

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**RELAÇÕES ESPACIAIS E CRESCIMENTO DE
CANAFÍSTULA (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) E
BIOMASSA DE *Urochloa brizantha* cv. BRS PIATÃ EM
SISTEMA SILVIPASTORIL.**

FLÁVIA ARAUJO MATOS

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2014**

**RELAÇÕES ESPACIAIS E CRESCIMENTO DE CANAFÍSTULA
(*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) E BIOMASSA DE *Urochloa
brizantha* cv. BRS PIATÃ EM SISTEMA SILVIPASTORIL.**

FLÁVIA ARAUJO MATOS
Engenheira Agrônoma

Orientador: Dr. OMAR DANIEL

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande
Dourados, como parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal,
para obtenção do título de Doutor.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2014

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central - UFGD
Matos, Flávia Araujo.

Relações Espaciais e Crescimento de Canafístula
(*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e biomassa de
Urochloa brizantha cv. BRS Piatã em Sistema Silvipastoril.
/ Flávia Araujo Matos. – Dourados, MS : UFGD, 2014.
100p.

Orientador: Prof. Dr. Omar Daniel
Tese (Pós-Graduação em Agronomia) – Universidade
Federal da Grande Dourados.

1. Dependência espacial. 2. Densidade de árvores. 3.
Produção e valor nutritivo da forragem. I. Título.

**RELAÇÕES ESPACIAIS E CRESCIMENTO DE CANAFÍSTULA
(*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) E BIOMASSA DE *Urochloa
brizantha* cv. BRS PIATÃ EM SISTEMA SILVIPASTORIL.**

por

Flávia Araujo Matos

Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTORA EM AGRONOMIA.

Aprovada em 28/02/2014



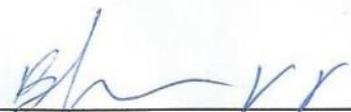
Prof. Dr. Omar Daniel
Orientador – UFGD – FCA



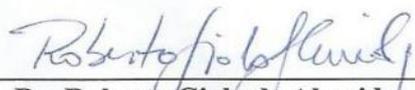
Prof. Dr. Cláudio Arcanjo de Sousa
UFGD – FCBA



Dr. Valdemir Antônio Laura
Pesquisador – Embrapa Gado de Corte



Profa. Dra. Beatriz Lempp
UFGD – FCA



Dr. Roberto Giolo de Almeida
Pesquisador – Embrapa Gado de Corte

Á Deus e aos meus pais Dilson e Ademilde
DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado força, persistência, sabedoria e todos os outros instrumentos para que eu conseguisse realizar este trabalho.

À Universidade Federal da Grande Dourados e pela oportunidade concedida,

A CAPES, pela bolsa de doutorado concedida.

A FUNDECT-MS, pelo apoio financeiro.

Ao professor Dr. Omar Daniel, pela amizade, orientação, sugestões e correções feitas neste trabalho.

Aqueles que me auxiliaram na realização deste trabalho, principalmente aos integrantes do Grupo GESAF, Débora, Igor, Rafael, Thaís e Michele pela ajuda durante os trabalhos de campo.

Aos laboratoristas Elda e João pelo apoio e amizade.

Ao Sr. Jesus, Milton, Alfredo Lutz, Eder e toda a equipe da Fazenda Experimental da UFGD, que sempre me ajudaram, não somente no trabalho pesado, mas também na sabedoria de quem tem prática e na amizade que ficará.

Aos meus alunos do Curso Técnico em Agropecuária, Diego, João Everton, Elizete, Fernando, Danilo, Fabiana, Lucas, Cássio, Reinaldo e Ellen, que estagiaram comigo e ajudaram durante as coletas de dados.

Ao meu companheiro Marcelo Saccol, por sempre acreditar no meu potencial e me apoiar, a minha mãe (Ademilde), meu pai (Dilson), aos meus irmãos (Karlla e Marcelo), a minha vó (Elizena), aos meus sobrinhos (Letícia, João Marcelo e Maria Isabeli), aos meus sogros (Adão e Gilda) pelo carinho e união, e a minha prima Jackeline pelo incentivo, apoio, amizade e valorização do meu trabalho.

Aos meus amigos Danieli, Ademar, Grazieli e Mirian pelo convívio, amizade e incentivo em todos os momentos, e aos demais colegas de curso, pelo bom convívio e por terem me proporcionado os bons anos que tive.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE QUADROS	100
RESUMO GERAL	111
INTRODUÇÃO GERAL	12
CAPÍTULO 1: VARIABILIDADE ESPACIAL E CRESCIMENTO DA CANAFÍSTULA (<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.) EM FUNÇÃO DA DENSIDADE EM SISTEMA SILVIPASTORIL, EM DIFERENTES IDADES.	188
1.1 RESUMO	188
1.2 ABSTRACT	19
1.3 INTRODUÇÃO	200
1.4 MATERIAL E MÉTODOS	222
1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	277
1.6 CONCLUSÃO	355
1.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	366
CAPÍTULO 2: CRESCIMENTO DE <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng) Taub. EM DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS.	388
2.1 RESUMO	388
2.2 ABSTRACT	39
2.3 INTRODUÇÃO	400
2.4 MATERIAL E MÉTODOS	422
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	466
2.6 CONCLUSÃO	555
2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	566
CAPÍTULO 3: SISTEMA SILVIPASTORIL COM CANAFÍSTULA (<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng) Taubet): INTERAÇÕES COM O MICROCLIMA, A PRODUÇÃO E O VALOR NUTRITIVO DA FORRAGEM.	588
3.1 RESUMO	588
3.2 ABSTRACT	59
3.3 INTRODUÇÃO	600
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	622
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	666
3.6 CONCLUSÃO	811
3.7 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	822
CONSIDERAÇÕES FINAIS	877
APÊNDICES	88

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1. VARIABILIDADE ESPACIAL E CRESCIMENTO DA CANAFÍSTULA EM FUNÇÃO DA IDADE E DA DENSIDADE EM SISTEMA SILVIPASTORIL

- Figura 1 – Esquema de Nelder para a definição de densidades de árvores de *Peltophorumdubium* em consórcio com *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã.....23
- Figura 2 – Semivariogramas da altura (ALT) das árvores de canafístula, aos 13, 25 e 37 meses de idade.....30
- Figura 3 – Semivariogramas do diâmetro do fuste ($D_{1,3}$) das árvores de canafístula, aos 13, 25 e 37 meses de idade.....31
- Figura 4 – Semivariogramas do Dc (diâmetro da copa) das árvores de canafístula, aos 13, 25 e 37 meses de idade.....32
- Figura 5 – Semivariogramas do VC (volume cilíndrico) das árvores de canafístula, aos 13, 25 e 37 meses de idade.....33

CAPÍTULO 2. CRESCIMENTO DE *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. (CANAFÍSTULA) EM DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS

- Figura 1 – Esquema de Nelder para a definição de densidades de árvores de *Peltophorumdubium* em consórcio com *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã.....43
- Figura 2 – Altura total das árvores de canafístula em função da densidade de plantio e da idade.....46
- Figura 3 – Diâmetro a 1,3 m das árvores de canafístula em função da densidade de plantio e da idade.....48
- Figura 4 – Diâmetro da copa das árvores de canafístula em função da densidade de plantio e da idade.....49
- Figura 5 – Área da copa das árvores de canafístula em função da densidade de plantio e da idade.....51
- Figura 6 – Volume cilíndrico por árvore de canafístula em função da densidade de plantio e da idade.....52

CAPÍTULO 3. ARBORIZAÇÃO DE PASTAGENS COM CANAFÍSTULA [*Peltophorum dubium* (Spreng) Taubert]: INTERAÇÕES COM O MICROCLIMA, A PRODUÇÃO E O VALOR NUTRITIVO DA FORRAGEM

- Figura 1 – Esquema de Nelder para a definição de densidades de árvores de *Peltophorumdubium* em consórcio com *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã63
- Figura 2- Índices de Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) conforme as densidades de árvores de canafístula na época das águas e seca, em Dourados, MS.....67
- Figura 3- Temperatura do ar conforme as densidades de árvores de canafístula na época das águas e seca, em Dourados, MS.....69
- Figura 4- Umidade relativa do ar (UR) conforme as densidades de árvores de canafístula na época das águas e seca, em Dourados, MS.....70
- Figura 5 – Altura do dossel do capim-piatã em função das densidades populacionais de canafístula na época das águas e seca, em Dourados, MS.....71
- Figura 6 – Acúmulo de massa seca total do capim-piatã em função das densidades populacionais de canafístula na época das águas e seca, em Dourados, MS.....72
- Figura 7- Médias acumuladas de precipitação pluvial no Município de Dourados-MS, de janeiro de 2012 a dezembro de 2013.....73
- Figura 8 – Matéria seca do colmo do capim-piatã em função das densidades populacionais de canafístula na época das águas e seca, em Dourados, MS.....74
- Figura 9 – Matéria seca da lâmina foliar de capim-piatã em função das densidades populacionais de canafístula na época das águas e seca, em Dourados, MS.....75
- Figura 10 – Área da copa das árvores de canafístula, conforme as densidades de árvores ha^{-1} , em sistema silvipastoril.....77
- Figura 11 – Teores de proteína bruta (% MS) conforme as densidades de árvores na época das águas e seca, em Dourados, MS.....78
- Figura 12 – Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (%) em função das densidades de árvores na época das águas e seca, em Dourados, MS.....80

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 1. VARIABILIDADE ESPACIAL E CRESCIMENTO DA CANAFÍSTULA EM FUNÇÃO DA IDADE E DA DENSIDADE EM SISTEMA SILVIPASTORIL

- Quadro 1 – Densidade equivalente de árvores a cada círculo.....24
- Quadro 2.- Estatística descritiva de alguns atributos da canafístula (*Peltophorum dubium*),
idade.....27 por
- Quadro 3 - Parâmetros dos semivariogramas simples ajustados para as características da *Peltophorum dubium* em diferentes densidades.....28

CAPÍTULO 2. CRESCIMENTO DE *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. (CANAFÍSTULA) EM DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS

- Quadro 1 – Densidade equivalente de árvores a cada círculo.....44
- Quadro 2 – Densidade arbórea máxima para se obter a máxima altura total estimada das árvores de canafístula.....47
- Quadro 3 – Densidade arbórea máxima para se obter o mínimo diâmetro a 1,3 m ($D_{1,3}$) estimado das árvores de canafístula.....49
- Quadro 4 – Densidade arbórea máxima para se obter o mínimo diâmetro de copa estimado das árvores de canafístula.....50
- Quadro 5 – Densidade arbórea máxima para se obter a mínima área de copa estimada das árvores de canafístula.....51
- Quadro 6 – Densidade arbórea máxima para se obter o mínimo volume cilíndrico estimado das árvores de canafístula.....53
- Quadro 7 – Estimativas para as idades nas quais é possível alcançar os máximos volumes cilíndricos estimados para canafístula.....53

CAPÍTULO 3. ARBORIZAÇÃO DE PASTAGENS COM CANAFÍSTULA [*Peltophorum dubium* (Spreng) Taubet]: INTERAÇÕES COM O MICROCLIMA, A PRODUÇÃO E O VALOR NUTRITIVO DA FORRAGEM

Quadro 1 – Densidade equivalente de árvores a cada círculo.....64

RESUMO GERAL

Os efeitos das densidades arbóreas sobre as características qualitativas e quantitativas das gramíneas forrageiras permitem maior produtividade das pastagens e melhor desenvolvimento das árvores. O objetivo deste trabalho foi avaliar os padrões de variação espacial e temporal de alguns atributos de crescimento das árvores em diferentes idades e densidades, e avaliar a influência da densidade de árvores de canafístula sobre o microclima, a produção e a qualidade do pasto de capim-piatã (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã). Implantou-se em dezembro de 2009 uma Roda de Nelder com 24 raios e 22 anéis tendo como componente arbóreo a canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). Foram avaliadas 432 árvores para verificação da dependência espacial dos dados e, dez densidades de árvores ha⁻¹ para as respostas dos atributos dendrométricos, microclima, produção e valor nutritivo do capim. As análises foram compostas de estatísticas descritivas, seguidas das análises da dependência espacial da altura total das árvores, diâmetro do fuste, diâmetro de copa e volume cilíndrico aos 13, 25 e 37 meses de idade, análise de regressão com superfície de resposta quanto necessário para os mesmo atributos e mais as variáveis microclimáticas, produção de massa seca e valor nutritivo do capim-piatã. Em estágio inicial de crescimento e em consórcio com capim-piatã, as variáveis dendrométricas da canafístula apresentaram-se com pequena zona de influência, todavia com alta dependência espacial. O crescimento em altura das árvores de canafístula apresentou relação direta com a densidade populacional, enquanto para o diâmetro de fuste e copa, bem como área de copa e volume cilíndrico, essa relação foi inversamente proporcional. Considerando as relações entre as variáveis dendrométricas, a canafístula mostra ser uma espécie adaptada a alterações populacionais. A produção de matéria seca em geral,

não foi comprometida pelo aumento da densidade arbórea, em nenhum dos dois períodos avaliados, águas e seca. O valor nutricional do capim-piatã foi influenciado positivamente pela maior densidade arbórea, com maiores valores de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, no período de seca.

Palavras-chave: dependência espacial, arborização de pastagem, densidade de árvores.

GENERAL ABSTRACT

The choice of forest arrangements for association with pastures requires knowledge about the characteristics of the species used, in order to facilitate this association. The objective of this study was to evaluate the spatial and temporal variation of some attributes of tree growth at different ages and densities, and assess the influence of the density of canafístula trees on microclimate, yield and quality of herbage Piatã. Was carried out in December 2009 a Nelder wheel with 24 spokes and 22 rings where the tree component was the canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). It was evaluated 432 trees to verify the spatial dependence of the data and 10 densities of trees to the responses of dendrometric attributes, microclimate, production and nutritive value. The analyses were based on descriptive statistics and spatial dependence of the height of the trees (ALT), stem diameter ($D_{1,3}$), crown diameter (Dc) and cylindrical volume (VC) at 13 25 and 37 months of age. Regression analyzes were developed and when required, the response surface for the same attributes beyond the microclimatic variables, dry matter production and nutritional value of the grass Piatã the initial stage of growth and intercropping with grass Piata the dendrometric variables canafístula present with small catchment area, however with high spatial dependence. The height growth of trees canafístula was directly related to population density, while for the bole and crown diameter and canopy area and cylindrical volume, this ratio was inversely proportional. Considering the relations between the variables dendrometric the canafístula shown to be a species adapted to population changes. Highest population densities canafístula provided favorable to the growth of grass Piata microclimate. The production of dry matter in general, was not compromised by increased tree density in

any of the two periods, water and dried. The nutritional value of grass Piata was positively influenced by higher tree density, with higher values in the dry season.

Keywords: spatial dependence, afforestation of pasture, density of tree.

INTRODUÇÃO GERAL

Os Sistemas Agroflorestais (SAF), considerados sistemas de uso da terra sustentáveis, tem tido grande repercussão no meio produtivo, especialmente quando o componente arbóreo apresenta rápido crescimento. Os Sistemas Silvistoris (SSP), subsistemas dos SAF, são alternativas ao desenvolvimento sustentável das áreas de pecuária no Mato Grosso do Sul, uma vez que proporcionam a diversificação da produção e a possibilidade de obtenção de renda com o cultivo de espécies florestais, na mesma unidade de área. Ainda que, se tratando de um sistema de uso da terra visando à obtenção de produtos animais e florestais, há os benefícios ambientais pela melhor ocupação do espaço, fixação de carbono da atmosfera, maior proteção do solo, regulação do regime hídrico e aumento da diversidade de espécies (DANIEL, COUTO e VITORINO, 1999).

Os SSPs estão sendo vistos como alternativas promissoras às áreas de pastagens. A partir da integração da floresta com a pecuária, esses sistemas oferecem alternativas para superar a baixa produtividade e reduzir a degradação das pastagens, conferir sustentabilidade aos sistemas pecuários, aumentar a produtividade vegetal e animal, direcionar técnicas para uso racional do solo e água, estimular a utilização de espécies para usos múltiplos, diminuir riscos ao produtor e minimizar os processos erosivos (SANTOS et al., 2002).

Pott e Pott (2003) relataram que em SSP a escolha de espécies adequadas é um fator chave. Espécies nativas podem ter maior probabilidade de êxito, porque já estão adaptadas ao meio, principalmente ao clima e ao solo. Para seleção de espécies arbóreas para o SSP, o uso múltiplo, preferencialmente de leguminosas, árvores com potencial econômico e de rápido crescimento, que não apresentam copa muito densa,

que não prejudique o desenvolvimento do capim embaixo da copa, são alguns dos critérios citados por Oliveira et al. (2003).

A madeira das espécies lenhosas nativas brasileiras é muito valorizada, mas a exploração de matas primárias está diminuindo devido à redução dos estoques. Uma alternativa para produzir essas madeiras é o plantio dessas espécies em arranjos mistos, em SSP, sendo especialmente maiores do que os utilizados em florestas plantadas comerciais favorecem o desenvolvimento em diâmetro do tronco (RUSCHEL et al., 2003).

Existem poucas informações silviculturais a respeito de árvores nativas, para uso em SSP. A escolha do componente arbóreo de um SSP deve ser feita principalmente com base no tipo de exploração pretendida, seja ela a produção florestal (madeira, celulose, resinas, etc.), a produção animal (leite, carne, lã, etc.) ou um sistema misto em que se deseja obter produtos comercializáveis ou não. Na escolha da espécie arbórea a ser implantada em um SSP, além de considerar sua adaptação às condições locais, deve-se optar por aquelas que sejam de crescimento rápido, que dentro de 1 a 2 anos a maioria das árvores já tenha atingido altura tal que posicione suas copas acima do alcance dos animais, com diâmetro suficiente para que sejam minimizados possíveis danos mecânicos (CASTRO; PACIULLO, 2006).

Em um experimento conduzido na área experimental da Embrapa Gado de Corte, situada no Município de Campo Grande-MS, foram avaliadas 11 espécies florestais. As espécies que obtiveram as melhores combinações dos acréscimos em altura, diâmetro do caule e sobrevivência e que podem ser utilizadas em SSP na região dos cerrados foram: chico-magro (*Guazuma ulmifolia* (Lam.)), carobinha (*Jacaranda decurrens* (Farias e Proença)) e canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) (MELOTTO et al., 2009).

A canafístula é uma leguminosa bastante versátil que ocorre em Florestas Estacionais Semidecíduais de Góias, Minas Gerais, São Paulo e Mato Grsso do Sul, além das formações florestais do Complexo Atlântico. É uma árvore heliófila, mediantemente tolerante a baixas temperaturas (INOUE e GALVÃO, 1986). Em sua área de ocorrência, vegeta em solos ácidos, pobres, até aqueles de fertilidade química elevada. Não tolera solos demasiadamente úmidos, pedregosos e rasos, crescendo bem nos de textura franco argilosa.

É uma árvore de porte alto, podendo atingir até 40 m de altura e 120 cm de DAP, com folhas semi-decíduas até decíduas, alternadas e compostas, inflorescências

em panículas terminais, com fruto do tipo vagem e indeiscente, apresentando de uma a duas sementes (REITZ et al., 1978). Seu tronco é cilíndrico, chegando a obter fustes retos de até 15 m de comprimento nas matas nativas. Sua copa é ampla, umbeliforme, larga e achatada (CARVALHO, 2003).

É uma espécie secundária, mas com algumas características de pioneira, considerada espécie de crescimento rápido, sendo sua produtividade volumétrica máxima registrada de $19,60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Seu crescimento é limitado, sobretudo, por fortes geadas (CARVALHO, 2003). A dicotomia presente em canafístula, caracterizada pela ocorrência de múltiplas gemas apicais, pode ser manipulada em virtude da prática de desrama regular, definindo-se, dessa maneira, melhores fustes às árvores, agregando valor à madeira e à qualidade do povoamento. Sua madeira é densa ($0,75$ a $0,90 \text{ g cm}^{-3}$), possuindo moderada resistência ao apodrecimento e elevado poder calorífico ($4.755 \text{ kcal kg}^{-1}$). É empregada na construção civil, marcenaria, tanoaria, carrocerias, dormentes, serviços de torno e movelaria (REITZ, 1978).

A canafístula por ser uma planta rústica e de rápido crescimento, é comumente encontrada colonizando pastagens, ocupando clareiras e bordas de matas, sendo também utilizada para a composição de reflorestamentos mistos de áreas degradadas e de preservação permanente (DONADIO e DEMATTÊ, 2000).

A existência de árvores em pastagens confere inúmeras vantagens às plantas forrageiras, principalmente nas regiões tropicais, que têm seu desenvolvimento prejudicado pelo excesso de insolação nas horas mais quentes do dia. As forrageiras que crescem à sombra das árvores permanecem viçosas, enquanto as que se encontram em pleno sol murcham (MELADO, 2002).

A escolha da forrageira é fundamental para o sucesso do SSP, pois não basta que sejam tolerantes ao sombreamento, é necessário selecionar espécies adaptadas ao manejo e ambientadas as condições edafoclimáticas da região onde serão implantadas (ANDRADE et al., 2003). Dentre as espécies de gramíneas que possuem tolerância ao sombreamento estão algumas das forrageiras mais utilizadas para formação de pastagem no Brasil e, em outras regiões tropicais e subtropicais, como *Bracharia* spp e *Panicum* spp (MACEDO et al., 2010).

A *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã é uma gramínea recomendada para diversificação das pastagens em vários tipos de cultivo, destacando-se pela alta taxa de crescimento foliar, alta relação folha/caule e valor nutritivo. Possui boa tolerância a seca e ainda produtividade, em média $9,5$ toneladas de massa seca $\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, com 57% de

folhas, sendo 30% dessa obtida no período seco (Maio a Novembro) (EMBRAPA, 2005).

Do componente forrageiro desses sistemas exige-se muito, pois além de manter a produção no mínimo igual ao encontrado em sistemas convencionais, deve apresentar capacidade de se adaptar às condições lumínicas do consórcio com árvores. É fundamental que o uso da pastagem em SSP, esteja condicionado a práticas sustentáveis de manejo, que garantam a manutenção da produtividade ao longo dos anos sem comprometer os componentes principais do ecossistema.

Os estudos para definição de espécies arbóreas e forrageiras, para compor o SSP, não são muitos. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar a espécie lenhosa nativa canafístula e o capim-piatã, com potencial uso em SSP no Mato Grosso do Sul.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G.; SOUZA, A. L. **Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.32, n.6, p.1845-1850, nov./dez. 2003. Suplemento 2.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v.1, 1039p.

CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C. **Boas práticas para implantação de sistemas silvipastoris.** Juiz de Fora: Embrapa, 2006. (Comunicado técnico 50).

DANIEL, O.; COUTO, L.; VIORINO, A. C. T. **Sistemas agroflorestais como alternativas sustentáveis à recuperação de pastagens degradadas.** In: SIMPÓSIO – SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL, 1, Goiânia. Anais...Juiz de Fora: Embrapa – CNPGL, p.151-170, 1999.

DONADIO, N. M. M.; DEMATTÊ, M. E. S. P. **Morfologia de frutos, sementes, e plântulas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.) - Fabaceae.** Revista Brasileira de Sementes, v.22, n.1, p.64-73, 2000.

EMBRAPA. **III Plano Diretor da Embrapa Gado de Corte: 2004-2007.** Campo Grande, MS, 2005.

INOUE, M. T.; GALVÃO, F. **Desempenho assimilatório de *Mimosa scabrella*, *Peltophorum dubium*, *Schinus terebinthifolius* e *Matayba elaeagnoides*, em dependência da intensidade luminosa.** Acta Florestalia Brasilienses, Curitiba, v.1, p.89-98, 1986.

MACEDO, R. L. G.; VALE, A. B.; VENTURIM, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais.** Lavras: UFLA, 2010. 331 p.

MELADO, J. **Pastagens Ecológicas: o habitat natural do bovino orgânico**. In: PRIMEIRA CONFERÊNCIA GLOBAL VIRTUAL SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BOVINOS DE CORTE. Embrapa Pantanal Corumbá e Universidade de Contestado, Concórdia. 2002. 21p.

MELOTTO, A.; NICODEMO, M. L.; BOCCHESI, R. A.; LAURA, V. A.; GONTIJO NETO, M. M.; SCHLEDER, D. D.; POTT, A.; PORFÍRIO DA SILVA, V. **Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil central indicadas para sistemas silvipastoris**. Revista *Árvore*, Viçosa, v.33, n.3, p.425-432, mai./jun. 2009.

OLIVEIRA, T. K.; FURTADO, S. C.; ANDRADE, C. M. S.; FRANKE, I. L. **Sugestões para implantação dos sistemas silvipastoris**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 28 p. (Embrapa, Acre. Documentos, 84), 2003.

POTT, A.; POTT, V. J. **Plantas nativas potenciais para sistemas agroflorestais em Mato Grosso do Sul**. In: SEMINÁRIO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Campo Grande. 2003. Anais...Campo Grande: Embrapa, 2003.

RUSCHEL, A. R.; NODARI, E. S.; GUERRA, M. P.; NODARI, R. O. **Evolução do uso e valorização das espécies madeiráveis da Floresta Decidual do Alto-Uruguai**. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.13, n.1, p.153-166. 2003.

SANTOS, M. J. C.; RODRIGUEZ, L. C. E.; WANDELLI, E. V. **Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental**. *Scientia Florestalis*, Piracicaba, n.62, p.48-61, 2002.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira de Santa Catarina**. *Sellowia*, Itajaí, (28/30): 1-320, 1978.

CAPÍTULO 1: VARIABILIDADE ESPACIAL E CRESCIMENTO DA CANAFÍSTULA (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) EM FUNÇÃO DA DENSIDADE EM SISTEMA SILVIPASTORIL, EM DIFERENTES IDADES.

1.1 RESUMO

A geoestatística tem sido utilizada como ferramenta no estudo da dependência espacial, mostrando-se importante na interpretação de resultados com base na estrutura da variabilidade espacial natural, principalmente da interação entre os atributos com o crescimento vegetal. O objetivo deste trabalho foi avaliar os padrões de variação espacial e temporal de alguns atributos de crescimento das árvores em diferentes idades e densidades em um sistema silvipastoril. Implantou-se em dezembro de 2009, na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados-MS, uma Roda de Nelder com 24 raios e 22 anéis tendo como componente arbóreo a canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). Foram avaliadas 432 árvores, onde cada árvore foi considerada uma unidade amostral. Aplicou-se a análise descritiva e posteriormente a análise da dependência espacial dos dados de altura total das árvores, diâmetro do fuste, diâmetro de copa e volume cilíndrico, aos 13, 25 e 37 meses de idade. O método geoestatístico foi adequado para, verificar se houve dependência espacial na análise do experimento em delineamento sistemático tipo “leque”. Em estágio inicial de crescimento, as variáveis dendrométricas da canafístula apresentaram-se com pequena zona de influência (alcance), todavia com alta dependência espacial. As estruturas de continuidade espacial foram similares nas menores densidades de árvores. A canafístula apresentou maior crescimento, representado por todas as variáveis dendrométricas avaliadas (altura, diâmetro de fuste, diâmetro de copa e volume

cilíndrico), quando submetida às maiores densidades arbóreas, no período avaliado, 37 meses de idade.

Palavras-chave: dependência espacial, semivariograma, densidade arbórea.

SPATIAL VARIABILITY AND GROWTH OF *Canafistula (Peltophorum dubium (Spreng.) Taub.)* AS A FUNCTION OF DENSITY IN silvipastoral SYSTEM AT DIFFERENT AGES.

1.2 ABSTRACT

Geostatistics has been used as a tool in the study of spatial dependence, being important in the interpretation of results based on the structure of natural spatial variability, especially the interaction between attributes with plant growth. The objective of this study was to evaluate the spatial and temporal variation of some attributes of tree growth at different ages and densities in a silvopastoral system. Was implemented in december 2009 at the Experimental Farm of the Federal University of Great Dourados in Dourados, MS, an Nelder wheel with 24 spokes and 22 rings with tree component as the canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), 432 trees, where each tree was considered a sampling unit were evaluated. Applied the descriptive analysis and subsequently analyzing the spatial dependence of the data overall height of the trees, stem diameter, canopy diameter and cylindrical volume at 13, 25 and 37 months old. The method was suitable for geostatistics, check if there is spatial dependence in the analysis of the experiment in systematic design "fan". In the initial stage of growth, dendrometric variables canafístula presented with small zone of influence (scope), but with high spatial dependence. The structures of spatial continuity were similar in the lower tree densities. The canafistula showed higher growth, represented by dendrometric all evaluated parameters (height, stem diameter, canopy diameter and cylindrical volume) when subjected to higher tree densities in the study period, 37 months old.

Keywords: spatial dependence, semivariogram, tree density.

1.3 INTRODUÇÃO

O sistema silvipastoril (SSP) refere-se à integração de árvores, plantas forrageiras e animais numa mesma área, de forma sequencial ou simultânea, visando alcançar a sustentabilidade (DANIEL et al., 1999). Apesar desse tipo de consórcio ter ganhado bastante espaço como sistema de produção e da ciência ter ampliado seus estudos, sua alta complexidade e dinamismo ainda acarretam a necessidade de elucidar aspectos das interações entre seus componentes.

A determinação de densidades ótimas de plantio de árvores tem implicado em grandes áreas experimentais, motivado tanto pela necessidade de um número suficiente de indivíduos mensuráveis, quanto pela exigência de repetições, aleatorização, controle local e bordadura. Na ocasião da formação de um SSP, a escolha da densidade arbórea deve levar em consideração a área útil por árvore, visando seu máximo crescimento, mas também a manutenção das espécies que estarão associadas (ARAUJO et al., 2011).

O planejamento da densidade das árvores desde o estabelecimento do sistema permite que as outras plantas componentes se adaptem gradativamente aos níveis de sombreamento oferecidos. Esta etapa prévia deve ser realizada levando-se em consideração resultados que demonstram a alta dependência entre o crescimento em diâmetro e altura e a densidade das plantas. Esta dependência pode ser direta ou inversamente proporcional.

Nelder (1962) propôs um delineamento sistemático utilizado tanto na área agrícola quanto florestal. O sistema permite testar grande número de densidades de árvores em reduzida área experimental, comparado com os delineamentos convencionais.

Alguns inconvenientes do método como, a falta de independência dos erros associados às unidades experimentais e a alta sensibilidade a valores perdidos, já foram relatados. Nas ocorrências desta natureza, desde que sejam aleatórias e em pequeno número, pode-se eliminar da análise dos dados todas as plantas vizinhas das falhas (GOMES e DE MATTA, 1972). A mesma teoria pode ser utilizada para análise com árvores.

Segundo Minami (1977) experimentos que ocupam grandes áreas são estatisticamente indesejáveis e muitas vezes, tornam-se impraticáveis devido à falta de recursos como mão-de-obra, área experimental e pela dificuldade de serem controlados. Em estudos com árvores, com muitas repetições, a área experimental requerida seria tão grande que certamente não conseguiria garantir a homogeneidade dentro dos blocos, aumentando o erro experimental e conseqüentemente diminuindo a sensibilidade na comparação dos efeitos dos tratamentos (ODA, 2005).

Em função das dificuldades para a condução de um experimento não aleatorizado desta natureza, surgiu a alternativa de se modelar a dependência entre as unidades mensuradas, por meio da geoestatística, conforme proposto por Diggle e Ribeiro Jr. (2007). A geoestatística analisa a dependência espacial de dados georreferenciados, aos quais é ajustado o semivariograma, representado pelo gráfico da semivariância em função das distâncias entre observações (CARVALHO et al., 2012).

Mediante o exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variação espacial e temporal da altura total de árvores, diâmetro do fuste, diâmetro da copa e o volume cilíndrico de *Peltophorum dubium* em função da densidade em Sistema Silvipastoril, aos 13, 25 e 37 meses de idade.

1.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, com coordenadas geográficas 22° 13' 18.54"S, longitude 54° 48' 23.09"O e altitude média de 412 m, no município de Dourados-MS. O clima foi classificado como Cwa, mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos, segundo Koppen (FIETZ, 2008).

A topografia do local é plana e o solo foi caracterizado como Latossolo Vermelho distroférrico, com teores de argila, silte e areia de 76, 2 %, 4,5 % e 19,3 %, respectivamente. Os valores para a caracterização inicial da fertilidade do solo na profundidade de 0-20 cm foram: MO (3,2 %), pH CaCl₂ (5,7), P (8 mg dm⁻³); K⁺(0,44 cmol_c dm⁻³); Ca²⁺(6,1 cmol_c dm⁻³), Mg²⁺(2,6 cmol_c dm⁻³), H⁺ + Al³⁺(2,3 cmol_c dm⁻³), SB (9,1 cmol_c dm⁻³), CTC (11,39 cmol_c dm⁻³), V% (79,2 %), conforme análise química realizada no Laboratório de Fertilidade dos Solos da UFGD.

O preparo da área (1,33 ha) constituiu-se de gradagem profunda e nivelamento, seguido do plantio de 528 mudas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.), em dezembro de 2009. Cada muda recebeu 150 g do adubo 6-30-6 NPK + 1% de B + 0,5% Zn + 0,5% Cu, divididas em duas covetas com 75 g cada, a 15 cm do caule. A adubação de cobertura foi de 120 g do adubo 20-00-20 NPK, na projeção da copa, 30 dias após a semeadura.

A disposição das árvores obedeceu ao desenho proposto por Nelder (1962) (Figura 1), sendo as distâncias e ângulos determinados conforme as fórmulas 1, 2 e 3 abaixo (NAMKOONG, 1965):

$$r_n = r_0 \cdot \alpha^n \quad (1)$$

$$A_n = \tan(\theta/2) \cdot [(r_n^2/4) \cdot f(\alpha)] \quad (2)$$

$$f(\alpha) = (1 + \alpha)^2 - (1 + \alpha^{-1})^2 \quad (3)$$

onde:

A_n é a área da planta n em cada raio,

α , constante que determina a razão de mudança no crescimento do espaçamento,

r_n , distância radial para a enésima planta e r_0 para a primeira planta em cada raio

θ , ângulo entre raios adjacentes.

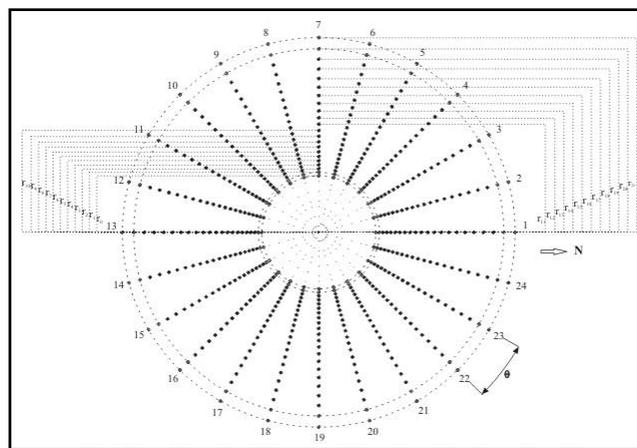


Figura 1 – Esquema de Nelder para a definição de densidades de árvores de *Peltophorum dubium* em consórcio com *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã.

A roda foi constituída por 22 círculos concêntricos, com distâncias a partir do centro variando entre 19,60 m e 67,51 m e identificados de r_0 a r_{21} , observando-se uma taxa de redução de 12,5 % na densidade das árvores. Isso resultou em acréscimo de 6,066% na distância para cada novo círculo, representando α de 1,06066. Os dois círculos internos e externos foram considerados como bordaduras.

O ângulo θ entre os raios da roda foi de 15° , resultando em 24 raios e, conseqüentemente 24 mudas foram plantadas em cada um dos círculos. O raio n° 1 foi locado na direção Norte. Este arranjo permitiu a avaliação nos arcos experimentais, de r_2 a r_{19} das densidades de árvores constantes no Quadro 1.

Quadro 1 – Densidade equivalente de árvores a cada círculo.

Série	Círculo	Distância radial (m)	Área por árvore (m ²)	Densidade populacional (árvores ha ⁻¹)
		r_n		
1	0	19,60	-	-
2	1	20,79	-	-
3	2	22,05	7,55	1324
4	3	23,39	8,50	1177
5	4	24,81	9,56	1046
6	5	26,31	10,75	930
7	6	27,91	12,10	827
8	7	29,60	13,61	735
9	8	31,40	15,31	653
10	9	33,30	17,22	581
11	10	35,32	19,37	516
12	11	37,46	21,79	459
13	12	39,73	24,51	408
14	13	42,15	27,59	362
15	14	44,70	31,03	322
16	15	47,41	34,90	286
17	16	50,29	39,27	255
18	17	53,34	44,18	226
19	18	56,58	49,71	201
20	19	60,01	55,92	179
21	20	63,65	-	-
22	21	67,51	-	-

Para obtenção das variáveis dendrométricas foram tomados, aos 6, 13, 25 e 37 meses após o plantio, em todas as árvores, a circunferência a 1,3 m de altura ($C_{1,3}$), a altura total das árvores (ALT) e o diâmetro de copa (Dc), utilizando-se fita métrica e régua. A partir destes, foram derivados o diâmetro do fuste ($D_{1,3} = C_{1,3} / \pi$), a área transversal do fuste ($g = \pi / (D_{1,3}^2/4)$) e o volume cilíndrico ($VC = g \times ALT$). Foi utilizado o volume cilíndrico por não estar definido ainda a forma da canafístula em SSP, impossibilitando o cálculo do volume real. Para obter Dc foram realizadas duas

medições perpendiculares dos diâmetros da projeção da copa. Os valores médios de cada variável foram derivados de cada arco com o mesmo espaço de crescimento (REDMOND; GALLAGHER; MAC SIÚRTÁIN, 2005).

Para cada variável dendrométrica estudada, foi efetuada a análise inicial por meio da estatística descritiva. Utilizando-se o programa SigmaPlot 12.0, foram calculadas a média, os valores mínimo e máximo, desvio padrão, coeficiente de variação, curtose e assimetria. Em seguida, foram identificados os *outliers*, efetuando-se a substituição deles pelo valor médio dos circunvizinhos. Também foi efetuada a análise da distribuição de frequência e para testar a hipótese de normalidade dos atributos (x), foi utilizado o teste de Shapiro e Wilk (1965) a 5% de probabilidade. Nele, a estatística W testa a hipótese nula, a qual julga ser a amostra proveniente de uma população com distribuição normal (x).

Também foi efetuada a análise da dependência espacial por meio da elaboração do semivariograma, com base nas pressuposições de estacionaridade da hipótese intrínseca, utilizando-se o pacote computacional GS+ (ROBERTSON, 1998). O ajuste do semivariograma, em função dos seus modelos, foi efetuado pela seleção inicial dos seguintes indicadores: a) o maior coeficiente de determinação (r^2); b) a menor soma dos quadrados dos desvios (SQD), e c) o maior avaliador da dependência espacial (ADE). Para cada atributo foram relacionados o efeito pepita (C_0), alcance (A) e o patamar ($C+C_0$). A análise do avaliador da dependência espacial (ADE) foi feita conforme sugestões de Cambardella et al. (1994), modificada por Robertson (1998), a partir da expressão:

$$ADE = [C/(C + C_0)] \cdot 100$$

onde:

ADE é o avaliador da dependência espacial; C é a variância estrutural, e $C+C_0$ é o patamar. A interpretação para o ADE foi a seguinte: a) $ADE \leq 25\%$ indica variável espacial fracamente dependente; b) $25\% < ADE \leq 75\%$ indica dependência mediana, e c) $ADE > 75\%$ indica forte dependência.

Os semivariogramas foram elaborados a partir deste formato de espacialização das amostras, em duas dimensões (x e y). Os parâmetros alcance, patamar, efeito pepita e contribuição foram analisados, buscando determinar as distâncias nas quais as amostras encontravam-se correlacionadas e a partir de que ponto deixava de existir a dependência espacial. A partir do conhecimento dos limites da dependência espacial, buscou-se correlacioná-los com as variáveis dendrométricas. A

expectativa inicial era de que o modelo teórico para os semivariogramas experimentais das diversas variáveis regionalizadas levantadas fosse o transitivo, ou seja, com patamar. Inicialmente os modelos a serem testados foram o exponencial, o esférico e o gaussiano (ISAAKS e SRIVASTAVA, 1989). A análise geoestatística foi realizada pelo uso do *Gamma Design Software 7.0* (GS+, 2004).

1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise descritiva

Para todos os atributos da Canafístula a distribuição foi considerada normal (Quadro 2), atendendo, portanto, uma das premissas para os estudos geoestatísticos. Esta característica também tem sido frequentemente encontrada em trabalhos dendrométricos com outras espécies florestais (LIMA et al., 2010; ROSA FILHO et al., 2011), para as variáveis $D_{1,3}$, Dc e ALT.

Quadro 2. Estatística descritiva de alguns atributos da canafístula (*Peltophorum dubium*), por idade.

Atributos ⁽¹⁾	Estatísticas								
	Média	Valor		DP	Variação	Coeficiente		Probabilidade do teste ⁽²⁾	
		Mínimo	Máximo			Curtose	Assimetria	Pr< w	DF
ALT 13(m)	1,94	1,00	2,50	0,25	7,9	-0,22	0,04	0,954	NO
ALT25 (m)	3,77	2,75	4,25	0,31	6,2	-0,63	0,38	0,377	NO
ALT37 (m)	4,09	3,00	5,00	0,35	5,2	-0,08	0,12	0,509	NO
$D_{1,3}13$ (m)	0,041	0,03	0,05	0,005	8,6	1,31	0,19	0,247	NO
$D_{1,3}25$ (m)	0,056	0,05	0,07	0,006	8,3	-0,69	0,52	0,362	NO
$D_{1,3}37$ (m)	0,065	0,05	0,08	0,007	6,3	-0,28	0,06	0,366	NO
Dc13 (m)	3,25	2,00	4,75	0,55	14,2	0,41	-0,04	0,437	NO
Dc25 (m)	4,12	2,75	5,75	0,58	12,0	0,01	-0,26	0,090	NO
Dc37 (m)	4,63	3,00	6,25	0,63	11,9	-0,04	-0,02	0,988	NO
VC13 (m ³)	0,002	0,001	0,003	0,001	21,5	0,69	0,41	0,545	NO
VC25 (m ³)	0,010	0,009	0,013	0,002	17,7	-0,07	0,50	0,239	NO
VC37 (m ³)	0,014	0,010	0,020	0,002	12,3	0,21	0,32	0,251	NO

⁽¹⁾ALT: altura das árvores; $D_{1,3}$: diâmetro do fuste a 1,3 m; Dc: diâmetro da copa e VC: volume cilíndrico, de acordo com os meses de coleta de dados. ⁽²⁾DF: distribuição de frequência, sendo NO, normal; w – teste a 5% de probabilidade.

Utilizando-se as classes de variabilidade do coeficiente de variação estabelecidas por Pimentel-Gomes (2002), observou-se que, em todas as medições realizadas, a ALT e o $D_{1,3}$ foram classificados como de baixa variabilidade (5,2% a 8,6%), enquanto para Dc e VC os valores foram considerados de médio a alto (11,9% a 21,5%). Para o VC cilíndrico, a variabilidade alta pode ser justificada, por ser uma medida indireta dos dados, proveniente do produto de outras duas.

Os valores de mínimo e máximo para todas as variáveis, indicaram uniformidade dos dados, sem variação discrepante. Para todos os atributos da planta estudados, a distribuição foi normal, indicando que os dados não apresentaram tendência que pudesse afetar os resultados e assim a preocupação foi apenas com a

variância das diferenças entre os valores amostrais. Os valores de curtose e assimetria estão próximos de zero, para todos os atributos, também indicando distribuição normal dos dados.

Fenômenos naturais apresentam-se frequentemente com uma certa estruturação nas variações entre vizinhos, desta forma pode-se dizer que as variações não são aleatórias portanto, apresentam algum grau de dependência espacial (GUIMARÃES, 2004)

Para o ajuste dos semivariogramas, foi selecionada primeiramente a soma dos quadrados dos resíduos (SQR) que, segundo Zimmerman e Harville (1991), é o índice que melhor descreve o ajuste. De acordo com os padrões estabelecidos pelos autores, foi verificado que os valores dos erros encontrados experimentalmente neste trabalho podem ser considerados pequenos, indicando bom ajustamento da função.

Embora o coeficiente de regressão ou determinação (r^2), segundo descrito por Landim (1998), não seja um bom índice para descrever os ajustes dos semivariogramas teóricos aos experimentais, principalmente quando é elevado o número de dados utilizados, pode ser utilizado para conclusões em paralelo com a SQR. Ao contrário do r^2 , quanto menor o valor numérico de SQR, melhor será o ajuste do semivariograma. No Quadro 3 pode ser constatada essa diferença.

Quadro 3. Parâmetros dos semivariogramas simples ajustados para as características da *Peltophorum dubium* em diferentes densidades.

Atributos	Modelo	Parâmetros do ajuste*					ADE	
		C_0	$C_0 + C$	A (m)	r^2	SQR	%	(Classe)
ALT13 (m)	esférico	0,0179	0,0615	11,5	0,883	$1,027 \cdot 10^{-4}$	75	Alta
ALT25 (m)	esférico	$2,04 \cdot 10^{-2}$	$1,09 \cdot 10^{-1}$	9,4	0,869	$4,04 \cdot 10^{-4}$	90	Alta
ALT37 (m)	esférico	$3,60 \cdot 10^{-2}$	$1,23 \cdot 10^{-1}$	14,9	0,843	$7,80 \cdot 10^{-4}$	71	Alta
Df13 (m)	exponencial	0,0000	$2,00 \cdot 10^{-5}$	2,6	0,510	$3,06 \cdot 10^{-11}$	99	Alta
Df25 (m)	exponencial	0,0000	$4,00 \cdot 10^{-5}$	2,9	0,642	$1,00 \cdot 10^{-10}$	99	Alta
Df37 (m)	exponencial	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$5,00 \cdot 10^{-5}$	3,2	0,668	$1,76 \cdot 10^{-10}$	93	Alta
Dc13 (m)	exponencial	0,0358	0,30760	2,6	0,772	$2,31 \cdot 10^{-3}$	88	Alta
Dc25 (m)	exponencial	0,0416	0,34200	2,1	0,553	$4,07 \cdot 10^{-3}$	88	Alta
Dc37 (m)	exponencial	0,0440	0,39600	3,6	0,510	$9,42 \cdot 10^{-3}$	89	Alta
VC13 (m ³)	exponencial	0,0000	$23,9 \cdot 10^{-8}$	16,7	0,905	$1,49 \cdot 10^{-15}$	99	Alta
VC25 (m ³)	exponencial	0,0000	$3,61 \cdot 10^{-6}$	2,1	0,313	$1,07 \cdot 10^{-12}$	99	Alta
VC37 (m ³)	exponencial	0,0000	$4,25 \cdot 10^{-6}$	1,7	0,357	$8,17 \cdot 10^{-13}$	99	Alta

* - C_0 : efeito pepita; $C+C_0$: patamar; A: alcance; r^2 : coeficiente de determinação; SQR: soma dos quadrados dos desvios; ADE: avaliador da dependência espacial.

O semivariograma indica, pela análise estrutural, o comportamento espacial da variável regionalizada. Segundo Matheron (1963), em geral esse comportamento é

uma função de incremento com a distância entre as amostras, visto que, quanto mais afastadas forem as amostras, mais seus valores em média deverão ser diferentes. Esta característica reflete bem a noção de zona de influência de uma amostra. A zona de influência de uma variável regionalizada corresponde à distância denominada alcance (A), a partir da qual a variância torna-se constante, e cuja medida é a amplitude variográfica.

Segundo Vieira et al (1983), a amplitude variográfica é um importante parâmetro, considerando que as amostras separadas por distâncias menores que o alcance são correlacionadas com as demais, enquanto as amostras separadas por distâncias maiores que o alcance não são correlacionadas. Desta forma, foram ajustados modelos de semivariogramas do tipo esférico e exponencial, sendo estes os mais facilmente encontrados nas aplicações da geoestatística. Os semivariogramas experimentais foram calculados com 432 pares, sendo o mínimo recomendado de 30 pares.

O tamanho da zona de influência em torno de cada ponto amostral é relacionado com o alcance (A). Toda amostra cuja distância ao ponto a ser estimado for menor ou igual ao alcance, fornece informações sobre o ponto.

Para altura ajustou-se o modelo esférico com alcance da dependência espacial de 11,1; 9,4 e 14,9 m, aos 13, 25 e 37 meses. Todos os semivariogramas tiveram baixos valores do efeito pepita (C_0) e patamar, além dos maiores valores de alcance, indicando que a distribuição dos valores de altura no espaço não foi aleatória, para os três períodos (Figura 2).

Os baixos valores do efeito pepita, indicam a alta dependência espacial entre as árvores mais próximas, ou seja, neste trabalho, o maior crescimento das árvores em altura ocorreram nas áreas mais adensadas.

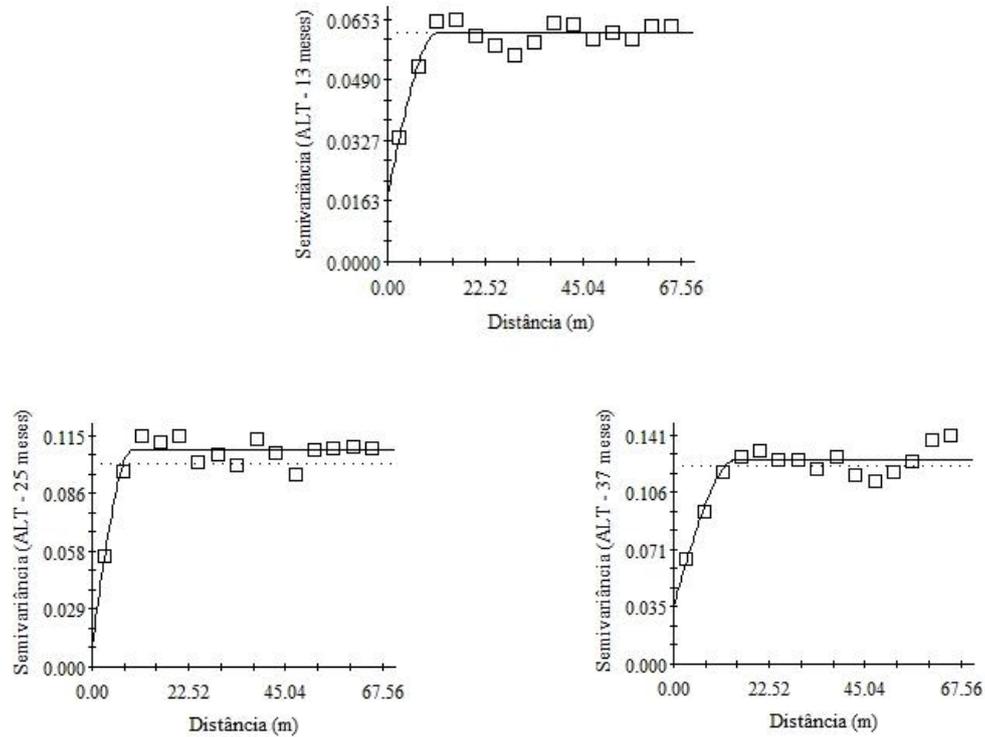


Figura 2– Semivariogramas da altura (ALT) das árvores de canafístula, aos 13, 25 e 37 meses de idade.

Para o diâmetro do fuste também ajustou-se semivariogramas de modelo esférico, onde sua zona de influência foi de 2,6; 2,9 e 3,2 m, aos 13, 25 e 37 meses, com efeito pepita (C_0) próximo de zero, indicando alta dependência espacial dos dados. O semivariograma esférico, indica um crescimento com patamar bem definido, onde as árvores mais próximas tiveram menores valores de $D_{1,3}$. Os baixos valores de alcance indicam que, as mudanças nos valores do diâmetro do fuste acompanharam as mudanças na densidade arbórea. (Figura 3).

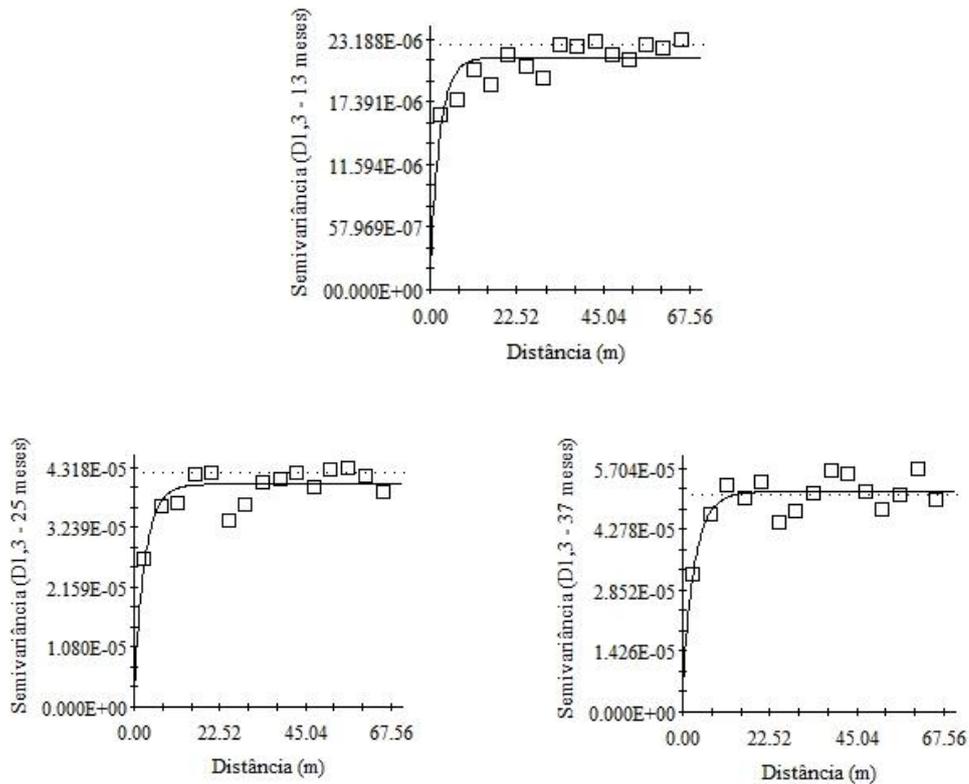


Figura 3 – Semivariogramas do diâmetro do fuste ($D_{1,3}$) das árvores de canafístula, aos 13, 25 e 37 meses de idade.

Semivariogramas de modelo exponencial foram ajustados aos dados de diâmetro da copa, com alcance de 2,6; 2,1 e 3,6 m aos 13, 25 e 37 meses respectivamente. Também com baixos valores do efeito pepita (C_0) e patamar, indicando que nas áreas mais adensadas os diâmetros de copa foram mais parecidos (Figura 4). O menor alcance indica uma mudança nos formatos do Dc conforme mudava a densidade.

O modelo exponencial também apresenta patamar, porém a definição é menor se comparado ao modelo esférico, indicando que o Dc pode continuar a ser influenciado por maiores densidades de árvores ha^{-1} . Assim, conforme diminuía a densidades e as árvores ficavam mais distantes entre si, os valores de Dc foram aumentando.

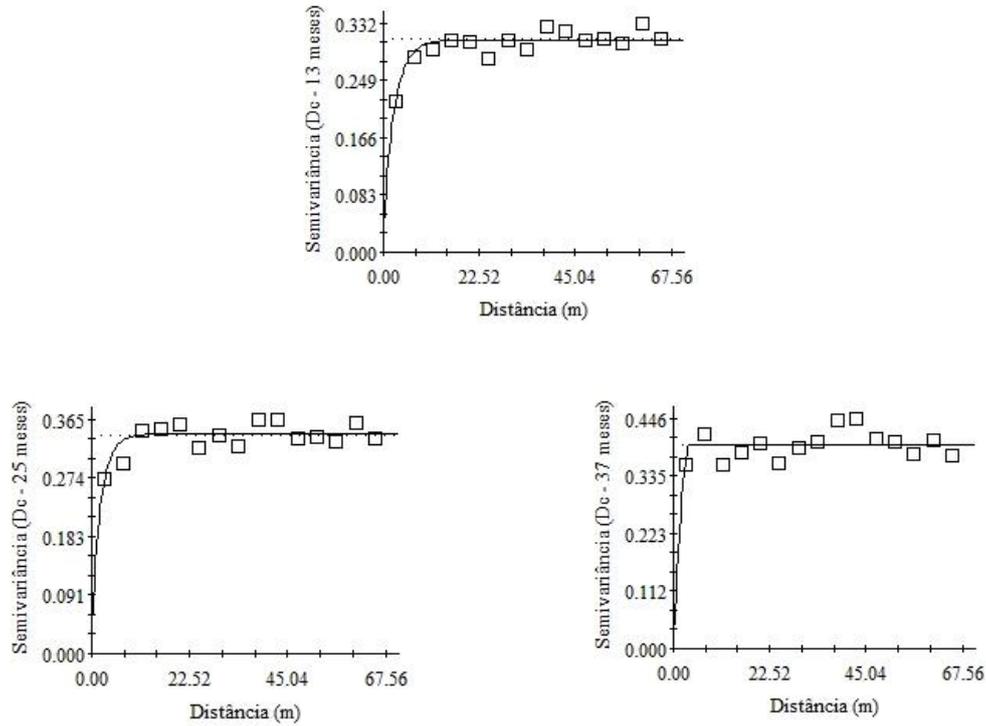


Figura 4 - Semivariogramas do Dc (diâmetro da copa) das árvores de canafístula, aos 13, 25 e 37 meses de idade.

Para o volume cilíndrico também foram ajustados semivariogramas de modelo exponencial, com alcance de 16,7; 2,1 e 1,7 m aos 13, 25 e 37 meses respectivamente. O maior alcance aos 13 meses se deve a uma menor variabilidade do volume cilíndrico, nessa idade. Entretanto aos 25 e 37 meses, a mudança nos valores do VC era mais constante, devido ao baixo alcance, indicando influência da densidade e da idade (Figura 5).

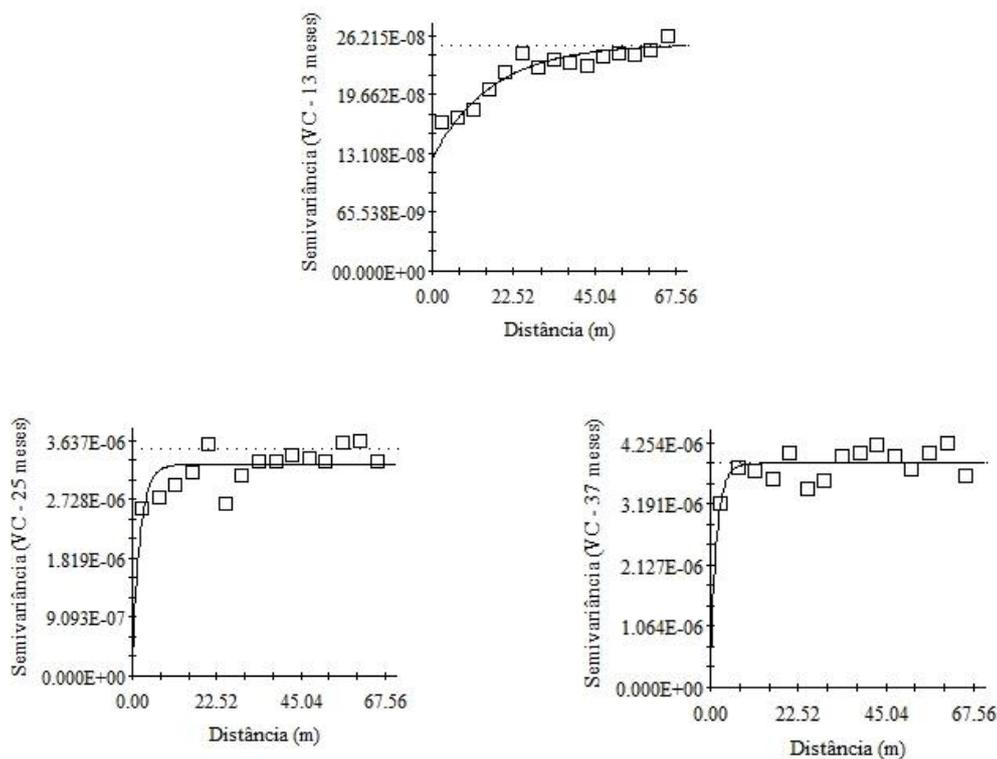


Figura 5 - Semivariogramas do VC (volume cilíndrico) das árvores de canafístula, aos 13, 25 e 37 meses de idade.

Neste trabalho, os baixos valores de efeito pepita, indicaram, uma alta dependência entre as árvores mais próximas, entretanto com baixo alcance essa dependência não teve grandes influências, indicando mudanças de valores entre as densidades e as idades estudadas. O baixo alcance da dependência espacial pode ter sido em função da alta variabilidade genética da canafístula. Esta variabilidade pode ter como origem a condição de árvore nativa sem melhoramento genético.

Devido ao grande número de densidades arbóreas testadas e considerando que cada árvore foi uma unidade amostral, os valores mais próximos no espaço foram os mais similares a curtas distâncias e mudavam conforme mudava a densidade arbórea, fazendo com que a zona de influência não fosse tão abrangente.

Na presença de dependência espacial, em geral, os pontos mais próximos foram mais semelhantes do que os mais afastados, permitindo afirmar que a semivariância aumentou à medida que, a distância aumentava e que, mudava a densidade de árvores, até estabilizar. Ribeiro Júnior (1995) ressalta que, nos casos de dependência espacial, mesmo com pequeno alcance, cada observação é descrita não apenas pelo seu valor, mas também por informação de sua posição geográfica.

Considerando que as observações circunvizinhas, mais próximas geograficamente tendem a ter valores mais similares e que tal fato pode ser avaliado por medidas de associação, a análise geoestatística determina o grau dessa associação (correlação) entre as amostras, com base na direção e na distância entre elas. A dependência espacial (autocorrelação espacial) faz com que os pontos de amostragem mais próximos entre si sejam mais semelhantes do que aqueles distantes (MONTAGNA, 2001).

A análise de dependência espacial indicou correlação entre os valores observados e os estimados, que estavam mais próximos no espaço, sendo que, para o delineamento Nelder, as áreas mais adensadas proporcionaram uma maior verossimilhança entre as árvores vizinhas. Tais informações ajudam na tomada de decisão, quando se tem um grande número de dados e fatores a serem analisados.

1.6 CONCLUSÃO

Nas condições em que o trabalho foi desenvolvido, verificou-se:

O método geoestatístico foi adequado para verificar se houve dependência espacial do componente arbóreo em desenho sistemático de Nelder.

Em estágio inicial de crescimento, as variáveis dendrométricas da canafístula apresentaram-se com pequena zona de influência (alcance), todavia com alta dependência espacial. As estruturas de continuidade espacial foram similares nas menores densidades de árvores.

A canafístula apresentou maior crescimento, representado por todas as variáveis dendrométricas avaliadas (altura, diâmetro de fuste, diâmetro de copa e volume cilíndrico), quando submetida às maiores densidades arbóreas, pelo menos até os 37 meses de idade.

1.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, R. P.; ALMEIDA, J. C. C.; RIBEIRO, E. T.; ARAUJO, S. A. C.; MORENZ, M. J. F.; RANGEL, B. O. F.; BONAPARTE, T. P.; DEMINICIS, B. B. **Características dendrométricas do Eucalyptus urophylla em sistema silvipastoril com Brachiaria decumbens sob diferentes espaçamentos.** Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v.1, n.2., p.39-44, Dezembro, 2011.

CAMBARDELLA, C. A. **Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils.** Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

CARVALHO, M. P.; MENDONÇA, V. Z.; PEREIRA, F. C. B. L.; ARF, M. V.; KAPPES, C.; DALCHIAVON, F. C. **Produtividade de madeira do eucalipto correlacionada com atributos do solo visando ao mapeamento de zonas específicas de manejo.** Ciência Rural, Santa Maria, v.42, n.10, p.1797-1803, out, 2012.

DANIEL, O.; COUTO, L.; VITORINO, A. C. T. **Sistemas agroflorestais como alternativas sustentáveis à recuperação de pastagens degradadas.** In: SIMPÓSIO – SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL, 1, Goiânia. Anais...Juíz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1999. p.151-170.

DIGGLE, P. J.; RIBEIRO JR, P. J. **Model based geostatistics.** New York: Springer, 2007. 230 p.

FIETZ, C. R. **O clima da região de Dourados, MS.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008, 32p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documento, 92).

GOMES, K. A.; DE MATTA, S. K. **Missing hills in rice experimentation plots.** *Agronomy Journal*, Madison, n. 64, p.163-164, 1972.

GS+: **Geostatistics for environmental sciences.** 7ed. Michigan, Plainwell Gamma Desing Software, 2004. 159p.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **Applied Geostatistics.** New York: Oxford University Press, 1989. 572p.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos.** São Paulo, Ed. UNESP, 1998. 226p.

LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P.; NARIMATSU, K. C. P.; SILVA, M. G.; QUEIROZ, H. A. **Atributos físico-químicos de um Latossolo do cerrado brasileiro e sua relação com características dendrométricas do eucalipto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34:163-173, 2010.

MATHERON, G. **Principles of geostatistics.** Economic Geology. El Paso, v.58, p.11246-66, 1963.

MINAMI, K. **Análise de crescimento e densidade de população de *Solanum melonngera* L. – Berinjela, cultivada em delineamento sistemático convencional.**

Piracicaba, 1977. 81p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

NAMKOONG, G. **Application of Nelder**. In: SOUTHERN CONFERENCE ON FOREST TREE IMPROVEMENT, 8., 1965, Savannah, Georgia. **Proceedings**. Savannah, Georgia: USDA/ Forest Service, 1965. p. 24 - 37.

NELDER, J. A. **New kinds of systematic designs for spacing experiments**. *Biometrics*, v. 18, n. 2, p. 283-307, 1962.

ODA, M. L. **Aplicação de métodos geoestatísticos para identificação da dependência espacial na análise de dados de um experimento em delineamento sistemático tipo “Leque”**. Dissertação Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2005, 72p.

PIMENTEL-GOMES, F. & GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: Exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba, FEALQ, 2002. 309p.

REDMOND, J.; GALLAGHER, G.; MAC SIÚRTÁIN, M. **Systematic Spacing Trials for Plantation. Research and Demonstration**. Dublin: Coford, 2005. 6 p.

ROBERTSON, G. P. **GS+: geostatistics for the environmental sciences**. Michigan: Gamma Design Software, 1998.

ROSA FILHO, G. **Variabilidade espacial de propriedades dendrométricas do eucalipto e de atributos físicos de um Latossolo Vermelho**. *Bragantia*, Campinas, v.70, n.2, p.439-446, 2011.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. **Analysis of variance test for normality: complete samples**. *Biometrika*, Oxford, v. 52, p. 591-611, 1965.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. **Geoestatistical theory and application to variability of some agronomical properties**. *Hilgardia*. Berkeley, v.31, n.3, 1983. 75p.

ZIMMERMAN, D.I.; HARVILLE, D.A. **A random field approach to the analysis of field-plot experiments and other special experiments**. *Biometrics*, Raleigh, v.47, n.1, p.233-239, mar. 1991.

CAPÍTULO 2: CRESCIMENTO DE *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. EM DIFERENTES DENSIDADES POPULACIONAIS.

2.1 RESUMO

A definição da melhor densidade de árvores para associação com forrageiras, requer conhecimento sobre as características das espécies utilizadas, de forma a viabilizar essa associação. Além da definição da densidade de árvores, há também a falta de opção para a escolha de espécies nativas que possam compor arranjos silvipastoris. O objetivo desse trabalho foi avaliar o crescimento da canafístula em diferentes densidades de plantio, em um SSP com *Urochloa brizantha* cv. Piatã. Implantou-se em dezembro de 2009 uma roda de Nelder, com 24 raios e 22 anéis, tendo como componente arbóreo a canafístula (*Peltophorum dubium*). Foram avaliadas dez unidades de plantio e aplicou-se a análise de superfície de resposta dos dados de altura total das árvores, diâmetro de fuste, diâmetro e área da copa, e volume cilíndrico, aos 13, 25 e 37 meses de idade. A altura das árvores de canafístula apresentou relação direta com a densidade populacional, enquanto que o diâmetro de fuste e copa, bem como área de copa e volume cilíndrico, essa relação foi inversamente proporcional. O efeito da densidade de árvores na redução do volume cilíndrico de indivíduos de canafístula, embora pequeno, se dá até 1850 árvores ha⁻¹, até a idade estudada. Considerando as relações entre as variáveis dendrométricas, a canafístula mostra ser uma espécie que se adapta a alterações populacionais.

Palavras-chave: canafístula, dendrometria, silvipastoril.

GROWTH OF *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. IN DIFFERENT POPULATION DENSITIES.

2.2 ABSTRACT

The best definition of the density of trees for association with forage, requires knowledge about the characteristics of the species used, in order to facilitate this association. Besides the definition of the density of trees, there is also the lack of options for choosing native species that compose silvipastoral arrangements. The aim of this study was to evaluate the growth of canafístula in different planting densities in an silvipastoral systems with *Urochloa brizantha* cv. BRS Piata. Was implemented in December 2009, a Nelder wheel with 24 spokes and 22 rings, with the tree component to canafístula (*Peltophorum dubium*). Ten units of plowing were evaluated and applied to the analysis of the response surface data total height of trees, stem diameter, diameter and crown area and cylindrical volume at 13, 25 and 37 months old. The height of the trees canafístula was directly related to population density, while the diameter of bole and crown and crown area and cylindrical volume, this ratio was inversely proportional. The effect of the density of trees in reducing the volume of cylindrical canafístula individuals, albeit small, occurs to 1850 trees ha⁻¹ until the age studied. Considering the relations between the variables dendrometric the canafístula shown to be a species that adapts to population changes.

Keywords: canafístula, dendrometry, silvipastoral.

2.3 INTRODUÇÃO

O Mato Grosso do Sul apresenta grande potencial de aplicação de sistemas agroflorestais (SAF), e em especial de Sistemas silvipastoris (SSP). Há grandes áreas de criação extensiva de gado com suas pastagens degradadas, bacias leiteiras com problemas de forrageamento no inverno, possibilidade de aplicação de cercas vivas, banco de proteínas e árvores de sombra (DANIEL et al., 1999).

A escolha de árvores apropriadas para o estabelecimento de Sistemas Silvipastoris é fundamental para o sucesso desses sistemas. Melo e Zoby (2004) apontaram algumas características desejáveis nas espécies para arborização de pastagens, como compatibilidade ecológica com o local, ser perenifólia, apresentar crescimento rápido, ser resistente a ventos, propiciar alimento, fixar nitrogênio, possuir troncos altos e copa pouco densa, de modo a possibilitar a passagem de luz, permitindo, assim, o desenvolvimento da forrageira embaixo de sua copa. Com a utilização de espécies florestais e herbáceas adequadas, a arborização das pastagens pode aumentar a produção e a qualidade das forrageiras e melhorar o desempenho dos animais em ganho de peso, lactação, sanidade e reprodução. Isso se deve, entre outros, à melhoria do microclima oferecido aos animais domésticos e nativos e para as plantas, além da maior ciclagem de nutrientes pelas árvores, incrementando a produtividade da pecuária extensiva de forma ambiental e econômica (BAGGIO, 1998).

Também conhecida como sobrasil e farinha-seca a canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub.), é uma leguminosa bastante versátil que ocorre em Florestas Estacionais Semidecíduais de Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul, além das formações florestais do Complexo Atlântico. É caducifólia, podendo atingir 20 m de altura e até 90 cm de diâmetro. Tentativas de estabelecer arborização de pastagens com canafístula, sem proteção das mudas e na presença de animais pastejando ainda não se mostraram eficientes. Embora testes tenham demonstrado a não preferência de bovinos para consumo desta espécie, suas plântulas não se mostraram resistentes à concorrência com as gramíneas (DIAS e SOUTO, 2007).

Além da espécie a ser utilizada, a definição da densidade adequada de plantio deve ser bem planejada. Menores densidades de plantio acarretam menor produção volumétrica por hectare, porém determinam um maior volume individual, sendo a madeira proveniente desse tipo de sistema disponível para fins mais nobres,

como serraria e laminação. Entretanto, em áreas mais densas, o diâmetro do material é menor, existindo muitas árvores dominadas, contudo, nesse caso, obtém-se maior produção de volume total, independentemente da idade de avaliação (BERGER, 2002). Segundo Gurgel Filho (1982) e Carvalho (2003), a canafístula apresenta diferenças significativas para a altura, em função de variações na densidade, já a partir do sexto ano, sendo que sua altura total tende a ser maior à medida que a densidade aumenta.

Neste trabalho, objetivou-se avaliar o crescimento da canafístula em diferentes densidades de plantio.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, com coordenadas geográficas 22° 13' 18.54"S, longitude 54° 48' 23.09"O e altitude média de 412 m, no município de Dourados-MS. O clima foi classificado como Cwa, mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos, segundo Koppen (FIETZ, 2008).

A topografia do local é plana e o solo foi caracterizado como Latossolo Vermelho distroférico, com teores de argila, silte e areia de 76, 2 %, 4,5 % e 19,3 %, respectivamente. Os valores para a caracterização inicial da fertilidade do solo na profundidade de 0-20 cm foram: MO (3,2 %), pH CaCl₂ (5,7), P (8 mg dm⁻³); K⁺(0,44 cmol_c dm⁻³); Ca²⁺(6,1 cmol_c dm⁻³), Mg²⁺(2,6 cmol_c dm⁻³), H⁺ + Al³⁺(2,3 cmol_c dm⁻³), SB (9,1 cmol_c dm⁻³), CTC (11,39 cmol_c dm⁻³), V% (79,2 %), conforme análise química realizada no Laboratório de Fertilidade dos Solos da UFGD.

O preparo da área (1,33 ha) constituiu-se de gradagem profunda e nivelamento, seguido do plantio de 528 mudas de canafístula (*P.dubium*), em dezembro de 2009. Cada muda recebeu 150 g do adubo 6-30-6 NPK + 1% de B + 0,5% Zn + 0,5% Cu, divididas em duas covetas com 75 g cada, a 15 cm do caule. A adubação de cobertura foi de 120 g do adubo 20-00-20 NPK, na projeção da copa, 30 dias após a semeadura.

O pasto de *U. brizantha* cv. BRS Piatã foi estabelecido no segundo ano após o plantio das árvores (2011), com semeadura a lanço e 10 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis. A adubação na semeadura foi de 300 kg ha⁻¹ de 8-20-20 NPK + Zn.

A disposição das árvores obedeceu ao desenho proposto por Nelder (1962) (Figura 1), sendo as distâncias e ângulos determinados conforme as fórmulas 1, 2 e 3 abaixo (NAMKOONG, 1965):

$$r_n = r_0 \cdot \alpha^n \quad (1)$$

$$A_n = \tan(\theta/2) \cdot [(r_n^2/4) \cdot f(\alpha)] \quad (2)$$

$$f(\alpha) = (1+\alpha)^2 - (1+\alpha^{-1})^2 \quad (3)$$

onde:

A_n é a área da planta n em cada raio,

α , constante que determina a razão de mudança no crescimento do espaçamento,

r_n , distância radial para a n ésima planta e r_0 para a primeira planta em cada raio
 θ , ângulo entre raios adjacentes.

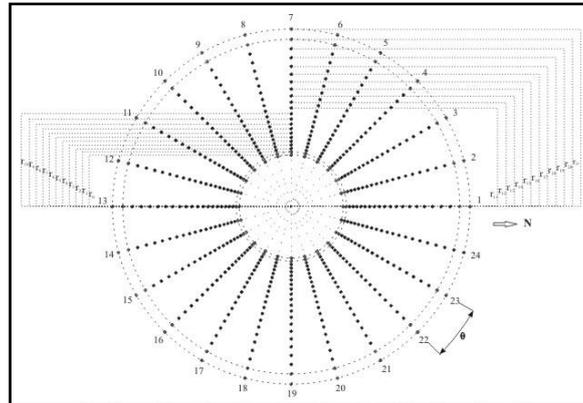


Figura 1 – Esquema de Nelder para a definição de densidades de árvores de *Peltophorum dubium* em consórcio com *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã.

A roda foi constituída por 22 círculos concêntricos, com distâncias a partir do centro variando entre 19,60 m e 67,51 m e identificados de r_0 a r_{21} , observando-se uma taxa de redução de 12,5 % na densidade das árvores. Isso resultou em acréscimo de 6,066% na distância para cada novo círculo, representando α de 1,06066. Os dois círculos internos e externos foram considerados como bordaduras.

O ângulo θ entre os raios da roda foi de 15° , resultando em 24 raios e, conseqüentemente 24 mudas foram plantadas em cada um dos círculos. O raio nº 1 foi locado na direção Norte. Este arranjo permitiu a avaliação nos arcos experimentais, de r_2 a r_{19} das densidades de árvores constantes no Quadro 1.

Quadro 1 – Densidade equivalente de árvores a cada círculo.

Série	Círculo	Distância radial (m)	Área por árvore (m ²)	Densidade populacional (árvores ha ⁻¹)
		r_n		
1	0	19,60	-	-
2	1	20,79	-	-
3	2	22,05	7,55	1324
4	3	23,39	8,50	1177
5	4	24,81	9,56	1046
6	5	26,31	10,75	930
7	6	27,91	12,10	827
8	7	29,60	13,61	735
9	8	31,40	15,31	653
10	9	33,30	17,22	581
11	10	35,32	19,37	516
12	11	37,46	21,79	459
13	12	39,73	24,51	408
14	13	42,15	27,59	362
15	14	44,70	31,03	322
16	15	47,41	34,90	286
17	16	50,29	39,27	255
18	17	53,34	44,18	226
19	18	56,58	49,71	201
20	19	60,01	55,92	179
21	20	63,65	-	-
22	21	67,51	-	-

Para obtenção das variáveis dendrométricas foram tomados, aos 13, 25 e 37 meses após o plantio, em todas as árvores, a circunferência a 1,3 m de altura ($C_{1,3}$), a altura total das árvores (ALT) e o diâmetro de copa (Dc), utilizando-se fita métrica e régua graduada. A partir destes, foram derivados o diâmetro do fuste ($D_{1,3} = C_{1,3}/\pi$), a área transversal do fuste ($g = \pi/(D_{1,3}^2/4)$) e o volume cilíndrico ($VC = g \times ALT$). Foi utilizado o volume cilíndrico por não estar definido ainda a forma da canafístula em SSP, impossibilitando o cálculo do volume real. Para obter Dc foram realizadas duas

medições perpendiculares dos diâmetros da projeção da copa. Os valores médios de cada variável foram derivados de cada arco com o mesmo espaço de crescimento (REDMOND; GALLAGHER; MAC SIÚRTÁIN, 2005). As densidades utilizadas foram: 1324, 1046, 827, 653, 516, 408, 322, 255, 201 e 179 árvores ha⁻¹.

Para cada atributo estudado foi efetuada a análise de superfície de resposta, em função da densidade e da idade, utilizando-se os programas SigmaPlot 12.0 e Statistica®, a 5% de probabilidade.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A instalação do sistema silvipastoril que serviu de base para as análises que seguem, apresentou-se como uma oportunidade para os estudos de crescimento inicial da canafístula, independente da gramínea utilizada no consórcio. As informações obtidas apenas para as árvores, possibilitam o emprego do conhecimento na orientação de plantios homogêneos dessa espécie. A discussão dos resultados segue esta linha de oportunidade.

A aplicação da análise de superfície de resposta para a altura total (ALT) das árvores de canafístula, demonstrou relação direta entre esta variável e a densidade de plantio, em todas as idades observadas (13, 25 e 37 meses) (Figura 2).

O crescimento em altura foi considerado bom para uma espécie nativa. Oliveira et al. (2009) avaliando várias espécies arbóreas (Bordão-de-velho, Cedro, Faveira, Jurema e Mogno), também nativas, em SSP aos 12 meses, encontraram valores médios entre 1,3 e 3,5m para altura. Neste trabalho, aos 13 meses a canafístula cresceu 1,9 m.

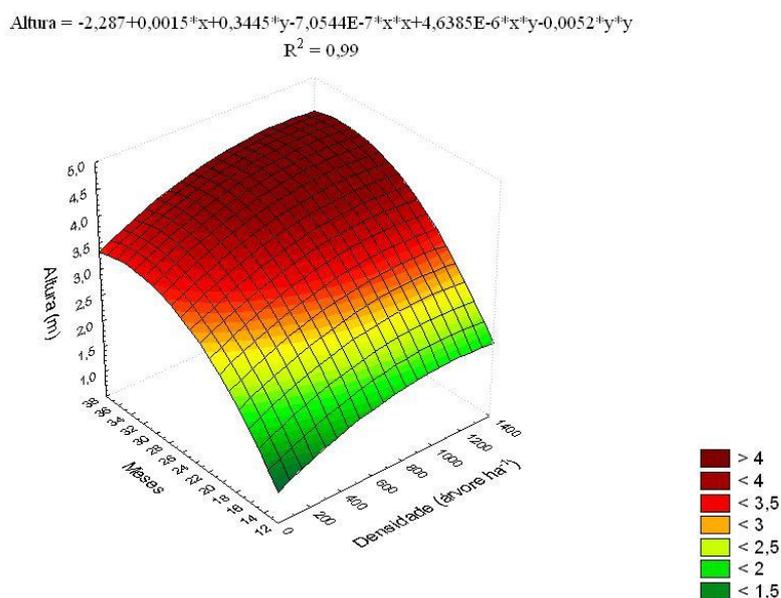


Figura 2 – Altura total das árvores de canafístula em função da densidade de plantio e da idade.

É possível observar na Figura 2 que em qualquer uma das idades avaliadas, mesmo na menor, houve forte influência da densidade sobre o crescimento em altura.

Como se pode notar também, com o aumento da idade houve redução do ponto de estabilização da altura.

Segundo Gurgel Filho (1982) e Carvalho (2003), a canafístula apresenta diferenças significativas para a altura em função de variações na densidade de plantio a partir do sexto ano, sendo que sua altura total tende a ser maior à medida que a densidade aumenta. Com base na análise de superfície de resposta, é possível afirmar que, durante os três primeiros anos do cultivo da canafístula, em solos argilosos de origem basáltica, de boa fertilidade, o máximo crescimento em altura pode ser obtido com densidades entre 1.106 e 1.185 árvores ha⁻¹, para plantios comerciais, quando praticamente ocorreu a estabilização desta variável.

Parte do que afirmam estes autores é corroborada pelos dados deste trabalho. No Quadro 2 encontram-se os pontos de máximas alturas estimadas em cada idade avaliada, além da densidade a partir da qual o crescimento em altura ficou limitado.

Quadro 2 – Densidade arbórea máxima para se obter a máxima altura total estimada de árvores de canafístula.

Idade (meses)	Densidade (indivíduos por ha)	Máxima altura (m)
13	1.106	2,18
25	1.145	4,00
37	1.185	4,33

Idades acima de 37 meses, para essas densidades, pode não ocorrer mais incrementos na altura, sendo necessário a realização de desbastes. A influência da densidade arbórea na altura foi observada por Silva (2007) também em árvores de canafístula (1250 árv. ha⁻¹ – 8,4 m; 1666 árv. ha⁻¹ – 8,3 m e 2500 árv. ha⁻¹ – 7,9 m) aos 24 anos de idade, porém não significativa ($P > 5\%$).

Além da influência da densidade e da idade, de acordo com Carvalho (2003) a qualidade dos solos pode ser um fator que altera a altura média das árvores de canafístula, já que esta cresce melhor naqueles bem drenados e com alta fertilidade, geralmente de textura franco argilosa. Nesse trabalho, a análise química do solo indicou boa fertilidade e homogeneidade em toda a área, evidenciando que este fator não influenciou no crescimento das árvores em altura, em quaisquer densidades ou idades.

Quanto ao D_{1,3}, aos 13 meses a média foi de 3,9 cm, o que pode ser considerado como bom desempenho. Oliveira et al. (2009), avaliando um SSP com

diversas espécies arbóreas nativas aos 12 meses, observaram valores médios que variaram entre 2,2 e 5,4cm.

É comum observar-se em plantios mais adensados há produção de árvores mais delgadas. Os resultados desse trabalho acompanharam esta tendência, onde os maiores valores dos diâmetros foram encontrados nas menores densidades (Figura 3).

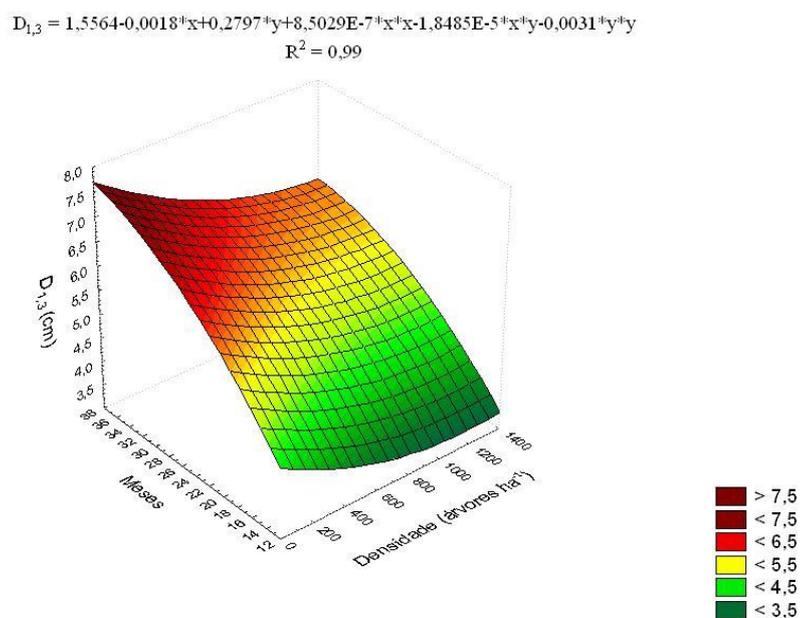


Figura 3 – Diâmetro a 1,3 m das árvores de canafístula em função da densidade de plantio e da idade.

Na equação do modelo de superfície de resposta incluído na Figura 3, identifica-se o sinal positivo (+) do componente quadrático da densidade (x). Isso indica, juntamente com a superfície desenhada na figura, que ocorreu ponto de mínimo na densidade para qualquer idade observada e, que este ponto está localizado na direção das maiores concentrações de indivíduos arbóreos por unidade de área.

Com o aumento da idade observou-se que as densidades arbóreas máximas que resultaram no menor $D_{1,3}$, também aumentaram (Quadro 3). Isso indica que, pelo menos durante os três primeiros anos após o plantio, a canafístula se adapta melhor a maiores densidades com o passar do tempo, no que se refere ao crescimento diamétrico. Carvalho (2003) cita que, menores médias para o diâmetro estão diretamente relacionadas com as maiores densidades.

Quadro 3 – Densidade arbórea máxima para se obter o mínimo diâmetro a 1,3 m ($D_{1,3}$) estimado de árvores de canafístula.

Idade (meses)	Densidade (indivíduos por ha)	Mínimo ($D_{1,3}$) (cm)
13	1.179	3,46
25	1.310	5,12
37	1.442	5,86

Para plantios em regime de desbastes esta característica é vantajosa, nestes sistemas de manejo, é preferível trabalhar com espécies que cresçam em diâmetro mesmo em altas densidades, por um período mais longo antes do primeiro corte parcial. É possível, nesse caso, planejar as atividades do primeiro desbaste com maior flexibilidade, além de resultar na colheita de mais material com maiores diâmetros do que nas espécies que não possuem essa adaptação.

Para o D_c também foi registrado o efeito da densidade e da idade em seu incremento (Figura 4). Os maiores valores ocorreram nos espaçamentos mais largos e com o aumento da idade, apresentando comportamento semelhante ao $D_{1,3}$. Esta semelhança é resultado da correlação entre estas duas variáveis dendrométricas que, em geral é considerada forte para muitas espécies nativas brasileiras (SANQUETTA et al., 2011).

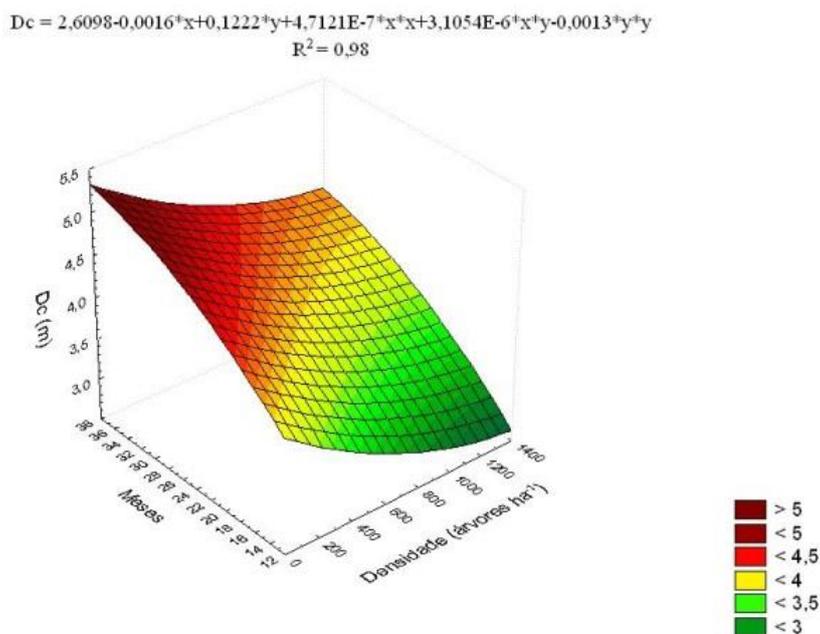


Figura 4 – Diâmetro da copa das árvores de canafístula em função da densidade de plantio e da idade.

A partir da função da superfície de resposta, foram calculados os pontos de mínimos diâmetros de copa em cada idade avaliada, obtendo-se, assim, as densidades máximas limitantes ao desenvolvimento diamétrico das copas de canafístula (Quadro 4).

Quadro 4 – Densidade arbórea máxima para se obter o mínimo diâmetro de copa estimado das árvores de canafístula.

Idade (meses)	Densidade (indivíduos por ha)	Mínimo diâmetro de copa (m)
13	1.655	2,69
25	1.615	3,62
37	1.576	4,18

Pode-se notar que as densidades limitantes estimadas ocorreram além do extremo das densidades avaliadas, que foi de 1.324 indivíduos por ha. Isso significa que a canafístula, em plantios homogêneos, é capaz de suportar altas densidades nos três primeiros anos, com valores próximos aos tradicionalmente utilizados na maioria dos plantios florestais brasileiros com *Eucalyptus* spp., que é de 1667 árvores ha⁻¹. Por outro lado, nesta condição, seu diâmetro de copa estaria limitado a 4,18 m.

Todavia, em densidade de plantio abaixo de 1.576 árvores ha⁻¹, nos três primeiros anos, a canafístula pode desenvolver copas com diâmetros acima de 4,18 m, que é o valor mínimo estimado para a população nessa idade. A decisão de trabalhar com pontos de mínimo, é que valores a partir dele diminuem mais ainda, ou se estabiliza, o que não seria vantajoso.

O diâmetro de copa (Dc) apresentou bom desempenho, com valores médios de 3,25; 4,12 e 4,63m aos 13, 25 e 37 meses, diferente de outras espécies de rápido crescimento como o eucalipto. Araujo et al. (2011), avaliando *E. urophylla* em SSP, sob diferentes espaçamentos (3x2, 6x4 e 10x4 m) em função da idade (12,18 e 24 meses), observaram que o Dc não foi responsivo à variação da área útil, até os 24 meses.

Na continuidade das avaliações da copa, foi calculada a área (Ac) ocupada por ela. Como Ac é deduzida do Dc, o comportamento de ambas as variáveis foi similar, resultando em menores valores para as maiores densidades (Figura 5). Isso se deve ao fato de que as árvores, em ambiente de maior competição por espaço, crescem mais em altura, tendo a área de sua copa diminuída.

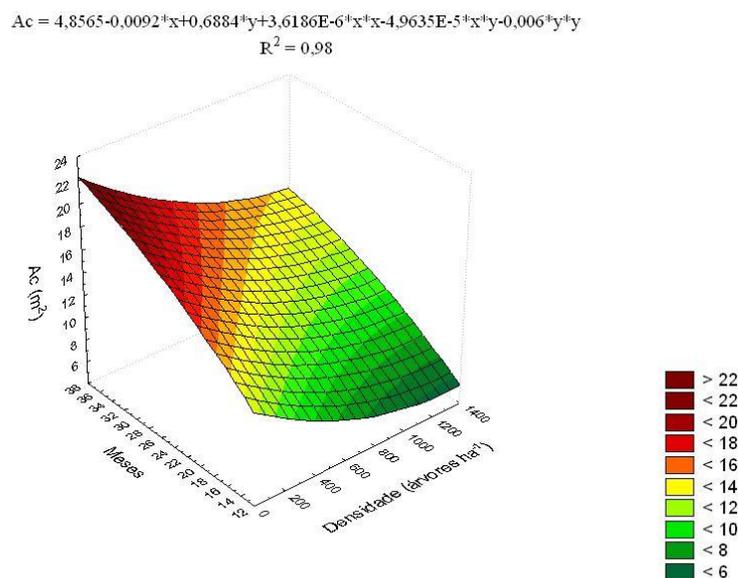


Figura 5 – Área da copa das árvores de canafístula em função da densidade de plantio e da idade.

As copas das árvores são fortemente influenciadas pela densidade arbórea e, como a massa foliar é um dos principais fatores que determina o crescimento do câmbio das plantas lenhosas, a sua dimensão determina o crescimento do fuste (SPIECKER, 1981). A área de copa (Ac), nesse trabalho, representa a dimensão das copas de canafístula.

O Quadro 5 é o resumo da superfície de resposta analisada, onde se observa que, até os 37 meses, com o aumento da idade a densidade necessária para atingir maiores Ac estimadas também cresceu. Isso implica em que, nessa idade, para serem obtidos indivíduos com Ac maiores do que $13,24 \text{ m}^2$, é necessário que se trabalhe com densidade arbórea com menos de 1.565 indivíduos por ha. Esses são os parâmetros numéricos que podem determinar o melhor crescimento do fuste de canafístula, se esse for o objetivo do manejo, já que as copas são os motores do crescimento.

Quadro 5 – Densidade arbórea máxima para se obter a mínima área de copa estimada das árvores de canafístula.

Idade (meses)	Densidade (indivíduos por ha)	Mínima área de copa (m^2)
13	1.372	5,91
25	1.468	10,49
37	1.565	13,24

Como não foram desenvolvidos estudos conclusivos sobre a forma da canafístula nas condições desse trabalho, optou-se por avaliar o volume cilíndrico (VC) das árvores, em lugar do volume real estimado, como é comum nos trabalhos da área florestal.

Analisando a superfície de resposta (Figura 6), observa-se que os melhores valores de VC foram encontrados em baixas densidades e apenas próximo aos 37 meses de idade.

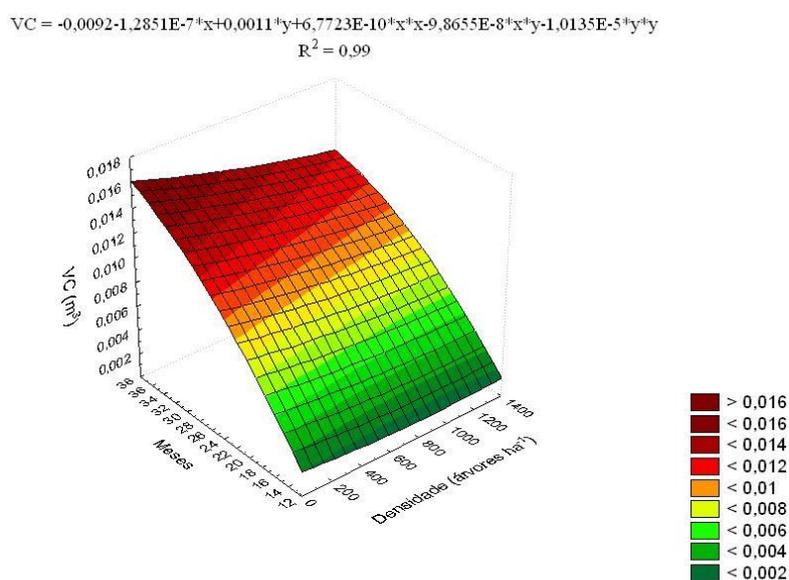


Figura 6 – Volume cilíndrico por árvore de canafístula em função da densidade de plantio e da idade.

Até os três anos, as árvores de canafístula não sofreram a interferência da densidade, crescendo livremente em volume, sem competição. A superfície de resposta indica também que o crescimento de VC ainda está em franca elevação, já que as curvas desta variável, em quaisquer densidades demonstram estarem muito distantes da estabilização.

Parte desse comportamento já era esperado, em vista que o volume do fuste é fortemente e diretamente influenciado pelo tamanho das copas nessas condições, como pode ser observado na área de copa, ilustrada na Figura 4.

A confirmação de que a idade de estabilização do crescimento volumétrico está distante da máxima idade tomada neste trabalho (37 meses) pode ser avaliada no Quadro 6. Para atingir o mínimo VC, a densidade estimada é de 3.138 árvores ha⁻¹, no final do terceiro ano. Esta densidade está muito acima do limite utilizado para a

superfície de resposta que foi de 1.324 árvores ha⁻¹, indicando a pouca influência do espaçamento entre plantas sobre a produção volumétrica da canafístula, até os 37 meses.

Quadro 6 – Densidade arbórea máxima para se obter o mínimo volume cilíndrico estimado de árvores de canafístula.

Idade (meses)	Densidade (indivíduos por ha)	Mínimo volume cilíndrico (m ³)
13	1.070	0,0016
25	2.104	0,0072
37	3.138	0,0088

O volume é, em geral, a variável de maior interesse na comercialização de produtos florestais. Com base na superfície de resposta, foram estimadas as idades nas quais é possível atingir o VC máximo estimado em diversas densidades (Quadro 7).

Quadro 7 – Estimativas para as idades nas quais é possível alcançar os máximos volumes cilíndricos estimados para canafístula.

	Densidade (árvores ha ⁻¹)											
	50	250	450	650	850	1050	1250	1450	1667	1850	2050	2222
Idade (meses)	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	40
Volume cilíndrico estimado (m ³ por árvore)	0,0160	0,0150	0,0142	0,0134	0,0126	0,0120	0,0114	0,0108	0,0103	0,0099	0,0096	0,0096

Propositadamente foram inseridos nas estimativas duas densidades comuns nos plantios florestais (1.667: 3 m x2 m e 2.222: 3 m x1,5 m). Verificou-se que, apesar da diferença de 555 indivíduos desses dois arranjos, foram necessários apenas dois meses para que alcançassem os volumes máximos.

Essa diferença é insignificante, resultando na hipótese de que os maiores volumes individuais da canafístula ocorrem nas densidades com menos de 1850 indivíduos por hectare e acima de 40 meses de idade. A densidade convencional mais utilizada para outras espécies florestais, como eucalipto e pinus, com população de 1667 indivíduos por hectare, é também adequada à canafístula.

Estes resultados indicam também que, exceto para a altura, as outras variáveis avaliadas apresentaram crescimento com a redução da população de árvores. Esse comportamento torna a canafístula uma espécie adequada a diversos arranjos na composição de sistemas agroflorestais, especialmente o silvipastoril, se for considerados apenas parâmetros dendrométricos.

A grande variação populacional aceitável para esta espécie, acompanhada de bom crescimento individual, possibilita seu consórcio, em menores densidades, com inúmeros outros componentes, restando apenas definir para estes, o grau de tolerância ao sombreamento e de concorrência por água, luz e nutrientes.

2.6 CONCLUSÃO

A altura das árvores de canafístula apresentou relação direta com a densidade populacional, enquanto que, para os diâmetros de fuste e copa, área de copa e o volume cilíndrico, essa relação foi inversamente proporcional.

O efeito da densidade de árvores na redução do volume cilíndrico de indivíduos de canafístula se dá até 1850 árvores ha^{-1} , pelo menos até os 37 meses de idade.

Considerando as relações entre as variáveis dendrométricas, a canafístula mostra ser uma espécie que se adapta a alterações populacionais.

2.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, R. P.; ALMEIDA, J. C. C.; RIBEIRO, E. T.; ARAÚJO, S. A. C.; MORENZ, M. J. F.; RANGEL, B. O. F.; BONAPARTE, T. P.; DEMINICIS, B. B. **Características dendrométricas do *Eucalyptus urophylla* em sistema silvipastoril com *Brachiaria decumbens* sob diferentes espaçamentos.** Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v.1, n.2., p.39-44, Dezembro, 2011.

BAGGIO, A. J. **Seleção de espécies para formação de bosquetes de proteção em pastagens para a região do arenito Caiuá, no Paraná.** Pesquisa em Andamento, n.61, p.1-5, 1998.

BERGER, R. **Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith.** Ciência Florestal, v.2, n.2, p.75-87, 2002.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1v. (1039p). (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras).

DANIEL, O.; COUTO, L.; VITORINO, A. C. T. **Sistemas agroflorestais como alternativas sustentáveis à recuperação de pastagens degradadas.** In: SIMPÓSIO – SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL, 1, Goiânia. Anais...Juíz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1999. p.151-170.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; FRANCO, A. A. **Leguminosas arbóreas para sistemas silvipastoris.** Niterói: Programa Rio Rural, 2008. 8 p. (Programa Rio Rural. Manual Técnico; 9).

FIETZ, C. R. **O clima da região de Dourados, MS.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008, 32p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documento, 92).

GURGEL FILHO, O. A. **Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais. Ibirá (*Peltophorum vogelianum* Benth).** In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS. INSTITUTO FLORESTAL 1982, São Paulo. Anais... São Paulo, 1982. v.16, pt.2.

KRUSSHEWSKY, G. C.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N. **Arranjo estrutural e dinâmica de crescimento de *Eucalyptus* spp em sistema agrossilvipastoril no cerrado.** Cerne, v.13, n.4, p.360-267, 2007.

MELO, J. T.; ZOBY, J. L. F. **Espécies para arborização de pastagens.** Planaltina: Embrapa-CPAC, 2004. 4p. (Circular Técnica, 113).

NAMKOONG, G. **Application of Nelder.** In: SOUTHERN CONFERENCE ON FOREST TREE IMPROVEMENT, 8, 1965, Savannah, Georgia. **Proceedings...** Savannah, Georgia: USDA/ Forest Service, 1965. p. 24 - 37.

NELDER, J. A. New **kinds of systematic designs for spacing experiments**. *Biometrics*, Arlington, n. 18, p.283-307, 1962.

OLIVEIRA, T. K.; LUZ, S. A.; SANTOS, F. C. B.; OLIVEIRA, T. C.; LESSA, L. S. **Crescimento de espécies arbóreas nativas em sistema silvipastoril no Acre**. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, v.4, n.8, p.9-32, jan/jun. 2009.

REDMOND, J.; GALLAGHER, G.; MAC SIÚRTÁIN, M. **Systematic Spacing Trials for Plantation Research and Demonstration**. Dublin: Coford, 2005. 6 p.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; JACON, A. D. **Crown area and trunk diameter relationship for tree species at a mixed-araucaria natural forest in the mid-southern Parana State, Brazil**. *Floresta*, Curitiba, v. 41, n. 1, p. 63-72, 2011.

SILVA, L. T. M. Morfometria, **qualidade do tronco e da copa de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. Em povoamento experimental no estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado): Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2007. 76p.

SPIECKER, H. **Análise do crescimento florestal: a concorrência e sua importância no desbaste**. Curitiba: FUPEF, 1981. 62 p. (Série Técnica FUPEF, n.8).

CAPÍTULO 3: SISTEMA SILVIPASTORIL COM CANAFÍSTULA (*Peltophorum dubium* (Spreng) Taubet): INTERAÇÕES COM O MICROCLIMA, A PRODUÇÃO E O VALOR NUTRITIVO DA FORRAGEM.

3.1 RESUMO

A escolha de arranjos florestais para associação com pastagens requer conhecimento sobre as características das espécies utilizadas, de forma a viabilizar essa associação. Neste estudo, o objetivo foi avaliar a influência da densidade de árvores de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) sobre o microclima, a produção e o valor nutritivo da forragem. Implantou-se em dezembro de 2009, uma roda de Nelder com 24 raios e 22 anéis, tendo como componente arbóreo a canafístula. Após 15 meses, em março de 2011, semeou-se o capim-piatã (*Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. D. Webster cv. BRS Piatã) e amostras de forragem foram coletadas nas águas (janeiro de 2012 e 2013) e na seca (julho de 2012 e 2013), nas densidades de 1324, 1046, 827, 653, 516, 408, 322, 255, 201 e 179 árvores ha⁻¹. Avaliaram-se as variáveis microclimáticas através da radiação fotossinteticamente ativa, temperatura e umidade relativa do ar; o acúmulo de biomassa seca e o valor nutricional da forragem através da massa seca total, massa seca do colmo, massa seca da lâmina foliar, percentual de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, da porção das folhas do capim. Em relação ao microclima, não houve grandes variações entre as densidades, o que pode ter sido favorável ao crescimento do capim-piatã. O acúmulo de biomassa em geral, não foi comprometido pelo aumento da densidade arbórea, em nenhum dos dois períodos avaliados, águas e seca. O valor nutricional do capim-piatã foi influenciado positivamente pela maior densidade arbórea. Durante a fase inicial de crescimento da canafístula, compreendido até a idade de 37 meses, a densidade de 1000 árvores ha⁻¹ foi considerada ideal para o crescimento e valor nutritivo do capim-piatã.

Palavras-chave: densidade, crescimento e integração.

SILVIPASTURAL SYSTEM WITH CANAFISTULA (*Peltophorum dubium* (Spreng) Taubet): INTERACTIONS OF THE TUNNEL, THE PRODUCTION AND NUTRITIONAL VALUE OF FORAGE.

3.2 ABSTRACT

The choice of forest arrangements for association with pastures requires knowledge about the characteristics of the species used, in order to facilitate this association. In this study, we evaluated the influence of the density of trees canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) on microclimate, production and nutritive value of the forage. Was implemented in december 2009, a Nelder wheel with 24 spokes and 22 rings, with the tree component to canafistula. After 15 months in march 2011, the seeded grass (*Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. D. Webster cv. BRS Piatã) and forage samples were collected in waters (january 2012 and 2013) and dry (july 2012 and 2013) at densities of 1324, 1046, 827 , 653, 516, 408, 322, 255, 201 and 179 trees per hectare. We evaluated the microclimatic variables through the photosynthetic active radiation, temperature and relative humidity; the dry biomass and nutritional value of the forage by total dry mass, dry mass of stem, leaf blade dry mass, percentage of crude protein and in vitro digestibility of organic matter, the portion of the leaves of grass. In relation to microclimate, there were no major variations between the densities, which may have been favorable to the growth of grass. The accumulation of biomass in general, was not compromised by increases in tree density in any of the two periods, water and dried. The nutritional value of grass was positively influenced by higher tree density. During the initial growth phase of canafistula, understood until the age of 37 months, the density of 1.000 trees per hectare was considered ideal for the growth and nutritive value of grass.

Keywords: density, growth and integration.

3.3 INTRODUÇÃO

Em Sistemas silvipastoris (SSP), cujos arranjos espaciais envolvem a disposição das árvores em linhas ou em renques com mais de uma linha, é possível supor que haja influência das árvores sobre o pasto. O conhecimento desse efeito é importante no planejamento da atividade, no que se refere aos espaçamentos entre faixas de árvores, a fim de se obter o máximo benefício da inclusão de espécies arbóreas em pastagens de gramíneas (DIAS et al., 2007; PACIULLO et al., 2011).

Com o crescimento das árvores em SSP, há uma diminuição progressiva da luminosidade disponível no sub-bosque que pode influenciar e comprometer o acúmulo de forragem (CASTRO et al., 1999; GUENNI et al., 2008; PACIULLO et al., 2011). Sob sombreamento moderado, algumas gramíneas podem manter sua produção de modo semelhante à do cultivo a sol pleno, ou aumentá-la, ou reduzi-la pouco (PACIULLO et al., 2008; SOUSA et al., 2010). Esse comportamento caracteriza a tolerância ao sombreamento (KIRCHNER et al., 2010).

O valor nutritivo do pasto também é influenciado pela presença de árvores em SSP, principalmente, em razão de adaptações morfofisiológicas. Sob sombreamento moderado, aumentos no teor de nitrogênio na folha podem resultar em melhorias do teor proteico da forragem (PACIULLO et al., 2007).

Castro et al. (1999) citam a necessidade de maiores informações sobre o comportamento das principais forrageiras tropicais como as do gênero *Urochloa* que, sob luminosidade reduzida, têm sua composição química e digestibilidade afetadas.

O capim-piatã (*Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. D. Webster cv. BRS Piatã) é uma nova cultivar de braquiária, lançada pela Embrapa em 2007, como mais uma alternativa para a diversificação das pastagens no Brasil. Trata-se de uma cultivar lançada após 16 anos de avaliações pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e parceiros, em estudos realizados em diversas regiões do País (VALLE et al., 2007). Isso demanda maior geração de informações de pesquisas sobre produção, manejo e qualidade (LUPATINI, 2010).

Esta cultivar (Syn. *Brachiaria brizantha*) apresenta boa adaptação aos solos do Cerrado de média fertilidade, boa resposta à adubação, tolerância a fungos foliares e de raízes, florescimento precoce e, nos meses de janeiro e fevereiro, produz de 150 a 450

kg ha⁻¹ de sementes puras. Os ganhos de peso por animal e por área são maiores do que aqueles obtidos em pasto de *U. brizantha* cv Marandu, tendo-se observado, em média, 610 e 560 g por dia e 705 e 660 kg ha⁻¹ de peso corporal (PC) por ano, para os capins piatã e marandu, respectivamente (EUCLIDES et al., 2008).

A cultivar BRS Piatã é uma excelente alternativa para consórcio com árvores, tornando essenciais trabalhos que avaliem seu comportamento em sistemas silvipastoris no Centro Oeste Brasileiro. Essa cultivar é de fácil estabelecimento, alta produtividade, principalmente de folhas no período seco do ano, alta taxa de acúmulo e crescimento de forragem sob pastejo e boa qualidade forrageira (VALLE et al., 2011).

A escolha de arranjos florestais para associação com forrageiras requer conhecimentos sobre as características das espécies utilizadas, de forma a viabilizar essa associação. Neste estudo, o objetivo foi avaliar a influência da densidade de árvores de canafístula sobre o microclima, a biomassa e o valor nutritivo do pasto de braquiária.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, com coordenadas geográficas 22° 13' 18.54"S, longitude 54° 48' 23.09"O e altitude média de 412 m, no município de Dourados-MS. O clima foi classificado como Cwa, mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos, segundo Koppen (FIETZ, 2008).

A topografia do local é plana e o solo foi caracterizado como Latossolo Vermelho distroférico, com teores de argila, silte e areia de 76, 2 %, 4,5 % e 19,3 %, respectivamente. Os valores para a caracterização inicial da fertilidade do solo na profundidade de 0-20 cm foram: MO (3,2 %), pH CaCl₂ (5,7), P (8 mg dm⁻³); K⁺(0,44 cmol_c dm⁻³); Ca²⁺(6,1 cmol_c dm⁻³), Mg²⁺(2,6 cmol_c dm⁻³), H⁺ + Al³⁺(2,3 cmol_c dm⁻³), SB (9,1 cmol_c dm⁻³), CTC (11,39 cmol_c dm⁻³), V% (79,2 %), conforme análise química realizada no Laboratório de Fertilidade dos Solos da UFGD.

O preparo da área (1,33 ha) constituiu-se de gradagem profunda e nivelamento, seguido do plantio de 528 mudas de canafístula (*P.dubium*), em dezembro de 2009. Cada muda recebeu 150 g do adubo 6-30-6 NPK + 1% de B + 0,5% Zn + 0,5% Cu, divididas em duas covetas com 75 g cada, a 15 cm do caule. A adubação de cobertura foi de 120 g do adubo 20-00-20 NPK, na projeção da copa, 30 dias após a semeadura.

O pasto de *U. brizantha* cv. BRS Piatã foi estabelecido no segundo ano após o plantio das árvores (2011), com semeadura a lanço e 10 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis. A adubação na semeadura foi de 300 kg ha⁻¹ de 8-20-20 NPK + Zn.

A disposição das árvores obedeceu ao desenho proposto por Nelder (1962) (Figura 1), sendo as distâncias e ângulos determinados conforme as fórmulas 1, 2 e 3 abaixo (NAMKOONG, 1965):

$$r_n = r_0 \cdot \alpha^n \quad (1)$$

$$A_n = \tan(\theta/2) \cdot [(r_n^2/4) \cdot f(\alpha)] \quad (2)$$

$$f(\alpha) = (1+\alpha)^2 - (1+\alpha^{-1})^2 \quad (3)$$

onde:

A_n é a área da planta n em cada raio,

α , constante que determina a razão de mudança no crescimento do espaçamento,

r_n , distância radial para a n ésima planta e r_0 para a primeira planta em cada raio

θ , ângulo entre raios adjacentes.

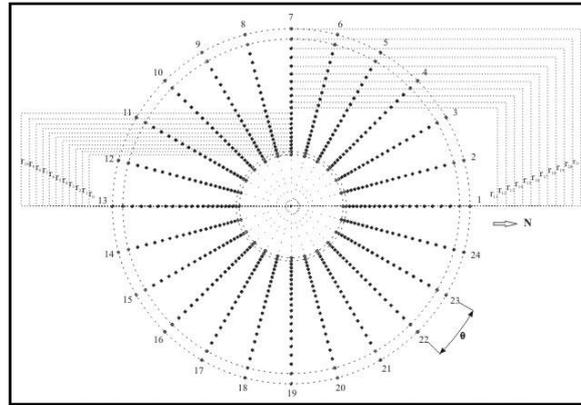


Figura 1 – Esquema de Nelder para a definição de densidades de árvores de *Peltophorum dubium* em consórcio com *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã.

A roda foi constituída por 22 círculos concêntricos, com distâncias a partir do centro variando entre 19,60 m e 67,51 m e identificados de r_0 a r_{21} , observando-se uma taxa de redução de 12,5 % na densidade das árvores. Isso resultou em acréscimo de 6,066% na distância para cada novo círculo, representando α de 1,06066. Os dois círculos internos e externos foram considerados como bordaduras.

O ângulo θ entre os raios da roda foi de 15° , resultando em 24 raios e, conseqüentemente 24 mudas foram plantadas em cada um dos círculos. O raio nº 1 foi locado na direção Norte. Este arranjo permitiu a avaliação nos arcos experimentais, de r_2 a r_{19} das densidades de árvores constantes no Quadro 1.

Quadro 1 – Densidade equivalente de árvores a cada círculo.

Série	Círculo	Distância radial (m)	Área por árvore (m ²)	Densidade populacional (árvores ha ⁻¹)
		r_n		
1	0	19,60	-	-
2	1	20,79	-	-
3	2	22,05	7,55	1324
4	3	23,39	8,50	1177
5	4	24,81	9,56	1046
6	5	26,31	10,75	930
7	6	27,91	12,10	827
8	7	29,60	13,61	735
9	8	31,40	15,31	653
10	9	33,30	17,22	581
11	10	35,32	19,37	516
12	11	37,46	21,79	459
13	12	39,73	24,51	408
14	13	42,15	27,59	362
15	14	44,70	31,03	322
16	15	47,41	34,90	286
17	16	50,29	39,27	255
18	17	53,34	44,18	226
19	18	56,58	49,71	201
20	19	60,01	55,92	179
21	20	63,65	-	-
22	21	67,51	-	-

Foram contemplados seis raios em cada quadrante, raios 1, 3, 11, 13, 15 e 23 no sentido N-S (norte-sul) e raios 5, 7, 9, 17, 19 e 21 no sentido L-O (leste-oeste). Dentro de cada raio o ponto inicial foi locado a 22,05 m do centro, tendo sido os outros distribuídos a 24,81; 27,91; 31,40; 35,32; 39,73; 44,70; 50,29; 56,58 e 60,01m.

As amostragens de forragem foram realizadas em 10 pontos alinhados do centro da roda ao ponto mediano do arco externo, repetidos alternadamente 12 vezes, totalizando 120 amostras. As coletas das amostras de forragem foram realizadas nos

períodos de seca (julho) e nas águas (janeiro) de 2012 e 2013, com auxílio de um quadro delimitador de 0,25 m², onde foi medida a altura (ALT) do dossel e em seguida foi efetuado o corte a 5 cm do solo. Após cada coleta a área era roçada mecanicamente a 5 cm de altura, visando a homogeneização da área

As amostras foram separadas em lâmina foliar, colmo com a bainha foliar e material senescente que, por sua vez, foram embalados em sacos de papel abertos e levados à secagem em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 55 °C por 48h. Em seguida tomou-se o peso da massa seca dos componentes, que somadas resultaram na massa seca total da planta.

Para avaliar o acúmulo de biomassa considerou-se a produção (kg ha⁻¹) de massa seca total (MST), de colmos (MSC) e de folhas (MSLF). Depois de secas e pesadas, as lâminas foliares foram processadas em moinho tipo “Willey“ com peneira de 1 mm e levadas ao Laboratório de Bromatologia da Embrapa Gado de Corte (Campo Grande, MS), onde foram analisadas por espectroscopia de reflectância do infravermelho proximal (NIRS), de acordo com os procedimentos de Marten et al. (1985). Foram obtidos os teores de proteína bruta (PB), e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) da porção das folhas do capim.

As variáveis microclimáticas também foram tomadas nas épocas de águas e seca, em alinhamento central entre os dois raios formadores do arco mediano de cada quadrante. Os pontos amostrais foram locados em cinco densidades de árvores, tendo a sido a primeira 22,05m a partir do centro da roda e as outras a 27,91; 35,32; 44,70 e 56,58m. As medidas foram tomadas de uma hora antes do meio-dia solar verdadeiro até uma hora depois, em dias com poucas nuvens, nos mesmos locais de coleta do componente forrageiro.

Para a estimativa das variáveis microclimáticas a medição da Radiação Fotossinteticamente Ativa - RFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), da umidade relativa - UR (%) e temperatura ambiente - T (°C) foram medidas utilizando-se um data logger LI 1400. O aparelho foi posicionado à altura de 1,3 m e, após calibrado e estabilizado, as medições foram tomadas durante 60 segundos em cada ponto de amostragem.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e análise de regressão, a 5 % de probabilidade por meio de rotinas computacionais nos programas Sisvar, SigmaPlot 12.0 e Statistica.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

a) Orientação de plantio

Processados os dados das variáveis microclimáticas e da forragem, não foi detectada diferença significativa entre os quadrantes nos sentidos Leste-Oeste (L-O) e Norte-Sul (N-S), para RFA, T, UR, ALT, MSC, MSLF, MST, PB e DIVMO do capim-piatã, indicando que a orientação solar não influenciou nos resultados dessas variáveis. Para a análise estatística desses dados, foi utilizada a média dos pontos dos raios 5, 7, 9, 17, 19 e 21 no sentido L-O e dos raios 1, 3, 11, 13, 15 e 23 no sentido N-S.

A energia radiante depende da posição do sol e a radiação solar controla muitos processos do desenvolvimento vegetal, agindo como um sinal para a germinação, o crescimento direcionado e a forma externa da planta (LARCHER, 2000). Na literatura referente aos SSP encontram-se descrições de amostragens do acúmulo de forrageiras em sistemas já implantados na orientação L-O, porém, poucos são os trabalhos comparando os dois sentidos de orientação solar (CARVALHO et al., 2002; VENTURIN et al., 2010).

Embora para outra cultivar de capim, resultados semelhantes foram obtidos por Rakocevic e Ribaski (2003), onde os autores não encontraram diferença no acúmulo de massa seca produzida por *U. brizantha* cv. Marandu arborizada com eucalipto, na posição entre renques orientados nos sentidos L-O e N-S.

b) Efeito das estações de coleta de dados

Para as variáveis microclimáticas, acúmulo de biomassa e valores nutritivos da forragem, não houve diferença significativa entre as duas estações, chuvas (2012 e 2013) e seca (2012 e 2013), que correspondem a 11, 17, 23 e 29 meses após a semeadura do capim-piatã. Todavia entre as estações, chuvas/seca, houve diferença significativa, desta forma, optou-se por trabalhar com as médias. As diferenças entre as estações das chuvas e seca estão representadas graficamente, nas interações com as densidades de árvores ha⁻¹, para todas as variáveis microclimáticas e da forragem.

c) Variáveis microclimáticas

A RFA foi pouco influenciada pelas densidades de árvores e pelas estações climáticas, com valores médios de 962, 964, 992, 1012 e 1025 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ nas chuvas e de 931, 935, 945, 956 e 968 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ na seca, para as respectivas densidades de 1046, 653, 408, 255 e 179 árvores ha^{-1} (Figura 2). Os menores valores de RFA, observados nas maiores densidades, indicam uma situação bem conhecida em pastagens arborizadas, onde a entrada de luz no dossel é reduzida devido à presença de árvores. Entretanto, a diferença entre os valores foi considerada pequena, entre as densidades nas estações das chuvas e seca, sendo 5,5 e 4 % respectivamente, e 4,5 % entre as estações.

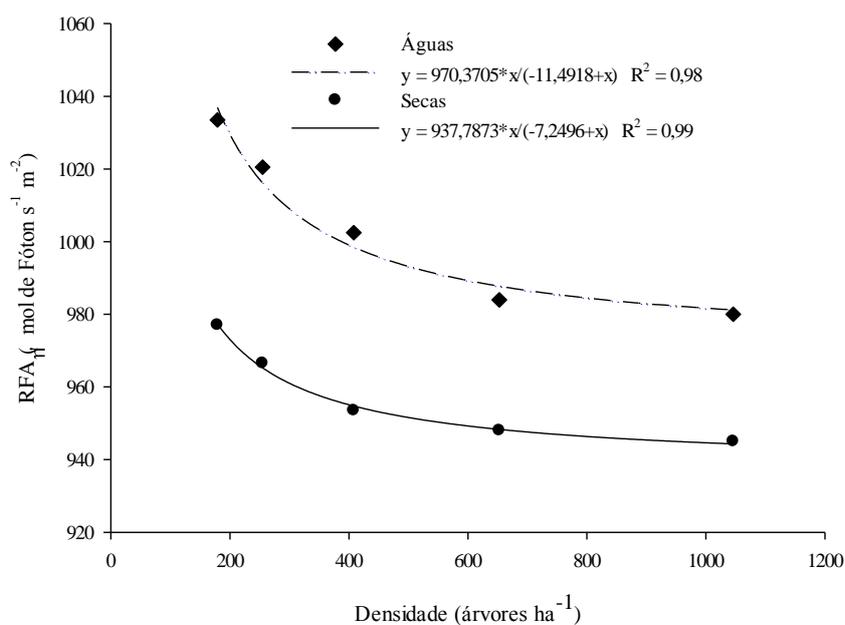


Figura 2- Índices de Radiação Fossinteticamente Ativa (RFA) conforme as densidades de árvores de canafístula na época das águas e seca, em Dourados, MS.

A RFA influencia na taxa de crescimento vegetal, taxa fossintética e condutância estomatal por ser a radiação que excita as moléculas de clorofila das plantas, iniciando o fluxo de energia durante o processo de fossintese. Considera-se que, em plantas sadias adequadamente supridas de água e nutrientes, a fossintese líquida e a produção de fitomassa sejam proporcionais à quantidade de RFA absorvida pelo dossel (MONTEITH, 1977).

A maioria dos processos biológicos das plantas que são influenciados pela luz, ocorre na faixa de 400 a 700 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$, portanto, a principal fonte de energia para a fotossíntese é encontrada neste intervalo. Limitações na interceptação da RFA causadas pela maior densidade arbórea podem influenciar o desenvolvimento das plantas (LARCHER, 2000). No entanto, tratando-se de SSP o componente a ser mais afetado pela limitação de RFA é a forrageira, e a baixa radiação poderia prejudicar seu crescimento, refletindo em alterações morfofisiológicas para adaptação a condição de falta de luminosidade.

As médias de RFA encontradas em todas as densidades, nas duas épocas, ficaram acima do mínimo aceitável para as gramíneas tropicais da espécie *U. brizantha* cv. BRS Piatã, indicando que aos 37 meses de idade da canafístula e época da última coleta de forragem, as densidades populacionais das árvores não influenciaram na qualidade da luz que chegou ao sub-bosque

A determinação da RFA no sub-bosque de um SSP é de grande importância, por ser este um fator determinante no potencial de produção das forrageiras que crescem nessas condições. Silva Júnior et al. (2010), avaliando a influência da RFA no crescimento e desenvolvimento de seis forrageiras, dentre elas a *U. brizantha*, concluíram que existe uma relação direta entre a RFA e o acúmulo das forragens estudadas. Em um SSP com *U. brizantha* e *Grevillea robusta* A. Cunn., o maior acúmulo de massa seca da gramínea foi sob a copa das árvores, onde a RFA foi menor (SILVA et al., 1999).

Entretanto, Silva et al. (1998), estudando o efeito de duas densidades arbóreas de eucalipto (1.666 e 833 árvores ha^{-1}) em um SSP, verificaram que nas maiores densidades houve queda acentuada da transmissão de luz ao sub-bosque aos 10 meses de idade da floresta, diminuindo o crescimento das forrageiras.

A curva de regressão indica que, nas áreas a partir 800 árvores ha^{-1} , não houve efeito decrescente sobre a temperatura do ar, com estabilização dos valores em torno de 26 °C no período das águas e 15,7 °C na seca. A variação de 10 %, entre as densidades estudadas, não foi suficiente para influenciar na produção de forragem, para ambos os períodos. Levando-se em consideração a redução de extremos microclimáticos, na implantação de um SSP com canafístula pode-se optar por esta densidade ou acima dela, onde ocorreu a estabilização da temperatura do ar (Figura 3).

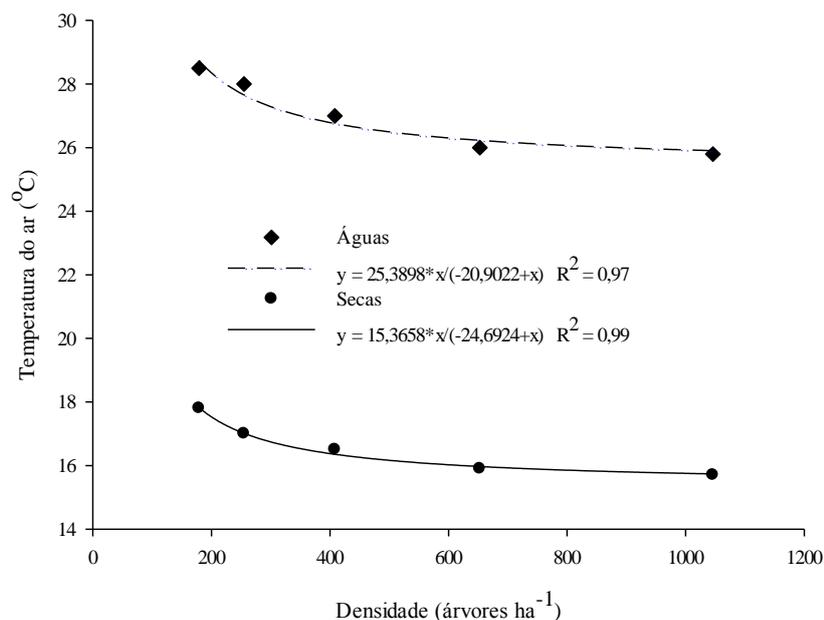


Figura 3- Temperatura do ar conforme as densidades de árvores de canafístula na época das águas e seca, em Dourados, MS.

As oscilações da temperatura ambiental afetam a taxa de fotossíntese líquida, a taxa de aparecimento de lâminas foliares e a produção de matéria seca dos pastos (PORFÍRIO da SILVA, 1998). Pedro Jr. et al. (1990), avaliando 32 forrageiras tropicais (C₄), dentre elas *U. brizantha*, concluíram que para temperatura do ar de 10°C o acúmulo de massa seca das espécies estudadas foi quase nula.

As forrageiras de clima tropical e subtropical distinguem-se das forrageiras temperadas por apresentarem ponto de saturação de luz mais alto, ponto de compensação de CO₂ mais baixo, ausência de fotorrespiração aparente e fotossíntese máxima a temperaturas entre 30-35 °C e mínima à temperatura de 15 °C (GOMIDE, 1994).

Segundo Silva (2009), em relação ao efeito sobre as gramíneas de clima tropical, sob condição de temperatura média anual de verão superior a 24 °C e na seca acima de 15 °C, características das regiões tropicais e subtropicais, o fator temperatura deixa de ser um limitante. Neste trabalho, em todas as densidades de árvores de canafístula e nas duas estações climáticas (águas e seca) do ano, os valores ficaram compreendidos entre o mínimo e o máximo aceitável para o pleno desenvolvimento da gramínea, indicando uma contribuição positiva das árvores na manutenção do microclima local.

Nas áreas mais adensadas, foram observados os maiores valores de UR, com uma pequena variação de 2 %, em comparação com as áreas menos adensadas (Figura 4). Umidades relativas mais altas proporcionam menor perda de água para o ambiente em dias com temperaturas elevadas.

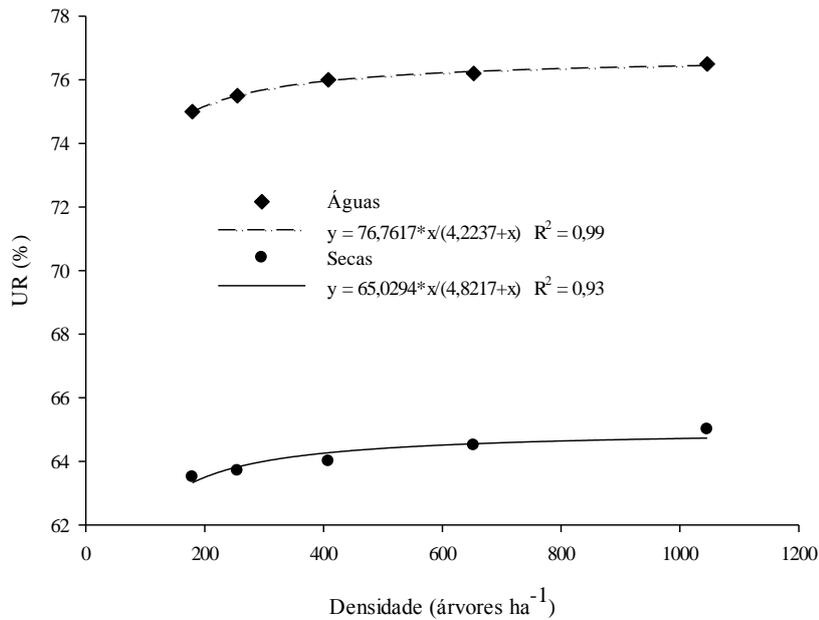


Figura 4- Umidade relativa do ar (UR) conforme as densidades de árvores de canafístula na época das águas e seca, em Dourados, MS.

O aumento na UR pode ocasionar menor taxa de transpiração por unidade de carbono assimilado pela planta. O ar nos espaços intercelulares dos tecidos das lâminas foliares, estão sempre próximos da saturação, mesmo em plantas com estresse hídrico. Portanto a direção da força para a transpiração depende predominantemente da temperatura e da umidade do ar externo à folha (GREGORY, 1995). Maiores populações de árvores resultaram em maior umidade para as áreas sob influência desse componente, em comparação com as áreas mais abertas. De acordo com Brenner (1996) um leve aumento na umidade do ar pode provocar incrementos na condutância estomatal e, portanto, na taxa de transpiração da planta.

**d) Atributos quantitativos da forrageira: Altura, Matéria Seca Total (MST),
Matéria Seca do Colmo (MSC), Matéria Seca da Lâmina Foliar (MSLF).**

d.1) Altura

No período experimental ocorreram boas condições de temperatura e luminosidade, favorecendo o desenvolvimento da forrageira, por meio da aceleração do processo fisiológico de crescimento, com destacada diferença entre as épocas (águas e seca) e as densidades populacionais (Figura 5).

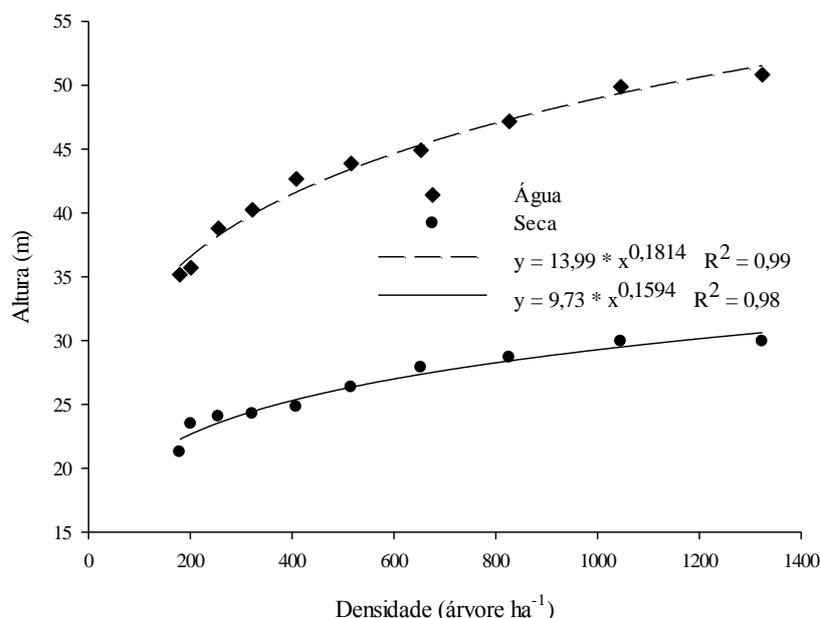


Figura 5 – Altura do dossel do capim-piatã em função das densidades populacionais de canafístula na época das águas e seca, em Dourados, MS.

Houve um incremento na altura da forrageira, de 30 % nas águas e de 50 % na seca, até a densidade aproximada de 1000 árvores ha⁻¹. A partir dessa densidade, pode-se observar no gráfico, que os valores estabilizaram aos 29 meses de idade, época da última coleta de dados.

O estiolamento de plantas submetidas ao sombreamento é um mecanismo pelo qual a planta cresce em direção a luz pela elevação de suas folhas no dossel. Em gramíneas, este comportamento permite melhor distribuição da radiação ao longo do

perfil do dossel por meio do alongamento de colmos, sob boas condições nutricionais (MELLO e PEDREIRA, 2004; GOMIDE et al., 2007).

Segundo Parmejiani (2012), quando submetidas à sombra moderada, o desenvolvimento de gramíneas tolerantes pode ser maior do que a pleno sol, graças à radiação difusa, que tem sua eficiência de uso maior do que a de radiação direta.

d.2) Massa seca total (MST)

O acúmulo de MST do capim-piatã apresentou resposta quadrática em função da densidade de árvores de canafístula (Figura 6). O efeito da menor luminosidade, menor temperatura e maior umidade relativa, nas áreas mais adensadas, pode ter atenuado a evapotranspiração, o que justifica o acúmulo de biomassa seca nesses locais. Entretanto, nota-se clara estabilização da produção de MST, aproximadamente acima de 1000 árvores ha⁻¹.

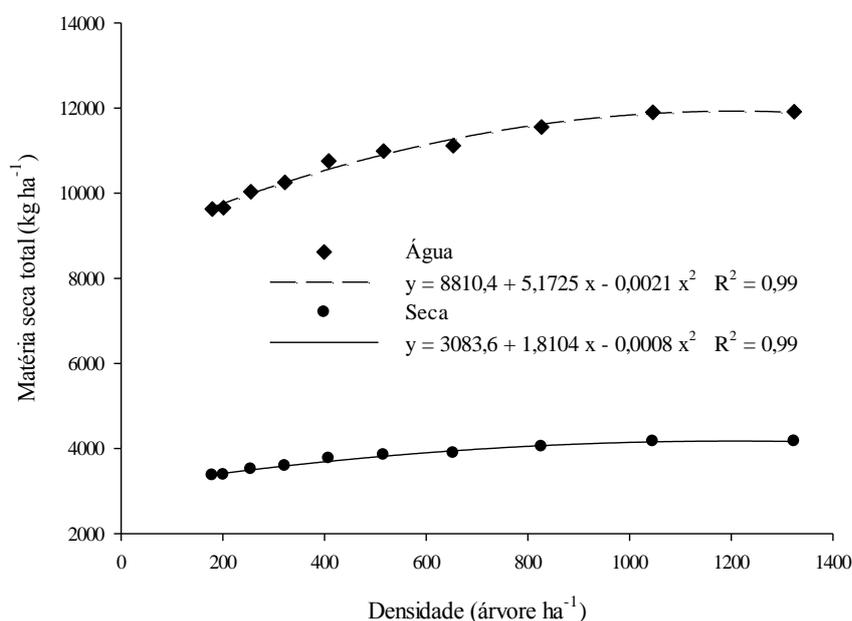


Figura 6 – Acúmulo de massa seca total do capim-piatã em função das densidades populacionais de canafístula na época das águas e seca, em Dourados, MS.

Nessa condição a produção de MST foi de 11.900 e 4.100 kg ha⁻¹, para as épocas das águas e seca, respectivamente. A contribuição das maiores densidades populacionais das árvores para o SSP foi positiva, pois houve um incremento de

aproximadamente 20 % nas águas e 7 % na seca, quando comparado a menor densidade estudada, considerando a idade de 37 meses do sistema.

O menor acúmulo de biomassa na época seca deveu-se principalmente, aos baixos índices pluviométricos no período de coleta, que foi final do mês de julho e início de agosto (Figura 7).

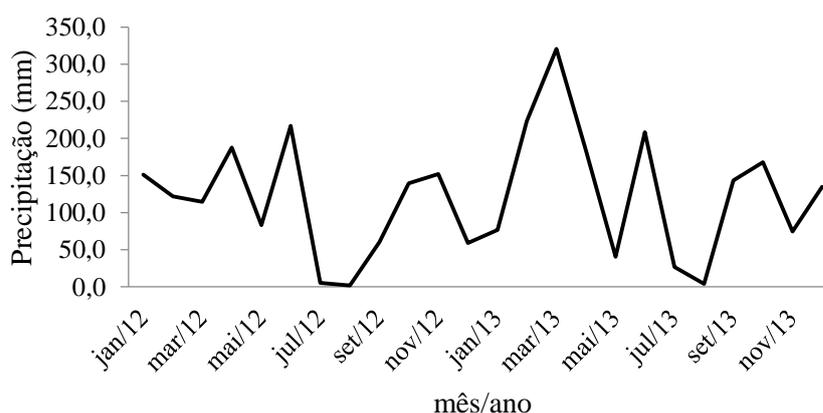


Figura 7 – Médias acumuladas de precipitação pluvial no Município de Dourados-MS, de janeiro de 2012 a dezembro de 2013.

O maior acúmulo de MST durante a época das águas já era esperada, Euclides et al. (2008) encontraram maiores acúmulos de biomassa seca da forragem do capim-piatã nessa estação. Segundo estes autores, as gramíneas do gênero *Urochloa* chegam a acumular de 77 a 90% da produção total de matéria seca nas águas em relação a época seca.

Coelho (2011) e Behling Neto (2012), avaliando o capim-piatã em sistema silvipastoril com 224 e 357 árvores de eucalipto por hectare, no Mato Grosso do Sul, concluíram que apenas a maior densidade foi responsável pela redução no acúmulo de biomassa deste capim, tanto na época das águas quanto na seca, em condição de pastejo contínuo.

Em SSP implantado com a gramínea *Urochloa decumbens* cv. Basilisk e com as leguminosas arbóreas *Acacia mangium*, *A. angustissima* e *Mimosa artemisiana*, e a arbustiva *Leucaena leucocephala* L. *diversifolia*, além do *Eucalyptus grandis*, Paciullo et al. (2007) verificaram que a densidade de 330 árvores ha⁻¹ (65% de sombra) reduziu os valores de massa de forragem, densidade de perfilhos e índice de área foliar da forrageira. Por outro lado, 110 árvores ha⁻¹ (35% de sombra) não foram suficientes para modificar essas variáveis, em relação ao cultivo a sol pleno. Ainda segundo esses

autores, a maior densidade de árvores possibilitou o aumento dos teores de proteína bruta (PB) e a redução dos teores de FDN, bem como o incremento da digestibilidade *in vitro* da matéria seca de *U. decumbens* cultivada no sub-bosque.

d.3) Massa seca de colmo (MSC)

A MSC foi influenciada pelas densidades populacionais, tendo havido maior produção na época das águas. Por outro lado, na época seca esse aumento não foi tão acentuado (Figura 8).

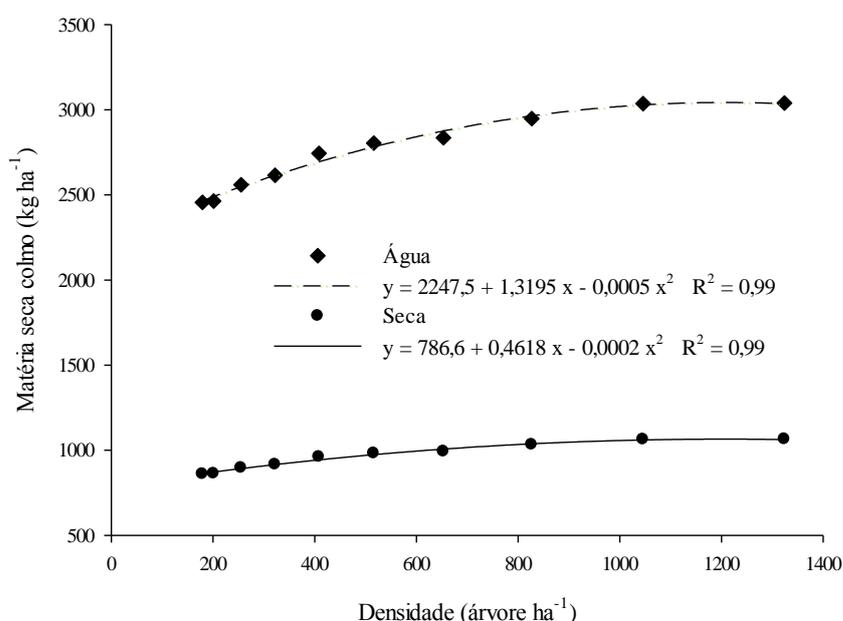


Figura 8 – Matéria seca do colmo do capim-piatã em função das densidades populacionais de canafístula na época das águas e seca, em Dourados, MS.

O estiolamento de plantas submetidas ao sombreamento é um mecanismo pelo qual a planta cresce em direção à luz, pela elevação de suas folhas no dossel. Em gramíneas, este comportamento permite melhor distribuição da radiação ao longo do perfil do dossel por meio do alongamento e aumento da quantidade de colmos, sob boas condições nutricionais (MELLO e PEDREIRA, 2004; GOMIDE et al., 2007).

Variações na taxa de acúmulo de colmos no gênero *Urochloa* também foram relatadas por Fagundes et al. (2005), em estudo sobre o efeito do nitrogênio,

registraram menores valores no período da seca, atribuindo tal redução à baixa disponibilidade de fatores de crescimento e desenvolvimento, como água e luz.

Portanto, esta pode ser a explicação para a menor produção de colmos no período seco, onde de maneira geral para a região onde foi desenvolvido esse trabalho, há menor disponibilidade de água e luz. Os maiores valores nas águas podem ser explicados pela época de florescimento da cultivar piatã, que é precoce e ocorre em dias longos de verão (janeiro e fevereiro). Em gramíneas forrageiras, o alongamento do colmo ocorre, em geral, neste período, quando há decréscimo na relação folha:colmo, provocada pelo maior crescimento do colmo e o cessamento do aparecimento de folhas, a partir do início do florescimento (EUCLIDES et al., 2008).

d.4) Massa seca da lâmina foliar (MSLF)

Wilson e t'Mannetje (1978) afirmaram que os segmentos mais verdes da planta, são os mais nutritivos da dieta e consumidos pelos animais de forma preferencial. O acúmulo MSLF teve resposta quadrática para as densidades populacionais de canafístula, com maiores valores nas áreas mais adensadas (Figura 9).

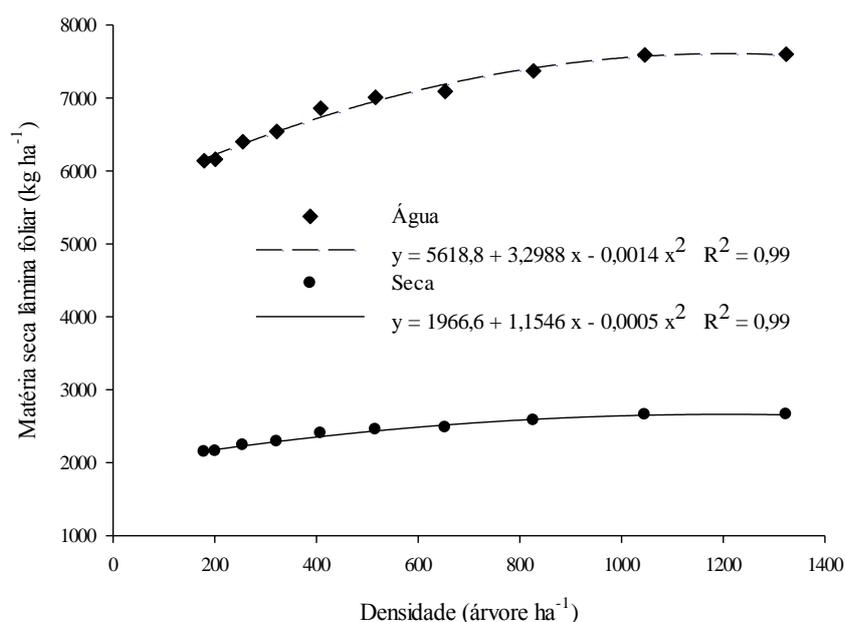


Figura 9 – Matéria seca da lâmina foliar de capim-piatã em função das densidades populacionais de canafístula na época das águas e seca, em Dourados, MS.

A partir de 1178 árvores ha⁻¹ nas águas e 1155 na seca, não houve mais incremento no acúmulo de MSLF, tais dados indicam uma estabilização e até redução nos valores. Para futuros plantios essas informações permitem uma tomada de decisão mais segura, podendo-se optar por densidades iguais ou menores que 1100 árvores ha⁻¹.

Em geral, nas áreas com maior densidade arbórea ocorre a redução da radiação incidente no sub-bosque, causando mudanças significativas na morfologia de muitas forrageiras (LIN et al., 1999). A principal adaptação é o aumento da área ou do número de folhas, otimizando a captura da luz disponível (TAIZ e ZEIGER, 2004).

De acordo com Castro e Garcia (1996), plantas C₄, como é o caso das braquiárias, adaptam-se ao sombreamento, respirando lentamente ao mesmo tempo em que diminuem seu ponto de compensação luminosa. Conseqüentemente, fotossintetizam vagarosamente, saturando-se sob baixos níveis de radiação, o que as torna capazes de desenvolver gradativamente a habilidade de crescer à sombra, embora nessas condições apresentem crescimento lento.

Cremon (2013), em ensaio com *U. brizantha* cv. Xaraés cultivadas em três diferentes espaçamentos entre aléias de *E. urophylla*, observou que a proporção de folhas, em duas coletas no período das águas, foi de 63, 64 e 65 % nos espaçamentos de 15, 21 e 27 m entre aléias, estando entre os valores esperados, especialmente por que a área frequentemente pastejada, provocando a renovação da pastagem.

Assim, o SSP é importante, pois, além de melhorar o conforto animal, na densidade adequada de árvores, pode reduzir a temperatura estressante para a forrageira, fazendo com que esta continue produzindo com níveis de radiação mais baixos.

Aos 37 meses de idade da canafístula e 29 meses do capim-piatã, a partir da densidade de 1000 árvores ha⁻¹, o maior valor observado para todos os acúmulos de massa seca avaliados tornou-se constante, indicando uma estabilização dos efeitos.

Considerando o desenvolvimento das árvores de canafístula e a sua influência no crescimento do capim-piatã, foram calculadas as médias da área de influência da copa para as mesmas densidades onde foram coletados os dados de forragem (Figura 10).

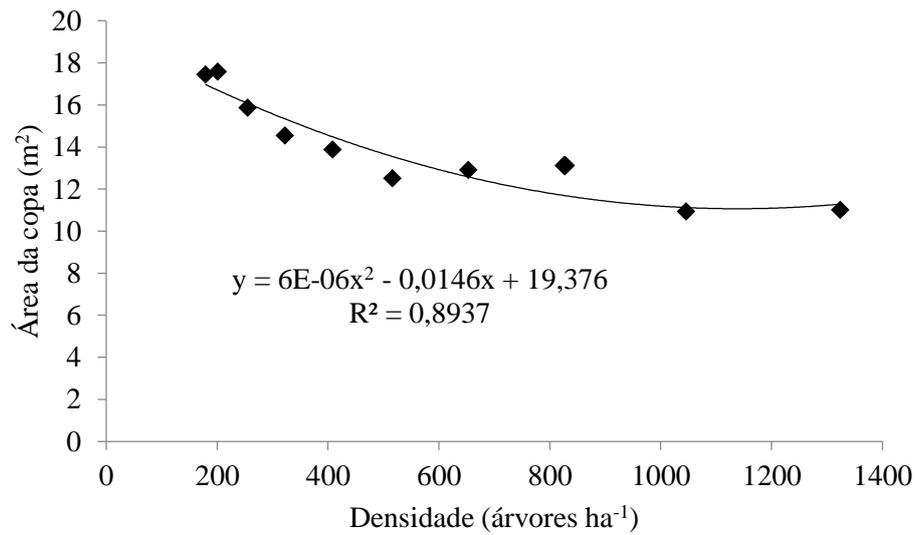


Figura 10 – Área da copa das árvores de canafístula, conforme as densidades de árvores ha⁻¹, em sistema silvipastoril.

Nas maiores densidades de árvores, a área das copas da canafístula ficou reduzida, em comparação com as menores densidades, tal fato possibilitou uma boa incidência da RFA, resultando em bons índices de acúmulo de biomassa seca.

e) **Atributos qualitativos da forragem: Proteína Bruta (PB), Digestibilidade *in vitro* da Matéria Orgânica (DIVMO)**

e.1) **Proteína bruta (PB)**

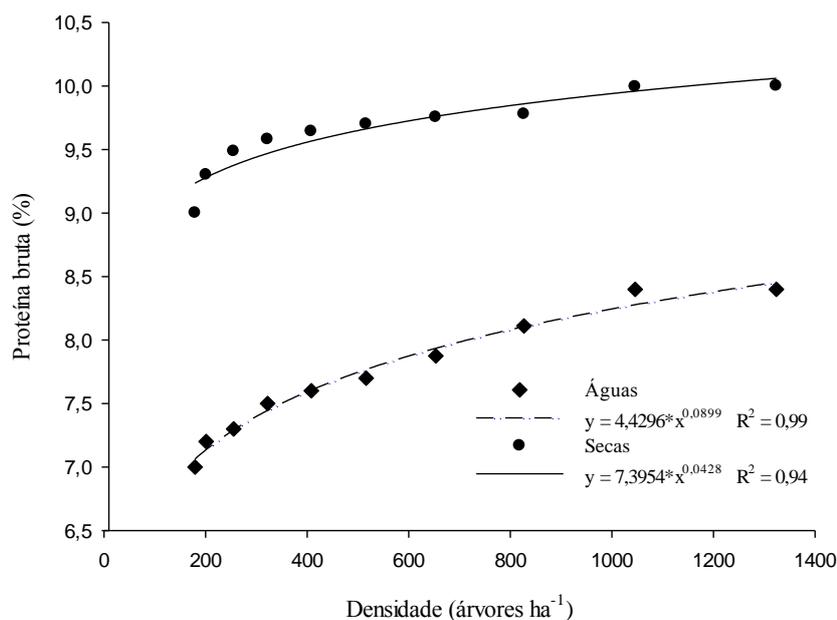


Figura 11 – Teores de proteína bruta (% MS) conforme as densidades de árvores na época das águas e seca, em Dourados, MS.

O teor médio de PB observado para lâmina foliar do capim-piatã, foi 20 % superior na estação seca, em comparação com as águas (Figura 11). Almeida et al. (2007), trabalhando com capim-marandu encontraram dados indicativos de que foi na estação seca a maior contribuição das árvores para a qualidade do capim, semelhante ao observado neste trabalho com a cultivar piatã.

Ao longo do experimento, a PB manteve-se em torno de 9,5 % na seca e 7,5 % nas águas, reforçando a hipótese de que houve adaptação do capim à condição de maior densidade de árvores. Os valores acima estão superiores aos encontrados por outros autores, em trabalhos com *U. brizantha*, como Euclides e Medeiros (2003), Santos et al. (2004), Souza et al. (2007) e Barnabé et al. (2007), onde o valor médio de PB estava próximo de 7,0 %.

Para Rodrigues (2012), os arranjos espaciais das árvores de *Eucalyptus*sp. influenciaram na produção e no valor nutritivo do pasto de *U. decumbens* cv Basilisk,

sendo que 120 árvores ha⁻¹ foi a densidade que proporcionou o maior acúmulo de massa seca. Por outro lado, os arranjos mais adensados (648 árvores ha⁻¹), proporcionaram maiores teores de PB na composição bromatológica. Deinum et al. (1996) afirma que o sombreamento pode resultar em melhoria dos teores de PB na forragem.

Em experimento com três níveis de luminosidade caracterizados por duas densidades de árvores de *Pinus taeda* L. (370 árvores ha⁻¹, 222 árvores ha⁻¹) além e sol pleno, avaliando cinco espécies forrageiras anuais de inverno, Kirchner et al. (2009) verificaram que, na maioria das espécies, ocorreu aumento dos teores de PB com redução de luminosidade.

De uma forma geral o sombreamento de forrageiras pode resultar em melhoria dos teores de PB (PACIULLO et al., 2007; GARCEZ NETO et al., 2010). As principais hipóteses relacionadas ao aumento do teor proteico são creditadas às boas condições de mineralização da matéria orgânica proporcionada pelas condições térmicas e hídricas do ambiente com maiores densidades de árvores (KIRCHNER et al., 2010).

Segundo Ribaski et al. (1998) a redução da fotossíntese em áreas mais adensadas eleva a eficiência de conversão da energia solar em energia química, aumentando os teores de clorofila, do N e o incremento da área foliar, que são fatores que contribuem diretamente com o aumento da PB.

e.2) Digestibilidade *in vitro* da Matéria Orgânica (DIVMO)

A partir de 1000 árvores ha⁻¹ os teores médios de DIVMO se estabilizaram, sendo 15 % superior na estação seca, com 61 %, em comparação com a estação das chuvas com teor de 51 % (Figura 12).

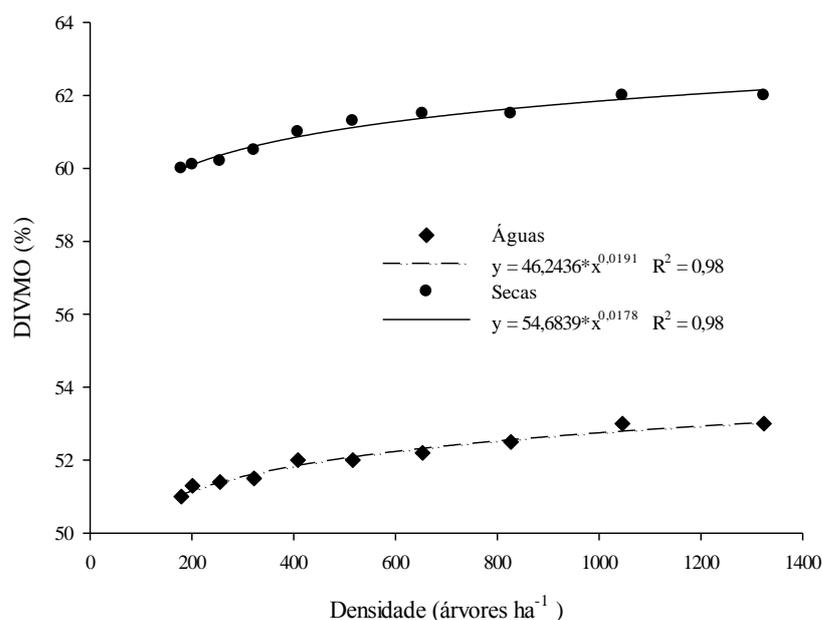


Figura 12 – Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (%) em função das densidades de árvores na época das águas e seca, em Dourados, MS.

Silva et al. (2008), estudando os teores de DIVMO no capim-marandu em SSP, também verificaram que na estação seca o teor foi 23,6% maior sob a copa das árvores. Ainda segundo esses autores, o teor médio da DIVMO encontrado na época das águas e seca foi de 60%, enquanto que neste trabalho, somente na seca os valores foram similares, pois nas águas foi de 51%.

A literatura mostra grande diversidade de respostas do efeito da sombra neste parâmetro, o que pode ser atribuído às diferenças decorrentes das espécies utilizadas, grau de sombreamento, estação do ano, entre outros (PACIULLO et al., 2007). Períodos de maturação provocam maior lignificação das plantas, de maneira que a produção dos componentes potencialmente digestíveis, como os carboidratos solúveis, proteínas e minerais, tendem a decrescer (GOMES, 2003; LEITE e EUCLIDES, 1994).

Carvalho et al. (1994) relataram que em áreas com maior densidade de árvores não houve influência na estação das águas no valor de DIVMO, para *U. decumbens*, no entanto, aumentou durante a estação seca do ano, em razão de melhores condições de umidade do solo, sob as copas das árvores, permitindo assim, que as plantas ficassem verdes durante essa estação.

3.6 CONCLUSÃO

Maiores densidades populacionais de canafístula não proporcionaram grandes alterações no microclima, sendo que este, foi favorável ao crescimento do capim-piatã.

O acúmulo de biomassa não foi comprometido pelo aumento da densidade arbórea, em nenhuma das estações do ano avaliadas, água e seca.

O valor nutricional do capim-piatã foi influenciado positivamente pela maior densidade arbórea.

Durante a fase inicial de crescimento da canafístula, compreendido até a idade de 37 meses, a densidade de 1000 árvores ha⁻¹ foi considerada ideal para o crescimento e valor nutritivo do capim-piatã.

3.7 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, R. G. SLAVIK, I. R.; ZAMINHAN, A. M.; HASHINOKUTI, T. R. **Efeitos do sombreamento sobre as características quantitativas e qualitativas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em monocultivo e em consórcio com *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão.** In.: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 43, 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. CD-ROM.

BARNABÉ, M. C.; ROSA, B.; LOPES, E. L.; ROCHA, G. P.; FREITAS, K. R.; PINHEIRO, E. P. **Produção e composição químico bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubada com dejetos líquidos de suínos.** Ciência Animal Brasileira, v. 8, n. 3, p. 435-446, jul./set. 2007.

BEHLING NETO, A. **Caracterização da forragem de capim-piatã e do microclima em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, com dois arranjos de árvores de eucalipto.** UFMG: Cuiabá. 2012. (Dissertação de Mestrado).

BRENNER, A. J. **Microclimater modification in agroforestry.** In: C.K. Ong e H. Huxley (ed.), Tree – Crop interactions. A Physiological approach, p.159-187. INTERNATIONAL, Wallingford, UK, 1996.

CARVALHO, M. M., BOTREL, M. A. **Arborização de pastagens: um caminho para a sustentabilidade de sistemas de produção animal a pasto.** In: Evangelista, A. R., Silveira, P. J., Abreu, J.G. (ed). Forragicultura e Pastagens: Temas em evidência. Lavras: UFLA, 2002. p.77-108.

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; ALMEIDA, D. S.; VILLAÇA, H. A. **Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composição mineral da forragem de pastagens de braquiária.** Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, v.23, p.709-718, 1994.

CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M. **Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.28, p. 919-927, 1999.

CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R. **Competição entre plantas com ênfase no recurso luz.** Ciencia Rural, vol.26, n.1, p167-174, 1996.

COELHO, F. S. **Comportamento de pastejo e ganho de peso de bezerras nelore em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.** Diamantina: UFVJM. 2011 (Dissertação de Mestrado).

CREMON, T. **Espaçamento entre faixas de árvores (*Eucalyptus urophylla* S.T.Blake) e suas interrelações com o acúmulo de forragem [*Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Xaraés], microclima e bem estar animal.** Dourados: UFGD. 2013 (Dissertação de Mestrado).

DEINUM, B.; SULASTRI, R. D.; ZEINAB, M. H. J. **Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria* and**

Panicum maximum var. Trichoglume). Netherlands Journal of Agriculture Science, v.44, p.111-124, 1996.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M. S.; FRANCO, A. A. **Leguminosas arbóreas introduzidas em pastagem**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.42, n.1, p.119-126, 2007.

DONADIO, N. M. M.; DEMATTÊ, M. E. S. P. **Morfologia de frutos, sementes e plântulas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e jacarandá-da-bama (*Dalbergia nigra* (ver.) fr.ar. exbentb.)- fabaceae**. Revista Brasileira de Sementes, v.22, n.1, p. 64-73, 2000.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; VALLE, C. B.; BARBOSA, R. A.; GONÇALVES, W. V. **Produção de forragem e características da estrutura do dossel de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob pastejo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.43, n.12, p.1805-1812, dez. 2008.

EUCLIDES, V. P. B.; MEDEIROS, S. R. **Valor nutritivo das principais gramíneas cultivadas no Brasil**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2003. 43 p. (Documentos 139).

FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A.; JUNIOR, D. N.; VITOR, C. M. T.; MORAIS, R. V.; REIS, G. C.; MARTUSCHELLO, J. A. **Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.43, n.12, p.1805-1812, dez.2008.

FIETZ, C. R. **O clima da região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008, 32p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documento, 92).

GARCEZ NETO, A. F.; GARCIA, R.; MOOT, D. J. **Aclimação morfológica de forrageiras temperadas a padrões e níveis de sombreamento**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, n.1, p.42-50, 2010.

GOMES, V.M. **Disponibilidade e valor nutritivo de braquiária vedada para uso na região semi-árida de Minas Gerais**. 2003. 99 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. **Características estruturais e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a períodos de descanso**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, p.1487-1494, 2007.

GOMIDE, J. A. **Fisiologia do crescimento livre de plantas forrageiras**. p1-14, In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. Pastagens fundamentos da exploração racional, Piracicaba: FEALQ, 908p,1994.

GREGORY, N. G. **The role of shelterbelts in protecting livestock: A review**. New Zealand Journal of Agricultural Research, 1995. v.38, p.423-450.

GUENNI, O.; SEITER, S.; FIGUEROA, R. **Growth responses of three *Brachiaria* species to light intensity and nitrogen supply**. Tropical Grasslands, v.42, p. 75-87, 2008.

KIRCHNER, R.; SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; MIGLIORINI, F.; FONSECA, L. **Desempenho de forrageiras hibernais sob distintos níveis de luminosidade**. Revista Brasileira de Zoologia, v.39, n.11, p.2371-2379, 2010.

KIRCHNER, R.; SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; MIGLIORINI, F.; FONSECA, L. **Desempenho de forrageiras hibernais sob distintos níveis de luminosidade**. Revista Brasileira Zootecnia, v.39, n.11, p.2371-2379, 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: Carlos Henrique B.A. Prado. São Carlos: Rima Editora, 2000. 531p.

LEITE, G. G.; EUCLIDES, V. P. **Utilização de pastagens de *Brachiaria* spp.** In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 267-297.

LIN, C. H.; MCGRAW, R. L.; GEORGE, M. F. **Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices**. Agroforestry Systems, v.44, p.109-119, 1999.

LUPATINI, G. C. **Produção, características morfológicas e valor nutritivo de cultivares de *Brachiaria brizantha* submetidas a duas alturas de resíduo**. Botucatu-SP: Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, 2010. 64 p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, 2010.

MARTEN, G. C.; SHENK, J. S.; BARTON, F. E. **Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS)**. Washington: USDA, 1985. (Agriculture Handb., 643). 96p.

MELLO, A. C. L.; PEDREIRA, C. G. S. **Respostas morfológicas do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) irrigado à intensidade de desfolha sob lotação rotacionada**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, p.282-289, 2004.

MONTEITH, J. L. **Solar radiation and productivity in tropical ecosystems**. Journal of Applied Ecology, v. 9, 1972, 747-766. Climate and the efficiency of crop production in Britain. Proceedings of the Royal Society of London, London, v. 281, p. 277-294, 1977.

NAMKOONG, G. **Application of Nelder**. In: SOUTHERN CONFERENCE ON FOREST TREE IMPROVEMENT, 8., 1965, Savannah, Georgia. **Proceedings**. Savannah, Georgia: USDA/ Forest Service, 1965. p. 24 - 37.

NELDER, J. A. **New kinds of systematic designs for spacing experiments**. Biometrics, v. 18, n. 2, p. 283-307, 1962.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; FERNANDES, P. B.; MULLER, M. D.; PIRES, M. F. A.; FERNANDES, E. N.; XAVIER, D. F. **Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.46, n.10, p.1176-1183, out. 2011.

PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; TAVELA, R. C.; ROSSIELO, R. O. P. **Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.43, n.7, p.917-923, jul. 2008.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. **Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.42, n.4, p.573-579, 2007.

PARMEJANI, R. S. **Microclima e características agronômicas de *Brachiaria decumbens* em um sistema silvipastoril.** 2012. 96 p. Mestrado em Ciência Animal e Pastagens. USP, Piracicaba.

PEDRO Jr., M. J.; ALCÂNTARA, P. B.; ROCHA, G. L.; ALFONSI, R. R.; DONZELLI, P. L. **Aptidão climática para plantas forrageiras no Estado de São Paulo.** Campinas, SP. Instituto Agronômico de Campinas, 1990. 13p. (Boletim Técnico, 139).

PORFÍRIO DA SILVA, V. **Modificações microclimáticas em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta* A. Cunn. Ex. R. Br. Na região noroeste do Paraná.** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil. 1998. 152p. Dissertação Mestrado: Curso de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, 1998.

PEREZ, S. C. J. G. A.; FANTI, S. C.; CASALI, C. A. **Limites de temperatura e estresse térmico na germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng) Taubert.** Revista Brasileira de Sementes, v.20, n.1, p. 134-142, 1998.

RAKOCEVIC, M.; RIBASKI, J. **The efficiency of *Brachiaria brizantha* Hochst. Ex A. Rich., in a silvipastoral system in Southern Brazil.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE: Natural and Socio-Economic Effects of Erosion Control in Mountainous Regions, 2002, Belgrade, YU. Proceedings... Belgrade: Faculty of Forestry, 2003. P.323-332.

RIBASKI, J.; INOUE, M. G.; LIMA FILHO, J. M. P. **Influência da algaroba (*Prosopis juliflora*) sobre alguns parâmetros ecofisiológicos e seus efeitos na qualidade de uma pastagem de capim buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), na região semi-árida do Brasil.** In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998, Belém. Anais... Belém: EMBRAPA – CPATU, 1998. p.219-220.

RODRIGUES, C. O. D. **Relações luminosas e desempenho do capim-braquiária em sistema agrossilvipastoril.** Dissertação Mestrado, FCA/ UFVJM, Diamantina, 46 p. 2012.

SANTOS, E. D. G.; PAULINO, M. F.; QUEIROZ, D. S.; VALADARES FILHO, S. C.; FONSECA, D. M.; LANA, R. P. **Avaliação de Pastagem Diferida de *Brachiaria***

***decumbens* Stapf: Características Químico-Bromatológicas da Forragem Durante a Seca.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.1, p.203-213, 2004

SILVA JÚNIOR, L. C.; LUCAS, F. T.; BORGES, B. M. M. N.; SILVA, W. J. **Influência da Radiação Fotossinteticamente Ativa no Crescimento e Desenvolvimento de Forrageiras Tropicais.** FAZU em Revista, Uberaba, n. 7, p. 63-67, 2010.

SILVA, V. P. da; VIEIRA, A. R. R.; CARAMORI, P. H.; BAGGIO, A. J. **A radiação fotossinteticamente ativa e a produção de pastagem em sistema silvipastoril.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999. CD-ROM.

SILVA, V. P.; VIEIRA, A. R. R. BAGIO, A. J. **Sombras e ventos em sistema silvipastoril no noroeste do estado do Paraná.** In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998, Belém. Anais... Belém: EMBRAPA, 1998. p.215-218.

SOUSA, L. F.; MAURÍCIO, R. M.; MOREIRA, G. R.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; PEREIRA, L. G. R. **Nutritional evaluation of “Braquiaraão” grass in association with “Aroeira” trees in a silvopastoral system.** Agroforestry Systems, v.79, p.189-199, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 3ª Edição. Editora Artmed. 2004. p. 87.

VALLE, C. B.; MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. **Gênero *Brachiaria*.** In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas forrageiras.** Viçosa: UFV, 2011. p. 30-77.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; VALÉRIO, J. R.; MACEDO, M. C. M.; FERNANDES, C. D.; DIAS-FILHO, M. B. ***Brachiaria brizantha* cv. Piatã: uma forrageira para diversificação de pastagens tropicais.** Seed News, v. 11, n. 2, p. 28-30, 2007.

VENTURIN, R. P.; GUERRA, A. R; MACEDO, R. L. G; VENTURIN, N.; MESQUITA, A. M. **Sistemas Agrossilvipastoris: origem, modalidades e modelos de implantação.** Informe Agropecuário. Belo Horizonte. v.31, n.257, p.16-24, 2010.

WILSON, J. R.; t'MANNETJE, L. **Senescence, digestibility and carbohydrate content of buffel gran and green panic leaves in swards.** Australian Journal Agricultural Research, v.29, p. 503 - 519, 1978.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados apresentados indicam o potencial da canafístula em plantios comerciais, homogêneos e integrados, com representatividade no mercado da madeira, reforçando a necessidade de atenção para esta espécie.

O aumento da produtividade em Sistemas Silvopastoris, a recuperação de áreas de pastagens degradadas e a viabilidade da canafístula para uso comercial, são fatores interessantes na tomada de decisão para implantação de sistemas integrados, com árvores nativas.

Torna-se necessário um estudo da viabilidade de genótipos de canafístula no Mato Grosso do Sul, sendo esta etapa fundamental para o estabelecimento de um programa de melhoramento genético da espécie.

A produção científica sobre a canafístula é muito escassa, carecendo de programas formais de incentivo, para favorecer o número e a qualidade das pesquisas, contribuindo assim, para a expansão do uso dessa espécie nativa em sistemas integrados.

APÊNDICES



Apêndice 1 – Plantio das mudas de canafístula.



Apêndice 2 – Plantio das mudas de canafístula.



Apêndice 3 – Plantio das mudas de canafístula.



Apêndice 4 – Árvores de canafístula aos 13 meses de idade.



Apêndice 5 – Árvores de canafístula aos 13 meses de idade.



Apêndice 6 – Árvores de canafístula aos 25 meses de idade.



Apêndice 7 – Árvores de canafistula aos 25 meses de idade.



Apêndice 8 – Árvores de canafístula aos 25 meses de idade.



Apêndice 9 – Árvores de canafístula aos 25 meses de idade.



Apêndice 10 – Árvores de canafístula aos 37 meses de idade.



Apêndice 11 – Árvores de canafístula aos 37 meses de idade.



Apêndice 12 – Árvores de canafístula aos 37 meses de idade.



Apêndice 13 – Árvores de canafístula aos 37 meses de idade.