo. Assim, o sistema integração lavoura pecuária floresta (iLPF), mostra-se como uma alternativa para recuperação de pastagens degradadas, além da possibilidade de aliar o local à produção de carne, grãos, madeira, dentre outros produtos. O sorgo constitui opção para cultivo nesses ambientes, uma vez que possui maior adaptação às condições adversas do meio ambiente. Com isso, o objetivo desse trabalho foi avaliar características agronômicas do sorgo (altura de plantas, massa de grãos, produtividade média e produtividade efetiva) em diferentes locais de avaliação (centro, lateral direita e lateral esquerda do componente arbóreo) dentro de arranjos espaciais de eucalipto para o sistema iLPF. Foi utilizado o clone de eucalipto I 144, para compor a floresta e o híbrido de sorgo granífero 1G220, a fim de compor a lavoura. Foi estudado o efeito de arranjos espaciais da floresta em sistema agrossilvipastoril em linha simples: 10 x 2 m; linhas duplas: (2 x 3) + 15 m e (2 x 3) + 20 m e em linha tripla (3 x 2 x 3) + 20 m. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas com cinco repetições. As parcelas foram constituídas dos 4 arranjos espaciais de eucalipto e as subparcelas os 3 locais de avaliação (centro, lateral direita e lateral esquerda do eucalipto). Para altura, o arranjo espacial que proporcionou melhor resultado foi o 10 x 2 m e o local de avaliação realizado no centro. Para as demais características avaliadas, massa de grãos, produtividade média e produtividade efetiva, o local de avaliação no centro dos espaçamentos de eucalipto e o arranjo espacial (2 x 3) + 20 m mostraram-se com maiores resultados.

Palavras-Chave: SAFs, Sustentabilidade, Sorgo, Consórcio.

ABSTRACT

CLEMENTE, MARINA ALVES. **Agricultural characteristics and evaluation locations of sorghum plots in different eucalypt spatial arrangements.** 2015. Dissertation (Masters degree in Agriculture/Crop Sciences) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

The increase in degraded pastures, coupled to increasing demand for food, lead to greater need of cultivation areas. Thus, the integration system of crops with cattle and forests (iLPF) becomes an alternative for recovering degraded pastures as it produces grain and wood, among other products. Sorghum is an option for cultivation in such environments, since it presents greater adaptation to adverse environment conditions. Therefore, this study evaluated the agricultural characteristics of sorghum (plant height, grain matter, average yield and effective yield) in different evaluation locations (middle, right side or left side of the tree component) within the spatial eucalypt arrangements for the iLPF system Eucalypt clone I 144 was used for the forest component and hybrid grain sorghum 1G220 for the crop component. The effect of spatial arrangement was evaluated in single rows (10×2 m), double rows ($2 \times 3 + 15$ m or $2 \times 3 + 20$ m) and triple rows ($3 \times 2 \times 3 + 20$ m). The experimental design was randomized blocks in split plots with five replications. The experimental unit consisted of four eucalypt spatial arrangements, and the split plots consisted of each of the three evaluation locations (center, right side or left side of eucalypts). The results showed that the spatial arrangement with greatest sorghum height was 10×2 m with the evaluation done in the center of the eucalypt rows. All other characteristics, grain matter, average yield and effective yield were greater in the center of eucalypt alleys and the spatial arrangement of $(2 \times 3) + 20$ m.

Keywords: AFS, Sustainability, Sorghum, Consortium.

INTRODUÇÃO

A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) mostra-se como alternativa para recuperação de áreas degradadas, as quais se encontram por todas as regiões do Brasil, inclusive no cerrado. Assim, há a necessidade de saber como implantar esse sistema para maior produção das espécies agrícolas envolvidas.

Os cereais mais utilizados para a implantação desse sistema são milho, sorgo, milheto, feijão, soja, arroz e girassol. No Brasil, há experiências de sucesso com várias culturas sombreadas. Entretanto tornam-se necessários esforços direcionados para algumas regiões e culturas de interesse. Adicionalmente, as tecnologias geradas devem ser testadas em áreas de cultivo e não somente em áreas experimentais (OLIVEIRA et al., 2011).

O sorgo é o quinto cereal mais produzido no mundo. O valor nutricional é semelhante ao do milho, e tem a vantagem da ausência do gluten. Ele é recomendado para plantio em sistema de iLPF por apresentar competitividade quando associado a outras culturas, no caso forragem e espécies arbóreas. Segundo Oliveira (2011), o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) tem sido muito utilizado, por representar uma cultura de fácil consorciação, boa produtividade e adaptada às condições de déficit hídrico. No entanto, há a necessidade de conhecer os melhores arranjos espaciais das árvores para obtenção do melhor rendimento produtivo.

Podem-se manipular os arranjos espaciais através de alterações na densidade de plantas, no espaçamento entre linhas, na distribuição de plantas na linha e na variabilidade entre plantas (ARGENTA et al., 2001).

Nos sistemas integrados, deve ser bem conhecida a adaptação de espécies forrageiras e de culturas agronômicas no cultivo em consórcio com árvores, especialmente em virtude das condições microclimáticas e da competição entre os componentes vegetais pelos recursos naturais disponíveis. Alguns trabalhos evidenciam o estímulo ao crescimento da parte aérea sob sombra (MOTA, 2009 e SOARES et al., 2009).

Existem inúmeros trabalhos que apresentam a influência da radiação solar sobre gramíneas cultivadas em sistemas agrossilvipastoris, no entanto poucos estudos têm sido feitos com relação à cultura do sorgo granífero (ALBUQUERQUE et al., 2013). Esta espécie vegetal apresenta excelente rusticidade e adaptação climática, sendo

cultivada em todo o Brasil (COELHO et al., 2002). O sorgo poderia ser uma alternativa em sistemas de consórcio, principalmente com espécies florestais (DAN et al., 2010).

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi observar o efeito do local de avaliação de parcelas, sobre as principais características agronômicas do sorgo granífero, em diferentes arranjos espaciais de eucalipto para o sistema de iLPF, no município de Uberlândia, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e descrição da área experimental

Os experimentos foram implantados em novembro de 2011 com o plantio do eucalipto e março de 2012, com plantio do sorgo em área experimental no município de Uberlândia, MG, situada nas coordenadas 18°50'S e 48°14'W e altitude de 785 metros.

O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw, caracterizado como tropical chuvoso, megatérmico, típico de savanas, com inverno seco, com precipitação média de 1550 mm e com temperaturas médias anuais de 23,1 °C.

As variações de temperatura e as precipitações por decêndio, ocorridas durante a condução dos experimentos, envolvendo a cultura do sorgo estão apresentadas na Figura 1.

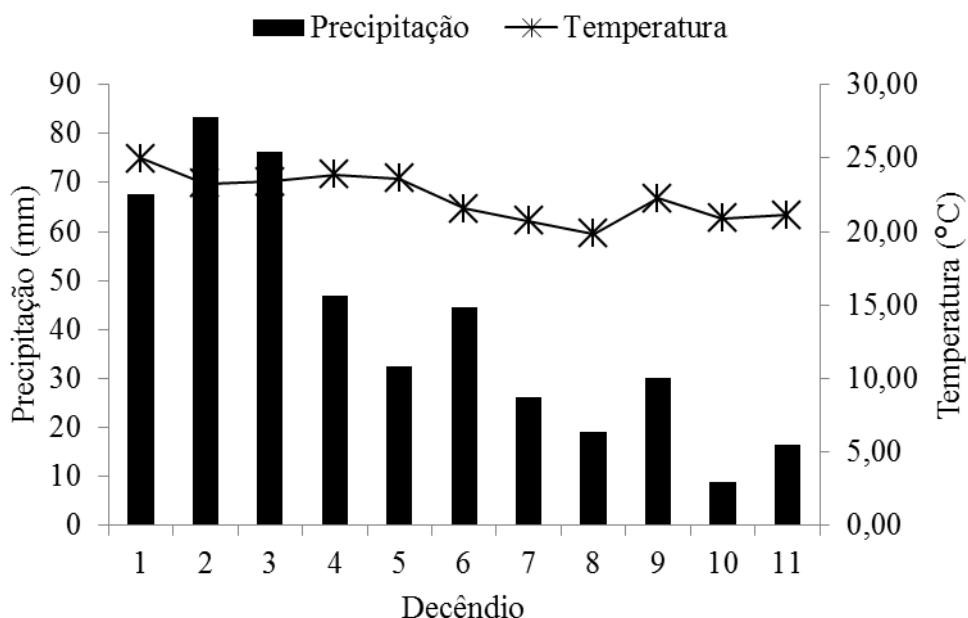


FIGURA 1. Variações de temperatura e precipitação por decêndio, em Uberlândia, MG, de 01/03/2012 a 01/06/2012. Dados fornecidos pela estação meteorológica da UFU em Uberlândia, MG.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura média. Os atributos químicos, antes da implantação do sorgo estão apresentados na Tabela 1 (EMBRAPA, 2009).

TABELA 1. Atributos químicos do solo, na camada de 0,00-0,20, Uberlândia, 2012.

Camada	pH m	H ₂ O	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	m	MO dag kg ⁻¹
0,00-0,20	6,25	11,73	0,14	0,06	0,73	0,78	1,75	1,65	1,71	3,40	47,82	5,64	2,11	

P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich-1); Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); SB = Soma de Bases; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio (EMBRAPA, 2009).

Componentes vegetais

O clone de eucalipto utilizado foi o híbrido I 144 proveniente do cruzamento entre *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. O mesmo é amplamente comercializado na região e sua madeira é muito utilizada para produção de energia, por indústria de papel e celulose, com alternativa ainda para produção de postes e mourões (TERRA FORTE FLORESTAL, 2014).

Em relação ao sorgo, utilizou-se o híbrido 1G220, proveniente da empresa Dow AgroSciences, o qual apresenta ciclo precoce, porte baixo e panícula semiaberta.

Arranjos espaciais avaliados

Foi estudado o efeito de arranjos espaciais do eucalipto em sistema agrossilvipastoril em linha simples: 10 x 2 m; linhas duplas: (2 x 3) + 15 m e (2 x 3) + 20 m e em linha tripla (3 x 2 x 3) + 20 m. As avaliações das características da planta de sorgo aconteceram nas entrelinhas de plantio do componente arbóreo, ou seja nos maiores espaçamentos.

Implantação e condução do experimento

Em agosto de 2011 realizaram-se a calagem e posterior aração para incorporação e elevação da saturação por bases para 70%. Para isso, usou-se 4,6 t ha⁻¹ de calcário dolomítico. Em novembro foi realizada uma gradagem, a fim de preparar o solo para o plantio do eucalipto sob diferentes arranjos espaciais. O plantio do eucalipto foi feito em nível, obedecendo aos terraços na área. Desta forma, as linhas ficaram posicionadas no sentido norte sul. Utilizou-se termofosfato magnesiano (na dose de 120 kg ha⁻¹ P₂O₅)

no sulco de plantio das mudas de eucalipto. Aos 45 dias após o plantio das mudas realizou-se adubação de cobertura do eucalipto por meio de sulcos laterais com 240 g do formulado 08-28-16, juntamente com 3g de Bórax em cobertura por muda. As adubações do eucalipto seguiram as recomendações da 5^a aproximação (RIBEIRO et al., 1999).

Em março de 2012 (safrinha), houve a semeadura mecanizada do sorgo 1G220. Para isso foi utilizada uma semeadoura a vácuo, regulada no espaçamento 0,50 m. Utilizou-se a densidade de 140 mil plantas ha⁻¹ para cultura do sorgo granífero.

Para avaliação do sorgo, fez-se delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas com cinco repetições. A parcela experimental constituiu-se dos 4 arranjos espaciais de eucalipto e as subparcelas dos 3 locais de avaliação (centro, lateral direita e lateral esquerda do eucalipto) das características agronômicas do sorgo. Para delimitar a área útil em cada arranjo espacial, consideraram-se as duas linhas centrais do sorgo semeado entre a maior distância das fileiras do eucalipto além de duas linhas laterais à direita e duas linhas laterais à esquerda do componente florestal. Em ambas as margens existia uma linha bordadura com sorgo no sentido do eucalipto.

As panículas foram cobertas com sacos de papel no início do florescimento para proteção contra pássaros.

Durante a condução do experimento realizou-se aplicações de defensivos agrícolas para controle de pragas, doenças e plantas daninhas, conforme recomendações e práticas comumente adotadas na região.

Características avaliadas no sorgo

Altura de planta (m)

A altura de plantas foi tomada da inserção da panícula superior até o solo, medindo-se, em metros, quatro plantas da área útil por parcela, após a maturidade fisiológica do grão.

Massa de grãos (kg)

Obtido pela pesagem dos grãos das plantas de duas linhas de 4 m nas diferentes parcelas.

Produtividade de grãos ($t\ ha^{-1}$)

Os dados referentes à massa de grãos das parcelas, após a debulha, foram corrigidos para a umidade de 13% e transformados para $t\ ha^{-1}$ utilizando-se a seguinte expressão:

$$P_{13\%} = [PC(1-U)/0,87]$$

em que:

$P_{13\%}$: produtividade de grãos ($t\ ha^{-1}$) corrigida para a umidade padrão de 13%;

PC: produtividade de grãos sem a correção;

U: umidade dos grãos observada no momento da colheita.

Produtividade efetiva de grãos por arranjo espacial

Através da produtividade de grãos por hectare, calculou-se a produtividade efetiva, a qual se baseia na produtividade do sorgo no sistema de integração com a floresta, descontando a área ocupada pelas árvores. Foi determinada pela seguinte expressão: Produtividade efetiva ($kg\ ha^{-1}$) = {Produtividade ($kg\ ha^{-1}$) x [(10000 – área ocupada pela floresta (m^2)) / 10000]}.

Análise estatística

Realizou-se análise individual por arranjos espaciais e posteriormente, os dados foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade, para posterior realização da análise de variância conjunta e teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação dos arranjos espaciais de eucalipto e locais de avaliação de parcelas do sorgo foi significativa ($P < 0,05$) para, altura de plantas, massa de grãos, produtividade média e produtividade efetiva de grãos de sorgo, assim como os locais de avaliação de parcelas e os arranjos espaciais de eucalipto (TABELA 2).

TABELA 2. Análise de variância para altura de plantas (AP), massa de grãos (MG), produtividade média (PRme) e produtividade efetiva (PRef) do sorgo cultivado entre os diferentes espaçamentos do eucalipto.

Fontes de variação	Gl	AP (m)	MG (kg)	PRme ($t\ ha^{-1}$)	PRef ($t\ ha^{-1}$)
QM					
Bloco	4	0,013	5,552	6855556,720	3957716,192
Arranjo	3	0,046*	12,758*	15751155,097*	13656695,179*
Loc.	2	0,085*	9,806*	12106683,606*	6561457,458*
Avaliação					
Arranjo*Local	6	0,022*	4,238*	5232345,963*	3184279,199*
Erro	44	0,001	0,608	751143,339	450717,757
T. corrigido	59				
CV (%)		5,23	18,14	18,14	18,37

*: Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Para altura de plantas do sorgo em consórcio no arranjo espacial de eucalipto de linha simples, 10 x 2 m, não houve diferença entre os locais de avaliação das parcelas (TABELA 3). Já nos outros três arranjos espaciais verificou-se diferença no porte do sorgo em função do local de avaliação.

TABELA 3. Altura média (m) de plantas de sorgo em espaçamentos de eucalipto em função dos locais de avaliação para o sistema iLPF.

	Espaçamentos (m)			
Locais de avaliação	10x2	(2x3) + 15	(2x3) + 20	(3x2x3) + 20
Lateral direita	0,88 aA	0,77 bB	0,76 bB	0,59 cC
Centro	0,88 aA	0,85 aA	0,87 aA	0,88 aA
Lateral esquerda	0,83 aA	0,71 bC	0,81 aB	0,72 bB

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

Dessa forma, para o sistema de linhas duplas (2×3) + 15 m e linha tripla (3×2) + 20 m a altura das plantas de sorgo foi maior no centro, com valores de 0,85 m e 0,88 m (TABELA 3). A menor altura no arranjo espacial (2×3) + 15 m foi observada

na lateral esquerda, com 0,71 m; em contrapartida, para o sistema de linha tripla, a menor altura foi na lateral direita, com 0,59 m. Em relação ao arranjo espacial (2 x 3) + 20 m, o centro obteve a maior altura, com 0,87 m, já a lateral esquerda, com 0,81 m, e a lateral direita, com 0,76 m, obtiveram menores valores (TABELA 3).

Ademais, quando o sorgo foi cultivado no arranjo espacial simples, 10 x 2 m, não se notou diferença na altura de plantas independente do local da avaliação. Porém, para os outros três arranjos espaciais, a altura do sorgo foi afetada pelo local, sendo que, o centro obteve os maiores valores nessas condições.

Esses resultados contrastam aos encontrados por Viana et al. (2012), que não obtiveram significância ($P<0,05$) nos diferentes tratamentos, centro e sob copa de eucalipto, para altura de plantas.

Porém, foram semelhantes aos encontrados por Oliveira (2011), em trabalho realizado com sorgo consorciado com eucalipto em sistema iLPF, onde a altura das plantas nas linhas próximas às árvores foi menor quando comparada com as linhas centrais da parcela. A redução na altura do sorgo ocorreu à medida que se aproximava das árvores, resultando em menor altura das plantas de sorgo nas proximidades do eucalipto.

O mesmo foi observado por Macedo et al. (2006), que encontraram valores superiores na altura média das plantas de milho consorciadas com clones de eucalipto situadas a 4,5-5,4 m de distância das linhas de eucalipto daquelas localizadas a 1,8-2,7 m, possivelmente, por causa da maior luminosidade incidente no meio das ruas de plantio dos clones de eucalipto, orientadas na direção leste-oeste.

Tais evidências podem ser explicadas pelo fato de que o sorgo avaliado no centro, ou seja, distante das linhas de eucalipto, recebeu maior entrada de radiação solar e teve menor competição por água e nutrientes com o componente arbóreo do sistema. Assim, ocorre maior taxa fotossintética, bem como maior redistribuição de fotoassimilados para a planta.

A radiação solar é um fator que, por sua ação na fotossíntese, contribui para o aumento do potencial de produção das principais culturas, desde que outros fatores (hídricos, minerais e pragas) não sejam limitantes ao desenvolvimento das plantas (RAO et al., 1998 e SCHREINER, 1987). Quando o crescimento não for limitado por água e nutrientes, a quantidade de biomassa produzida por determinada espécie vegetal é definida pela quantidade de energia radiante que a área foliar das plantas pode interceptar (BLACK e ONG, 2000).

De fato, a radiação solar é de suma importância para o crescimento de gramíneas, exercendo efeitos marcantes sobre a fotossíntese e outros processos fisiológicos, como a transpiração e a absorção de nutrientes (RODRIGUES e RODRIGUES, 1987). Ademais, o sorgo é uma planta C₄ com altos rendimentos sob incidência solar.

Ao comparar os diferentes sistemas espaciais dentro de cada local de avaliação, percebeu-se que as alturas das plantas de sorgo foram afetadas pelo espaçamento utilizado. Para a lateral direita, as cultivadas no espaçamento com linha simples, 10 x 2 m mostraram-se com maior altura, já o sistema de linha tripla, foi o que propiciou plantas mais baixas (TABELA 3). Em relação ao centro, não se verificou diferenças entre os sistemas espaciais de eucalipto. Na lateral esquerda, tanto o arranjo 10 x 2 m, com 0,83 m e o (2 x 3) + 20 m, com 0,81 m, foram os que propiciaram maiores alturas, e não diferiram entre si; já os outros dois arranjos mostraram-se com menores valores.

Em relação aos espaçamentos dentro de cada local de avaliação, o sistema espacial 10 x 2 m apresentou-se com maior altura na lateral direita (TABELA 3). Já na lateral esquerda, os maiores valores encontraram-se no espaçamento com linha simples 10 x 2 m e dupla (2 x 3) + 20 m. Porém, quando se produziu no centro, independentemente do arranjo espacial utilizado, a altura mostrou-se estatisticamente igual em todos.

Em função dos dados obtidos, pode-se inferir que, na amostragem na lateral direita, o espaçamento com menor quantidade de árvores, 10 x 2 m, foi aquele que obteve maior altura, pelo fato de proporcionar menor sombreamento nas plantas de sorgo. Da mesma forma, para a lateral esquerda, porém, o arranjo espacial (2 x 3) + 20 m se mostrou com maior altura, talvez por possuir maior espaçamento entre os renques, permitindo maior entrada de luz no sub- bosque. Já as amostras do centro, encontram-se distante das linhas de eucalipto, tendo maior luminosidade. É importante destacar que o plantio das árvores ocorreu no sentido norte sul. Esse fato favoreceu sombreamento de forma regular na parte da manhã, do lado direito avaliado e, à tarde, do lado esquerdo, em função da posição do sol.

Outra variável analisada foi a massa de grãos, a qual se denota um componente agronômico de suma importância para o conhecimento do desempenho da cultura em determinado local e tempo.

Assim, quando o sorgo foi cultivado no arranjo espacial 10 x 2 m e avaliado a massa de grãos na lateral direita e centro, observou-se valores estatisticamente iguais.

Na lateral esquerda, notou-se menor massa (TABELA 4). Para o arranjo espacial (2 x 3) + 15 m não ocorreram diferenças significativas para o local de avaliação. Ao contrário do que houve no arranjo espacial (3 x 2 x 3) + 20 m que só o centro teve maior massa e a lateral direita menor valor (TABELA 4). Para o arranjo espacial (2 x 3) + 20 m, o centro e a lateral esquerda apresentaram as maiores massas e a lateral direita a menor massa (TABELA 4).

TABELA 4. Massa de grãos de sorgo por parcela (kg) em diferentes espaçamentos de eucalipto em função dos locais de avaliação para o sistema iLPF.

Locais de avaliação	Espaçamentos (m)			
	10x2	(2x3) + 15	(2x3) + 20	(3x2x3) + 20
Lateral direita	5,31 aA	3,23 bA	4,38 aB	1,98 cC
Centro	4,96 bA	4,24 bA	6,06 aA	5,06 bA
Lateral esquerda	3,47 bB	3,66 bA	5,98 aA	3,27 bB

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

Quando o sorgo foi produzido no arranjo espacial (2 x 3) + 15 m, independente do local, ele apresentou a mesma massa de grãos. Porém, os outros arranjos espaciais obtiveram variação em função do local de avaliação.

Ao analisar o local de avaliação, observou-se que o sorgo cultivado na lateral direita obteve maior peso de grãos nos arranjos espaciais 10 x 2 m e (2 x 3) + 20 m, e o arranjo espacial de linha tripla mostrou-se com menor valor (TABELA 4). Já no centro e lateral esquerda, o comportamento foi semelhante, sendo que o sistema de linhas duplas (2 x 3) + 20 m mostrou maior massa de grãos em relação aos outros três sistemas.

Evidenciou-se que o sorgo nas subparcelas do centro e lateral esquerda obteve maior massa de grãos no arranjo espacial (2x3) + 20 m. Na lateral direita, tanto o sistema 10 x 2 m, quanto o (2x3) + 20 m, tiveram maiores valores (TABELA 4).

Ao observar a produtividade média de grãos de sorgo, o arranjo espacial 10 x 2 m obteve maiores valores na lateral direita e no centro. Já a fileira dupla (2 x 3) + 15 m não mostrou diferença na produtividade de grãos entre os locais avaliados. O arranjo espacial com fileira tripla teve maior valor apenas no centro. E o arranjo espacial (2 x 3) + 20 m obteve-se maiores valores tanto no centro como na esquerda (TABELA 5).

TABELA 5. Produtividade média de grãos de sorgo ($t\ ha^{-1}$), em diferentes espaçamentos de eucalipto em função dos locais de avaliação para o sistema iLPF.

Locais de avaliação	Espaçamentos (m)			
	10x2	(2x3) + 15	(2x3) + 20	(3x2x3) + 20
Lateral direita	5,90 aA	3,58 bA	4,86 aB	2,19 cC
Centro	5,51 bA	4,71 bA	6,73 aA	5,62 bA
Lateral esquerda	3,85 bB	4,06 bA	6,64 aA	3,63 bB

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

Assim, pode-se perceber que a maior produtividade mostrou-se dependente do arranjo espacial e do local avaliado. A exceção foi para o sistema (2 x 3) + 15 m em que a produtividade foi a mesma nos três locais de avaliação. Entretanto, para o sistema 10 x 2 m e (2 x 3) + 20 m, o centro obteve os maiores valores. Mas na lateral direita do 10 x 2 m a produtividade foi igual à do centro e, no sistema (2 x 3) + 20 m, a lateral esquerda foi igual à da produtividade no centro. Para o sistema triplo, só o centro apresentou maior valor. É importante destacar que, em todos os arranjos espaciais, o centro apresentou-se com alta produtividade.

Resultados semelhantes foram encontrados por Viana et al. (2012), em trabalho para avaliar a influência de diferentes arranjos estruturais de eucalipto sobre a produção do feijão, em que as avaliações realizadas no centro da faixa tiveram diferenças na produção de feijão em relação à avaliação feita sob a copa, nos diversos espaçamentos.

Wendling et al. (2014), também verificaram que a produtividade de grãos de milho apresentou diferenças significativas em função das posições das fileiras de milho + capim, em relação aos renques de eucalipto, com a produtividade aumentando diretamente em relação ao distanciamento dos renques.

Alves et al. (2013), encontraram resultados semelhantes em trabalho para avaliar a influência das linhas de eucalipto sobre a produtividade de milho e de *Urochola ruziziensis* em consórcio, em área de iLPF. Para a massa seca total verificaram que, no espaçamento 12,5 m entre linhas de eucalipto, os menores resultados foram alcançados mais próximos às plantas das árvores, nos espaçamentos 1,5m e 10,5m, o equivalente à primeira e à última linha de milho. Onde concluíram que a distância entre as linhas de milho e da *U. ruziziensis* com as linhas de eucalipto interfere na produtividade do consórcio, com maior produtividade nas linhas centrais e no maior espaçamento entre as linhas de eucalipto.

Porém, no presente trabalho, para alguns arranjos espaciais, a interação local de avaliação x arranjo demonstrou que as laterais tiveram produtividades iguais às do centro. Esses resultados evidenciam a importância do planejamento das parcelas em trabalhos futuros envolvendo sorgo em consórcio com eucalipto. Foi demonstrada a necessidade de abranger pontos centrais e laterais para constituir parcela experimental do sorgo em sistemas iLPF.

Ao analisar os locais de avaliação, observou-se que a lateral direita obteve maior produtividade de grãos nos arranjos espaciais 10×2 m e $(2 \times 3) + 20$ m, sendo que, o sistema triplo mostrou-se com o menor valor. Já no centro e na lateral esquerda a produtividade foi maior no sistema $(2 \times 3) + 20$ m, em relação aos outros três arranjos de eucalipto. Em todos os locais avaliados, o sistema $(2 \times 3) + 20$ m apresentou maior produtividade, entretanto o sistema 10×2 m não teve diferença significativa na lateral direita (TABELA 5).

Resultados semelhantes foram encontrados por Viana et al. (2010), em que a produtividade do sorgo foi maior no arranjo espacial de linhas duplas $(3 \times 2) + 20$ m, citando a semelhança dessa produtividade no cultivo a pleno sol. O plantio realizado em linhas duplas, ou seja, mais adensado, teve redução de 37,7% em relação ao monocultivo.

Com o sombreamento, a taxa fotossintética sofre interferência da quantidade de luz fotossinteticamente ativa incidente, resultando na redução da produção de fotoassimilados e no acúmulo de carbono, porém o efeito final na produção da cultura pode ser pequeno (MAGALHÃES et al., 2009).

A produtividade média do sorgo, no ano de 2012, para o Estado de Minas Gerais, foi de $3,51 \text{ t ha}^{-1}$ (CONAB, 2012). Na área experimental, obteve-se média de $4,77 \text{ t ha}^{-1}$, um acréscimo de 35% em relação à média nacional. Esse fato pode estar relacionado com a precipitação no local durante a condução do experimento, principalmente no primeiro mês, que se mostra o mais crítico, proporcionando bons resultados.

Ao avaliar a produtividade efetiva, ou seja, produtividade descontada a área ocupada pelas árvores, notou-se que, no arranjo 10×2 m, tanto a lateral direita, quanto o centro mostraram-se com maiores valores em comparação com a esquerda (TABELA 6). No arranjo $(2 \times 3) + 15$ m não houve diferença entre os locais avaliados. O espaçamento com fileiras triplas de eucalipto mostrou-se com maior produtividade efetiva de grãos quando o sorgo foi produzido no centro, com $4,10 \text{ t ha}^{-1}$, diferente do

que ocorreu para lateral direita que obteve o menor valor, $1,60 \text{ t ha}^{-1}$. Já o arranjo (2 x 3) + 20 m notou-se maior produtividade no centro e na lateral esquerda (TABELA 6).

TABELA 6. Produtividade efetiva de grãos (t ha^{-1}), em diferentes espaçamentos de eucalipto em função dos locais de avaliação para o sistema iLPF.

Locais de avaliação	Espaçamentos (m)			
	10x2	(2x3) + 15	(2x3) + 20	(3x2x3) + 20
Lateral direita	5,01 aA	2,51 cA	3,69 bB	1,60 dC
Centro	4,68 aA	3,29 bA	5,11 aA	4,10 bA
Lateral esquerda	3,27 bB	2,84 bA	5,05 aA	2,65 bB

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

Ao se observarem os arranjos espaciais dentro de cada local de avaliação, o sorgo, na lateral direita, obteve maior produtividade efetiva no arranjo espacial 10 x 2 m ($5,01 \text{ t ha}^{-1}$), já o (3 x 2 x 3) + 20 m obteve menor valor ($1,60 \text{ t ha}^{-1}$). No centro, essa característica foi superior tanto no sistema 10 x 2 m, quanto no (2 x 3) + 20 m, sendo que, os outros dois tiveram menor produtividade efetiva. Por fim, na lateral esquerda, o espaçamento que apresentou maior valor foi o (2 x 3) + 20 m em relação aos outros três (TABELA 6).

Esses resultados corroboram aos obtidos por Viana et al. (2012), para o arranjo (2 x 3) + 20 m, onde as maiores produtividades de forragem de sorgo e sua corrigida para a área de iLPF foram obtidas no espaçamento mais amplo (20 m). Estes dados discutidos pelos autores demonstram a influência do arranjo espacial sobre as produtividades da cultura de sorgo. Ainda nesse trabalho, a produtividade de forragem de sorgo na faixa de 20 m foi semelhante àquelas obtidas no cultivo a pleno solo.

CONCLUSÃO

Para altura, o arranjo espacial que proporcionou maior resultado foi o 10 x 2 m e o local de avaliação no centro. Para as demais características avaliadas, massa de grãos, produtividade média e produtividade efetiva, o local de avaliação no centro dos renques de eucalipto e o arranjo espacial (2 x 3) + 20 m mostraram-se com maiores resultados.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; CAMARGO, R.; SOUZA, M. F. Extração de macronutrientes no sorgo granífero em diferentes arranjos de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Lavras, v.12, n.1, p. 10-20, 2013.
- ALVES, V. B.; CECCON, G.; SALTON, J. C.; LUIZ NETO A.; LEITE, L. F. PRODUTIVIDADE DO CONSÓRCIO MILHO E BRAQUIÁRIA EM INTEGRAÇÃO COM PECUÁRIA E FLORESTA DE EUCALIPTO. In: Seminário nacional de milho safrinha, 12, 2013, Dourados. Estabilidade e produtividade: **Anais...**, Brasília, DF: Embrapa; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 1 CD-ROM.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001.
- BLACK, C.; ONG, C. K. Utilization of light and water in tropical agriculture. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 104, n. 1, p. 25-47, 2000.
- COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. **Seja doutor do seu sorgo**. Piracicaba: Potafós, 2002. (Arquivo do agrônomo, 14).
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira**. Brasília, DF: CONAB, 2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&>> : Acesso: 14 nov. 2014.
- DAN, H. A.; CARRIJO, M. S.; CARNEIRO, D. F.; COSTA, K. A. P.; SILVA, A. G. Desempenho de plantas sorgo granífero sobre condições de sombreamento. **Acta Sci., Agron**, Maringá, vol.32 n.4 Oct./Dec. 2010.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. rev. e ampl.. Brasília, DF: Embrapa informações tecnológica, 2009, 627p.
- MACEDO, R. L. G.; BEZERRA R. G.; VENTURINI, N.; VALE, R. S.; OLIVEIRA, T. K. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agronômicas de milho cultivado em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 701-709, 2006.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Cultivo do sorgo. 6. ed. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**. 2009. (Sistemas de Produção; v. 2). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_5_ed/ecofisiologia.htm>. Acesso em: 10 de nov. de 2014.
- MOTA, V. A. **Integração lavoura-pecuária-floresta na recuperação de pastagens degradadas no Norte de Minas Gerais**. 2009. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, MG.

OLIVEIRA, F. L. R. **Recuperação de pasto associada à produção de silagem de sorgo e madeira, em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.** 2011. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade de Minas Gerais, Montes Claros, MG.

RAO, M. R.; NAIR, P. K. R.; ONG, C. K. Biophysical interactions in tropical agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 38, n. 1-3, p. 3-50, 1998.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G; VENEGAS, V. H. A. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** 5^a Aproximação, Viçosa, 1999.

RODRIGUES, L. R. de A.; RODRIGUES, T. de J. D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p.202-230 p. 203-230.

SCHREINER, H. G. Tolerância de quatro gramíneas forrageiras a diferentes graus de sombreamento. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 15, p. 61-72, 1987.

SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; VARELLA, A. C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J. C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 443-451, 2009.

VIANA, M. C. M.; GUIMARÃES, C. G.; ALBRNAZ, W. M.; MASCARENHAS, M. H. T.; NETO, M. M. G.; MACEDO G. A. R.; FONSECA, F. R. E. Produção de forragem de sorgo, sob diferentes arranjos do eucalipto, no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28, 2010, **Anais....**, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo. CD-ROM.

VIANA, M. C. M.; ALVARENGA, R. C.; MASCARENHAS, M. H. T.; MACEDO, G. A. R.; SILVA E. A.; SILVA, K. T.; RIBEIRO, P. C. O. Consociação de Culturas com o Eucalipto no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária- Floresta. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, **Anais....**, - Águas de Lindóia - 26 a 30 de Agosto de 2012.

TERRA FORTE FLORESTAL. Disponível em <www.terraforteflorestal.com.br/>
Acesso em: 20 de nov., 2014.

WENDLING, I. J.; NETO, M. M. G.; SIMÃO, E. P.; SANTOS, E. A.; CECON, C. F.; BORGHI, E. Produtividade de consórcio milho e braquiárias em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, na Região do Cerrado brasileiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 30, **Anais....**, 2014.

**CAPÍTULO 3 – PRODUÇÃO DO EUCALIPTO EM DIFERENTES ARRANJOS
ESPACIAIS**

RESUMO

CLEMENTE, MARINA ALVES. **Produção do eucalipto em diferentes arranjos espaciais.** 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Para se ter sucesso com a integração lavoura-pecuária-floresta é indispensável a escolha correta do componente arbóreo e melhores arranjos espaciais das plantas, sendo que o eucalipto mostra-se como alternativa para esse sistema. Assim, o objetivo desse trabalho foi estimar o rendimento de madeira do eucalipto sob diferentes arranjos espaciais de plantas. Os arranjos espaciais de eucalipto foram compostos por linha simples 10 x 2 m (500 árvores ha⁻¹), linhas duplas (2 x 3) + 15 m (555 árvores ha⁻¹) e (2 x 3) + 20 m (434 árvores ha⁻¹) e em linha tripla (3 x 2 x 3) + 20 m (576 árvores ha⁻¹). Aos dezoito meses após plantio das mudas foram realizadas as avaliações silviculturais (DAP, altura de plantas, volume de planta e volume de planta por hectare) no componente arbóreo. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com seis repetições. As parcelas mínimas constituíram-se em duas árvores. Foi aleatorizado um croqui identificando plantas dentro de cada arranjo espacial, de 1 a 5, totalizando 30 parcelas em cada sistema. O DAP aumentou com a proximidade dos renques de eucalipto, maior nos sistemas 10 x 2 m e (2 x 3) + 15 m; a altura de plantas mostrou-se maior nos arranjos espaciais mais adensados, 10 x 2 m, (2 x 3) + 15 e (3 x 2 x 3) + 20 m; o volume de madeira por planta e o volume de madeira por hectare apresentaram maiores valores nos sistemas 10 x 2 m e (2 x 3) + 15 m, o menor volume por hectare encontrou-se no sistema de eucalipto com menor quantidade de árvores, (2 x 3) + 20 m.

Palavras-Chave: iLPF, Sustentabilidade, Sistema agrossilvipastoril, Cerrado.

ABSTRACT

CLEMENTE, MARINA ALVES. **Eucalypt production in different spatial arrangements.** 2015. Dissertation (Masters Degree in Agriculture/Crop Sciences) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Success in the integration crops-cattle-forest is highly dependent on the correct choice of the tree component and the best plant spatial arrangements, for which eucalypt has proven as an excellent option for the system. Therefore, this study evaluated eucalypt wood yield under different spatial arrangements. Eucalypt spatial arrangement consisted of single rows 10×2 m (500 trees ha^{-1}), double rows $(2 \times 3) + 15$ m (555 trees ha^{-1}) or $(2 \times 3) + 20$ m (434 trees ha^{-1}), or triple rows $(3 \times 2 \times 3) + 20$ m (576 trees ha^{-1}). Sylvicultural evaluations (DBH, tree height, tree volume and volume per hectare) were done eighteen months after transplanting. The experimental design was randomized blocks, with six replications. Minimum plot size consisted of two trees. Trees were arbitrarily identified in each spatial arrangement, numbered from 1 to 5, in a total of 30 plots in each system. Diameter at breast height increased as the alleys became closer to each other, and was greater in the systems 10×2 m and $(2 \times 3) + 15$ m; tree height increased in denser spacings, 10×2 m, $(2 \times 3) + 15$ e $(3 \times 2 \times 3) + 20$ m; wood volume per plant and volume per hectare were greater in the systems 10×2 m and $(2 \times 3) + 15$ m; the smallest volume per hectare was found in the eucalypt system with the least amount of trees.

Keywords: iLPF, Sustainability, Agrosilvipasture system, Savannah.

INTRODUÇÃO

O sistema integração lavoura-pecuária-floresta mostra-se uma alternativa para recuperação de áreas degradadas, devido ao advento do sistema plantio direto com constante palhada sobre o solo, a qual evita erosão, amortece o impacto das gotas de chuvas, fornece um ambiente propício a microrganismos benéficos, além de reter umidade. Além disso, as árvores realizam a ciclagem de nutriente, proporcionando melhoria da parte química do solo.

Segundo Ferreira et al. (2012), com o propósito de solucionar os sérios problemas de degradação ambiental causados pelo manejo inadequado de pastagens, de diversificar as atividades e intensificar o uso da terra, reduzindo custos e aumentando a renda das propriedades rurais, foram desenvolvidos os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). Nestes sistemas, estratégias de rotação pasto-lavoura na presença do componente arbóreo e, sob manejo adequado, promovem melhorias consistentes de ordem agronômica, zootécnica, ambiental e socioeconômica.

O componente arbóreo, por sua vez, deve possuir características que não interfiram no consórcio com a lavoura e o pasto, de preferência, obter porte ereto, com copas menores para evitar muito sombreamento no sub-bosque e não prejudicar a produtividade da lavoura. A parte florestal também proporciona produtos, como a madeira e subprodutos, como óleo essencial. Assim, para obter alto rendimento deles há necessidade de conhecer o arranjo espacial ideal. Segundo Dourojeami (2004), o eucalipto apresenta rápido crescimento e boa adaptação às condições edafoclimáticas existentes no país, sendo sua madeira direcionada a diversos usos, como a produção de papel, celulose, carvão vegetal, madeira para serraria, óleos essenciais, postes e mourões, madeira para construção civil, para indústria de móveis, ornamentação, entre outros.

De acordo com Bernardo (1995), a definição de espaçamentos adequados para o estabelecimento de espécies florestais é especialmente importante para regiões, onde os solos apresentam baixa fertilidade e a disponibilidade hídrica é relativamente baixa e irregular, assim como na região do cerrado. De acordo com autor, nessa condição de recursos escassos, o espaçamento torna-se muito relevante, visto que os mais fechados podem gerar intensa competição, enquanto os espaçamentos mais abertos podem resultar em subutilização e menor produtividade das florestas.

Para *Eucalyptus grandis* o menor espaçamento entre plantas proporcionou maior crescimento em altura das árvores, justificando esta resposta em razão da competição por luz, o que estimularia esse crescimento (ALVES, 2013 e PEREIRA et al, 1983). Patiño-Valera (1986) também verificou que, em espaçamentos mais adensados, o crescimento em altura, mostra-se maior para *Eucalyptus saligna*, comparando 3 x 1 m com espaçamento 3 x 2 m, aos 32 meses de idade.

Outra questão não menos importante concerne no arranjo espacial de plantas em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. O arranjo espacial de plantas ideal é determinado pelo espaçamento entre fileiras e pela quantidade de plantas nas linhas capazes de explorar de maneira mais eficiente os recursos naturais e insumos fornecidos pelo produtor.

A decisão de quantas fileiras de árvores plantar depende de vários fatores, dentre eles o produto final desejado, a intensidade dos manejos silviculturais e a expectativa inicial de sobrevivência espacial das mudas. Deve-se considerar, ainda, o efeito do espaçamento inicial em variáveis biológicas (diâmetro, copa, qualidade da madeira, área basal e volume) e operacionais (preparo do solo, tratos silviculturais, desbastes e colheita) (SMITH e STRUB, 1991).

Pesquisas envolvendo arranjos espaciais diferenciados de sistemas de iLPF constituem objeto de pesquisas imprescindíveis para a agregação de conhecimentos inovadores nas ciências silviculturais.

Assim, o objetivo desse trabalho foi estimar o rendimento de madeira do eucalipto em diferentes arranjos espaciais de plantas, no município de Uberlândia, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e descrição da área experimental

Os trabalhos foram conduzidos à margem esquerda da BR 050, a 6 km sentido Uberlândia, MG/Araguari, MG. O local situa-se nas coordenadas 18° 50' e 48° 14' W em uma altitude de 785 m.

O clima do local do experimento é do tipo Aw, tropical chuvoso, megatérmico, típico de savanas, apresenta inverno seco, com precipitação média de 1550 mm e temperaturas médias anuais de 23,1 °C, segundo a classificação de Köppen

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico de textura média (EMBRAPA, 2009).

Na tabela 1, estão apresentados os atributos químicos antes da implantação do experimento.

TABELA 1. Atributos químicos do solo, nas camadas de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m, Uberlândia, 2011.

Camada m	pH H ₂ O	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	Al	Ca	Mg	H+Al cmol _c dm ⁻³	SB	t	T	V	m %	MO dag kg ⁻¹
0,00-0,20	4,90	1,10	19,00	0,50	0,10	0,10	6,70	0,25	0,75	6,95	4,0	67,0	1,30
0,20-0,40	4,80	0,70	12,00	0,40	0,10	0,10	2,20	0,23	0,63	2,43	10,0	64,0	0,40

P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich-1); Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); SB = Soma de Bases; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio (EMBRAPA, 2009).

Foi utilizado o clone de eucalipto híbrido I 144 advindo do cruzamento entre *E. Urophila x E. Grandis*. Esse material genético constitui-se em um dos mais plantados no Brasil. Sua madeira apresenta várias finalidades como produção de energia e alternativa para postes e mourões (TERRA FORTE FLORESTAL, 2014).

Arranjos espaciais avaliados

O estudo foi realizado, a fim de conhecer o efeito de arranjos espaciais do componente arbóreo (eucalipto) em linha simples: 10 x 2 m (500 árvores ha⁻¹); linhas duplas: (2 x 3) + 15 m (555 árvores ha⁻¹) e (2 x 3) + 20 m (434 árvores ha⁻¹) e em linha tripla (3 x 2 x 3) + 20 m (576 árvores ha⁻¹). Croqui da área experimental (ANEXO).

Implantação e condução do experimento

Realizou-se a gradagem e a calagem, em agosto de 2011, com posterior aração para incorporação e elevação da saturação por bases para 70%, foi utilizado $4,6 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico. Em novembro fez-se uma gradagem a fim de preparar o solo para o plantio do eucalipto sob diferentes arranjos espaciais. Fez-se um sulco, utilizando sulcador de cana, aplicando fertilizante fosfatado e, depois, passou um sulcador para misturar os fertilizantes. Plantou-se o eucalipto em nível, de acordo com os terraços na área. Assim, as árvores ficaram posicionadas no sentido norte sul.

Utilizou-se termofosfato magnesiano ($120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) no sulco para as mudas. Aos 45 dias após o plantio das mudas, realizou-se adubação do eucalipto por meio de sulcos laterais com 240 g do formulado 08-28-16, juntamente de 3g de Bórax em cobertura por muda. As adubações do eucalipto seguiram as indicações do boletim de recomendações para o Estado de Minas Gerais, segundo Ribeiro et al. (1999).

Durante a condução do experimento, realizou-se aplicações de defensivos agrícolas para controle de pragas, doenças e plantas daninhas, conforme recomendações e práticas comumente adotadas na região.

Dezoito meses após plantio das mudas, aconteceram as avaliações silviculturais no componente florestal. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com seis repetições. A menor unidade experimental (parcela) foi constituída por duas árvores. Para isso, aleatorizou-se um croqui, identificando plantas dentro de cada arranjo espacial de 1 a 5, o que totalizou 30 parcelas em cada sistema.

Características avaliadas no eucalipto

Foram realizadas as medições do diâmetro à altura do peito (DAP) e altura das plantas de eucalipto dentro dos respectivos arranjos espaciais e calculados o volume de madeira por planta (utilizando o fator de forma igual a 0,49, em função da idade do eucalipto) e o volume de madeira por hectare, aos 18 meses do plantio do eucalipto. O volume por hectare foi obtido pela multiplicação do volume médio por planta pelo número de árvores por hectare específico pra cada espaçamento avaliado.

A altura total das plantas foi estimada com auxílio de hipsômetro. Para cada parcela foi medida altura total de todos os indivíduos selecionados. A altura total média

de cada parcela foi obtida através da média aritmética das alturas individuais obtidas nela.

Foi medida a circunferência à altura do peito de todas as árvores encontradas na área útil de cada parcela, com o auxílio de fita métrica. O diâmetro foi calculado pela fórmula: $DAP = CAP \times \pi^{-1}$; onde: DAP (1,30 m), diâmetro à altura do peito; CAP, circunferência à altura do peito. O DAP médio de cada parcela foi obtido através da média aritmética dos diâmetros individuais obtidos na mesma.

Tomando-se os valores de altura (H) e DAP das árvores de cada parcela, foi obtido o volume de cada indivíduo da área útil das parcelas por meio da expressão:

$$V / plt = \frac{\pi \cdot DAP^2}{40000} \cdot H \cdot f$$

Em que,

v/plt: volume por planta (m^3);

DAP: diâmetro à altura do peito (cm);

H: altura das árvores (m);

f: fator de forma (0,49), previamente determinado.

O volume por hectare estimou-se pela multiplicação do volume por planta pelo número de árvores por hectare específico para cada espaçamento avaliado.

Análise estatística

Os dados foram submetidos, inicialmente, a uma análise de variância individual por experimento (arranjo espacial). A princípio, realizaram-se os testes de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias e posteriormente realizado análise de variância conjunta. As médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diâmetro à altura do peito, altura de plantas, volume de madeira por planta e volume de madeira por hectare do eucalipto apresentaram diferença ($P<0,05$) entre os diferentes espaçamentos do eucalipto (TABELA 2).

TABELA 2. Análise de variância para diâmetro altura do peito (DAP), altura de plantas (AP), volume por planta (Vol/P), volume por hectare (Vol/ha) nos diferentes espaçamentos do eucalipto.

Fv	Gl	DAP(cm)	AP(m)	Vol/P(m^3)	Vol/ha (m^3/ha)
QM					
Arranjo	3	2,196211*	0,655349*	0,000100*	39,51336*
Bloco	5	0,031617	0,065254	0,000007	0,441868
Erro	15	0,123908	0,058505	0,000013	1,629970
Total	23				
CV(%)		3,96	2,65	15,65	10,32

*: Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

ns: Não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Verificou-se que os maiores valores de DAP foram observados nos arranjos espaciais de linha simples, 10 x 2 m e linhas duplas, (2 x 3) + 15 m (TABELA 3).

TABELA 3. Médias do diâmetro à altura do peito (DAP), altura de plantas (AP), volume por planta (Vol/P) e volume por hectare (Vol/ha) de plantas de eucalipto entre os diferentes espaçamentos de eucalipto.

Espaçamentos(m)	DAP(cm)	AP(m)	Vol/P(m^3)	Vol/ha(m^3ha^{-1})
10x2	9,47 A	9,48 A	0,028 A	14,05 A
(2x3) + 15	9,32 A	9,15 A	0,025 A	14,59 A
(2x3) + 20	8,48 B	8,68 B	0,020 B	8,94 C
(3x2x3) + 20	8,25 B	9,19 A	0,020 B	11,89 B

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

Nos arranjos espaciais com menor espaçamento, as árvores apresentaram-se com maior DAP. Esses resultados contrastam com os encontrados por Paula (2011) quando o

diâmetro decresceu com a proximidade das plantas e por Magalhães et al. (2007) que a maior distância entre as árvores favoreceu o crescimento em diâmetro. Também contrastam aos encontrados por Kruschewky et al. (2007), onde obtiveram maiores valores de DAP nos arranjos espaciais menos adensados, 3,33 x 3 m, 5 x 2 m e 10 x 2 m, quando comparado com espaçamentos mais reduzidos, 3,33 x 2 m. Entretanto, Ferreira et. al. (2012) não encontrou diferença no DAP entre dois arranjos espaciais de eucalipto com diferentes espaçamentos 14 x 2 m e 22 x 2 m, citando que se espera detectar influência destes espaçamentos sobre o DAP após maior tempo de idade das plantas, uma vez que a avaliação foi feita aos 18 meses de idade, a mesma época de avaliação desse trabalho.

A altura do eucalipto mostrou-se menor apenas no arranjo espacial duplo com maior espaçamento, (2 x 3) + 20 m. Já nos outros três espaçamentos, essa variável foi maior e não diferenciou estatisticamente (TABELA 3). Esses resultados confirmam os encontrados por Oliveira et al. (2009) e Kruschewky et al. (2007), em que a altura das árvores foi maior nos espaçamentos de eucalipto mais adensados. Esse último autor afirma que o maior crescimento inicial em altura das plantas ocorre em espaçamentos menores. Entretanto, segundo Bernardo (1995), não há correlação direta, para a fase jovem de crescimento das árvores, entre altura e espaçamento, pois há casos em que ocorre aumento da altura em espaçamentos maiores e outros em que o resultado é o oposto, mostrando a necessidade de realizar novas avaliações em épocas subsequentes.

Para o volume de madeira por árvore, os arranjos espaciais 10 x 2 m e (2 x 3) + 15 m mostraram-se com os maiores valores, 0,028 m³ e 0,025 m³, em relação aos dois outros sistemas de eucalipto (TABELA 3). Esses resultados contrastam aos encontrados por Oliveira et al. (2009) que não obtiveram diferença no desempenho produtivo das plantas individualmente entre os distintos arranjos até os 18 meses de idade. Todavia, quando esse autor analisou o volume por planta, aos 27 meses de idade, encontrou diferença entre os arranjos espaciais de eucalipto, sendo que os sistemas com maior área útil por planta foram que mostraram maior volume. Esses autores relatam ainda que o comportamento das árvores em relação ao volume por planta é definido em função do arranjo espacial, considerando que, no plantio de linha simples, as plantas apresentaram maior volume que nas linhas duplas, o que também ocorreu no presente trabalho, porém o espaçamento duplo mais adensado, (2 x 3) + 15 m, mostrou-se com volume médio semelhante ao sistema de linha simples. Talvez pela idade de avaliação, 18 meses após

plantio, sendo necessárias novas medições ao longo dos meses para constatar os resultados.

Com relação ao volume de madeira por hectare, os sistemas 10 x 2 m e (2 x 3) 15 m mostraram- se com maiores valores, sendo que (2 x 3) + 20 m foi o que apresentou-se com menor resultado (TABELA 3). Essa inferência pode ser explicada devido ao arranjo espacial (2 x 3) + 20 m mostrar-se com menor quantidade de árvores (434) quando comparado aos outros sistemas, consequentemente seu volume por hectare apresenta-se menor.

Esses resultados corroboram os encontrados por Oliveira et al. (2009), em que obteve maiores valores nos arranjos espaciais mais adensados. Da mesma forma, Botelho (1998) e Oliveira Neto et al. (2003) relatam que a maior produção por unidade de área ocorre nos menores espaçamentos, devido ao maior número de indivíduos, o que também foi constatado por Ferreira et al. (2012) que notou a influência do número de árvores por unidade de área, na qual, para o arranjo espacial mais adensado, 14 x 2 m, foi encontrado maior produtividade em volume de madeira quando comparado ao espaçamento menos adensado, 22 x 2m.

Segundo Oliveira Neto et al. (2003), o espaçamento a ser adotado no plantio deve ser selecionado em função do produto florestal desejado, uma vez que, em espaçamentos mais amplos, a produção de matéria seca da parte aérea e, em especial, da madeira, por árvore, é elevada em razão de seu maior crescimento em diâmetro, enquanto em espaçamentos mais reduzidos ocorre maior produção de biomassa por unidade de área, em razão de se ter um maior número de indivíduos.

CONCLUSÃO

O DAP aumentou com a proximidade dos espaçamentos de eucalipto, maior nos sistemas 10 x 2 m e (2 x 3) + 15 m ; a altura de plantas mostrou-se maior nos arranjos espaciais mais adensados, 10 x 2 m, (2 x 3) + 15 m e (3 x 2x 3) + 20 m; volume de madeira por planta e volume de madeira por hectare apresentaram com maiores valores nos sistemas 10 x 2 m e (2 x 3) + 15 m, o menor volume de madeira por hectare encontrou-se no sistema de eucalipto com menor quantidade de árvores, (2 x 3) + 20.

REFERÊNCIAS

- ALVES, F. L. **Características de eucalipto e de braquiária em sistema silvipastoril.** 2013. 33 f. Monografia. (Trabalho de conclusão de curso). Engenharia Florestal do Instituto Florestal da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ, 2013.
- BERNARDO, A.L. **Crescimento e eficiência nutricional de *Eucalyptus spp.* sob diferentes espaçamentos na região do cerrado de Minas Gerais.** 1995. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- BOTELHO, S. A. Espaçamentos. In: SCOLFORO, J. R. S. (Ed.). **Manejo florestal.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p. 381-405.
- DOUROJEAMI, M.O eucalipto não é vilão. São Paulo: **Sociedade Brasileira de Silvicultura:** destaque. 2004. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/destaques_oeucalipto.html>. Acesso em: 02 dez. 2014.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2 ed. rev. e ampl.. Brasília, DF: Embrapa informações tecnológica, 2009, 627p.
- FERREIRA, A. D.; ALMEIDA, R. G. de; MACEDO, M. C. M.; LAURA, V. A.; BUNGENSTAB, D. J.; MELOTTTO, A. M. Arranjos espaciais sobre a produtividade e o potencial de prestação de serviços ambientais do eucalipto em sistemas integrados. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS PARA A PRODUÇÃO PECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7, **Anais....**, 2012.
- KRUSCHEWSKY, G.C.; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; OLIVEIRA, T. K. Arranjo estrutural e dinâmica de crescimento de *Eucalyptus spp.*, em sistema agrossilvipastoril no cerrado. **Cerne**, Lavras, vol. 13, 4, outubro-dezembro, 2007, p. 360-367, Universidade Federal de Lavras.
- MAGALHÃES, W. M. Desempenho silvicultural de clones e espécies/procedência de *Eucalyptus* na região nordeste de minas gerais. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 368-375, 2007.
- OLIVEIRA NETO, S. N. de.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; NEVES, J. C. L. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* em resposta a adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.1, p.15-23, 2003.
- OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E. M. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 01-09, dez. 2009. Edição especial.

PAULA, R. R. **Avaliação silvicultural de eucalipto em monocultivo e em sistema agroflorestal com diferentes arranjos espaciais.** 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PATIÑO-VALERA, F. **Variação genética em progêneres de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com espaçamento.** Piracicaba: ESALQ, 1986. 192 p.

PEREIRA, A. R.; MORAIS, E. J.; NASCIMENTO FILHO, M. B. Implantação de florestas de ciclos curtos sob novos modelos de espaçamentos. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 429-32, 1983.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G; V, V. H. A. **Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais.** 5^a Aproximação, Viçosa, 1999.

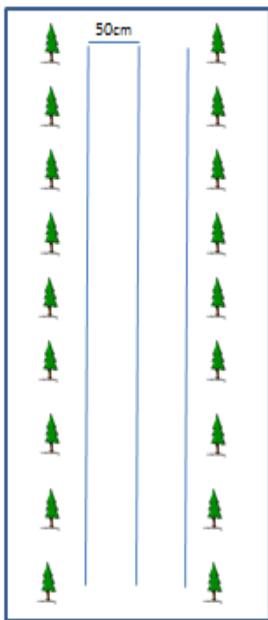
SMITH, W.D.; STRUB, M.R. Initial spacing: how many trees to plant. In: Durya, M.L., Doughert, P.M. (Ed.). **Forest regeneration manual.** Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 1991. p. 281-289.

TERRA FORTE FLORESTAL. Disponível em: <www.terraforteflorestal.com.br/>
Acesso: 20 de nov., 2014.

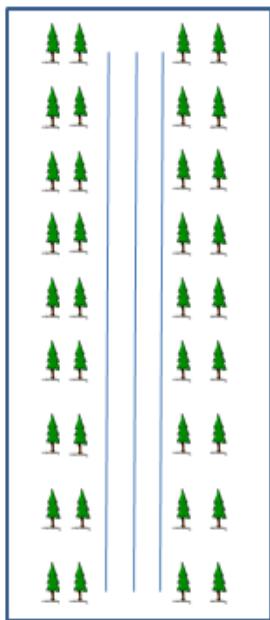
ANEXO

Croqui da área experimental

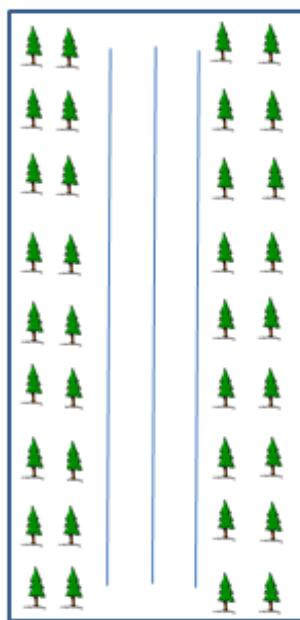
$10 \times 2\text{ m}$



$(2 \times 3) + 15\text{ m}$



$(2 \times 3) + 20\text{ m}$



$(3 \times 2 \times 3) + 20\text{ m}$

