



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**ESCOLA DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DESEMPENHO INICIAL DOS COMPONENTES DO SISTEMA  
SILVIPASTORIL EM UM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO**

**TIAGO CAMILO DUARTE**

Orientador:

**Prof. Dr. Leonardo Santos Collier**

Fevereiro – 2020



**UFG**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA

## **TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES**

### **E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

#### **1. Identificação do material bibliográfico**

Dissertação       Tese

#### **2. Nome completo do autor**

Tiago Camilo Duarte

#### **3. Título do trabalho**

Desempenho inicial dos componentes do sistema silvipastoril em um Neossolo Quartzarênico

#### **4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)**

Concorda com a liberação total do documento  SIM       NÃO<sup>1</sup>

**[1]** Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

**a)** consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

**b)** novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Leonardo Santos Collier, Professor do Magistério Superior**, em 01/07/2020, às 16:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **TIAGO CAMILO DUARTE, Discente**, em 02/07/2020, às 08:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1415641** e o código CRC **DEA513DD**.

---

**Referência:** Processo nº 23070.002342/2020-98

SEI nº 1415641

**TIAGO CAMILO DUARTE**

**DESEMPENHO INICIAL DOS COMPONENTES DO SISTEMA  
SILVIPASTORIL EM UM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

**Área de concentração:** Solo e Água

Orientador:

**Prof. Dr. Leonardo Santos Collier**

Goiânia, GO – Brasil

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

CAMILO DUARTE, TIAGO  
DESEMPENHO INICIAL DOS COMPONENTES DO SISTEMA  
SILVIPASTORIL EM UM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO [manuscrito]  
/ TIAGO CAMILO DUARTE. - 2020.  
81 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. LEONARDO SANTOS COLLIER.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de  
Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia,  
2020.

**Bibliografia.**

Inclui gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Acacia mangium Willd.. 2. Urochloa brizantha (Hochst. ex A.  
Rich) R. D. Webster. 3. Panicum maximum Jacq.. 4. solo arenoso. 5.  
sistema integrado. I. SANTOS COLLIER, LEONARDO , orient. II. Título.

CDU 631/635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE AGRONOMIA

### ATA DE DEFESA DE TESE

#### ATA Nº 13 DA SESSÃO DE DEFESA DE TESE DE TIAGO CAMILO DUARTE, QUE CONFERE O TÍTULO DE DOUTOR EM AGRONOMIA, NA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SOLO E ÁGUA.

Aos vinte e um dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte (21.02.2020), às 13h00min, no auditório do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFG, foram instalados os trabalhos pelo orientador e presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Leonardo Santos Collier - EA/UFG, com a participação dos demais membros: Prof.ª. Dr.ª. Francine Neves Calil - EA/UFG, Prof. Dr. Rilner Alves Flores - EA/UFG, Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva - UFRA/Belém-PA (participação via Skype) e Prof. Dr. Simério Carlos Silva Cruz - Universidade Federal de Jataí, para a realização da sessão pública da defesa de Tese intitulada: **ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO E DESEMPENHO INICIAL DOS COMPONENTES DO SISTEMA SILVIPASTORIL**, de autoria de **TIAGO CAMILO DUARTE**, discente do curso de **DOUTORADO**, na área de concentração em **SOLO E ÁGUA**, do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFG. O presidente da sessão apresentou formalmente os membros da Banca Examinadora e em seguida passou a palavra ao doutorando que em quarenta minutos apresentou o seu trabalho. Após a exposição, o candidato foi arguido pelos membros da banca. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. De acordo com Resolução CEPEC 1403/2016, de 10 de junho de 2016 que regulamenta os Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu* na UFG, a Banca Examinadora considerou a Tese "**APROVADA**", com as correções recomendadas, estando integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **DOUTOR** em Agronomia, na área de concentração em **SOLO E ÁGUA**, pela Universidade Federal de Goiás. O doutorando poderá efetuar as modificações sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar nova versão eletrônica da tese à Secretaria do PPGA, no prazo máximo de trinta dias após a data da defesa. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo(s) científico(s), oriundo(s) dessa tese, em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de acatadas as modificações sugeridas. Proclamados os resultados pelo Prof. Dr. Leonardo Santos Collier, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos membros da Banca Examinadora, aos vinte e um dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte (21.02.2020).

#### TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

Desempenho inicial dos componentes do sistema silvipastoril em um Neossolo Quartzarênico



Documento assinado eletronicamente por **Leonardo Santos Collier, Professor do Magistério Superior**, em 21/02/2020, às 18:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rilner Alves Flores, Professor do Magistério Superior**, em 21/02/2020, às 18:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de](#)

outubro de 2015.



Documento assinado eletronicamente por **Francine Neves Calil, Professor do Magistério Superior**, em 21/02/2020, às 18:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Simério Carlos Silva Cruz, Professor do Magistério Superior**, em 21/02/2020, às 18:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Carvalho Da Silva, Usuário Externo**, em 18/05/2020, às 11:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1116619** e o código CRC **9D11CCB4**.

Referência: Processo nº 23070.002342/2020-98

SEI nº 1116619

Aos meus pais Arildo Pereira Duarte e Lesley Camilo Oliveira

Ao meu irmão Murilo Camilo Duarte

A todos da minha família que me apoiaram

## **DEDICO**

Aos que depositaram confiança em mim

Ao Prof. Dr. Leonardo Santos Collier

A todos que colaboraram para o sucesso deste trabalho

## **OFEREÇO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me guiar em todos os passos da minha vida e permitir à realização de mais um sonho.

Aos meus pais e meu irmão, pelo apoio, pelo forte incentivo e por estarem sempre ao meu lado em todos os momentos.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO, pela oportunidade oferecida para realização desse curso.

Ao professor Dr. Leonardo Santos Collier pelo apoio, orientações e ensinamentos recebidos para a realização dessa Tese de Doutorado.

Ao professor Dr. Thiago Carvalho da Silva pelo apoio, ensinamentos, incentivo, confiança e principalmente pela sua amizade.

A todos os professores (as) do Programa de Pós-graduação em Agronomia e funcionários da Escola de Agronomia (EA), em especial a Prof<sup>a</sup>. Dra. Francine Neves Calil, o Prof<sup>o</sup>. Dr. Rilner Alves Flores, o Prof<sup>o</sup>. Dr. Wilson Mozena Leandro e ao Engenheiro Agrônomo da EA Me. Lamartine Nogueira Gonzaga pelas contribuições para a realização desta pesquisa. À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos proprietários da fazenda São Miguel, pela disponibilidade de área, equipamentos e ajuda na condução do experimento, as empresas Vitacal e Matsuda, pela confiança e doações e a prefeitura de Cachoeira de Goiás-GO, em nome do secretário da agricultura o Sr. José Márcio de Oliveira.

Aos integrantes dos grupos de pesquisa e de estudos SINFERT e GEFOR, pela colaboração na condução do experimento.

Aos amigos do PPGA que contribuíram de forma direta e indireta na execução desse trabalho e ainda, pelos momentos de descontração.

Aos amigos Joabe Campos, Rui Tavares pela amizade e apoio nas atividades de campo.

A todos aqueles que não foram citados, mas contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho.

**Meus sinceros agradecimentos.**

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	10
<b>ABSTRACT</b> .....	11
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>CAPÍTULO 1. ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO CULTIVADO COM SISTEMA SILVIPASTORIL</b> .....	17
1.1. INTRODUÇÃO .....	18
1.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	20
1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
1.4. CONCLUSÕES .....	32
1.5. AGRADECIMENTOS .....	32
1.6. REFERÊNCIAS .....	32
<b>CAPÍTULO 2. PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA E BROMATOLÓGICA DE FORRAGEIRAS CULTIVADAS EM SISTEMA SILVIPASTORIL E EM MONOCULTIVO</b> .....	39
2.1. INTRODUÇÃO .....	40
2.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	42
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
2.3.1. Produtividade das forrageiras na implantação .....	47
2.3.2. Produtividade das forrageiras em manejo intermitente .....	48
2.3.3. Proteína bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN) e componentes morfológicos das forrageiras .....	51
2.4. CONCLUSÕES .....	55

2.5. AGRADECIMENTOS .....	55
2.6. REFERÊNCIAS .....	55
<b>CAPÍTULO 3. CRESCIMENTO INICIAL DE <i>Acacia mangium</i> Willd. EM SISTEMA SILVIPASTORIL NO CENTRO-OESTE GOIANO .....</b>	<b>61</b>
3.1. INTRODUÇÃO .....	62
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	63
3.3. RESULTADOS .....	68
3.4. DISCUSSÃO .....	72
3.5. CONCLUSÕES.....	75
3.6. AGRADECIMENTOS .....	75
3.7. REFERÊNCIAS .....	75
<b>2. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>79</b>
<b>3. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>80</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.1.</b> Caracterização química e granulometria do solo da área experimental antes da implantação do experimento <sup>(1)</sup> . Cachoeira de Goiás-GO, 2016.....	21
<b>Tabela 1.2.</b> Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico cultivado com gramíneas em monocultivo (M) e em arranjos de sistema silvipastoril (SSP) com <i>Acacia mangium</i> , nas camadas de 0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,4 metros. Médias de duas coletas de solo em anos consecutivos (2017 e 2018). Cachoeira de Goiás-GO. ....	25
<b>Tabela 1.3.</b> Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico cultivado com gramíneas em monocultivo (M) e em arranjos de sistema silvipastoril (SSP) com <i>Acacia mangium</i> , nas camadas de 0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,4 metros. Médias de duas coletas de solo em anos consecutivos (2017 e 2018). Cachoeira de Goiás-GO. ....	26
<b>Tabela 1.4.</b> Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico cultivado com gramíneas em monocultivo (M) e em arranjos de sistema silvipastoril (SSP) com <i>Acacia mangium</i> , nas camadas de 0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,4 metros, em dois anos consecutivos. Cachoeira de Goiás-GO.....	28
<b>Tabela 2.1.</b> Caracterização química e granulometria do solo da área experimental antes da implantação do experimento <sup>(1)</sup> . Cachoeira de Goiás-GO, 2016.....	44
<b>Tabela 2.2.</b> Número de cortes (amostragens) das cultivares de forrageiras, por tratamento, nas estações chuvosa e seca, durante o período de manejo das forrageiras, entre dezembro de 2017 a dezembro de 2018. Cachoeira de Goiás-GO. ....	47
<b>Tabela 2.3.</b> Produtividade de matéria seca (PMS) de cultivares de forrageiras cultivadas em monocultivo (M) e em arranjos de sistema silvipastoril (SSP) com <i>Acacia mangium</i> , aos 105 dias após a semeadura, com corte a 20 cm da superfície do solo. Cachoeira de Goiás-GO, 2017.....	48
<b>Tabela 2.4.</b> Produtividade de matéria seca (PMS) por corte, nas estações chuvosa e seca, de cultivares de forrageiras cultivadas em monocultivo (M) e em arranjos de sistema silvipastoril (SSP) com <i>Acacia mangium</i> , com corte a 20 cm da superfície do solo. Cachoeira de Goiás-GO, 2018. ....	48
<b>Tabela 2.5.</b> Produtividade de matéria seca (PMS) total, nas estações chuvosa e seca, de cultivares de forrageiras cultivadas em monocultivo (M) e em arranjos de sistema silvipastoril (SSP) com <i>Acacia mangium</i> , com corte a 20 cm da superfície do solo. Cachoeira de Goiás-GO, 2018. ....	49
<b>Tabela 2.6.</b> Percentual de Proteína bruta (PBms) e de Fibra em Detergente Neutro (FDNms), com base na matéria seca, da matéria seca total acima da altura do resíduo (20 cm) de cultivares de forrageiras cultivadas em monocultivo (M) e em arranjos de sistema silvipastoril (SSP) com <i>Acacia mangium</i> , nas estações chuvosa e seca. Cachoeira de Goiás-GO, 2018. ....	51

<b>Tabela 2.7.</b> Composição morfológica e relação lâmina foliar/colmo de cultivares de forrageiras cultivadas em monocultivo (M) e em arranjos de sistema silvipastoril (SSP) com <i>Acacia mangium</i> , nas estações chuvosa e seca. A amostragem foi realizada acima da altura do resíduo (20 cm). Cachoeira de Goiás-GO, 2018. ....	54
<b>Tabela 3.1.</b> Caracterização química e granulometria do solo da área experimental antes da implantação do experimento <sup>(1)</sup> . Cachoeira de Goiás-GO, 2016. ....	65
<b>Tabela 3.2.</b> Incrementos periódicos quadrimestrais em diâmetro a altura do coleto (IPDAC) e a altura do peito (IPDAP) e em altura total (IPHt) de <i>Acacia mangium</i> cultivada em arranjos espaciais de sistema silvipastoril em solo arenoso na fase de implantação. Cachoeira de Goiás-GO. ....	71
<b>Tabela 3.3.</b> Volume real (Vreal) e potencial (Vpotencial), incremento médio anual em volume real (IMA_Vreal), em volume potencial (IMA_Vpotencial), em diâmetro a altura do peito (IMA_DAP) e em altura total (IMA_Ht), aos três anos de idade, e área de projeção de copa (APC), aos dois anos de idade, de <i>Acacia mangium</i> cultivada em arranjos espaciais de sistema silvipastoril em solo arenoso na fase de implantação. Cachoeira de Goiás-GO. ....	72

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1.** Precipitação pluviométrica <sup>(1)</sup> (mm) e temperatura média do ar <sup>(2)</sup> (°C) obtida na área experimental no período de dezembro de 2016 a dezembro de 2018. Cachoeira de Goiás–GO. <sup>(1)</sup> Dados obtidos de pluviômetros localizados no experimento e <sup>(2)</sup> da estação meteorológica automática localizada no município de Paraúna-GO, distante 46 km da área experimental, aproximadamente. Fonte: INMET, 2016, 2017, 2018..... 20
- Figura 1.2.** Disposição dos tratamentos em campo, de acordo com o delineamento inteiramente casualizado e em parcelas subdivididas. Cachoeira de Goiás-GO..... 22
- Figura 2.1.** Precipitação pluviométrica <sup>(1)</sup> (mm) e temperatura média do ar <sup>(2)</sup> (°C) obtida na área experimental no período de dezembro de 2016 a dezembro de 2018. Cachoeira de Goiás–GO. <sup>(1)</sup> Dados obtidos de pluviômetros localizados no experimento e <sup>(2)</sup> da estação meteorológica automática localizada no município de Paraúna-GO, distante 46 km da área experimental, aproximadamente. Fonte: INMET, 2016, 2017, 2018..... 43
- Figura 2.2.** Disposição dos tratamentos em campo, de acordo com o delineamento inteiramente casualizado e em parcelas subdivididas. Cachoeira de Goiás-GO..... 44
- Figura 3.1.** Precipitação pluviométrica <sup>(1)</sup> (mm) e temperatura média do ar <sup>(2)</sup> (°C) obtida na área experimental no período de dezembro de 2016 a dezembro de 2019. Cachoeira de Goiás–GO. <sup>(1)</sup> Dados obtidos de pluviômetros localizados no experimento e <sup>(2)</sup> da estação meteorológica automática localizada no município de Paraúna-GO, distante 46 km da área experimental, aproximadamente. Fonte: INMET, 2016, 2017, 2018, 2019..... 64
- Figura 3.2.** Disposição dos tratamentos em campo, de acordo com o delineamento inteiramente casualizado e em parcelas subdivididas. Cachoeira de Goiás-GO..... 66
- Figura 3.3.** Diâmetro a altura do coleto (DAC) e do peito (DAP) de *Acacia mangium* cultivada em arranjos espaciais de sistema silvipastoril em solo arenoso, até os três anos de idade. Cachoeira de Goiás-GO. Dados médios ± erro padrão da média (n=12). ..... 69
- Figura 3.4.** Altura total (Ht) de *Acacia mangium* cultivada em arranjos espaciais de sistema silvipastoril em solo arenoso, até os três anos de idade. Cachoeira de Goiás-GO. Dados médios ± erro padrão da média (n=12). ..... 70

## RESUMO

DUARTE, T. C. **Desempenho inicial dos componentes do sistema silvipastoril em um Neossolo Quartzarênico**. 2020. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Solo e Água) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.<sup>1</sup>

Os Neossolos Quartzarênicos são a principal classe de solos arenosos no Brasil, considerados de baixa aptidão agrícola por apresentarem baixa fertilidade natural, CTC e matéria orgânica do solo e vulnerabilidade a degradação. O uso de sistemas silvipastoris (SSPs), que se caracterizam como um tipo de sistema agroflorestal e podem ser entendidos como o processo de arborização das pastagens, são indicados para o manejo adequado desses solos. A *Acacia mangium* é uma leguminosa arbórea de uso múltiplo, com grande potencial para compor esses sistemas produtivos, por apresentar crescimento inicial rápido e fixar nitrogênio ao solo. Estudos de arranjos e espécies em SSP buscam identificar os efeitos sinérgicos entre os componentes, para maior diversificação das atividades de produção. Objetivou-se com este estudo avaliar as alterações nos atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico, bem como o potencial produtivo das espécies componentes na fase de implantação de um sistema silvipastoril com *Acacia mangium* Willd. em diferentes arranjos e de um monocultivo de forrageiras, no Centro-Oeste Goiano. O experimento foi conduzido no município de Cachoeira de Goiás–GO, na fazenda São Miguel, em um Neossolo Quartzarênico. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas no espaço, com quatro repetições. As parcelas corresponderam a quatro arranjos espaciais: três arranjos de SSP com acácia (10×4, 15×4 e 20×4 m) e um monocultivo de gramíneas. Já as subparcelas (área de 960 m<sup>2</sup>) foram compostas por três cultivares de gramíneas: Braúna, Marandu e Massai. Os tratamentos foram implantados em dezembro de 2016. Os atributos químicos do solo foram determinados até a camada de 0,4 m, aos 10 e 20 meses após a implantação dos tratamentos. Para a determinação da produtividade de matéria seca, da composição morfológica e bromatológica das forrageiras foram realizados cortes a 20 cm de altura da superfície do solo. As avaliações do crescimento das árvores em diâmetro e altura foram feitas até os três anos de idade. Os dados foram submetidos à análise de variância a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F e quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Aos dois anos de implantação, os arranjos silvipastoris possuem uma predisposição para acidificação do solo e maior exigência em potássio em relação ao monocultivo de forrageiras, não havendo alterações significativas relevantes nos demais atributos químicos. As produtividades do componente forrageiro são semelhantes entre os arranjos espaciais, com a cultivar Massai apresentando maior potencial produtivo e baixo valor nutritivo. A *Acacia mangium* apresenta crescimento inicial satisfatório em sistema silvipastoril em solo arenoso, com destaque para os arranjos 10×4 e 15×4 metros, mostrando-se uma espécie apta para sistemas integrados.

*Palavras-chave:* *Acacia mangium* Willd., *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich) R. D. Webster, *Panicum maximum* Jacq., solo arenoso, sistema integrado.

---

<sup>1</sup> Orientador: Prof. Dr. Leonardo Santos Collier. EA-UFG.

## ABSTRACT

DUARTE, T. C. **Initial performance of the components of the silvipastoral system in a Neossolo Quartzarênico.** 2020. 81 f. Thesis (Doctorate in Agronomy: Soil and Water) – Agronomy School, Federal University of Goiás, Goiânia, 2020.<sup>2</sup>

The Neossolos Quartzarênicos are the main class of sandy soils in Brazil, considered of low agricultural aptitude for presenting low natural fertility, CTC and soil organic matter and vulnerability to degradation. The use of silvopastoral systems (SPSs), which are characterized as a type of agroforestry system and can be understood as the process of afforestation of pastures, are indicated for the adequate management of these soils. The *Acacia mangium* is a tree legume of multiple use, with great potential to compose these productive systems, for presenting fast initial growth and fixing nitrogen to the soil. Studies of arrangements and species in SPS seek to identify the synergistic effects between the components, for greater diversification of production activities. The objective of this study was to evaluate changes in the chemical attributes of a Neossolo Quartzarênico, as well as the productive potential of the component species in the implementation phase of a silvopastoral system with *Acacia mangium* Willd. in different arrangements and a monoculture of forages, in the Midwest of Goiás. The experiment was conducted in the municipality of Cachoeira de Goiás–GO, on the São Miguel farm, in a Neossolo Quartzarênico. The experimental design adopted was completely randomized, with plots subdivided in space, with four replications. The plots corresponded to four spatial arrangements: three SPS arrangements with acácia (10×4, 15×4 and 20×4 m) and a monoculture of grasses. The subplots (area of 960 m<sup>2</sup>) were composed of three grass cultivars: Braúna, Marandu and Massai. The treatments were implemented in december 2016. The chemical attributes of the soil were determined up to the 0.4 m layer, at 10 and 20 months after the treatments were implemented. To determine dry matter productivity, morphological and bromatological composition of forages, cuts were made at 20 cm above the soil surface. Evaluations of tree growth in diameter and height were made up to three years of age. The data were subjected to analysis of variance at 5 and 1% probability by the F test and when significant, the means were compared by the Tukey test ( $\alpha = 0.05$ ). After two years of implantation, the silvopastoral arrangements have a predisposition for acidification of the soil and greater demand for potassium in relation to the monoculture of forages, with no significant applicable changes in the other chemical attributes. The yields of the forage component are similar between spatial arrangements, with the Massai cultivar showing greater productive potential and low nutritional value. The *Acacia mangium* shows satisfactory initial growth in silvopastoral system in sandy soil, with emphasis on the 10×4 and 15×4 meter arrangements, showing itself as a species suitable for integrated systems.

*Key words:* *Acacia mangium* Willd., *Urochloa brizantha*, *Panicum maximum*, sandy soil, integrated system.

---

<sup>2</sup> Adviser: Prof. Dr. Leonardo Santos Collier. EA-UFG.

## 1. INTRODUÇÃO

A presença de monocultivos e práticas culturais inadequadas na agricultura vêm gerando redução na produtividade das culturas, degradação dos solos e dos recursos naturais, tornando-a inviável ao longo do tempo (Macedo, 2009). Os sistemas agroflorestais (SAFs) são considerados como uma das alternativas de uso dos recursos naturais que normalmente causam pouca ou nenhuma degradação ao meio ambiente, principalmente por respeitarem as diretrizes básicas de manejo sustentável dos agroecossistemas: princípios ecológicos, sociais e econômicos (Engel, 1999; Macedo et al., 2000).

Esses sistemas de produção são definidos como sistemas agropecuários diferenciados, considerados como um tipo de uso integral da terra, que consistem na introdução de árvores nos sistemas de produção agrícola e/ou pecuária. Os SAFs baseiam-se na diversidade de espécies, que proporciona estabilidade e bom desempenho dos processos ecológicos, tendo como principal objetivo a otimização da utilização do solo com conciliação de produções, conservando-o e diminuindo a pressão pelo seu uso na produção agrícola (Engel, 1999; Sousa et al., 2012).

O interesse pelos SAFs vem aumentando de forma significativa em todo o país, porém devido à complexidade dos sistemas integrados e por serem dinâmicos, em virtude das interações entre seus componentes, esses sistemas demandam pesquisas científicas e tecnológicas contínuas, por meio de experimentos de longa duração e regionalizados, sobre a viabilidade da combinação de espécies (Balbino et al., 2011). A necessidade de manutenção do equilíbrio entre seus componentes arbóreo, agrícola e pecuário, aliada ao grande número de interações possíveis entre estes e os fatores de clima e de solo, aumenta a necessidade de um planejamento rigoroso (Andrade et al., 2003).

Com a possibilidade da adoção de novas tecnologias de manejo promovidas por sistemas de produção sustentáveis, o interesse econômico por parte dos agricultores e pecuaristas em solos arenosos passou a ser maior. Os Neossolos Quartzarênicos ocupam

11% da área do Brasil e compõem as classes de solos arenosos, com composição granulométrica nas classes texturais areia e areia franca, contendo teores de argila menor que 15%. No país estima-se que cerca de 50 milhões de hectares de solos arenosos estão sob pastagens degradadas, distribuídos nos Estados do MA, TO, PI, BA, SP, GO, MS e MT (Kluthcouski & Cordeiro, 2015).

A adoção de práticas conservacionistas nesses solos, como o uso de sistemas integrados, SAFs, rotação de culturas, plantios florestais mistos com espécies leguminosas e plantio direto, pode aumentar ou ao menos manter sua capacidade produtiva, com efeitos positivos sobre a matéria orgânica do solo, refletindo diretamente ou indiretamente nas características químicas, sendo de extrema importância para esses solos caracterizados por baixa fertilidade natural, capacidade de troca de cátions e matéria orgânica do solo (Frazão et al., 2008; Carmo & Val, 2013; Donagemma et al., 2016).

Os sistemas silvipastoris (SSPs) estão como uma modalidade dos SAFs, em que o termo silvipastoril deriva da combinação das palavras silvi (oriundo da floresta) e pastoril (ato de criar animais domesticados). Essa modalidade abrange técnicas de produção que permitem integrar, em uma mesma área, animais, forrageiras, árvores, arbustos ou palmeiras, na forma de bosquete, árvores isoladas ou em renques devidamente espaçados, que são combinados para gerar produção de forma complementar (Engel, 1999; Porfírio-da-Silva et al., 2010; Moraes et al., 2011).

Dentro desse contexto, a adoção de SSPs por parte dos produtores, bem como a utilização de consórcios de espécies, na busca por uma maior diversificação do ambiente, torna-se uma opção para reincorporar milhões de hectares ao sistema produtivo sustentável e com maior geração de renda. A presença de árvores nas pastagens em SSPs tem trazido inúmeros benefícios ao sistema de produção, tanto para recuperação e sustentabilidade das forrageiras, como para os aspectos de importância ecológica, garantindo maior biodiversidade e sustentabilidade aos agroecossistemas quando comparados a quaisquer monocultivos (Bernardino & Garcia, 2009).

Segundo Franke & Furtado (2001), a utilização de SSP diversifica a produção das propriedades pecuárias, gerando produtos e lucros adicionais, ajudando assim, a reduzir a dependência externa de insumos. Esse fato permite e intensifica o uso do recurso solo e seu potencial produtivo em longo prazo, dentre outros benefícios, como a ciclagem de nutrientes, causada pela absorção dos elementos essenciais pelas raízes das árvores, de

camadas mais profundas do solo e a posterior deposição no solo superficialmente de parteculas nutrientes, pela decomposição de folhas e raízes.

Nas situações onde o objetivo principal é a atividade pecuária, na escolha do componente arbóreo para compor o SSP, deve-se optar por espécies de crescimento inicial rápido, para que os animais sejam introduzidos na pastagem em um curto período, de um a dois anos (Venturin et al., 2010). Além disso, na escolha da espécie arbórea deve-se levar em conta a adaptação às condições do clima e dos solos, mercado regional e a finalidade do produto final: madeireira, frutífera e/ou ornamental.

Dentre as espécies florestais com potencial para serem introduzidas nos SAFs, encontram-se as que interagem simbioticamente com bactérias do gênero *Rhizobium*, contribuindo para aumentar a quantidade de nitrogênio no solo, como a Gliricídia, Leucena, Acácia-mangium, Ingá e várias outras, das quais a maioria é leguminosa de origem tropical e subtropical (Macedo et al., 2000).

A espécie *Acacia mangium* Willd. apresenta um grande potencial para compor o componente florestal nos SSPs, por possuir crescimento inicial rápido e ser uma leguminosa arbórea de uso múltiplo, com produção de madeira de qualidade para a serraria, aglomerados ou laminados, energia, papel e celulose, moirões e postes. Além disso, é uma opção de forragem para os animais, por conter filódios (folhas) ricos em proteína, e possuírem nectários extraflorais, proporcionando a exploração da apicultura consorciada (Rossi et al., 2003).

No Brasil a espécie foi introduzida pela Embrapa no ano de 1979, em pequenos plantios experimentais, e em 1985 foram implantados testes de procedência nos estados do Pará e Minas Gerais (Ferreira et al., 1990). Essa espécie arbórea, sobretudo em áreas de baixa fertilidade, é uma opção silvicultural por apresentar elevada quantidade de madeira com baixa acumulação de nutrientes e proporcionar boa cobertura do solo com grande quantidade de serapilheira acumulada (Balieiro et al., 2004).

Por outro lado, a escolha das forrageiras para o uso em SSPs deve-se pautar, primeiramente, na sua tolerância ao sombreamento, onde nesta condição, irão priorizar o crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular e retardar o início do florescimento (Almeida et al., 2012). O sombreamento do dossel das forrageiras, proporcionado pelo componente arbóreo, provoca mudanças em sua estrutura e concentração nutricional, podendo reduzir a produção de matéria seca, associada à baixa densidade de perfilhos, em condições extremas de sombreamento, em torno de 65% de

sombra, não ocorrendo diferenças em casos de sombreamento moderado (35% de sombra), em relação ao cultivo a sol pleno (Paciullo et al., 2007).

Diante do exposto, acredita-se que mesmo em situação de solo com baixa reserva de nutrientes, o sistema consorciado é capaz de proporcionar bom desenvolvimento das espécies introduzidas, pela maior manutenção de água no mesmo e maior aporte de resíduos ao solo, o que proporciona melhor utilização dos nutrientes.

Sendo assim, objetivou-se com este estudo avaliar as alterações nos atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico, bem como o potencial produtivo das espécies componentes na fase de implantação de um sistema silvipastoril com *Acacia mangium* Willd. em diferentes arranjos e de um monocultivo de forrageiras, no Centro-Oeste Goiano.

Na busca aos objetivos propostos, a estrutura deste trabalho está organizada em três capítulos, sendo:

- Capítulo 1: descreve a influência dos tratamentos nos atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico, em três camadas, ao longo dos dois anos de implantação do experimento.
- Capítulo 2: relata sobre o potencial produtivo e a composição morfológica e bromatológica de três cultivares de forrageiras, cultivadas em arranjos silvipastoris e em monocultivos, submetidas a manejo intermitente.
- Capítulo 3: discorre sobre o desenvolvimento inicial da espécie *Acacia mangium* em arranjos silvipastoris em solo arenoso no Centro-Oeste Goiano.

## CAPÍTULO 1

### ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO CULTIVADO COM SISTEMA SILVIPASTORIL<sup>3</sup>

Tiago Camilo Duarte<sup>1</sup>; Leonardo Santos Collier<sup>2</sup>; Thiago Carvalho da Silva<sup>3</sup>; Carlos Augusto Oliveira de Andrade<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Doutorando em Agronomia na Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, GO, Brasil.

<sup>2</sup> Professor na Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, GO, Brasil.

<sup>3</sup> Professor na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Belém, PA, Brasil.

## CAPÍTULO 1. ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO CULTIVADO COM SISTEMA SILVIPASTORIL

RESUMO – Os sistemas silvipastoris (SSPs) são indicados para o manejo adequado de solos arenosos, por garantir maior biodiversidade e sustentabilidade ao agroecossistema, com efeitos positivos sobre a matéria orgânica e demais características químicas do solo. Objetivou-se com este estudo avaliar os atributos químicos de um solo arenoso, na fase de implantação de arranjos espaciais com gramíneas forrageiras em sistema silvipastoril e em monocultivo. O experimento foi conduzido na fazenda São Miguel, em Cachoeira de Goiás-GO. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas no espaço, com quatro repetições. As parcelas corresponderam a quatro arranjos espaciais: três arranjos de SSP com acácia (10×4, 15×4 e 20×4 m) e um monocultivo de gramíneas, e as subparcelas foram compostas por três cultivares de gramíneas: Braúna, Marandu e Massai. Foi realizada a correção do solo com aplicação de 1,3 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário e as adubações das arbóreas e das forrageiras seguiram as recomendações de acordo com a necessidade das culturas. As forrageiras foram manejadas com cortes mecânicos a uma altura de 20 cm da superfície do solo. Aos 10 e 20 meses após a implantação dos tratamentos foram realizadas as coletas de solo para a determinação dos atributos químicos, em três camadas. Os teores de K<sup>+</sup> aumentaram em relação à condição inicial, onde o monocultivo apresentou os maiores teores. Aos dois anos de implantação, os arranjos silvipastoris possuem uma predisposição para acidificação do solo e maior exigência em potássio em relação ao monocultivo de forrageiras, não havendo alterações significativas relevantes nos demais atributos químicos.

Palavras-chave: solo arenoso, sistema integrado, *Acacia mangium* Willd., *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich) R. D. Webster, *Panicum maximum* Jacq..

ABSTRACT - The silvopastoral systems (SPSs) are indicated for the adequate management of sandy soils, as they guarantee greater biodiversity and sustainability to the agro-ecosystem, with positive effects on the organic matter and other chemical characteristics of the soil. The objective of this study was to evaluate the chemical attributes of a sandy soil, in the implementation phase of spatial arrangements with forage grasses in silvopastoral system and in monoculture. The experiment was conducted at the São Miguel farm, in Cachoeira de Goiás-GO. The experimental design adopted was completely randomized, with plots subdivided in space, with four replications. The plots corresponded to four spatial arrangements: three SPS arrangements with acacia (10×4, 15×4 and 20×4 m) and a monoculture of grasses, and the subplots were composed of three grass cultivars: Braúna, Marandu and Massai. Soil correction was carried out with the application of 1.3 Mg ha<sup>-1</sup> of limestone and the fertilization of trees and forages followed the recommendations according to the needs of the crops. The forages were handled with mechanical cuts at a height of 20 cm from the soil surface. At 10 and 20 months after the

implantation of treatments, soil collections were carried out to determine chemical attributes, in three layers. The  $K^+$  levels increased in relation to the initial condition, where the monoculture had the highest levels. After two years of implantation, the silvopastoral arrangements have a predisposition for acidification of the soil and greater demand for potassium in relation to the monoculture of forages, with no significant applicable changes in the other chemical attributes.

Keywords: sandy soil, integrated system, *Acacia mangium* Willd., *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich) R. D. Webster, *Panicum maximum* Jacq..

## 1.1. INTRODUÇÃO

Os Neossolos Quartzarênicos são solos essencialmente arenosos, sem contato lítico ou lítico fragmentário dentro de 0,5 m a partir da superfície. A textura pode apresentar-se como areia ou areia franca até 1,5 m de profundidade (Santos et al., 2018). No Brasil, os Neossolos Quartzarênicos são a principal classe de solos arenosos, ocupando 11% da área do país e 5% da área do Estado de Goiás (Sano et al., 2007; Kluthcouski & Cordeiro, 2015).

Segundo Donagemma et al. (2016) os solos de textura arenosa, são caracterizados pela estrutura fraca, pequena granular ou grão simples, o que atribui friabilidade e alta suscetibilidade a erosão. São considerados de baixa aptidão agrícola, os quais requerem manejos específicos para cultivos, uma vez que são vulneráveis a degradação e a perdas de solo por erosão, devido sua fragilidade textural, estrutural e química (Souza et al., 2006; Albuquerque et al., 2015).

São solos de baixa fertilidade natural, baixa capacidade de troca catiônica (CTC), saturados com alumínio tóxico às plantas, baixos teores de matéria orgânica e baixa capacidade de retenção de nutrientes e de água. Devido a essas características peculiares, esses solos são considerados marginais e, em geral, ocupados por pastagens apresentando algum estágio de degradação (Carmo & Val, 2013; Kluthcouski & Cordeiro, 2015).

Dentre as principais causas que contribuem para a degradação das pastagens, destaca-se o manejo inadequado, tanto do solo quanto dos animais, como ausência de reposição de nutrientes e correção do solo, altas taxas de lotação e pisoteio animal (Macedo, 2009). A recuperação das pastagens degradadas depende do reestabelecimento da cobertura vegetal do solo, principalmente com espécies nodulíferas que fixam nitrogênio simbioticamente, visto que a baixa disponibilidade de nutrientes no solo,

principalmente de N, é uma das causas mais importantes para a degradação das pastagens cultivadas (Myers & Robbins, 1991; Carvalho & Xavier, 2005).

Nesse sentido e por serem solos que se esgotam rapidamente com poucos anos de uso e necessitarem de manejo planejado para oferecerem condições às produções, os sistemas integrados de produção, como os sistemas silvipastoris (SSPs), são indicados para o manejo adequado desses solos arenosos, uma vez que garantem maior biodiversidade e sustentabilidade aos agroecossistemas, quando comparados a monocultivos. Com a adoção de sistemas de produção sustentáveis, atualmente, esses solos arenosos vem ganhando interesse econômico (Spera et al., 1999; Bernardino & Garcia, 2009; Kluthcouski & Cordeiro, 2015; Donagemma et al., 2016).

A adoção de práticas conservacionistas nesses solos pode aumentar ou ao menos manter sua capacidade produtiva, com efeitos positivos sobre a matéria orgânica do solo, refletindo diretamente ou indiretamente nas características químicas (Frazão et al., 2008). Além disso, o aumento da complexidade leva à maior resiliência dos sistemas de produção agrícola e a presença de espécies forrageiras associa-se a melhor qualidade do solo (Salton et al., 2014).

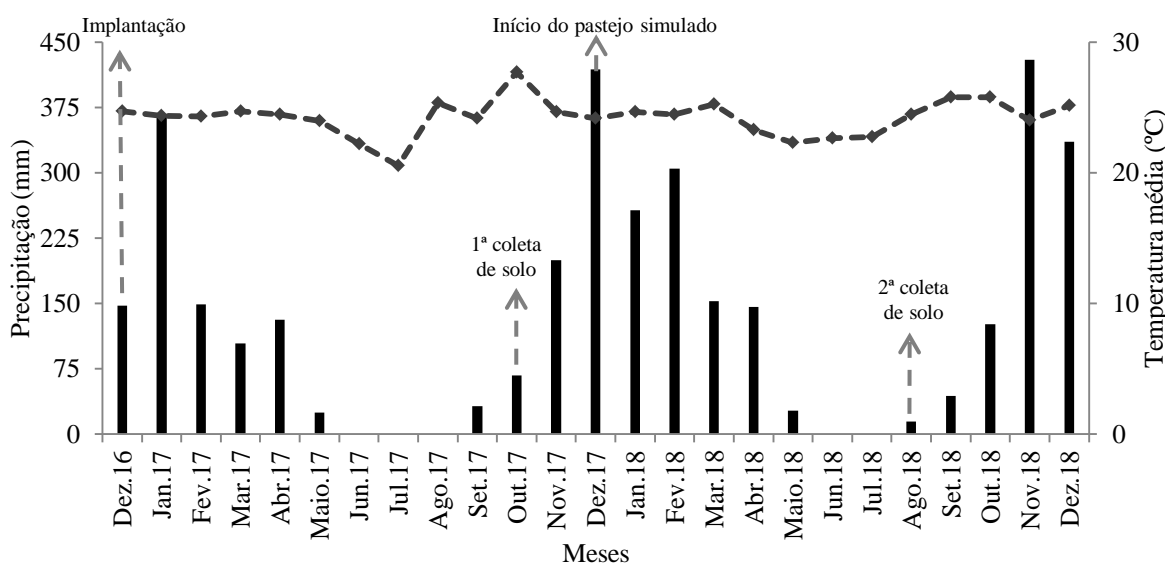
Nos SSPs, as arbóreas introduzidas nas pastagens fornecem um estrato adicional de vegetação no ambiente, podendo exercer importante papel na conservação do solo e na recuperação da sua fertilidade, sendo mais evidente em solos de baixa fertilidade, como no caso dos solos arenosos (Carvalho & Xavier, 2005).

De acordo com Dias et al. (2007) as leguminosas arbóreas contribuem para a redução das perdas de nutrientes por erosão e lixiviação, expressivas em solos arenosos. As árvores ao explorarem camadas do subsolo, absorvem nutrientes e os depositam na superfície, por meio da decomposição da serapilheira e das raízes, favorecendo o acúmulo de matéria orgânica do solo (MOS) e elevando a capacidade de troca de cátions e a retenção de nutrientes.

Diante do exposto, e da hipótese que mesmo em situação de solo com baixa reserva de nutrientes, o sistema integrado é capaz de proporcionar melhor qualidade dos atributos químicos, pela manutenção da água e maior aporte de resíduos ao solo, objetivou-se com este estudo avaliar os atributos químicos de um solo arenoso, na fase de implantação de arranjos espaciais com gramíneas forrageiras em sistema silvipastoril e em monocultivo.

## 1.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Cachoeira de Goiás–GO, na fazenda São Miguel, cujas coordenadas geográficas são 16° 39' 53" S e 50° 36' 42" O e 845 m de altitude. O clima predominante na região é do tipo Aw, típico das savanas e com duas estações bem definidas: uma seca e amena (outono e inverno) e outra quente e úmida (primavera e verão), segundo a classificação de Köppen (1948). Durante o ano de 2017 e de 2018 a precipitação pluviométrica na área experimental foi de 1.492 mm e 1.837 mm, respectivamente, e a temperatura média mensal durante o período foi 24°C (Figura 1.1).



**Figura 1.1.** Precipitação pluviométrica <sup>(1)</sup> (mm) e temperatura média do ar <sup>(2)</sup> (°C) obtida na área experimental no período de dezembro de 2016 a dezembro de 2018. Cachoeira de Goiás–GO. <sup>(1)</sup> Dados obtidos de pluviômetros localizados no experimento e <sup>(2)</sup> da estação meteorológica automática localizada no município de Paraúna-GO, distante 46 km da área experimental, aproximadamente. Fonte: INMET, 2016, 2017, 2018.

A área estava sendo utilizada de forma extensiva, com pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, desde o ano agrícola de 1986/87, sem aplicação de fertilizantes e corretivos durante o período, apresentando sinais de degradação como perda de produtividade e presença de invasoras.

Para a correção do solo e determinação dos níveis de adubação a serem aplicados nos tratamentos, além da caracterização química e granulométrica da área experimental, foram coletadas 10 subamostras de solo para compor uma amostra

composta, nas camadas de 0 a 0,2 m, 0,2 a 0,4 m e 0,4 a 0,6 m, em agosto de 2016 (Tabela 1.1).

**Tabela 1.1.** Caracterização química e granulometria do solo da área experimental antes da implantação do experimento<sup>(1)</sup>. Cachoeira de Goiás-GO, 2016.

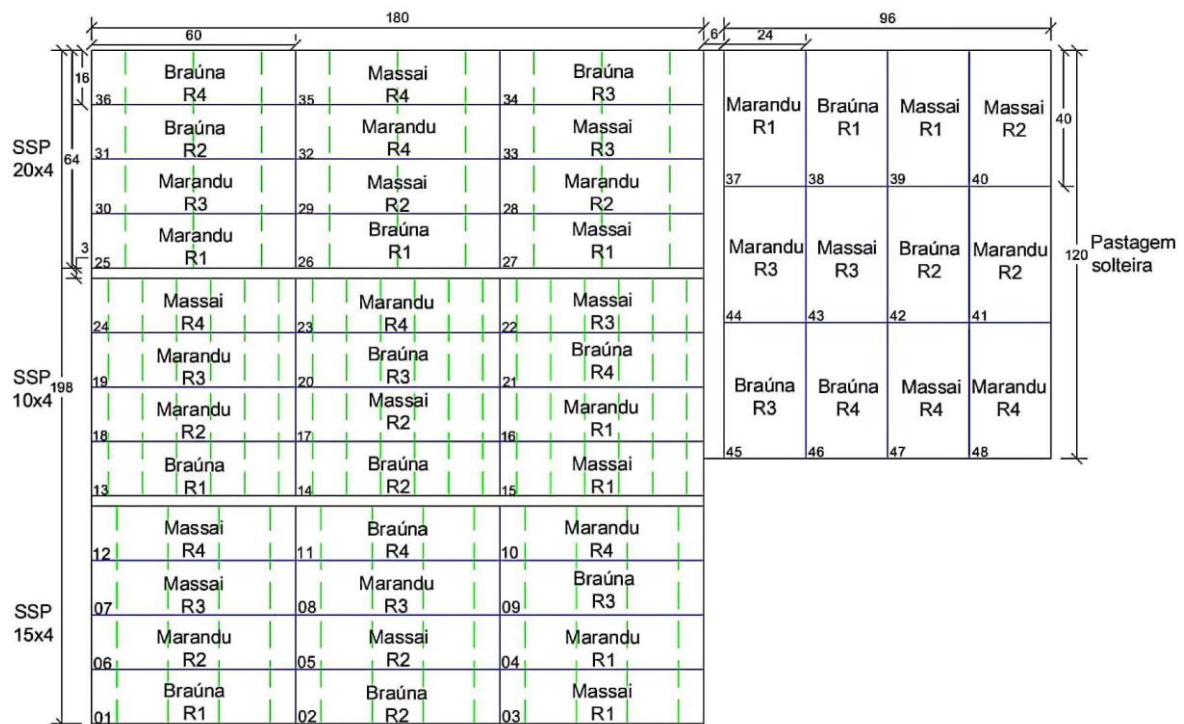
Prof.	pH	M.O.	P (mel.)	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V	m	Argila	Silte	Areia
M	CaCl <sub>2</sub>	%	-- mg dm <sup>-3</sup> --				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%	%	g kg <sup>-1</sup>		
0-0,2	4,1	1,4	0,8	14,0	0,2	0,1	0,5	1,7	2,1	17,2	59,5	90,0	40,0	870,0
0,2-0,4	4,2	0,7	0,5	5,0	0,2	0,1	0,5	1,6	1,9	16,8	61,7	70,0	30,0	900,0
0,4-0,6	4,2	0,7	0,3	3,0	0,3	0,1	0,5	1,3	1,7	24,3	55,0	90,0	40,0	870,0

<sup>(1)</sup> Determinada no SOLOCRIA Laboratório Agropecuário Ltda. Av. Goiás, nº 5106, St. Urias Magalhães, Goiânia-GO.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), com parcelas subdivididas no espaço, com quatro repetições. As parcelas corresponderam a quatro arranjos espaciais (área de 11.520 m<sup>2</sup>): três arranjos de SSP com *Acacia mangium* (SSP 10×4 m, SSP 15×4 m e SSP 20×4 m, com população de 250, 167 e 125 árvores ha<sup>-1</sup>, respectivamente) e um monocultivo de gramíneas (M). Já as subparcelas (área de 960 m<sup>2</sup>) foram compostas por três cultivares de gramíneas: *Urochloa brizantha* cv. Braúna, *U. brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Massai, cultivadas nas entrelinhas das árvores e em monocultivo (Figura 2.1).

No mês de outubro de 2016 foi realizada a correção do solo com aplicação de 1,3 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (CaO= 35,5%; MgO= 14,4%; PRNT= 87,6%), distribuído a lanço e posteriormente incorporado com grade aradora. Para a recomendação utilizou-se o método da neutralização do Al<sup>3+</sup> e da elevação dos teores de Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> (Alvarez V. & Ribeiro, 1999).

A implantação dos tratamentos ocorreu durante o mês de dezembro de 2016. As mudas de *Acacia mangium* foram plantadas em covas (15x10 cm), com disposição em nível de renques constituídos por linhas simples e no sentido leste-oeste, com adubação de plantio de 40 g planta<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tonini et al., 2010), na forma de superfosfato simples. As sementes das cultivares de forrageiras foram semeadas a lanço entre os renques das árvores e em monocultivo, utilizando 12,5 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de Braúna e Marandu (60% de sementes puras e viáveis) e 14,5 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de Massai (40% de sementes puras e viáveis), juntamente com a adubação de base na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Martha Júnior et al., 2007), na forma de fosfato monoamônico (MAP), e incorporadas com grade niveladora.



**Figura 1.2.** Disposição dos tratamentos em campo, de acordo com o delineamento inteiramente casualizado e em parcelas subdivididas. Cachoeira de Goiás-GO.

Nas árvores, em cobertura, foram aplicadas  $20 \text{ g planta}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  aos 30 dias após o plantio em campo (DAPC). Em janeiro de 2018 foram aplicadas e incorporadas na projeção da copa:  $16 \text{ g planta}^{-1}$  de N,  $80 \text{ g planta}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $30 \text{ g planta}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , na forma de organomineral (GEOFERT: 06-30-00) e do formulado 05-25-15, e  $10 \text{ g planta}^{-1}$  de FTE-BR 12 (1,8% de B; 0,9% de Cu; 3,0% de Fe; 2,1% de Mn; 0,1% de Mo; 9,0% de Zn e 3,0% de S).

As forrageiras foram manejadas com cortes mecânicos a uma altura de 20 cm da superfície do solo, sem remoção do material vegetal da área durante o ano de 2017. No ano de 2018 efetuou-se a remoção do material vegetal a fim de simular um pastejo intermitente de bovinos.

Nas forrageiras foram aplicados em cobertura:  $65 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , parcelado durante o mês de abril e novembro de 2017, e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $35 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , parcelado durante o mês de fevereiro e abril de 2018. Para as adubações de cobertura nas forrageiras foram seguidas as recomendações descritas em Martha Júnior et al. (2007).

Aos 10 meses (outubro de 2017) e 20 meses (agosto de 2018) após a implantação dos tratamentos foram realizadas as coletas de solo para a determinação dos atributos químicos. Em cada tratamento coletou-se 6 subamostras deformadas de solo perfazendo uma amostra composta nas camadas de 0 a 0,1 m, 0,1 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m, com o auxílio do trado tipo caneco. Nos arranjos silvipastoris metade das subamostras foram coletadas na linha das árvores e a outra metade no centro do espaçamento entre os renques.

Todas as amostras foram identificadas e levadas para o Laboratório de Análise de Substrato e Solo (LASSOLO) da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO (EA/UFG). Os atributos químicos pH ( $\text{CaCl}_2$ );  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  trocáveis; P e  $\text{K}^+$  extraíveis, utilizou-se Mehlich I; acidez potencial (H+Al) e teor de matéria orgânica do solo (MOS) foram determinados de acordo com os métodos descritos por Claessen (1997). Posteriormente, foram calculados os parâmetros complementares da análise de solo: a CTC potencial a pH 7,0 (T), a porcentagem de saturação por bases (V%) e por alumínio (m%).

A fim de classificar o solo da área experimental foi aberto um perfil com profundidade de dois metros, durante o mês de maio de 2018, para a descrição da morfologia do solo e coleta de amostras de solo em cada horizonte para a determinação da granulometria pelo método do densímetro (Claessen, 1997), de acordo com os procedimentos descritos em Santos et al. (2015). O perfil foi classificado até o 4º nível categórico como Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico (RQo), com textura arenosa, de acordo com o chaveamento e os critérios estabelecidos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, composta pelos efeitos fixos: arranjos (Aj), cultivares (C), ano (A) e as interações (Aj×C) e (AJ×A) e quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico AgroEstat (Barbosa & Maldonado Junior, 2015).

### 1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A condição inicial do solo da área experimental é definida por uma baixa fertilidade e presença de acidez, com baixos teores de cátions básicos trocáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ ) e de fósforo ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) e alta saturação por alumínio (m%) (Tabela 1.1), o que é típico do solo em estudo, um Neossolo Quartzarênico. Os baixos teores de cátions trocáveis em Neossolos estão relacionados com a baixa CTC e as perdas de nutrientes (via lixiviação e/ou erosão) pouco retidos nos sítios de troca, devendo ser manejados de forma criteriosa para a não degradação do ambiente e o alcance máximo do potencial produtivo (Carneiro et al., 2009).

A matéria orgânica do solo (MOS) inicialmente (1,4%) encontrava-se em teores adequados para essa classe de solo (Sousa & Lobato, 2004), associada ao uso da área sem revolvimento com espécies forrageiras, as quais devido à presença de um sistema radicular agressivo e volumoso proporcionam estabilidade ou até mesmo aumento da MOS (D'Andréa et al., 2004; Faccin et al., 2016).

Com o preparo do solo adotado na implantação do experimento, ocasionou uma redução nos teores de MOS para abaixo de 1% (Tabelas 1.2 e 1.3), interpretados como médio/baixo para a classe textural arenosa (Sousa & Lobato, 2004). Os métodos de preparo do solo incorporam e aumentam o contato dos resíduos culturais com o solo, estimulando temporariamente a microbiota e acelerando a decomposição da matéria orgânica (Lisboa et al., 2012).

Somente na camada de 0 a 0,1 m não foi significativa à interação entre os tratamentos para a MOS, onde o monocultivo apresentou os maiores teores não diferindo do SSP 10×4 m e SSP 15×4 m (Tabela 1.2). Nessa mesma camada, a cultivar Braúna proporcionou a maior porcentagem de MOS, não diferindo da cultivar Massai. Observa-se uma redução da MOS de um ano para o outro no monocultivo para as três camadas avaliadas (Tabela 1.4).

De acordo com Frazão et al. (2010) em Neossolos degradados a recuperação da MOS é lenta, mesmo empregando práticas conservacionistas do solo, como o plantio direto, e adubações corretivas. Os autores ressaltam a importância da implantação de sistemas de produção que mantenham ou incrementam a MOS logo nos primeiros anos nesses solos, os quais promovem aporte elevado de resíduos, como os sistemas integrados.

**Tabela 1.2.** Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico cultivado com gramíneas em monocultivo (M) e em arranjos de sistema silvipastoril (SSP) com *Acacia mangium*, nas camadas de 0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,4 metros. Médias de duas coletas de solo em anos consecutivos (2017 e 2018). Cachoeira de Goiás-GO.

Trat.	MOS	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	m	V
	%	CaCl <sub>2</sub>	---- mg dm <sup>-3</sup> ----	-----	-----	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	-----	-----	----- % -----	-----
Arranjos											
0-0,1 m											
M	0,9 a	4,7 a	*	33,8 a	0,7 a	*	2,2 b	0,3 c	3,3 ab	23,2 c	32,5 ab
SSP 10×4	0,8 ab	4,6 ab	*	21,1 c	0,8 a	*	2,0 b	0,5 b	3,1 b	31,6 b	35,6 a
SSP 15×4	0,7 ab	4,4 c	*	24,9 b	0,7 a	*	2,5 a	0,5 b	3,5 a	33,4 ab	27,8 c
SSP 20×4	0,7 b	4,5 bc	*	22,8 bc	0,6 a	*	2,3 ab	0,6 a	3,2 ab	40,2 a	29,4 bc
Cultivares											
Braúna	0,9 a	4,6 a	*	27,3 a	0,8 a	*	2,3 a	0,5 a	3,4 a	31,8 a	33,1 a
Marandu	0,7 b	4,5 b	*	23,8 b	0,6 b	*	2,3 a	0,5 a	3,2 a	32,6 a	29,4 b
Massai	0,8 ab	4,6 a	*	25,8 ab	0,7 ab	*	2,2 a	0,5 a	3,2 a	31,8 a	31,4 ab
Arranjos											
0,1-0,2 m											
M	*	4,5 a	*	21,9 a	0,6 a	0,2 a	2,3 ab	0,4 b	3,2 a	33,1 c	28,2 a
SSP 10×4	*	4,4 ab	*	12,3 b	0,6 a	0,2 ab	2,0 b	0,6 a	2,8 b	40,5 b	29,5 a
SSP 15×4	*	4,3 c	*	14,5 b	0,5 ab	0,2 ab	2,5 a	0,6 a	3,3 a	44,4 ab	22,1 b
SSP 20×4	*	4,3 bc	*	14,6 b	0,5 b	0,2 b	2,5 a	0,6 a	3,1 ab	46,5 a	22,0 b
Cultivares											
Braúna	*	4,4 a	*	16,9 a	0,6 a	0,2 a	2,4 a	0,6 a	3,1 a	41,8 a	25,7 a
Marandu	*	4,3 a	*	15,6 ab	0,5 a	0,2 a	2,3 a	0,6 a	3,1 a	43,0 a	24,6 a
Massai	*	4,4 a	*	15,0 b	0,6 a	0,2 a	2,3 a	0,5 a	3,1 a	38,6 a	26,1 a
Arranjos											
0,2-0,4 m											
M	*	4,3 a	1,1 b	14,8 a	*	0,2 ab	2,4 a	0,7 a	2,8 ab	58,4 ab	17,7 ab
SSP 10×4	*	4,2 b	1,7 a	9,3 b	*	0,2 a	2,1 b	0,7 a	2,6 b	54,3 ab	22,7 a
SSP 15×4	*	4,2 b	1,6 a	10,8 b	*	0,1 ab	2,3 a	0,6 a	2,8 ab	52,5 b	18,1 ab
SSP 20×4	*	4,1 b	1,1 b	10,4 b	*	0,1 b	2,5 a	0,7 a	2,9 a	60,1 a	14,9 b
Cultivares											
Braúna	*	4,2 a	1,4 a	10,6 a	*	0,1 a	2,4 a	0,7 a	2,9 a	55,5 a	19,0 a
Marandu	*	4,2 a	1,4 a	11,9 a	*	0,1 a	2,3 a	0,7 a	2,8 a	57,9 a	17,7 a
Massai	*	4,2 a	1,4 a	11,4 a	*	0,2 a	2,3 a	0,7 a	2,8 a	55,6 a	18,3 a

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

\* Os dados apresentaram interação significativa. As médias estão apresentadas na Tabela 1.3.

Ávila et al. (2001) avaliando o armazenamento e a fixação de carbono em sistemas agroflorestais com café, em sistema silvipastoril com *U. brizantha* e em pastagens em monocultivo, encontraram que o carbono total armazenado foi maior no SSP do que na pastagem em monocultivo e que a taxa anual de fixação de C foi maior no SSP *Urochloa-A. mangium* (2,2 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). Sendo assim, acredita-se que essas diferenças

encontradas no presente trabalho entre o monocultivo e os arranjos silvipastoris aumentam com o tempo da implantação.

**Tabela 1.3.** Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico cultivado com gramíneas em monocultivo (M) e em arranjos de sistema silvipastoril (SSP) com *Acacia mangium*, nas camadas de 0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,4 metros. Médias de duas coletadas de solo em anos consecutivos (2017 e 2018). Cachoeira de Goiás-GO.

Arranjos	M	SSP 10×4	SSP 15×4	SSP 20×4	Média	M	SSP 10×4	SSP 15×4	SSP 20×4	Média
0-0,1 m										
Cultivares	P (mg dm <sup>-3</sup> )					Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				
Braúna	5,7 Aa	5,9 Aa	6,3 Aa	4,4 Ab	5,6	0,3 Aab	0,3 Aa	0,3 Aa	0,3 Aa	0,3
Marandu	4,3 Ba	6,3 ABa	6,3 ABa	6,7 Aa	5,9	0,3 Aa	0,3 ABa	0,2 Bb	0,2 Ba	0,3
Massai	6,4 ABa	4,9 BCa	7,5 Aa	4,0 Cb	5,7	0,2 Ab	0,3 Aa	0,2 Ab	0,2 Aa	0,2
Média	5,5	5,7	6,7	5,0		0,3	0,3	0,2	0,2	
0,1-0,2 m										
Cultivares	MOS (%)					P (mg dm <sup>-3</sup> )				
Braúna	0,7 Aa	0,5 Ab	0,6 Ab	0,6 Aa	0,6	1,8 Ba	2,7 Aa	2,7 Aab	1,8 Bab	2,3
Marandu	0,7 ABa	0,7 Aa	0,5 Bb	0,7 Aa	0,6	1,8 Ba	2,8 Aa	2,4 ABb	2,4 ABa	2,4
Massai	0,8 Aa	0,5 Bb	0,8 Aa	0,7 ABa	0,7	2,2 BCa	2,9 ABa	3,4 Aa	1,5 Cb	2,5
Média	0,7	0,6	0,6	0,7		1,9	2,8	2,8	1,9	
0,2-0,4 m										
Cultivares	MOS (%)					Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				
Braúna	0,5 ABab	0,6 Aa	0,4 Ba	0,5 ABa	0,5	0,4 Aa	0,4 Aab	0,4 Aa	0,4 Aa	0,4
Marandu	0,4 Ab	0,4 Aa	0,3 Aa	0,5 Aa	0,4	0,3 ABa	0,4 Ab	0,4 Aa	0,2 Bb	0,3
Massai	0,6 Aa	0,5 ABa	0,3 Ba	0,4 Ba	0,4	0,3 Ba	0,5 Aa	0,3 Ba	0,2 Bb	0,3
Média	0,5	0,5	0,3	0,5		0,3	0,4	0,4	0,3	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Para as variáveis da acidez do solo (pH, H+Al e Al<sup>3+</sup>), somente o pH, na camada de 0 a 0,1 m, obteve diferença significativa para as cultivares de forrageiras, com a cultivar Marandu proporcionando valores mais baixos de pH. O solo manteve-se em condição ácida nas duas avaliações (Anos 2017 e 2018), mesmo com a correção do solo na implantação do experimento, necessitando do acompanhamento para a reaplicação de corretivos em superfície.

O monocultivo de forrageiras apresentou os maiores valores de pH, não diferindo do SSP 10×4 m até os 0,2 m de profundidade (Tabela 1.2). Possivelmente, a presença da leguminosa arbórea nos arranjos silvipastoris proporciona acidificação do solo, devido ao desbalanço na proporção de cátions/ânions e extrusão de íons H<sup>+</sup>, no processo de

fixação de N, onde a acidez gerada pode variar de 0,2 a 0,7 unidades de pH por mol de N fixado (Lopes, 1998; Sousa et al., 2007).

O mesmo comportamento foi observado por Schiavo et al. (2009), os quais constataram aumento da acidez do solo em áreas cobertas com eucalipto e acácia em todas as idades de plantio, devido ao maior incremento de MOS e fixação biológica do nitrogênio atmosférico nessas áreas.

Concomitantemente, os arranjos silvipastoris, com maior diversidade de culturas, proporcionam maior remoção de cátions básicos, o que favorece maiores concentrações dos íons  $H^+$  e  $Al^{3+}$  no complexo sortivo do solo, acidificando-o (Sousa et al., 2007). As maiores concentrações de  $Al^{3+}$  até os 0,2 m de profundidade, bem como a porcentagem de saturação por alumínio (m%), ocorre nos arranjos silvipastoris, não havendo diferença entre os tratamentos na camada de 0,2 a 0,4 m (Tabela 1.2), por se tratar de uma camada abaixo da camada arável e atuação dos corretivos aplicados no solo.

De acordo com Yamashita et al. (2008) a translocação dos cátions básicos do solo para a biomassa vegetal pode causar uma diminuição nos cátions trocáveis e na acidificação do solo em plantações de acácia.

A porcentagem de saturação por alumínio (m%) no solo encontra-se alta, com teores acima de 20%, não ocorrendo diferença entre as cultivares de forrageiras (Tabela 1.2). Para o monocultivo não houve diferença entre os anos, porém para os arranjos de SSP houve uma redução da m% no ano de 2018, apresentando o mesmo comportamento para os teores de  $Al^{3+}$ , nas três camadas avaliadas (Tabela 1.4).

Os menores valores de  $Al^{3+}$  e de m% no monocultivo (Tabela 1.2) podem ser atribuídos ao maior pH nesse arranjo. A redução desses dois atributos químicos nos arranjos de SSP de um ano para outro, pode ser explicada pela provável reação de complexação do  $Al^{3+}$  com compostos orgânicos, oriundos da decomposição de resíduos vegetais e da exsudação via sistema radicular. Esses compostos orgânicos são melhores distribuídos em solos sob florestas, sistemas agroflorestais e sistema de plantio direto (Silva & Mendonça, 2007).

**Tabela 1.4.** Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico cultivado com gramíneas em monocultivo (M) e em arranjos de sistema silvipastoril (SSP) com *Acacia mangium*, nas camadas de 0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,4 metros, em dois anos consecutivos. Cachoeira de Goiás-GO.

Atributos	Ano	0-0,1 m				0,1-0,2 m				0,2-0,4 m			
		M	SSP 10×4	SSP 15×4	SSP 20×4	M	SSP 10×4	SSP 15×4	SSP 20×4	M	SSP 10×4	SSP 15×4	SSP 20×4
MOS (%)	2017	1,0 a	0,8 a	0,9 a	0,8 a	0,8 a	0,6 a	0,6 a	0,8 a	0,5 a	0,5 a	0,4 a	0,5 a
	2018	0,8 b	0,8 a	0,6 b	0,6 a	0,6 b	0,6 a	0,6 a	0,5 b	0,4 b	0,4 b	0,3 a	0,5 a
pH (CaCl <sub>2</sub> )	2017	4,6 a	4,6 a	4,4 a	4,5 a	4,4 b	4,4 a	4,3 a	4,2 b	4,1 b	4,2 a	4,2 a	4,1 a
	2018	4,7 a	4,5 a	4,3 a	4,5 a	4,6 a	4,4 a	4,2 a	4,3 a	4,5 a	4,1 a	4,1 a	4,1 a
P (mg dm <sup>-3</sup> )	2017	6,2 a	6,7 a	8,2 a	6,6 a	2,4 a	3,4 a	3,5 a	2,6 a	1,2 a	2,0 a	2,0 a	1,6 a
	2018	4,7 b	4,7 b	5,2 b	3,5 b	1,5 b	2,3 b	2,2 b	1,3 b	1,0 b	1,5 b	1,2 b	0,7 b
K (mg dm <sup>-3</sup> )	2017	29,8 b	18,8 b	18,3 b	16,8 b	21,4 a	11,4 a	10,3 b	11,0 b	14,0 a	9,2 a	8,0 b	8,3 b
	2018	37,8 a	23,4 a	31,5 a	28,8 a	22,3 a	13,2 a	18,8 a	18,2 a	15,6 a	9,3 a	13,5 a	12,4 a
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2017	0,5 b	0,5 b	0,4 b	0,5 b	0,4 b	0,4 b	0,3 b	0,3 b	0,2 b	0,3 b	0,2 b	0,2 b
	2018	0,9 a	1,0 a	0,9 a	0,8 a	0,8 a	0,8 a	0,7 a	0,6 a	0,4 a	0,6 a	0,5 a	0,3 a
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2017	0,4 a	0,4 a	0,3 a	0,2 a	0,3 a	0,3 a	0,3 a	0,2 a	0,2 a	0,2 a	0,2 a	0,1 a
	2018	0,2 b	0,1 b	0,2 b	0,2 a	0,1 b	0,1 b	0,1 b	0,1 b	0,1 b	0,1 b	0,1 b	0,1 b
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2017	2,5 a	2,1 a	2,5 a	2,5 a	2,7 a	2,2 a	2,4 a	2,9 a	2,7 a	2,2 a	2,3 a	2,9 a
	2018	1,9 b	1,9 a	2,6 a	2,0 b	2,0 b	1,9 b	2,7 a	2,1 b	2,0 b	1,9 b	2,4 a	2,1 b
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2017	0,3 a	0,7 a	0,8 a	0,9 a	0,5 a	0,7 a	0,8 a	0,8 a	0,7 a	0,8 a	0,7 a	0,9 a
	2018	0,3 a	0,3 b	0,3 b	0,4 b	0,4 a	0,5 b	0,4 b	0,4 b	0,7 a	0,6 b	0,5 b	0,4 b
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2017	3,5 a	3,1 a	3,2 b	3,3 a	3,5 a	2,9 a	3,0 b	3,4 a	3,1 a	2,7 a	2,7 b	3,2 a
	2018	3,0 b	3,1 a	3,8 a	3,1 a	3,0 b	2,8 a	3,5 a	2,9 b	2,5 b	2,6 a	3,0 a	2,6 b
m (%)	2017	24,1 a	41,0 a	48,7 a	52,9 a	35,7 a	48,9 a	56,0 a	58,4 a	60,2 a	61,4 a	62,6 a	71,7 a
	2018	22,3 a	22,3 b	18,0 b	27,4 b	30,5 a	32,1 b	32,9 b	34,6 b	56,6 a	47,2 b	42,4 b	48,5 b
V (%)	2017	27,0 b	32,4 b	24,3 b	23,6 b	22,8 b	25,2 b	19,9 b	16,0 b	14,0 b	18,6 b	14,9 b	11,5 b
	2018	38,0 a	38,8 a	31,2 a	35,3 a	33,6 a	33,9 a	24,3 a	28,1 a	21,3 a	26,7 a	21,4 a	18,4 a

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, entre os dois anos, não diferem entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Com o manejo da adubação adotado não foi possível ajustar os teores de fósforo a níveis adequados no solo (acima de  $11 \text{ mg dm}^{-3}$ ), mas mesmo com o baixo uso de fertilizantes e intensificação da produção com o uso de sistemas integrados, os níveis foram aumentados em relação a condição inicial, passando a serem considerados baixos/médios (Martha Júnior et al., 2007). Os teores de fósforo foram reduzidos nas três camadas de 2017 para 2018 (Tabela 1.4), onde nesse último ano foi realizado o manejo do pastejo, com remoção de parte da produção das forrageiras da área como simulação de um pastejo intermitente de animais.

Os arranjos com maior densidade de arbóreas proporcionaram os maiores teores de fósforo (SSP  $10 \times 4 \text{ m}$  e SSP  $15 \times 4 \text{ m}$ ), principalmente na camada de solo de 0,2 a 0,4 m (Tabela 1.2). O componente arbóreo, por meio de suas raízes, possui a capacidade de absorver nutrientes de camadas mais profundas do solo e por um processo de reciclagem, disponibilizarem esses nutrientes em camadas superficiais, após a decomposição da serapilheira e das raízes (Ribaski et al., 2001; Dias et al., 2007). Além disso, o P pode estar distribuído em camadas mais profundas, dependendo do tipo do solo, como mostram Ucker et al. (2015). Esses autores observaram aumento dos teores desse elemento para profundidade até 0,6 m, indicando mobilidade do P no perfil de um Neossolo Quartzarênico.

O efeito de árvores de *A. mangium* sobre alguns atributos químicos do solo foi avaliado por Xavier et al. (2003), os quais encontram uma diferença a favor da sombra dessas árvores em relação aos teores de P a pleno sol, de 63% e 26%, respectivamente, nas camadas 0 a 0,1 m e 0,1 a 0,2 m.

Schiavo et al. (2009) trabalhando com amostras de substratos de áreas degradadas por extração de argila revegetadas com *A. mangium* e *Eucalyptus*, obtiveram 43% e 41% de aumentos nos teores de P e K, respectivamente, para cobertura de 3 anos de acácia em relação à cobertura de gramíneas. Os autores associam esse aumento a grande deposição de biomassa por essa arbórea, entorno de  $13,6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de matéria seca (Andrade et al., 2000).

Em contrapartida, Diel et al. (2014) avaliando a distribuição horizontal e vertical de P disponível em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) com *Eucalyptus*, não observaram diferença significativa entre as distâncias de amostragem em relação ao renque e nem entre as profundidades (até 0,3 m), concluindo que até o segundo

ano de implantação, os processos de ciclagem biogeoquímica de P pelo componente arbóreo ainda não foram suficientes para afetar a disponibilidade desse nutriente.

Nas camadas avaliadas, os teores de  $K^+$  aumentaram em relação à condição inicial, porém não atingiu a disponibilidade adequada no solo, acima de  $31 \text{ mg dm}^{-3}$  de acordo com Sousa & Lobato (2004). Esse elemento teve teores superiores no monocultivo, ocorrendo diferença entre os três arranjos silvipastoris somente na camada de 0 a 0,1 m, onde o SSP  $10 \times 4$  m apresenta os menores teores, não diferindo do SSP  $20 \times 4$  m (Tabela 1.2). Na camada superficial houve um aumento significativo de  $K^+$ , de um ano para o outro, proporcionado pelas adubações potássicas (Tabela 1.4). Essa diferença entre o monocultivo e os arranjos silvipastoris é explicada por uma maior exigência desse nutriente nos arranjos com a acácia, visto que o K é o segundo nutriente mais requerido pela espécie arbórea, principalmente nos primeiros anos, fase de rápido crescimento (Braga et al., 1995).

Santos et al. (2017) avaliando os teores de nutrientes na biomassa aérea total de *A. mangium*, cultivada em monocultivo e em consórcio com *Eucalyptus urograndis*, obtiveram uma ordem de acumulação, aos 30 meses após o plantio:  $N > K^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > P$ . Além disso, as forrageiras tem alta capacidade de extrair  $K^+$  do solo, que de acordo com Costa et al. (2010), trabalhando com três cultivares de *Urochloa*, a máxima extração de macronutrientes seguiu a ordem decrescente:  $K^+ > N > P > Mg^{2+} > S$ .

Já Xavier et al. (2003), encontraram 83 e 75% de diferença a favor da *A. mangium* em relação aos teores de  $K^+$  encontrados a pleno sol, nas camadas de 0 a 0,1 m e 0,1 a 0,2 m, respectivamente. Esses resultados divergem do presente estudo, porém a avaliação foi feita quando as árvores se encontravam com 8 anos de idade.

Os teores de  $Ca^{2+}$  não diferiram entre os arranjos espaciais de 0 a 0,1 m, ocorrendo diferença somente entre as cultivares (Tabela 1.2). Já na camada de 0,1 a 0,2 m o SSP  $20 \times 4$  m exibiu os menores teores desse nutriente, não havendo diferença entre as cultivares, apresentando esse mesmo comportamento para os teores de  $Mg^{2+}$  (Tabela 1.2). Os teores de  $Mg^{2+}$  reduziram de um ano para o outro, ao contrário do  $Ca^{2+}$  que aumentou nas três camadas avaliadas (Tabela 1.4).

De acordo com Freitas et al. (2013), trabalhando com o aporte de serapilheira e de nutrientes em sistema silvipastoril e monocultivo de forrageira, o  $Ca^{2+}$  é o segundo nutriente mais acumulado na serapilheira total, o que pode ter contribuído com o aumento dos teores desse nutriente no presente trabalho, ao longo do tempo, por meio da ciclagem de nutrientes.

A CTC com a implantação dos tratamentos foi melhorada nas camadas avaliadas, saindo da condição de baixa para média até os 0,2 m de profundidade (Sousa e Lobato, 2004). De 0 a 0,1 m o SSP 15×4 m apresentou a maior CTC, não diferindo do monocultivo na camada de 0,1 a 0,2 m. Nas três camadas o SSP 10×4 m proporcionou os menores valores de CTC, não havendo diferença entre as cultivares de forrageiras (Tabela 1.2). De um ano para o outro somente no SSP 15×4 m observou-se uma elevação da CTC, a qual reduziu no monocultivo, nas três camadas, e no SSP 20×4 m, a partir de 0,1 m (Tabela 1.4).

Nos solos das regiões com clima tropical, a matéria orgânica do solo é responsável por 75 a 85% da capacidade de troca de cátions, tendo grande importância como condicionadora de cargas no solo (Oorts et al., 2003; Siqueira Neto et al., 2009). Silva et al. (1994) encontraram uma correlação positiva entre a CTC e a MOS, onde a MOS explica 81% da variabilidade da CTC para os solos arenosos, enfatizando a importância do manejo e conservação da matéria orgânica, a qual tem decréscimos com o uso de monocultivos.

A porcentagem de saturação por bases (V%) teve um aumento de um ano para o outro (Tabela 1.4), sendo superior para o arranjo SSP 10×4 m, o qual não diferiu do monocultivo, e havendo diferença entre as cultivares somente na primeira camada avaliada, com menores teores na cultivar Marandu (Tabela 1.2).

Embora tenham sido verificadas mudanças nos atributos químicos avaliados durante os dois anos do experimento, os valores apresentados encontram-se abaixo dos níveis exigidos para as culturas cultivadas. É importante salientar que o acompanhamento do solo ao longo dos ciclos produtivos e a aplicação de práticas de manejo como adubação e correção, proporcionaria melhoria na fertilidade do solo, bem como sua conservação, evitando a degradação.

Na região do Cerrado, os Neossolos Quartzarênicos apresentam baixa fertilidade natural e a variação nos atributos químicos está ligada principalmente com o manejo da adubação e aplicação de corretivos do solo (Oliveira et al., 2017), bem como o uso do solo com sistemas consorciados com presença de espécies arbóreas, os quais incrementam os nutrientes no solo e os teores de matéria orgânica (Ávila et al., 2001; Andrade et al., 2002; Carvalho et al., 2003; Carvalho et al., 2015), com a maior fertilidade do solo nas proximidades da arbórea (Chaturvedi & Das, 2002).

Em um estudo com árvores de Baginha (*Stryphnodendron guianense* (Aubl.) Benth.), leguminosa que ocorre de forma espontânea em pastagens cultivadas nos Estados do Acre e Rondônia, Andrade et al. (2002) verificam maior fertilidade do solo sob a copa dessa arbórea, apresentando teores mais elevados de P, K<sup>+</sup> e CTC, maiores teores de matéria orgânica e de nitrogênio total e menor teor de alumínio trocável. Além disso, sob a copa das árvores a quantidade de matéria orgânica acumulada na serapilheira foi em média 2,5 vezes superior a pleno sol, com maiores quantidade de nutrientes.

A ausência de significativos incrementos dos nutrientes no solo com o uso do sistema silvipastoril em comparação ao monocultivo no presente trabalho, está associado à forma de amostragem do solo (amostra composta entre pontos próximos ao renque e no meio do espaçamento entre renque), ao tempo de condução e as baixas densidades de árvores adotadas, principalmente devido à alta mortalidade das arbóreas associada ao período seco (média de 51,7% ao final do segundo ano de implantação).

#### **1.4. CONCLUSÕES**

Aos dois anos de implantação, os arranjos silvipastoris possuem uma predisposição para acidificação do solo e maior exigência em potássio em relação ao monocultivo de forrageiras, não havendo alterações significativas relevantes nos demais atributos químicos.

#### **1.5. AGRADECIMENTOS**

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos, aos proprietários da fazenda São Miguel, à Prefeitura Municipal de Cachoeira de Goiás-GO, à Vitacal, à Matsuda e aos grupos de pesquisa/estudo SINFERT e GEFOR.

#### **1.6. REFERÊNCIAS**

ALBUQUERQUE, J. A.; ALMEIDA, J. A. de; GATIBONI, L. C.; ROVEDDER, A. P.; COSTA, F. de S. Fragilidade de solos: uma análise conceitual, ocorrência e importância agrícola para o Brasil. In: CASTRO, S. S. de; HERNANI, L. C. (Ed.). **Solos frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade**. Brasília: Embrapa, 2015. I, cap. 1, p. 25-50.

ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. cap. 8, p. 43-60.

ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em Planossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 777-785, 2000.

ANDRADE, C. M. S. de; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C. Árvores de Baginha (*Stryphnodendron guianense* (Aubl.) Benth.) em ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n. 2, p. 574-582, 2002.

ÁVILA, G.; JIMÉNEZ, F.; BEER, J.; GÓMEZ, M.; IBRAHIM, M. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. **Agroforesteria en las Americas**, Turrialba, v. 8, n. 30, p. 32-35, 2001.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat** – Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos. Jaboticabal-SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2015.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 77-87, 2009.

BRAGA, F. de A.; VALE, F. R. do; VENTORIM, N.; AUBERT, E.; LOPES, G. de A. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 18-31, 1995.

CARMO, D. A. B.; VAL, B. H. P. Classificação dos Neossolos e Nitossolos quanto a natureza física, químicas e morfológicas. **Fazu**, Uberaba, n. 10, p. 17-26, 2013.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de; REIS, E. F. dos; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CARVALHO, M. M.; XAVIER, D. F. Sistemas silvipastoris para recuperação e desenvolvimento de pastagens. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. (Ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. cap. 22, p. 497-517.

CARVALHO, M. M.; XAVIER, D. F.; ALVIM, M. J. **Arborização melhora a fertilidade do solo em pastagens cultivadas**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2003. 4p. (Comunicado Técnico 29).

CARVALHO, R. P. de; DANIEL, O.; DAVIDE, A. C.; SOUZA, F. R. de. Atributos físicos e químicos de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 148-159, 2015.

CHATURVEDI, O. P.; DAS, D. K. Effect of bund trees on soil fertility and yield of crops. **Range Management and Agroforestry**, Jhansi, v. 23, n. 2, p. 90-94, 2002.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA CNPS. Documentos 1).

COSTA, K. A. de P.; OLIVEIRA, I. P. de; SEVERIANO, E. da C.; SAMPAIO, F. de M. T.; CARRIJO, M. S.; RODRIGUES, C. R. Extração de nutrientes pela fitomassa de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n. 2, p. 307-314, 2010.

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.179-186, 2004.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; RESENDE, A. S.; URQUIAAGA, S.; ROCHA, G. P.; MOREIRA, J. F.; FRANCO, A. A. Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim Survenola crescido em consórcio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 352-356, 2007.

DIEL, D.; BEHLING, M.; FARIAS NETO, A. L. de; ISERNHAGEN, E. C. C. Distribuição horizontal e vertical de fósforo em sistemas de cultivos exclusivos de soja e de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 8, p. 639-647, 2014.

DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L. de; BALIEIRO, F. C.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; VIANA, J. H. M.; ARAÚJO FILHO, J. C. de; SANTOS, F. C. dos; ALBUQUERQUE, M. R. de; MACEDO, M. C. M.; TEIXEIRA, P. C.; AMARAL, A. J.; BORTOLON, E.; BORTOLON, L. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1003-1020, 2016.

FACCIN, F. C.; MARCHETTI, M. E.; SERRA, A. P.; ENSINAS, S. C. Frações granulométricas da matéria orgânica do solo em consórcio de milho safrinha com capim-marandu sob fontes de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 12, p. 2000-2009, 2016.

FRAZÃO, L. A.; PÍCCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 5, p. 641-648, 2008.

FRAZÃO, L. A.; SANTANA, I. K. da S.; CAMPOS, D. V. B. de; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Estoques de carbono e nitrogênio e fração leve da matéria orgânica em Neossolo

Quartzarênico sob uso agrícola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 10, p. 1198-1204, 2010.

FREITAS, E. C. S. de; OLIVEIRA NETO, S. N. de; FONSECA, D. M. da; SANTOS, M. V.; LEITE, H. G.; MACHADO, V. D. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 409-417, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Estação meteorológica de observação de superfície automática**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>. Acesso em: 2016, 2017 e 2018.

KLUTHCOUSKI, J.; CORDEIRO, L. A. M. Produção sustentável nos solos arenosos. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto, n. 40, p. 19-21, 2015.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica. 1948, 478p.

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O. da; MARTINS, A. F.; SELBACH, A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 45-55, 2012.

LOPES, A. S. Reação do solo e calagem. In: \_\_. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998. cap. 2, p. 23-36.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, p.133-146, 2009.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de. (Ed.). **Cerrado**: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 224p.

MYERS, P. K. R.; ROBBINS, G. B. Sustaining productive pastures in the tropics. 5. Maintaining productive sown grass pastures. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 25, n. 2, p. 104-110, 1991.

OLIVEIRA, T. P.; ENSINAS, S. C.; BARBOSA, G. F.; NANZER, M. C.; BARRETA, P. G. V. Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, p. 72-78, 2017.

OORTS, K.; VANLAUWE, B.; MERCKX, R. Cation exchange capacities of soil organic matter fractions in a Ferric Lixisol with different organic matter inputs. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 100, n. 2-3, p. 161-171, 2003.

RIBASKI, J.; MONTOYA, L. J.; RODIGHERI, H. R. Sistemas Agrofloretais: aspectos ambientais e socioeconômicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 61-67, 2001.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 190, p. 70-79, 2014.

SANO, E. E.; DAMBRÓS, L. A.; OLIVEIRA, G. C. de; BRITES, R. S. Padrões de cobertura de solos do Estado de Goiás. In: FERREIRA JR. (Org.). **A encruzilhada socioambiental: biodiversidade, economia e sustentabilidade no cerrado**. Goiânia: Ed. da UFG, 2007. cap. 3, p. 85-100.

SANTOS, F. M.; CHAER, G. M.; DINIZ, A. R.; BALIEIRO, F. de C. Nutrient cycling over five years of mixed-species plantations of *Eucalyptus* and *Acacia* on a sandy tropical soil. **Forest Ecology and Management**, v. 384, p. 110-121, 2017.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H. **Manual de descrição e coleta de solo em campo**. 7.ed. rev. ampl. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 170p.

SCHIAVO, J. A.; BUSATO, J. G.; MARTINS, M. A.; CANELLAS, L. P. Recovery of degraded áreas revegetated with *Acacia mangium* and *Eucalyptus* with special reference to organic matter humification. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 3, p. 353-360, 2009.

SILVA, I. R. da; MENDONÇA, E. de S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. VI, p. 275-374.

SILVA, J. E. da; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de Cerrados do oeste Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, p. 541-547, 1994.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C. da; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. V, p. 205-274.

SOUZA, E. D. de; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Alterações nas frações do carbono em um Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 305-311, 2006.

SPERA, S. T.; REATTO, A.; MARTINS, E. de S.; CORREIA, J. R.; CUNHA, T. J. F. **Solos areno-quartzosos no Cerrado**: Características, problemas e limitações ao uso. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 48p. (Documentos 7).

TONINI, H.; ANGELO, D. H.; CONCEIÇÃO, J. da S.; HERZOG, F. A silvicultura da *Acacia mangium* em Roraima. In: TONINI, H.; HALFELD-VIEIRA, B. de A.; SILVA, S. J. R. da. (Ed.). **Acacia mangium**: características e seu cultivo em Roraima. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Boa Vista: Embrapa Roraima, 2010. cap. 5, p. 83-105.

UCKER, F. E.; DE-CAMPOS, A. B.; PÉREZ, D. V.; HERMANI, L. C.; MACEDO, J. R. de; MELO, A. da S. Comportamento de nutrientes em solos frágeis sob cultivo de cana-de-açúcar na região de Mineiros, GO. In: CASTRO, S. S. de; HERNANI, L. C. (Ed.). **Solos frágeis**: caracterização, manejo e sustentabilidade. Brasília: Embrapa, 2015. II, cap. 2, p. 185-206.

XAVIER, D. F.; CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A. 2003. Melhoramento da fertilidade do solo em pastagens de *Brachiaria decumbens* associada com leguminosas arbóreas. **Pasturas Tropicais**, Colombia, v. 25, p. 21-26, 2003.

YAMASHITA, N.; OHTA, S.; HARDJONO, A. Soil changes induced by *Acacia mangium* plantation establishment: comparison with secondary forest and Imperata cylindrical grassland soils in South Sumatra, Indonesia. **Forest Ecology and Management**, v. 254, p. 362-370, 2008.

## CAPÍTULO 2

### **PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA E BROMATOLÓGICA DE FORRAGEIRAS CULTIVADAS EM SISTEMA SILVIPASTORIL E EM MONOCULTIVO<sup>4</sup>**

Tiago Camilo Duarte<sup>1</sup>; Leonardo Santos Collier<sup>2</sup>; Thiago Carvalho da Silva<sup>3</sup>; Carlos Augusto Oliveira de Andrade<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Doutorando em Agronomia na Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, GO, Brasil.

<sup>2</sup> Professor na Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, GO, Brasil.

<sup>3</sup> Professor na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Belém, PA, Brasil.

## CAPÍTULO 2. PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA E BROMATOLÓGICA DE FORRAGEIRAS CULTIVADAS EM SISTEMA SILVIPASTORIL E EM MONOCULTIVO

RESUMO - O sistema silvipastoril (SSP) é uma das principais estratégias recomendadas para a recuperação de pastagens degradadas. Porém o sombreamento proporcionado pelas árvores podem mudar a estrutura, a concentração nutricional e reduzir a produção das forrageiras em condições extremas de sombreamento. Objetivou-se com este trabalho avaliar a produtividade, a composição morfológica e bromatológica de cultivares de forrageiras em sistema silvipastoril com *Acacia mangium* e em monocultivo, implantadas em solo arenoso. O experimento foi conduzido no município de Cachoeira de Goiás-GO, na fazenda São Miguel, em um Neossolo Quartzarênico. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas no espaço, com quatro repetições. As parcelas corresponderam a quatro arranjos espaciais: três arranjos de SSP com acácia (10×4, 15×4 e 20×4 m) e um monocultivo de gramíneas. Já as subparcelas foram compostas por três cultivares de gramíneas: Braúna, Marandu e Massai. Os tratamentos foram implantados em dezembro de 2016. Para a determinação da produtividade de matéria seca, da composição morfológica e bromatológica das forrageiras foram realizados cortes a 20 cm de altura da superfície do solo. Os cortes foram agrupados em cada estação, chuvosa e seca, durante o período de dezembro de 2017 a dezembro de 2018. Durante a estação chuvosa, a produtividade de matéria seca total das cultivares Braúna, Marandu e Massai foram de 9.261; 12.428 e 17.603 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A cultivar Massai apresenta o maior potencial produtivo com maiores proporções foliares na massa de forragem e baixo valor nutritivo. Aos dois anos de implantação os arranjos silvipastoris e o monocultivo apresentam produtividades semelhantes do componente forrageiro.

Palavras-chave: Marandu, Braúna, Massai, *Acacia mangium* Willd., sistemas integrados.

ABSTRACT - The silvopastoral system (SPS) is one of the main recommended strategies for the recovery of degraded pastures. However, the shading provided by the trees can change the structure, the nutritional concentration and reduce the production of forages under extreme conditions of shading. The objective of this work was to evaluate the productivity, the morphological and chemical composition of forage cultivars in silvopastoral system with *Acacia mangium* and in monoculture, implanted in sandy soil. The experiment was conducted in the municipality of Cachoeira de Goiás – GO, on the São Miguel farm, in a Quartzene Neossol. The experimental design adopted was completely randomized, with plots subdivided in space, with four replications. The plots corresponded to four spatial arrangements: three SPS arrangements with acacia (10×4, 15×4 and 20×4 m) and a monoculture of grasses. The subplots were made up of three grass cultivars:

Braúna, Marandu and Massai. The treatments were implemented in December 2016. For the determination of dry matter productivity, morphological and bromatological composition of forages, cuts were made at a height of 20 cm from the soil surface. The cuts were grouped in each season, rainy and dry, from December 2017 to December 2018. During the rainy season, the total dry matter yield of the cultivars Braúna, Marandu and Massai was 9,261; 12,428 and 17,603 kg ha<sup>-1</sup>, respectively. The Massai cultivar has the highest productive potential with the highest leaf proportions in the forage mass and low nutritional value. After two years of implantation, silvopastoral and monoculture arrangements have similar yields for the forage component.

Keywords: Marandu, Braúna, Massai, *Acacia mangium* Willd., Integrated systems.

## 2.1. INTRODUÇÃO

A recuperação de pastagens degradadas é uma das ações que o governo brasileiro propôs durante a 15ª Conferência das Partes (COP-15) para a redução das emissões de gases de efeito estufa, bem como aumentar a adoção de sistemas agroflorestais (MAPA, 2012). Os principais fatores que desencadeiam o processo de degradação das pastagens são o excesso de lotação, manejo inadequado das pastagens, ausência de correção do solo e adubação de formação e de manutenção, uso de cultivares inadequada para a região e ausência ou falta de práticas conservacionistas do solo (Zimmer et al., 2012).

Existem estratégias agronômicas para a restauração da produtividade das pastagens, vinculada às condições edafoclimáticas locais, finalidade do empreendimento e a disponibilidade de capital e de mão-de-obra. É uma forma de aumentar a produtividade pecuária sem promover expansão de áreas, principalmente no Brasil, onde a maioria de seu rebanho é criado a pasto e em solos de média a baixa fertilidade (Dias-Filho, 2006; Ferraz & Felício, 2010).

Nesse sentido, a implantação de sistemas silvipastoris (SSPs) é uma das principais estratégias recomendadas para a recuperação da produtividade de pastagens degradadas, os quais trazem diversos benefícios ao meio ambiente, como conservação do solo e dos recursos hídricos, aumento da biodiversidade e promoção do sequestro de carbono, quando comparados à pastagem tradicional, cultivada em monocultivo (Dias-Filho, 2015). De acordo com Almeida (2010) os sistemas integrados são alternativas viáveis do ponto de vista técnico, ambiental e sócio-econômico para a recuperação e

intensificação das pastagens, porém são mais complexos, exigindo um maior investimento inicial e conhecimentos em várias áreas.

Os SSPs caracterizam-se como um tipo de sistema agroflorestal e podem ser entendidos como o processo de arborização das pastagens, onde integram intencionalmente em uma mesma área atividades silvícolas e pastoris (Porfírio-da-Silva et al., 2010; Moraes et al., 2011). O uso de SSP é considerado uma forma de intensificar a produção da pecuária em regiões tropicais, além de abordar simultaneamente questões ambientais e produtivas em ambientes degradados (Murgueitio et al., 2011).

Dentre as espécies arbóreas com potencial para compor os SSPs encontra-se a *Acacia mangium* Willd., sendo leguminosa de uso múltiplo contribui com o aumento do nitrogênio no solo por meio da simbiose e apresenta rápido crescimento inicial (Rossi et al., 2003). O incremento de nitrogênio no solo por meio da fixação biológica em cultivos de forrageiras é importante por ser um dos nutrientes mais extraídos e que auxilia para o incremento da produtividade das gramíneas (Costa et al., 2010).

A presença de árvores nas pastagens proporciona sombreamento do dossel das plantas forrageiras as quais podem mudar sua estrutura e concentração nutricional, bem como reduzir a produção de massa de forragem, associada à baixa densidade de perfilhos em condições de sombreamento intenso com 65% de sombra (Paciullo et al., 2007). A escolha das forrageiras para o uso em SSP deve-se pautar, primeiramente, na sua tolerância ao sombreamento, onde nesta condição, irão priorizar o crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular e retardar o início do florescimento. Nessas situações o manejo das forrageiras deve ser mais criterioso, com manutenção da altura apropriada para cada cultivar, em busca de maior acúmulo de reservas, para favorecer a rebrotação (Almeida et al., 2012).

A adaptação ao sombreamento depende da plasticidade fenotípica das forrageiras, isto é, da sua capacidade de realizar modificações morfofisiológicas, como aumento do crescimento de folhas e de colmos, a fim de compensar a redução do perfilhamento, e aumento da área foliar específica (Gobbi et al., 2011). Andrade et al. (2004) avaliaram o potencial de utilização de 4 gramíneas e 3 leguminosas submetidas a diferentes níveis de sombreamento artificial, e concluíram que a *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cv. Massai e *Arachis pintoii* (Amendoim forrageiro) foram as que tiveram os melhores desempenhos, respectivamente.

Diante do exposto e do desafio de implantar sistemas de produção que consistem em novos arranjos e combinações de espécies com intuito de recuperar áreas degradadas ou em algum estágio de degradação, objetivou-se com este trabalho avaliar a produtividade, a composição morfológica e bromatológica de cultivares de forrageiras em sistema silvipastoril com *Acacia mangium* e em monocultivo, implantadas em solo arenoso.

## 2.2. MATERIAL E MÉTODOS

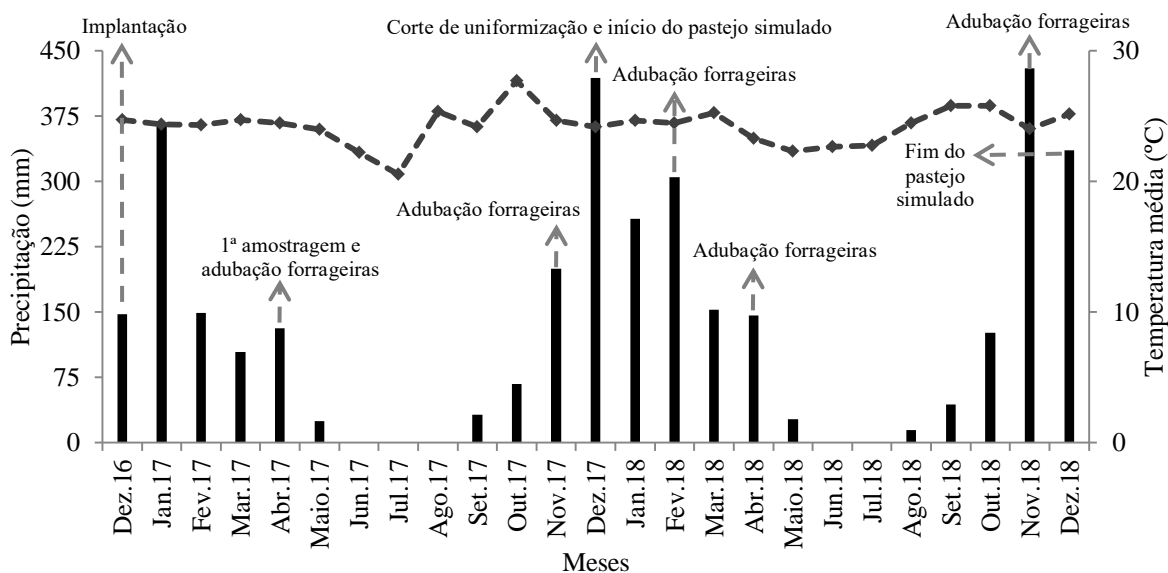
O experimento foi conduzido no município de Cachoeira de Goiás–GO, na fazenda São Miguel, cujas coordenadas geográficas são 16° 39' 53" S e 50° 36' 42" O e 845 m de altitude. O clima predominante na região é do tipo Aw, típico das savanas e com duas estações bem definidas: uma seca e amena (outono e inverno) e outra quente e úmida (primavera e verão), segundo a classificação de Köppen (1948). O maior índice pluviométrico ocorre entre os meses de novembro e fevereiro e um período de estiagem entre março e outubro. Os dados mensurados de precipitação pluviométrica e temperatura média do ar durante o período de condução do experimento estão apresentados na Figura 2.1.

A área estava sendo utilizada de forma extensiva, com pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, desde o ano agrícola de 1986/87, sem aplicação de fertilizantes e corretivos durante o período, apresentando sinais de degradação como perda de produtividade e presença de invasoras.

O solo da área é caracterizado como Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico (RQo), com textura arenosa, de acordo com as normas estabelecidas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018). Para a correção do solo e determinação dos níveis de adubação a serem aplicados nos tratamentos, além da caracterização química e granulométrica do solo da área experimental, foram coletadas 10 subamostras de solo para compor uma amostra composta, nas camadas de 0 a 0,2 m, 0,2 a 0,4 m e 0,4 a 0,6 m, em agosto de 2016 (Tabela 2.1).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), com parcelas subdivididas no espaço, com quatro repetições. As parcelas corresponderam a quatro arranjos espaciais (área de 11.520 m<sup>2</sup>): três arranjos de SSP com *Acacia mangium*

(SSP 10×4 m, SSP 15×4 m e SSP 20×4 m, com população de 250, 167 e 125 árvores ha<sup>-1</sup>, respectivamente) e um monocultivo de gramíneas (M). Já as subparcelas (área de 960 m<sup>2</sup>) foram compostas por três cultivares de gramíneas: *Urochloa brizantha* cv. Braúna, *U. brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Massai, cultivadas nas entrelinhas das árvores e em monocultivo (Figura 2.2).



**Figura 2.1.** Precipitação pluviométrica <sup>(1)</sup> (mm) e temperatura média do ar <sup>(2)</sup> (°C) obtida na área experimental no período de dezembro de 2016 a dezembro de 2018. Cachoeira de Goiás–GO. <sup>(1)</sup> Dados obtidos de pluviômetros localizados no experimento e <sup>(2)</sup> da estação meteorológica automática localizada no município de Paraúna-GO, distante 46 km da área experimental, aproximadamente. Fonte: INMET, 2016, 2017, 2018.

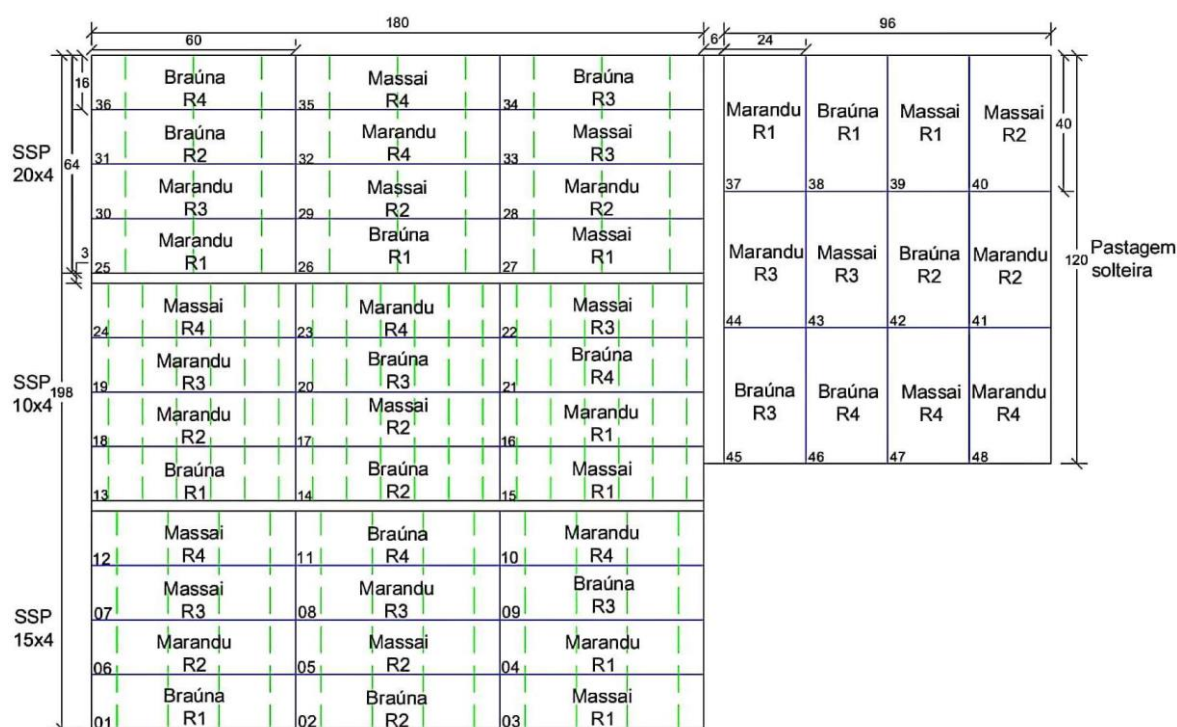
A implantação dos tratamentos ocorreu durante o mês de dezembro de 2016. As mudas de *Acacia mangium* foram plantadas em covas (15x10 cm), com disposição em nível de renques constituídos por linhas simples e no sentido leste-oeste, com adubação de plantio de 40 g planta<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tonini et al., 2010), na forma de superfosfato simples. As sementes das cultivares de forrageiras foram semeadas a lanço entre os renques das árvores e em monocultivo, utilizando 12,5 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de Braúna e Marandu (60% de sementes puras e viáveis) e 14,5 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de Massai (40% de sementes puras e viáveis), juntamente com a adubação de base na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Martha Júnior et al., 2007), na forma de fosfato monoamônico (MAP), e incorporadas com grade niveladora.

**Tabela 2.1.** Caracterização química e granulometria do solo da área experimental antes da implantação do experimento<sup>(1)</sup>. Cachoeira de Goiás-GO, 2016.

Prof. m	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. %	P (mel.) -- mg dm <sup>-3</sup> --	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V %	m %	Argila	Silte	Areia
							cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					g kg <sup>-1</sup>		
0-0,2	4,1	1,4	0,8	14,0	0,2	0,1	0,5	1,7	2,1	17,2	59,5	90,0	40,0	870,0
0,2-0,4	4,2	0,7	0,5	5,0	0,2	0,1	0,5	1,6	1,9	16,8	61,7	70,0	30,0	900,0
0,4-0,6	4,2	0,7	0,3	3,0	0,3	0,1	0,5	1,3	1,7	24,3	55,0	90,0	40,0	870,0

<sup>(1)</sup> Determinada no SOLOCRIA Laboratório Agropecuário Ltda. Av. Goiás, nº 5106, St. Urias Magalhães, Goiânia-GO.

Nas árvores, em cobertura, foram aplicadas 20 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aos 30 dias após o plantio em campo (DAPC). Em janeiro de 2018 foram aplicadas e incorporadas na projeção da copa: 16 g planta<sup>-1</sup> de N, 80 g planta<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 30 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de organomineral (GEOFERT: 06-30-00) e do formulado 05-25-15, e 10 g planta<sup>-1</sup> de FTE-BR 12 (1,8% de B; 0,9% de Cu; 3,0% de Fe; 2,1% de Mn; 0,1% de Mo; 9,0% de Zn e 3,0% de S).



**Figura 2.2.** Disposição dos tratamentos em campo, de acordo com o delineamento inteiramente casualizado e em parcelas subdivididas. Cachoeira de Goiás-GO.

Para a determinação da produtividade de matéria seca (PMS; kg ha<sup>-1</sup>) das forrageiras e de seus componentes morfológicos foram realizados cortes a 20 cm de altura

da superfície do solo (altura do resíduo), com auxílio de um quadrado metálico de área  $0,25 \text{ m}^2$  ( $0,50 \times 0,50 \text{ m}$ ). Em cada tratamento foram tomadas 4 amostras de forma aleatória dentro da área útil, sendo que nos arranjos silvipastoris, duas amostras foram cortadas próximas ao renque (distante das árvores 1,25 m, 1,88 m e 2,50 m para o SSP  $10 \times 4 \text{ m}$ , SSP  $15 \times 4 \text{ m}$  e SSP  $20 \times 4 \text{ m}$ , respectivamente) e as outras duas amostras no meio do espaçamento entre renques (aos 5,0 m, 7,5 m e 10,0 m para o SSP  $10 \times 4 \text{ m}$ , SSP  $15 \times 4 \text{ m}$  e SSP  $20 \times 4 \text{ m}$ , respectivamente).

Essas amostras foram pesadas para determinação da produtividade de matéria natural (PMN;  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e duas subamostras foram retiradas: uma delas foi pesada, acondicionada em saco de papel e levada para a estufa de circulação de ar, a  $55^\circ\text{C}$  durante 72 horas, para a determinação do teor de matéria seca; e a outra foi acondicionada em saco plástico e em local refrigerado para posterior separação manual em lâmina foliar (LF), colmo + bainha (COL) e material morto (MM), em laboratório. Após a separação, os componentes foram pesados e secos em estufa de circulação de ar, a  $55^\circ\text{C}$  durante 72 horas, determinando a proporção de cada componente na massa de forragem, em  $\text{g kg}^{-1}$ . A PMS foi calculada pelo produto entre a PMN e o teor de matéria seca (Detmann et al., 2012).

A amostra total de cada corte após secagem foi moída em moinho tipo Willey com peneira de malha 1 mm e posteriormente foram retiradas alíquotas, que depois de misturadas constituíram uma amostra composta por subparcela em cada estação, chuvosa e seca. Essas amostras compostas foram encaminhadas para o laboratório para a determinação da matéria seca definitiva, proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN), segundo a metodologia descrita em Detmann et al. (2012).

A primeira amostragem das forrageiras foi realizada no dia 01 de abril de 2017 (105 dias após a semeadura), para a quantificação da produção inicial das forrageiras. Posteriormente, realizou-se o corte total da área com o auxílio de uma roçadeira acoplada em um trator, com a mesma altura de resíduo da amostragem, sem a remoção do material vegetal da área e aplicação de  $25 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $\text{K}_2\text{O}$ , na forma de ureia e cloreto de potássio, respectivamente.

A área manteve-se em pousio até o mês de dezembro de 2017, quando foi realizado o corte de uniformização a 20 cm de altura do solo, no dia 24 de dezembro 2017, com uma roçadeira acoplada em um trator sem a remoção do material vegetal da área. A partir dessa data e até o mês de dezembro de 2018, as forrageiras foram manejadas com

cortes mecânicos, a 20 cm de altura do solo, com auxílio de uma roçadeira acoplada em um micro trator e posterior remoção do material vegetal da área, com auxílio de rastelos, com o objetivo de simular um pastejo intermitente de bovinos.

Os cortes, tanto para amostragem e para a uniformização da área para novo ciclo de crescimento, foram determinados quando o dossel das cultivares atingisse as alturas de pré-corte, 30 cm e 50 cm, para as cultivares Braúna e Marandu e para a cultivar Massai, respectivamente, de acordo com Trindade et al. (2007), Dias-Filho (2012) e Euclides et al. (2014).

Durante cada ciclo de rebrota das forrageiras, o monitoramento da altura foi realizado semanalmente a partir da altura de pós-corte (20 cm). A altura média do dossel das forrageiras em cada unidade experimental (subparcela) foi determinada por meio de fita métrica graduada em centímetros, a partir de 16 leituras realizadas de forma aleatória na área útil de cada subparcela.

Em cobertura, durante o período de manejo das forrageiras foi aplicado 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, de forma parcelada (durante o mês de novembro de 2017 e fevereiro, abril e novembro de 2018), de acordo com a análise de solo e seguindo as recomendações descritas em Martha Júnior et al. (2007).

Para a análise dos resultados, os cortes foram agrupados em cada estação, de acordo com o índice pluviométrico. Assim, os cortes realizados nos meses de fevereiro, início de março, outubro, novembro e dezembro de 2018 foram agrupados dentro da estação chuvosa (primavera e verão) e os cortes realizados no final de março até setembro de 2018 foram agrupados dentro da estação seca (outono e inverno). Na Tabela 2.2 encontra-se o número de cortes por tratamento em cada estação. O acúmulo de forragem foi ponderado para cada estação devido à diferença entre o número de ciclos e intervalos de cortes dos tratamentos.

Os resultados das estações chuvosa e seca foram submetidos à análise de variância a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, composta pelos efeitos fixos: arranjos (A), cultivares (C) e a interação (A×C), e o erro experimental associado à parcela e à subparcela como efeitos aleatórios. Quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico AgroEstat (Barbosa & Maldonado Junior, 2015).

**Tabela 2.2.** Número de cortes (amostragens) das cultivares de forrageiras, por tratamento, nas estações chuvosa e seca, durante o período de manejo das forrageiras, entre dezembro de 2017 a dezembro de 2018. Cachoeira de Goiás-GO.

Cultivares	Arranjos	Estação chuvosa	Estação seca
Braúna	Monocultivo	7	2
	SSP 10 × 4	7	2
	SSP 15 × 4	7	2
	SSP 20 × 4	7	2
Marandu	Monocultivo	6	1
	SSP 10 × 4	5	1
	SSP 15 × 4	5	1
	SSP 20 × 4	5	1
Massai	Monocultivo	4	0
	SSP 10 × 4	4	0
	SSP 15 × 4	4	0
	SSP 20 × 4	4	0

## 2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1. Produtividade das forrageiras na implantação

A produtividade de matéria seca (PMS) das cultivares de forrageiras, 105 dias após a implantação dos tratamentos, encontra-se na Tabela 2.3. Observa-se ausência de interação significativa entre os tratamentos, onde o monocultivo apresenta maior produtividade em comparação aos arranjos de SSP, os quais não diferem entre si. Dentre as forrageiras, a cultivar Braúna obteve a maior PMS, demonstrando maior potencial de estabelecimento.

De acordo com o grupo Matsuda (2019), a *U. brizantha* cv. Braúna é uma forrageira selecionada a partir do banco de germoplasma da empresa, lançada em 2015, e é recomendada para solos de média a alta fertilidade, igualmente para as cultivares Marandu e Massai, mas com excelente tolerância a solos arenosos e melhor adaptação a seca e a veranico, o que pode ter contribuído para o melhor estabelecimento da cultivar no presente trabalho.

**Tabela 2.3.** Produtividade de matéria seca (PMS) de cultivares de forrageiras cultivadas em monocultivo (M) e em arranjos de sistema silvipastoril (SSP) com *Acacia mangium*, aos 105 dias após a sementeira, com corte a 20 cm da superfície do solo. Cachoeira de Goiás-GO, 2017.

Arranjos	M	SSP 10×4	SSP 15×4	SSP 20×4	Média
Cultivares	PMS (kg ha <sup>-1</sup> )				
Braúna	3.509	2.379	1.329	1.998	2.304 a
Marandu	2.052	1.555	852	1.456	1.479 b
Massai	2.355	596	862	653	1.117 b
Média	2.639 A	1.510 B	1.015 B	1.369 B	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

### 2.3.2. Produtividade das forrageiras em manejo intermitente

Para a PMS, nas estações chuvosa e seca, não houve interação entre os arranjos espaciais e as cultivares de forrageiras, encontrando-se somente respostas isoladas para cada tratamento. A cultivar Massai não atingiu a altura preconizada para o corte (50 cm) dentro da estação seca, com ausência de corte e produção de matéria seca (Tabelas 2.4 e 2.5).

**Tabela 2.4.** Produtividade de matéria seca (PMS) por corte, nas estações chuvosa e seca, de cultivares de forrageiras cultivadas em monocultivo (M) e em arranjos de sistema silvipastoril (SSP) com *Acacia mangium*, com corte a 20 cm da superfície do solo. Cachoeira de Goiás-GO, 2018.

Arranjos	M	SSP 10×4	SSP 15×4	SSP 20×4	Média	PMS (kg ha <sup>-1</sup> )				
Cultivares	Estação chuvosa					Estação seca <sup>(1)</sup>				
Braúna	1.169	923	1.117	1.094	1.076 c	2.232	1.757	1.756	2.305	2.012 b
Marandu	1.938	2.018	2.194	2.055	2.051 b	3.841	2.498	2.628	2.563	2.882 a
Massai	4.529	4.011	4.512	4.258	4.328 a	*	*	*	*	*
Média	2.545 A	2.317 A	2.608 A	2.469 A		3.036 A	2.127 B	2.192 B	2.434 AB	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, dentro de cada estação, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

<sup>(1)</sup> Para a análise estatística considerou-se somente as médias das cultivares Braúna e Marandu.

\* A análise não foi realizada, por não apresentar altura preconizada para o corte da cultivar Massai na estação seca.

Durante os meses de junho, julho, agosto e setembro, meses que corresponde ao inverno, todas as cultivares avaliadas não atingiram a altura preconizada para o corte, associado ao período de déficit hídrico na região, caracterizando o efeito da

estacionalidade na produção das forrageiras. De acordo com Costa et al. (2005) em período de estiagem a produção de matéria seca é um terço daquela encontrada no período chuvoso, em decorrência das condições climáticas que impedem o desenvolvimento das plantas forrageiras, como baixas temperaturas, umidade do ar e precipitação.

No segundo ano de implantação dos arranjos silvipastoris, durante a estação chuvosa, não se observa diferença significativa entre o monocultivo para a PMS por corte e total (Tabela 2.4 e 2.5). Esses resultados corroboram com a literatura, associado ao tempo de implantação, bem como o baixo sombreamento pelas arbóreas, as quais se encontram com dois anos de idade e 3,85 metros de altura média. Paciullo et al. (2007) concluíram que em sombreamento intenso (65% de sombra) há redução da massa de forragem, densidade de perfilhos e índice de área foliar da *Urochloa decumbens*, porém quando o sombreamento é moderado (35% de sombra) não há alteração dessas variáveis, em relação ao cultivo a sol pleno.

**Tabela 2.5.** Produtividade de matéria seca (PMS) total, nas estações chuvosa e seca, de cultivares de forrageiras cultivadas em monocultivo (M) e em arranjos de sistema silvipastoril (SSP) com *Acacia mangium*, com corte a 20 cm da superfície do solo. Cachoeira de Goiás-GO, 2018.

Arranjos	PMS (kg ha <sup>-1</sup> )					PMS (kg ha <sup>-1</sup> )				
	M	SSP 10×4	SSP 15×4	SSP 20×4	Média	M	SSP 10×4	SSP 15×4	SSP 20×4	Média
Cultivares	Estação chuvosa					Estação seca <sup>(1)</sup>				
Braúna	9.910	7.732	9.444	9.957	9.261 c	4.416	3.294	3.328	4.508	3.887 a
Marandu	13.372	11.938	12.599	11.803	12.428 b	3.841	2.498	2.628	2.563	2.882 b
Massai	18.407	16.313	18.051	17.642	17.603 a	*	*	*	*	*
Média	13.896 A	11.994 A	13.364 A	13.134 A		4.128 A	2.896 B	2.978 B	3.535 AB	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, dentro de cada estação, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

<sup>(1)</sup> Para a análise estatística considerou-se somente as médias das cultivares Braúna e Marandu.

\* A análise não foi realizada, por não apresentar altura preconizada para o corte da cultivar Massai na estação seca.

Comportamento oposto ocorreu na estação seca, onde o monocultivo apresentou as maiores PMS por corte e total (Tabelas 2.4 e 2.5). Provavelmente, na estação seca, com a ausência de chuva (Figura 2.1), a competição interespecífica por água nos arranjos silvipastoris intensificou, o que pode ter corroborado para as menores produtividades no SSP em relação ao monocultivo. Possivelmente, com um maior tempo de implantação esse cenário irá mudar, uma vez que os SSPs possuem a capacidade de usar a água de camadas mais profundas do solo, sendo o maior consumo na camada de 0,8 a 1,4

m, que de outra forma seriam perdidos do sistema produtivo (Gyenge et al., 2002), sendo importante em solos arenosos de baixa retenção de água e bem drenados.

A possibilidade de competição por água entre árvores e forrageiras, em uma área estabelecida com *Pinus taeda*, com 10 anos de idade e 12 metros de altura, para reduções na produção de matéria seca de espécies forrageiras, submetidas a diferentes níveis de luminosidade, foi descartada por Soares et al. (2009). Os autores afirmam que a porcentagem de umidade do solo é significativamente maior dentro do bosque (30%) que a pleno sol (27%), atribuída a formação de um microclima e menor velocidade do vento e radiação solar na presença de arbóreas, o que ainda não se estabeleceu no presente trabalho.

Para as cultivares, a cultivar Massai apresentou a maior PMS na estação chuvosa e na estação seca a cultivar Marandu apresenta maior PMS por corte, porém a PMS total fica inferior a Braúna, a qual obteve maior número de cortes nesse período (Tabelas 2.4 e 2.5). A cultivar Braúna apresentando o maior número de corte (Tabela 2.2), até mesmo em condições de déficit hídrico (estação seca), expressa seu potencial de tolerância a solos arenosos e melhor adaptação a seca e veranicos (Matsuda, 2019), porém seu potencial produtivo (produção de matéria seca por hectare) é inferior às demais cultivares.

A cultivar Massai é um híbrido espontâneo entre *Panicum maximum* e *Panicum infestum*, mais tolerante a solos de baixa fertilidade do que as outras cultivares da mesma espécie, apresentando PMS crescente no período chuvoso, variando entre 1.830 kg ha<sup>-1</sup> e 6.700 kg ha<sup>-1</sup>, com 4 e 12 semanas de rebrota após o corte (Valentim et al., 2001), o que corrobora com os resultados apresentados, com PMS entorno de 4.000 kg ha<sup>-1</sup>, com 6 semanas de rebrota durante o período chuvoso. Além disso, apresenta resistência às cigarrinhas das pastagens, boa cobertura do solo e é menos exigente em adubação de manutenção e mais tolerante ao alumínio do solo, entre as cultivares de *P. maximum* (Embrapa, 2001).

### 2.3.3. Proteína bruta (PB), Fibra em Detergente Neutro (FDN) e componentes morfológicos das forrageiras

Os percentuais de proteína bruta das forrageiras, nas duas estações avaliadas, não apresentaram diferença significativa entre as formas de cultivo, monocultivo e arranjos silvipastoris, obtendo diferença somente entre as cultivares (Tabela 2.6). Na estação chuvosa a cultivar Massai apresentou os menores percentuais (8,1%), não havendo diferença entre as duas cultivares de *U. brizantha*. Já na estação seca a cultivar Braúna foi superior a cultivar Marandu.

**Tabela 2.6.** Percentual de Proteína bruta (PBms) e de Fibra em Detergente Neutro (FDNms), com base na matéria seca, da matéria seca total acima da altura do resíduo (20 cm) de cultivares de forrageiras cultivadas em monocultivo (M) e em arranjos de sistema silvipastoril (SSP) com *Acacia mangium*, nas estações chuvosa e seca. Cachoeira de Goiás-GO, 2018.

Arranjos	M	SSP 10×4	SSP 15×4	SSP 20×4	Média	PB <sub>ms</sub> (%)				
						M	SSP 10×4	SSP 15×4	SSP 20×4	Média
Cultivares	Estação chuvosa					Estação seca <sup>(1)</sup>				
	Braúna	12,1	10,9	10,2	10,9	11,0 a	11,8	11,5	12,2	12,0
Marandu	10,3	10,7	10,9	10,9	10,7 a	10,5	10,1	10,0	10,5	10,3 b
Massai	8,6	8,4	7,5	7,8	8,1 b	*	*	*	*	*
Média	10,4 A	10,0 A	9,5 A	9,9 A		11,2 A	10,8 A	11,1 A	11,2 A	
						FDN <sub>ms</sub> (%)				
Braúna	68,9	69,9	70,9	71,5	70,3 b	70,8 ABa	70,3 ABa	68,4 Ba	72,5 Aa	70,5
Marandu	66,6	70,0	68,2	69,0	68,5 c	71,9 Aa	68,8 ABa	66,5 Ba	67,0 Bb	68,5
Massai	73,0	74,0	73,9	74,0	73,7 a	*	*	*	*	*
Média	69,5 B	71,3 A	71,0 A	71,5 A		71,3	69,5	67,4	69,7	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

<sup>(1)</sup> Para a análise estatística considerou-se somente as médias das cultivares Braúna e Marandu.

\* A análise não foi realizada, por não apresentar altura preconizada para o corte da cultivar Massai na estação seca.

Para uma adequada nutrição dos bovinos, o nível mínimo de PB nas forrageiras deve ser próximo a 8%, com base na matéria seca, para que não ocorra limitação da atividade dos microrganismos do rúmen na utilização dos componentes fibrosos da forragem (Lazzarini et al., 2009). Os resultados encontrados no estudo satisfazem esse nível mínimo exigido.

Na literatura é elucidado que as forrageiras submetidas ao sombreamento, como no caso dos sistemas silvipastoris, há um incremento na qualidade, com aumentos

nos teores de proteína bruta em áreas sombreadas em relação a pleno sol. Esse aumento é explicado por melhorias na fertilidade do solo (ciclagem de nutriente e deposição de material orgânico), bem como a diluição do nitrogênio nos tecidos vegetais em diferentes produtividades (Paciullo et al., 2007; Soares et al, 2009).

Paciullo et al. (2011a) também encontraram maiores teores de proteína em áreas sombreadas confrontadas com o monocultivo, os quais associaram a um aumento do fluxo de nitrogênio no solo, comprovado pelo maior teor de matéria orgânica no solo nos SSPs, principalmente com o uso de arbóreas leguminosas.

Segundo Paciullo et al. (2011b) ao avaliar os efeitos de árvores dispostas em renques sobre as características produtivas e nutricionais de *Urochloa decumbens*, entre 7 e 10 metros de distância do renque é a região do pasto que melhor aproveita os efeitos benéficos da sombra moderada sobre a densidade de perfilhos, a massa de forragem e acúmulo de proteína bruta, onde o teor proteico foi 51% maior sob a copa das árvores (9,8%) que distante a 13,5 m delas (menor teor de 6,5%).

No presente trabalho, a ausência de resposta da proteína em relação aos arranjos pode estar associada ao semelhante manejo de fertilidade adotado, bem como a baixa influência do componente arbóreo sobre as forrageiras, relacionado ao tempo de implantação, baixa altura das árvores e copa em formação (área de projeção da copa médio de 3,70 m<sup>2</sup> aos dois anos de implantação).

Em relação às cultivares, diferenças e até mesmo semelhanças são esperadas, uma vez que a proteína encontrada é inerente à planta associada a um determinado manejo (Brâncio et al, 2002). Esses mesmos autores, trabalhando com as cultivares de *P. maximum*, destacaram que a utilização da cultivar Massai como opção forrageira deve basear-se em outras características agrônômicas e não no valor nutritivo.

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram maiores nos arranjos silvipastoris em relação ao monocultivo e na cultivar Massai em relação às forrageiras, durante a estação chuvosa. Já durante a estação seca, o SSP 15×4 apresentou os menores percentuais de FDN (67,40%). Segundo Van Soest (1994) o consumo de forragem pelos animais é limitado por valores superiores à faixa de 55 a 60% de FDN na matéria seca, mas as forrageiras tropicais apresentam valores superiores a esse intervalo, sendo uma característica desfavorável, como apresentado por Geron et al. (2014) com valores acima de 70% de FDN, semelhante aos resultados da presente pesquisa.

Resultados discrepantes ao da pesquisa foram encontrados por Lopes et al. (2017), que trabalhando com diferentes intensidades de sombreamento natural, das espécies arbóreas *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium* sobre a *Urochloa decumbens* encontram redução do teores de FDN em função do aumento do nível de sombreamento, relacionando a menor disponibilidade de fotoassimilados para o desenvolvimento da parede celular secundária.

De acordo com a Embrapa (2001) a cultivar Massai possui o menor valor nutricional em relação às outras cultivares de *P. maximum*, apresentando menores teores de proteína, 10,7 e 8,5% no período das águas e seco, respectivamente, e maiores conteúdos de FDN, entorno de 76%.

Ao contrário dos constituintes do conteúdo celular, os da parede celular não são influenciados pelo sombreamento, sendo as variações encontradas relacionadas com o estágio de maturidade da planta (Soares et al., 2009; Sousa, 2009; Paciullo et al., 2011b), o que pode ter ocorrido com os dados de FDN do presente experimento.

Sousa et al. (2010) trabalhando com a cultivar Marandu sombreada por árvores de Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Vell. Bur.) verificaram que mesmo ocorrendo o estiolamento da forrageira, devido ao sombreamento, os níveis de constituintes fibrosos permaneceram equivalentes aos do pleno sol, apresentando valores de FDN entorno de 69%.

As proporções dos componentes morfológicos das cultivares de forrageiras e a relação lâmina foliar/colmo (LF/COL) estão apresentadas na Tabela 2.7. Para as formas de cultivo durante a estação chuvosa a cultivar Marandu no SSP 15×4 apresentou maior proporção de LF, não diferindo da cultivar Massai, e menor proporção de material morto (MM), não havendo diferenças significativas para os demais arranjos silvipastoris e o monocultivo. Nessa mesma estação a cultivar Massai obteve a maior proporção de LF para os demais arranjos, menor proporção de COL e maior relação LF/COL, porém com maior proporção de MM, exceto no monocultivo, onde a cultivar Marandu obteve a maior proporção.

Na estação seca, a cultivar Braúna apresentou as maiores proporções de LF e relação LF/COL e menores proporções de COL e MM, exceto para o SSP 20×4 onde não ocorreu diferença significativa. Para as formas de cultivo dentro desta estação não obteve um padrão de resposta definido.

**Tabela 2.7.** Composição morfológica e relação lâmina foliar/colmo de cultivares de forrageiras cultivadas em monocultivo (M) e em arranjos de sistema silvipastoril (SSP) com *Acacia mangium*, nas estações chuvosa e seca. A amostragem foi realizada acima da altura do resíduo (20 cm). Cachoeira de Goiás-GO, 2018.

Arranjos	M	SSP 10×4	SSP 15×4	SSP 20×4	Média	M	SSP 10×4	SSP 15×4	SSP 20×4	Média
Cultivares	Estação chuvosa					Estação seca <sup>(1)</sup>				
	Lâmina foliar (g kg <sup>-1</sup> )					Colmo (g kg <sup>-1</sup> )				
Braúna	678,4 Ab	653,6 Ab	645,3 Ab	641,7 Ac	654,7	727,7 Aa	711,4 ABa	706,3 ABa	624,1 Ba	692,4
Marandu	702,4 Bb	656,1 Bb	758,8 Aa	682,5 Bb	699,9	562,4 Ab	572,3 Ab	528,4 Ab	608,7 Aa	567,9
Massai	765,0 Aa	758,0 Aa	739,2 Aa	725,8 Aa	747,0	*	*	*	*	*
Média	715,3	689,2	714,4	683,4		645,0	641,8	617,3	616,4	
	Material Morto (g kg <sup>-1</sup> )					Lâmina foliar/Colmo				
Braúna	137,4 Ac	153,2 Ab	159,9 Aab	161,0 Ab	152,9	75,1	122,0	107,4	140,4	111,2 b
Marandu	232,2 Aa	218,7 Aa	147,2 Bb	208,3 Aa	201,6	136,4	134,0	135,5	157,7	140,9 a
Massai	180,5 Ab	176,3 Aab	192,3 Aa	204,2 Aa	188,3	*	*	*	*	*
Média	183,3	182,7	166,4	191,1		105,7 A	128,0 A	121,5 A	149,0 A	
Braúna	5,0	6,2	5,1	5,6	5,5 c	4,4 Aa	4,4 Aa	4,0 ABa	2,7 Ba	3,9
Marandu	16,0	10,8	16,9	13,7	14,3 b	2,0 Ab	2,0 Ab	1,7 Ab	2,8 Aa	2,1
Massai	39,0	35,0	38,9	25,8	34,7 a	*	*	*	*	*
Média	20,0 A	17,3 A	20,3 A	15,0 A		3,2	3,2	2,8	2,8	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, dentro de cada variável, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

<sup>(1)</sup> Para a análise estatística considerou-se somente as médias das cultivares Braúna e Marandu.

\* A análise não foi realizada, por não apresentar altura preconizada para o corte da cultivar Massai na estação seca.

A folha viva é o componente morfológico mais acessível ao animal, situando-se no estrato superior do dossel do pasto, e apresenta melhor valor nutritivo, sendo preferência no consumo dos animais, que desprezam os demais componentes estruturais, de piores valores nutritivos (Santos et al., 2008). A cultivar Massai foi à forrageira que obteve a maior proporção desse componente na estação chuvosa e na estação seca a cultivar Braúna.

O comportamento de espécies forrageiras submetidas a diferentes níveis de sombreamento por árvores de *Pinus taeda* foi avaliado por Soares et al. (2009), onde concluíram que no geral as plantas sombreadas tiveram maior relação LF/COL, valores próximo de 2,0 e inferiores a pesquisa, e que a cultivar Marandu e o arranjo 15×3,

considerando apenas as LF, pode ser uma boa alternativa de integração, corroborando com os resultados.

Emerenciano Neto et al. (2016), avaliando a cultivar Massai com diferentes fontes de dejetos e ureia agrícola, com dosagem de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, obtiveram uma relação LF/COL de 12,6 e 79,4%, 6,3% e 14,2% de lâmina foliar, colmo e material morto, respectivamente.

## 2.4. CONCLUSÕES

A cultivar Braúna apresenta maior potencial de estabelecimento nos primeiros 105 dias da semeadura em solo arenoso, porém com menor produção de matéria seca por hectare com o manejo intermitente adotado: 20 cm de altura do resíduo e 30 cm de altura de pré-corte.

A cultivar Massai apresenta o maior potencial produtivo com maiores proporções foliares na massa de forragem e baixo valor nutritivo, com menores teores de proteína bruta e maiores teores de FDN.

Aos dois anos de implantação os arranjos silvipastoris e o monocultivo apresentam produtividades semelhantes do componente forrageiro.

## 2.5. AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos, aos proprietários da fazenda São Miguel, à Prefeitura Municipal de Cachoeira de Goiás-GO, à Vitacal, à Matsuda e aos grupos de pesquisa/estudo SINFERT e GEFOR.

## 2.6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. G. de; BARBOSA, R. A.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. cap. 7, p. 87-94.

ALMEIDA, R. G. Sistemas agrossilvipastoris: benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais. In: Encontro sobre zootecnia de Mato Grosso do sul, 7, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: UFMS, 2010. p. 1-10. 1 CD-ROM. 2010.

ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. cap. 8, p. 43-60.

ANDRADE, C. M. S. de; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. da C.; VAZ, F. A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 263-270, 2004.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat** – Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos. Jaboticabal-SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2015.

BRÂNCIO, P. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D. do; EUCLIDES, V. P. B.; REGAZZI, A. J.; ALMEIDA, R. G. de; FONSECA, D. M. da; BARBOSA, R. A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: composição química e digestibilidade da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1605-1613, 2002.

COSTA, K. A. de P. C.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I. P. de; CUSTÓDIO, D. P.; SILVA, D. C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2005.

COSTA, K. A. de P.; OLIVEIRA, I. P. de; SEVERIANO, E. da C.; SAMPAIO, F. de M. T.; CARRIJO, M. S.; RODRIGUES, C. R. Extração de nutrientes pela fitomassa de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n. 2, p. 307-314, 2010.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A. de; VALADARES FILHO, S. de C.; QUEIROZ, A. C. de; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. de O. S.; CABRAL, L. da S.; PINA, D. dos, S. LADEIRA, M. M.; AZEVEDO, J. A. G. (Ed.). **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco-MG: Suprema, 2012. 214p.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. 4. ed. rev. Belém, PA, 2015. 215 p.

DIAS-FILHO, M. B. **Formação e manejo de pastagens**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 9 p. (Comunicado técnico, 235).

DIAS-FILHO, M. B. Sistemas Silvopastoris na recuperação de pastagens tropicais degradadas. In: GONZAGA NETO, S.; COSTA, R. G.; PIMENTA FILHO, E. C.; CASTRO, J. M. da C. (Ed.). Simpósios da reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...** João Pessoa: SBZ: UFPB, 2006. p. 535-553. (Suplemento Especial da Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, 2006).

EMBRAPA. **Capim-massai (*Panicum maximum* cv. Massai)**: alternativa para diversificação de pastagens. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 5 p. (Comunicado técnico, 69).

EMERENCIANO NETO, J. V.; PEREIRA, G. F.; DIFANTE, G. dos S.; OLIVEIRA, L. G. de; LIMA, A. R. de; SANTOS, W. R. dos; GURGEL, M. F. Produção e estrutura de pastos de Capim-Massai adubado com dejetos da produção animal. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 73, n. 2, p. 111-117, 2016.

EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A.; NANTES, N. N. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, suplemento, p. 808-818, 2014.

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. de. Production systems – Na example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, p. 238-243, 2010.

GERON, L. J. V.; CABRAL, L. da S.; TRAUTMANN-MACHADO, R. J.; ZEOULA, L. M.; OLIVEIRA, E. B.; GARCIA, J.; GONÇALVES, M. R.; AGUIAR, R. P. S. Avaliação do teor de fibra em detergente neutro e ácido por meio de diferentes procedimentos aplicados às plantas forrageiras. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1533-1542, 2014.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M. C.; GARCEZ NETO, A. F.; ROCHA, G. C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 7, p. 1436-1444, 2011.

GYENGE, J. E.; FERNÁNDEZ, M. E.; SALDA, D.; SCHLICHTER, T. M.; Silvopastoral systems in Northwestern Patagonia II: water balance and water potential in a stand of *Pinus ponderosa* and native grassland. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. **Agroforestry Systems**, v. 55, p. 47-55, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Estação meteorológica de observação de superfície automática**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>. Acesso em: 2016, 2017 e 2018.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica. 1948, 478p.

LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C. B.; PAULINO, M. F.; VALADARES FILHO, S. C.; SOUZA, M. A.; OLIVEIRA, F. A. Dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 3, p. 635-647, 2009.

LOPES, C. M.; PACIULLO, D. S. C.; ARAÚJO, S. A. C.; GOMIDE, C. A. M.; MORENZ, M. J. F.; VILLELA, S. D. J. Massa de forragem, composição morfológica e

valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 69, n. 1, p. 225-233, 2017.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de. (Ed.). **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 224p.

MATSUDA. **MG 13 Braúna**. Álvares Machado: Matriz, 2019. Disponível em: <<https://sementes.matsuda.com.br/br/produto/mg-13-brauna/>>. Acesso em: 2 jul. 2019.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília: MAPA/ACS, 2012. 173p.

MORAES, L. F. D. de; AMÂNCIO, C. O. da G.; RESENDE, A. S. de. **Sistemas agroflorestais para o uso sustentável do solo: considerações agroecológicas e socioeconômicas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011. 28 p. (Documentos 281).

MURGUEITIO, E.; CALLE, Z.; URIBE, F.; CALLE, A.; SOORIO, B. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. **Forest Ecology and Management**, v. 261, p. 1654-1663, 2011.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B. de; 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.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T. de; GOMIDE, C. A. de M.; MAURÍCIO, R. M.; PIRES, M. de F. A.; MÜLLER, M. D.; XAVIER, D. F. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, v. 141, p. 166-172, 2011a.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T. de; FERNANDES, P. B.; MÜLLER, M. D.; PIRES, M. de 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, 2011b.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 50p.

ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P. de; SOUZA, C. R. de. **Acacia mangium**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2003. 29 p. (Documentos: 28).

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de;

OLIVEIRA, J. B. de.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M. da; EUCLIDES, V. P. B.; RIBEIRO JÚNIOR, J. E.; BALBINO, E. M.; CASAGRANDE, D. R. Valor nutritivo da forragem e de seus componentes morfológicos em pastagens de *Brachiaria decumbens* diferida. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 65. n. 4, p. 303-311, 2008.

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

SOUSA, L. F. ***Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistema silvipastoril e monocultivo**. 2009. 166p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

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

TONINI, H.; ANGELO, D. H.; CONCEIÇÃO, J. da S.; HERZOG, F. A silvicultura da *Acacia mangium* em Roraima. In: TONINI, H.; HALFELD-VIEIRA, B. de A.; SILVA, S. J. R. da. (Ed.). ***Acacia mangium*: características e seu cultivo em Roraima**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Boa Vista: Embrapa Roraima, 2010. cap. 5, p. 83-105.

TRINDADE, J. K. da; SILVA, S. C. da; SOUZA JÚNIOR, S. J. de; GIACOMINI, A. A.; ZEFERINO, C. V.; GUARDA, V. D. A.; CARVALHO, P. C. de F. Composição morfológica da forragem de capim-marandu consumida por bovinos de corte em pastejo rotativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 000-000, 2007.

VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. da C.; MOREIRA, P.; JANK, L.; SALES, M. F. L. **Capim Massai (*Panicum maximum* Jacq.)**: nova forrageira para a diversificação das pastagens no Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 16 p. (Circular Técnica, 41).

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 475 p.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. de. **Degradação, recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2012. 42 p. (Documentos, 189).

## CAPÍTULO 3

### CRESCIMENTO INICIAL DE *Acacia mangium* Willd. EM SISTEMA SILVIPASTORIL NO CENTRO-OESTE GOIANO<sup>5</sup>

Tiago Camilo Duarte<sup>1</sup>; Leonardo Santos Collier<sup>2</sup>; Thiago Carvalho da Silva<sup>3</sup>; Carlos Augusto Oliveira de Andrade<sup>1</sup>; Francine Neves Calil<sup>2</sup>

---

<sup>5</sup> Capítulo elaborado conforme as normas do periódico científico *Revista Árvore*.

<sup>1</sup> Doutorando em Agronomia na Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, GO, Brasil.

<sup>2</sup> Professor(a) na Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, GO, Brasil.

<sup>3</sup> Professor na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Belém, PA, Brasil.

### **CAPÍTULO 3. CRESCIMENTO INICIAL DE *Acacia mangium* Willd. EM SISTEMA SILVIPASTORIL NO CENTRO-OESTE GOIANO**

**RESUMO** - A *Acacia mangium* é uma leguminosa arbórea de uso múltiplo, que fixa biologicamente nitrogênio, apresenta crescimento inicial rápido e grande potencial de adaptação em ambientes degradados, tornando-a uma opção promissora para compor os sistemas silvipastoris (SSPs). Objetivou-se com este estudo avaliar o desenvolvimento inicial da *Acacia mangium* cultivada em arranjos espaciais de sistema silvipastoril em um solo arenoso no Centro-Oeste Goiano. O experimento foi conduzido no município de Cachoeira de Goiás–GO, na fazenda São Miguel, em um Neossolo Quartzarênico. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas no espaço, com quatro repetições. As parcelas corresponderam a três arranjos espaciais de SSP com acácia: SSP 10×4 m, SSP 15×4 m e SSP 20×4 m, e as subparcelas foram compostas por três cultivares de gramíneas: Braúna, Marandu e Massai. As mudas de acácia foram plantadas em covas, em linhas simples, com adubação de plantio de 40 g planta<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. O plantio das mudas e a semeadura das forrageiras foram durante o mês de dezembro de 2016. As avaliações do crescimento das árvores foram feitas aos 9 dias após o plantio em campo e quadrimestralmente até a idade de três anos. As acácias aos 3 anos de idade alcançaram 8,9 cm de DAP e 5,8 m de altura total. As condições climáticas do centro-oeste goiano contribuem para a vulnerabilidade da espécie associada a altas taxas de mortalidade. A *Acacia mangium* apresenta crescimento inicial satisfatório em sistema silvipastoril em solo arenoso, com destaque para os arranjos 10×4 e 15×4 metros, mostrando-se uma espécie apta para sistemas integrados.

Palavras-chave: Dendrometria; Arranjos espaciais; Solo arenoso.

**ABSTRACT** – The *Acacia mangium* is a multipurpose tree legume that biologically fixes nitrogen, has rapid initial growth and great potential for adaptation in degraded environments, making it a promising option for composing silvopastoral systems (SPSs). The objective of this study was to evaluate the initial development of *Acacia mangium* cultivated in silvopastoral spatial arrangements in a sandy soil in the Midwest of Goiás. The experiment was conducted in the municipality of Cachoeira de Goiás–GO, on the São Miguel farm, in a Neossolo Quartzarênico. The experimental design adopted was completely randomized, with plots subdivided in space, with four replications. The plots corresponded to three spatial arrangements of SPS with acácia: SPS 10×4 m, SPS 15×4 m and SPS 20×4 m, and the subplots were composed of three grass cultivars: Braúna, Marandu and Massai. The acácia seedlings were planted in pits, in simple lines, with planting fertilization of 40 g plant<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. The planting of seedlings and the sowing of forages took place during the month of December 2016. Assessments of tree growth were made at 9 days after planting in the field and every four months until the age of three years. The acácias at 3 years of age reached 8.9 cm of DBH and 5.8 m of total height. The

climatic conditions in the Midwest of Goiás contribute to the vulnerability of the species associated with high mortality rates. The *Acacia mangium* shows satisfactory initial growth in silvopastoral system in sandy soil, with emphasis on the 10×4 and 15×4 meter arrangements, showing itself as a species suitable for integrated systems.

Keywords: Dendrometry; Spatial arrangements; Sandy soil.

### 3.1. INTRODUÇÃO

Com a possibilidade da adoção de novas tecnologias de manejo, promovidas por sistemas de produção sustentáveis, o interesse econômico por parte dos agricultores e pecuaristas em solos arenosos passou a ser maior, aliado a um cenário demandador de *commodities* e bioenergia. No setor florestal será necessário expandir 250 milhões de hectares de florestas plantadas no mundo. No Brasil, as florestas plantadas reduzem a pressão sobre as florestas naturais, ocupando uma área de 7,83 milhões de hectares em 2018 e o país é referência mundial nesse setor, por apresentar a maior produtividade e uma das rotações mais curtas do mundo (Kluthcouski e Cordeiro, 2015; IBÁ, 2019).

Dentro desse contexto, a adoção de sistemas silvipastoris (SSPs) por parte dos pecuaristas na busca por uma maior diversificação do ambiente, torna-se uma opção para reincorporar milhões de hectares ao sistema produtivo sustentável, com maior geração de renda e provimento do mercado. A presença de árvores nas pastagens em SSPs tem trazido inúmeros benefícios ao sistema de produção, tanto para recuperação e sustentabilidade das forrageiras, como para os aspectos de importância ecológica, garantindo maior biodiversidade e sustentabilidade aos ecossistemas quando comparados a quaisquer monocultivos (Bernardino e Garcia, 2009).

Nas situações onde o objetivo principal é a atividade pecuária, na escolha do componente arbóreo para compor o SSP, deve-se optar por espécies de crescimento inicial rápido, para que os animais sejam reintroduzidos na pastagem em um curto período, de um a dois anos (Venturin et al., 2010). Além disso, na escolha da espécie arbórea deve-se levar em conta a adaptação às condições do clima e dos solos, mercado regional e a finalidade do produto final: madeireira, frutífera e/ou ornamental.

A *Acacia mangium* Willd. é uma leguminosa arbórea de uso múltiplo, com grande potencial para compor os SSPs, por apresentar crescimento inicial rápido e interagir simbioticamente com bactérias do gênero *Rhizobium*, contribuindo com o aumento do

nitrogênio no solo (Rossi et al., 2003). No Brasil a espécie foi introduzida pela Embrapa no ano de 1979, em pequenos plantios experimentais, e em 1985 foram implantados testes de procedência nos Estados do Pará e Minas Gerais (Ferreira et al., 1990).

Essa espécie arbórea, sobretudo em áreas de baixa fertilidade, é uma opção silvicultural por apresentar elevada quantidade de madeira com baixa acumulação de nutrientes e proporcionar boa cobertura do solo com grande quantidade de serapilheira acumulada sobre a superfície do terreno (Balieiro et al., 2004).

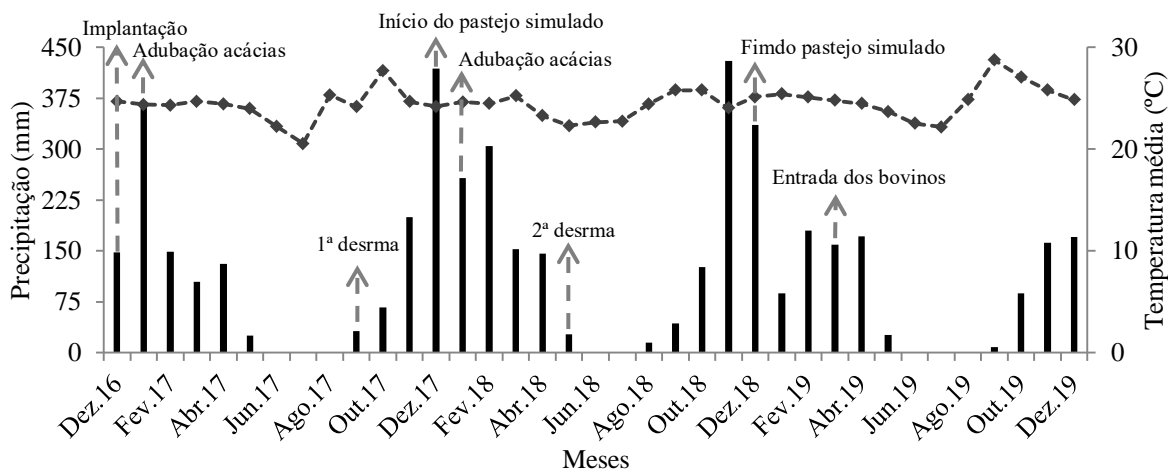
Em plantios silviculturais de excelente manejo, a acácia pode alcançar 14 m de altura e 9,5 cm de diâmetro a altura do peito (DAP) em apenas 4 anos, apresentando incremento médio anual em volume de 45m<sup>3</sup>/ha/ano (Souza et al., 2004). Segundo Carvalho e Xavier (2005) essa arbórea é um exemplo de espécie exótica que apresentou excelente adaptação a diversos ecossistemas no Brasil. A *A. mangium* é eficiente na ciclagem interna de quase todos os nutrientes, o que garante potencial adaptação em ecossistemas pobres em nutrientes ou degradados pela ação antrópica (Andrade et al., 2000).

De acordo com Balbino et al. (2011), os estudos sobre os arranjos espaciais e seus efeitos na produtividade florestal de diferentes espécies arbóreas integradas com culturas anuais e perenes são importantes, uma vez que esses sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta são dinâmicos e complexo, em virtude das interações dos seus componentes. Sendo assim, objetivou-se com este estudo avaliar o desenvolvimento inicial da *Acacia mangium* cultivada em arranjos espaciais de sistema silvipastoril em um solo arenoso no Centro-Oeste Goiano.

### **3.2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no município de Cachoeira de Goiás–GO, na fazenda São Miguel, cujas coordenadas geográficas são 16° 39' 53" S e 50° 36' 42" O e 845 m de altitude. O clima predominante na região é do tipo Aw, típico das savanas e com duas estações bem definidas: uma seca e amena (outono e inverno) e outra quente e úmida (primavera e verão), segundo a classificação de Köppen (1948). O maior índice pluviométrico ocorre entre os meses de novembro e fevereiro e um período de estiagem entre março e outubro. Os dados mensurados de precipitação pluviométrica e temperatura

média do ar durante o período de condução do experimento estão apresentados na Figura 3.1.



**Figura 3.1.** Precipitação pluviométrica <sup>(1)</sup> (mm) e temperatura média do ar <sup>(2)</sup> (°C) obtida na área experimental no período de dezembro de 2016 a dezembro de 2019. Cachoeira de Goiás–GO. <sup>(1)</sup> Dados obtidos de pluviômetros localizados no experimento e <sup>(2)</sup> da estação meteorológica automática localizada no município de Paraúna-GO, distante 46 km da área experimental, aproximadamente. Fonte: INMET, 2016, 2017, 2018, 2019.

O solo da área é caracterizado como Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico (RQo), com textura arenosa, de acordo com as normas estabelecidas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018). A área estava sendo utilizada de forma extensiva, com pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, desde o ano agrícola de 1986/87, apresentando sinais de degradação.

Para a correção do solo e determinação dos níveis de adubação a serem aplicados nos tratamentos, além da caracterização química e granulométrica do solo da área experimental, foram coletadas 10 subamostras de solo para compor uma amostra composta, nas camadas de 0 a 0,2 m, 0,2 a 0,4 m e 0,4 a 0,6 m, em agosto de 2016 (Tabela 3.1).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC), com parcelas subdivididas no espaço, com quatro repetições. As parcelas corresponderam a três arranjos espaciais de SSP com *A. mangium*, com área de 11.520 m<sup>2</sup>: SSP 10×4 m, SSP 15×4 m e SSP 20×4 m, com população de 250, 167 e 125 árvores ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Já as subparcelas (área de 960 m<sup>2</sup>) foram compostas por três cultivares de gramíneas:

*Urochloa brizantha* cv. Braúna, *U. brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Massai, cultivadas nas entrelinhas das árvores (Figura 3.2).

**Tabela 3.1.** Caracterização química e granulometria do solo da área experimental antes da implantação do experimento<sup>(1)</sup>. Cachoeira de Goiás-GO, 2016.

Prof. m	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. %	P (mel.) -- mg dm <sup>-3</sup> --	K --	Ca -----	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	Al -----	H+Al -----	CTC -----	V %	m %	Argila ----- g kg <sup>-1</sup> -----	Silte -----	Areia -----
0-0,2	4,1	1,4	0,8	14,0	0,2	0,1	0,5	1,7	2,1	17,2	59,5	90,0	40,0	870,0
0,2-0,4	4,2	0,7	0,5	5,0	0,2	0,1	0,5	1,6	1,9	16,8	61,7	70,0	30,0	900,0
0,4-0,6	4,2	0,7	0,3	3,0	0,3	0,1	0,5	1,3	1,7	24,3	55,0	90,0	40,0	870,0

<sup>(1)</sup> Determinada no SOLOCRIA Laboratório Agropecuário Ltda. Av. Goiás, nº 5106, St. Urias Magalhães, Goiânia-GO.

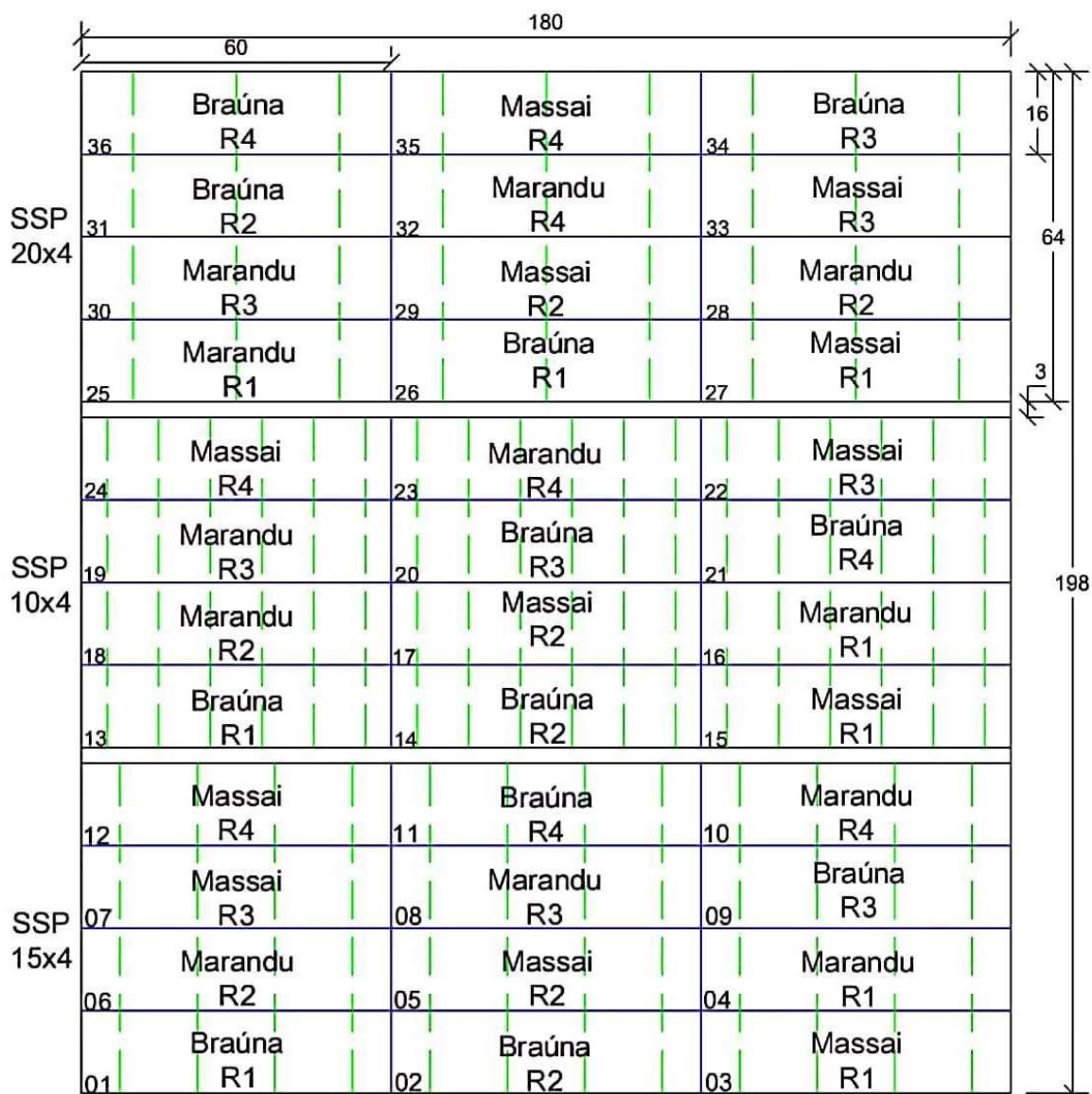
No mês de outubro de 2016 foi realizada a correção do solo com aplicação de 1,3 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (CaO= 35,5%; MgO= 14,4%; PRNT= 87,6%), distribuído a lanço e posteriormente incorporado com grade aradora. Para a recomendação utilizou-se o método da neutralização do Al<sup>3+</sup> e da elevação dos teores de Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> (Alvarez V. e Ribeiro, 1999).

A implantação dos tratamentos ocorreu durante o mês de dezembro de 2016. As mudas de *A. mangium* foram plantadas em covas (15x10 cm), com disposição em nível de renques constituídos por linhas simples e no sentido leste-oeste, com adubação de plantio de 40 g planta<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tonini et al., 2010), na forma de superfosfato simples. As sementes das cultivares de forrageiras foram semeadas a lanço entre os renques das árvores, utilizando 12,5 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de Braúna e Marandu (60% de sementes puras e viáveis) e 14,5 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de Massai (40% de sementes puras e viáveis), juntamente com a adubação de base na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Martha Júnior et al., 2007), na forma de fosfato monoamônico (MAP), e incorporadas com grade niveladora.

Nas árvores, em cobertura, foram aplicadas 20 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aos 30 dias após o plantio em campo (DAPC). Em janeiro de 2018 foram aplicadas e incorporadas na projeção da copa: 16 g planta<sup>-1</sup> de N, 80 g planta<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 30 g planta<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de organomineral (GEOFERT: 06-30-00) e do formulado 05-25-15, e 10 g planta<sup>-1</sup> de FTE-BR 12 (1,8% de B; 0,9% de Cu; 3,0% de Fe; 2,1% de Mn; 0,1% de Mo; 9,0% de Zn e 3,0% de S).

Nas forrageiras foram aplicados em cobertura, de forma parcelada: 65 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, no ano de 2017, e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 kg ha<sup>-1</sup> de

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 65 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, no ano de 2018. Para a adubação de cobertura nas forrageiras foram seguidas as recomendações descritas em Martha Júnior et al. (2007).



**Figura 3.2.** Disposição dos tratamentos em campo, de acordo com o delineamento inteiramente casualizado e em parcelas subdivididas. Cachoeira de Goiás-GO.

As forrageiras foram manejadas com cortes mecânicos, a uma altura de 20 cm da superfície do solo, sem remoção do material vegetal da área durante o ano de 2017. Durante o ano de 2018 efetuou-se a remoção do material vegetal a fim de simular um pastejo intermitente de bovinos. Já durante o ano de 2019, a área foi pastejada por bovinos de corte, com idade entre 1 a 2 anos, com taxa de lotação (UA ha<sup>-1</sup> – Unidade Animal =

450 kg de peso vivo) ajustada de acordo com a disponibilidade de matéria seca de forrageiras.

Foram realizadas duas desramas, retirando todos os galhos e os troncos múltiplos em 50% da altura das árvores, de acordo com Tonini e Halfeld-Vieira (2006). A primeira desrama ocorreu durante o mês de setembro de 2017, aos nove meses, e a segunda durante o mês de maio de 2018, com um ano e cinco meses de idade. A área experimental foi constantemente monitorada e quando detectados formigueiros foram controlados com iscas granuladas a base de Fipronil ( $0,03 \text{ g kg}^{-1}$ ). Ao redor de cada planta, aproximadamente  $1 \text{ m}^2$ , foi realizado o controle manual das plantas daninhas e forrageiras que emergiram, a fim de evitar competição e interferência no desenvolvimento das acácias.

As avaliações do crescimento das árvores em diâmetro a altura do coleto (DAC), até os 16 meses de idade, em diâmetro a altura do peito (DAP), a partir dos 20 meses de idade, e em altura total (Ht) foram feitas aos 9 DAPC e quadrimestralmente até a idade de três anos. As medidas de diâmetro foram tomadas com o auxílio de paquímetro e fita métrica para a determinação da altura das árvores. De acordo com Encinas et al. (2005) calculou-se o incremento periódico (IP) quadrimestral ( $IP = Y_{(t+n)} - Y_t$ , onde: Y = dimensão considerada; t = idade; n = período de tempo), até a idade de dois anos, e o incremento médio anual (IMA), aos três anos de plantio.

Aos dois anos de idade das árvores, para a determinação da área de projeção de copa (APC,  $\text{m}^2 \text{ planta}^{-1}$ ), foram medidos dois diâmetros da projeção da copa, conforme a orientação norte-sul e leste-oeste, de cada árvore da área útil da subparcela, para a obtenção do diâmetro médio e posterior cálculo da APC, conforme descrito em Wink et al. (2012).

O volume de madeira ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) potencial e real ( $V = (\pi/4).DAP^2.Ht.FF$ , onde: FF = fator de forma), aos três anos de idade, foi determinado utilizando um fator de forma médio ( $FF = VS/VC$ , onde: VS = volume sólido; VC = volume cilíndrico), obtido da cubagem em pé de 30 árvores aleatórias nos três arranjos de SSP, até um diâmetro de 3 cm, pelo método de Smalian descrito por Couto et al. (1989). Para a determinação do volume real, a densidade populacional inicial foi ajustada considerando a mortalidade de cada arranjo espacial.

A mortalidade de plantas foi obtida por meio da contagem das plantas mortas em cada arranjo espacial, sendo esta dividida pela quantidade total de árvores implantadas na área de cada parcela e expressa em percentual.

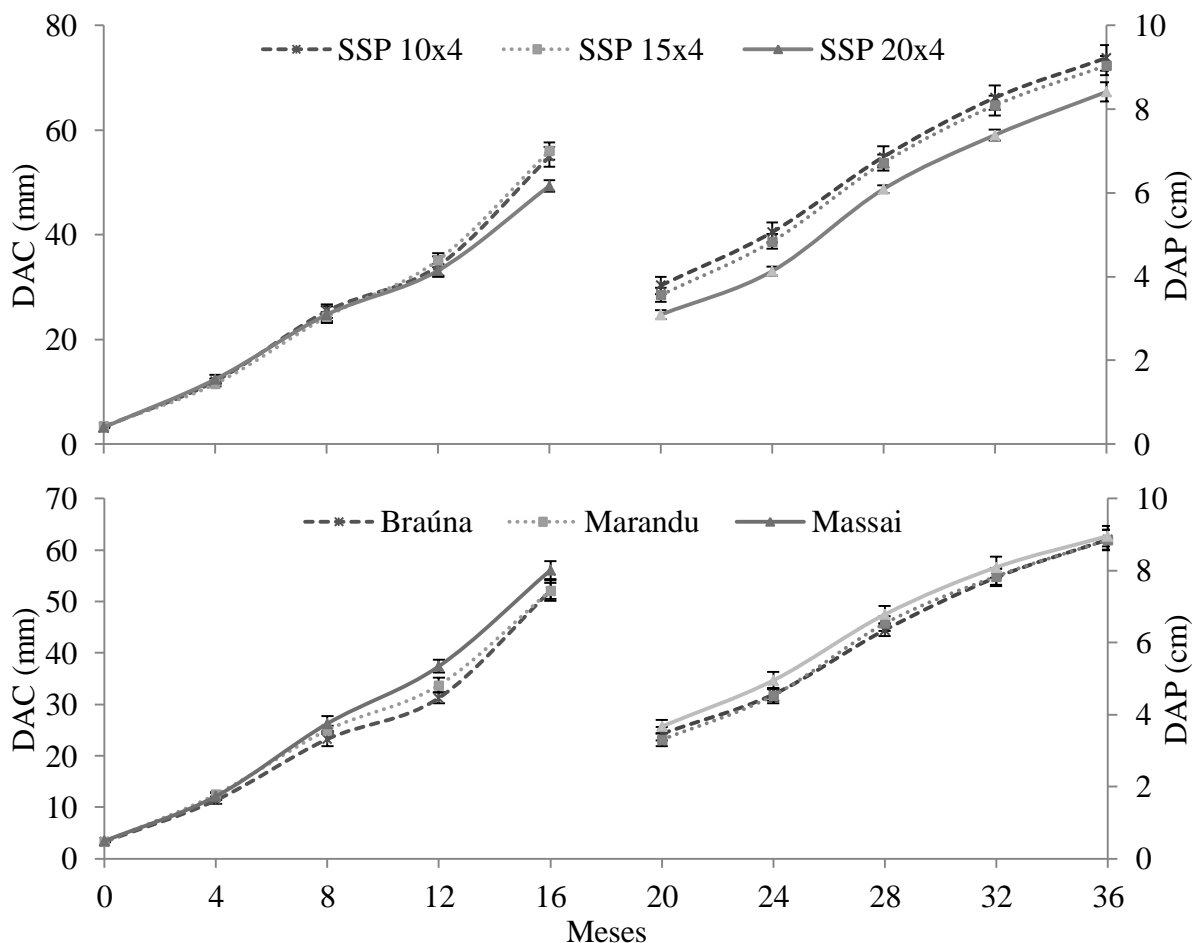
Para cada época de avaliação, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, composta pelos efeitos fixos: arranjos (A), cultivares (C) e interação (A×C) e o erro experimental associado à parcela e à subparcela como efeitos aleatórios, e quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Foi utilizado o programa estatístico AgroEstat (Barbosa e Maldonado Junior, 2015).

### 3.3. RESULTADOS

No terceiro ano de condução do experimento obteve-se uma mortalidade média de 58,1%, sendo 59,8%, 51,0% e 64,1% de mortalidade, correspondendo a uma densidade real de árvores de 100, 82 e 45 árvores ha<sup>-1</sup> para o arranjo SSP 10×4 m, SSP 15×4 m e SSP 20×4 m, respectivamente.

Para o DAC, o DAP e a Ht não houve interação significativa entre os tratamentos, obtendo-se somente respostas isoladas para cada fonte de variação: arranjos espaciais e cultivares de forrageiras (Figuras 3.3 e 3.4). As acácias com um ano e quatro meses alcançaram de DAC 53,41 mm e de Ht 2,59 m e com três anos de cultivo alcançaram de DAP 8,89 cm e de Ht 5,80 m de média geral.

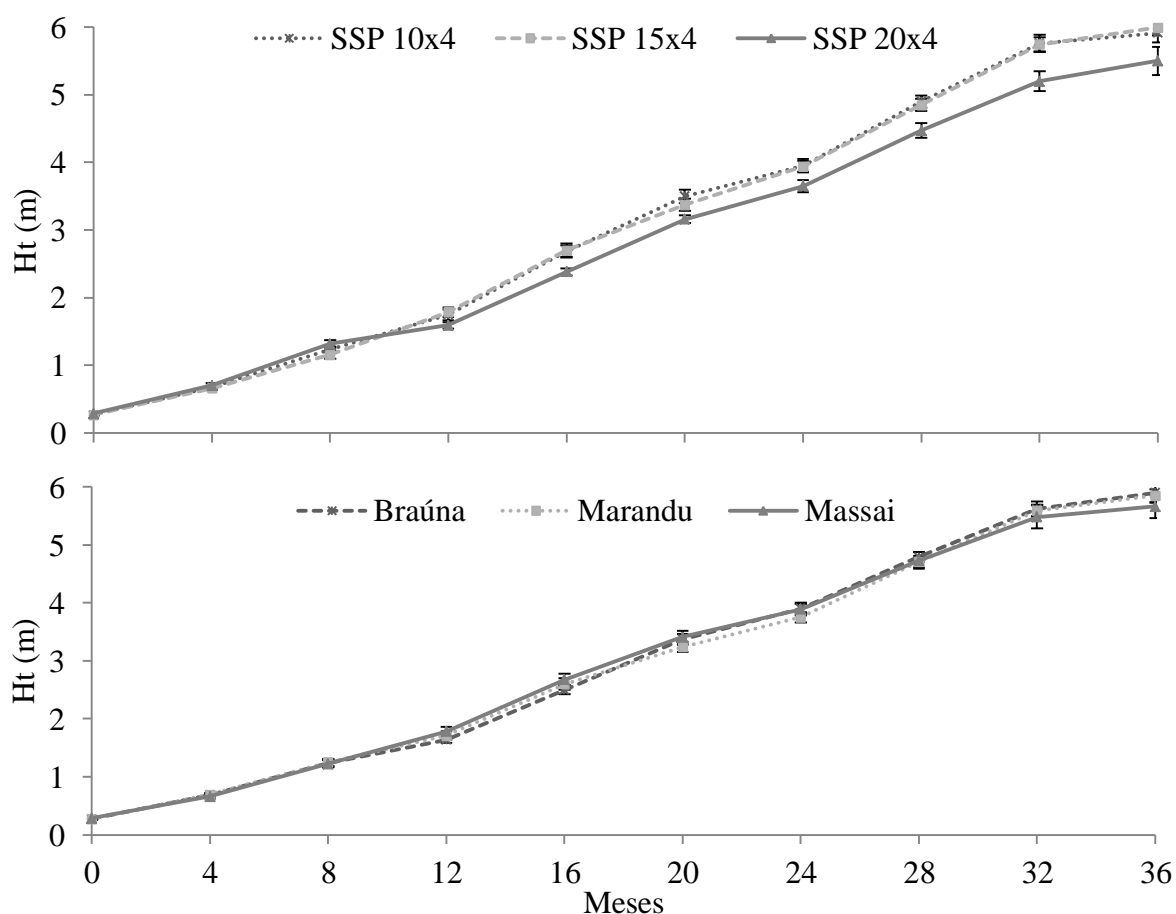
Houve diferença significativa somente após 8 meses do plantio, em que as acácias consorciadas com a cultivar Massai obteve um maior DAC aos 12 meses de idade, independente do arranjo espacial (Figura 3.3). Após os 12 meses de idade não foi observada diferença entre as cultivares de forrageiras até a idade de 3 anos das acácias, mas entre os arranjos espaciais o SSP 20×4 m foi inferior para as duas variáveis de crescimento avaliadas, exceto aos 24 meses em que não houve diferença entre os arranjos para a altura total (Figuras 3.3 e 3.4).



**Figura 3.3.** Diâmetro a altura do coleto (DAC) e do peito (DAP) de *Acacia mangium* cultivada em arranjos espaciais de sistema silvipastoril em solo arenoso, até os três anos de idade. Cachoeira de Goiás-GO. Dados médios  $\pm$  erro padrão da média (n=12).

Na Tabela 3.2 estão apresentados os incrementos periódicos quadrimestrais (IP) em DAC, em DAP e em Ht até os dois anos de idade das acácias, observando diferenças somente após 8 meses do plantio. O SSP 15x4 m é superior aos demais arranjos no período de 8 a 12 meses de idade, não diferindo do SSP 10x4 m no período de 12 a 16 meses para as duas variáveis avaliadas.

As árvores de acácia cultivadas com a cultivar Massai obtiveram os maiores incrementos em DAC e em Ht no período de 8 a 12 meses. Já no período de 16 a 20 meses, as acácias cultivadas com a cultivar Braúna foi superior para o IPHt, não diferindo das cultivadas com a cultivar Massai. Somente no período de 20 a 24 meses ocorreu interação entre os tratamentos para o IPDAP, com destaque para o arranjo SSP 15x4 m associado com a cultivar Marandu e para a cultivar Massai dentro do SSP 10x4 m (Tabela 3.2).



**Figura 3.4.** Altura total (Ht) de *Acacia mangium* cultivada em arranjos espaciais de sistema silvipastoril em solo arenoso, até os três anos de idade. Cachoeira de Goiás-GO. Dados médios  $\pm$  erro padrão da média (n=12).

Observa-se um acréscimo nos incrementos à medida que aumenta a idade das acácias até os 16 meses, exceto no período de 8 a 12 meses, onde ocorreu um decréscimo em relação ao período anterior, associado ao período de estiagem (Figura 3.1) e atividade de desrama, ocorrida nesse intervalo, com 9 meses de idade, durante o mês de setembro.

Em contrapartida, no período posterior (12 a 16 meses) obtiveram-se os maiores incrementos com valores médios de 19,29 mm para o DAC e 88,08 cm para a altura, em resposta ao período chuvoso e a adubação de cobertura com fósforo, potássio e micronutrientes. O mesmo comportamento ocorre após os 16 meses de idade, com redução dos incrementos devido o período de falta de chuvas (Figura 3.1).

O volume real e potencial ( $m^3 ha^{-1}$ ) e os incrementos médios anuais (Volume, DAP e Ht), aos três anos de idade, e a área de projeção de copa, aos dois anos de idade das

acácias cultivada em SSP estão apresentados na Tabela 3.3. O fator de forma médio encontrado para as árvores, com dois anos de idade, nos arranjos espaciais foi de 0,69.

**Tabela 3.2.** Incrementos periódicos quadrimestrais em diâmetro a altura do coleto (IPDAC) e a altura do peito (IPDAP) e em altura total (IPHt) de *Acacia mangium* cultivada em arranjos espaciais de sistema silvipastoril em solo arenoso na fase de implantação. Cachoeira de Goiás-GO.

Arranjos	SSP 10×4	SSP 15×4	SSP 20×4	Média	SSP 10×4	SSP 15×4	SSP 20×4	Média
Cultivares	IPDAC (mm)				IPHt (cm)			
4 meses								
Braúna	7,3±0,5	8,2±0,7	8,8±1,9	8,1±0,7 a	40,9±3,3	42,9±3,0	40,9±7,5	41,6±2,6 a
Marandu	8,9±0,6	8,6±0,9	10,2±0,5	9,2±0,4 a	39,2±1,8	42,0±5,4	46,2±1,9	42,4±2,0 a
Massai	10,0±0,6	7,6±0,6	8,6±1,9	8,7±0,7 a	42,5±3,2	33,5±3,0	37,6±10,2	37,9±3,5 a
Média	8,7±0,4 A	8,1±0,4 A	9,2±0,8 A		40,9±1,6 A	39,4±2,4 A	41,6±4,0 A	
8 meses								
Braúna	11,2±1,2	12,1±1,5	12,4±1,9	11,9±0,8 a	59,4±7,8	47,6±9,2	58,6±6,0	55,2±4,4 a
Marandu	11,9±0,9	12,9±1,1	12,9±1,8	12,5±0,7 a	50,0±8,2	52,0±8,6	64,3±5,4	55,4±4,4 a
Massai	17,1±1,1	13,5±1,3	11,8±1,1	14,1±0,9 a	58,3±4,2	48,8±6,2	61,5±4,4	56,2±3,1 a
Média	13,4±1,0 A	12,8±0,7 A	12,3±0,9 A		55,9±3,9 A	49,5±4,3 A	61,5±2,9 A	
12 meses								
Braúna	5,9±0,6	10,3±1,9	5,5±1,1	7,2±1,0 b	22,2±1,8	64,2±12,6	27,0±0,3	37,8±6,8 b
Marandu	10,8±1,5	9,6±0,9	5,2±0,9	8,5±0,9 ab	56,3±8,8	51,2±8,3	23,9±2,4	43,8±5,7 b
Massai	9,6±1,6	14,5±1,1	11,6±2,5	11,9±1,1 a	71,9±12,5	83,6±6,2	39,7±9,5	65,1±7,6 a
Média	8,8±0,9 B	11,5±1,0 A	7,4±1,3 B		50,1±7,8 B	66,3±6,3 A	30,2±3,6 C	
16 meses								
Braúna	22,3±1,7	21,4±1,5	18,7±1,1	20,8±0,9 a	94,4±6,3	89,4±4,7	74,6±3,7	86,1±3,7 a
Marandu	20,1±0,7	19,7±0,9	15,4±1,4	18,4±0,8 a	93,1±3,3	88,3±8,7	85,0±4,0	88,8±3,2 a
Massai	20,2±1,6	21,5±0,9	14,4±2,8	18,7±1,4 a	94,0±2,1	96,9±4,0	77,1±7,8	89,3±3,8 a
Média	20,9±0,8 A	20,9±0,6 A	16,2±1,1 B		93,8±2,2 A	91,5±3,4 A	78,9±3,2 B	
				IPDAP (cm)		IPHt (cm)		
20 meses								
Braúna	-	-	-	-	87,0±4,4	79,3±5,7	93,8±2,9	86,6±3,0 a
Marandu	-	-	-	-	76,5±3,8	55,8±14,0	62,0±6,4	64,7±5,4 b
Massai	-	-	-	-	79,5±5,1	66,3±6,3	77,0±6,1	74,0±3,5 ab
Média	-	-	-	-	81,0±2,7 A	67,0±5,7 A	77,4±4,8 A	
24 meses								
Braúna	1,1±0,1 Ab	1,1±0,1 Ab	1,1±0,2 Aa	1,1±0,1	55,3±0,9	53,3±5,4	59,8±7,6	56,0±2,9 a
Marandu	1,1±0,1 Bab	1,7±0,2 Aa	0,9±0,2 Ba	1,2±0,1	42,0±4,0	63,5±11,7	45,3±6,8	50,3±5,1 a
Massai	1,6±0,1 Aa	1,1±0,1 Ab	1,1±0,1 Aa	1,3±0,1	47,0±6,0	52,8±5,5	49,8±5,1	49,6±3,0 a
Média	1,3±0,1	1,3±0,1	1,0±0,1		47,9±2,7 A	56,5±4,5 A	51,5±3,9 A	

Médias ± erro padrão das médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (p < 0,05).

Para as cultivares de forrageiras não houve diferença significativa, observando somente diferença entre os arranjos espaciais, onde o SSP 20×4 m apresentou menores valores de incremento médio anual em DAP e em Ht. Para a produção de madeira houve diferença significativa entre os arranjos espaciais em virtude das diferentes densidades de plantas por hectare em cada arranjo espacial (Tabela 3.3).

**Tabela 3.3.** Volume real (Vreal) e potencial (Vpotencial), incremento médio anual em volume real (IMA\_Vreal), em volume potencial (IMA\_Vpotencial), em diâmetro a altura do peito (IMA\_DAP) e em altura total (IMA\_Ht), aos três anos de idade, e área de projeção de copa (APC), aos dois anos de idade, de *Acacia mangium* cultivada em arranjos espaciais de sistema silvipastoril em solo arenoso na fase de implantação. Cachoeira de Goiás-GO.

Variáveis	Arranjos			Cultivares		
	SSP 10×4	SSP 15×4	SSP 20×4	Braúna	Marandu	Massai
Vreal (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	2,8±0,2 A	2,2±0,2 B	1,0±0,1 C	1,9±0,2 A	2,0±0,3 A	2,1±0,3 A
IMA_Vreal (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	0,9±0,1 A	0,7±0,1 B	0,3±0,0 C	0,6±0,1 A	0,7±0,1 A	0,7±0,1 A
Vpotencial (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	7,0±0,6 A	4,5±0,3 B	2,7±0,2 C	4,6±0,6 A	4,7±0,6 A	4,9±0,8 A
IMA_Vpotencial (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	2,3±0,2 A	1,5±0,1 B	0,9±0,1 C	1,5±0,2 A	1,6±0,2 A	1,6±0,3 A
IMA_DAP (cm ano <sup>-1</sup> )	3,1±0,1 A	3,0±0,1 AB	2,8±0,1 B	3,0±0,1 A	3,0±0,1 A	3,0±0,1 A
IMA_Ht (m ano <sup>-1</sup> )	2,0±0,0 A	2,0±0,0 A	1,8±0,1 B	2,0±0,1 A	1,9±0,0 A	1,9±0,1 A
APC (m <sup>2</sup> )	3,8±0,2 A	3,9±0,3 A	3,4±0,2 A	3,6±0,2 A	3,4±0,3 A	4,1±0,2 A

Médias ± erro padrão das médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (p < 0,05).

### 3.4. DISCUSSÃO

Do primeiro (2017) para o segundo ano (2018) ocorreu um aumento da mortalidade de 3,6%, enquanto que do segundo para o terceiro ano (2019) foi de 12,2%, com as mortalidades associadas ao período de estiagem na região, onde a partir dos 6 meses de idade, em pleno período seco, as árvores começaram a secar as pontas dos filódios e os brotos, levando a planta a senescência. O aumento significativo da mortalidade no terceiro ano esta associado à baixa precipitação durante o período (Figura 3.1), comparado aos demais anos, e ao prolongamento do período de estiagem.

O alto índice de mortalidade em decorrência do período seco corrobora com os resultados encontrados por Zuba Junio et al. (2012), os quais obtiveram 85,42% de mortalidade trabalhando em área degradada. Segundo esses autores, a espécie possui uma grande área exposta de filódios, o que proporciona intensa perda de água por

evapotranspiração e injúrias no tecido da planta durante períodos de estresse hídricos prolongados.

No Estado de Roraima foi constatado em plantas de acácias jovens, filódios com coloração amarronzada em grandes extensões e senescência causada por estresse hídrico, não encontrando nenhum organismo associado à lesão (Halfeld-Vieira e Nechet, 2010). Esses mesmos sintomas foram observados na presente pesquisa.

As condições de fertilidade natural dos solos arenosos também pode ter contribuído para a vulnerabilidade da espécie na região Centro-Oeste Goiano, mesmo com as práticas de manejo de adubação e correção do solo. De acordo com Catie (1992), resultados encontrados na região sul da Costa Rica e no norte do Panamá, solos com alto teor de alumínio causam a morte regressiva da espécie em apenas três ou quatro anos de idade. Esse comportamento foi observado por Souza et al. (2008) trabalhando com plantios florestais homogêneos no Estado do Amazonas, encontrando 36,1% de sobrevivência aos 5 anos de idade.

O período de falta de chuva e ocorrência de veranico, associado com o solo de textura arenosa de baixa capacidade de armazenamento de água, foi crucial na determinação do crescimento das acácias em sistema silvipastoril. Porventura, com a consolidação do sistema implantado, o mesmo possa reduzir essa influência do clima e das condições naturais do solo, com maior cobertura da superfície e aporte de resíduos vegetais e de nutrientes.

Em um trabalho conduzido em casa de vegetação por Braga et al. (1995), com o objetivo de avaliar as exigências nutricionais de 4 espécies florestais, a *Acacia mangium* obteve uma sequência de absorção de nutrientes sendo:  $N > K > Ca > P > Mg > S > Fe > B > Mn > Zn > Cu$ . Os mesmos autores, avaliando o crescimento da espécie concluíram que o P é o nutriente mais limitante, seguido do N e S, corroborando com os resultados da pesquisa, onde o período de maior incremento em crescimento esteve relacionado com a adubação fosfatada e potássica, até os dois anos de idade.

Em relação ao crescimento em diâmetro a altura do coleto e em altura os resultados encontrados se assemelham aos de Schiavo et al. (2010). Segundo os autores, a acácia plantada em cava-de-extração de argila apresenta um crescimento inicial reduzido, não ultrapassando 2 metros de altura e 30 milímetros de diâmetro do colo aos 7-8 meses, mas que posteriormente o crescimento é acelerado apresentando um comportamento semelhante ao eucalipto.

Miranda e Valentim (2000) trabalhando com desempenho de doze espécies arbóreas no Estado do Acre, Brasil, encontraram valores de altura de 2,87 metros com um ano de idade e 9,78 metros com três anos de idade para a *Acacia mangium* plantada em espaçamento de 1,5×1,5 m. Esses dados são superiores aos encontrados no trabalho, o que pode estar associado às condições edafoclimáticas, o uso moderado de fertilizantes em um solo de baixa fertilidade natural e espaçamentos maiores, além de se tratar de um sistema integrado.

Souza et al. (2004) avaliando o crescimento de acácia encontraram, aos quatro anos de idade, valores de volume de madeira de 181 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e de incrementos médios anuais de 45,31 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, 3,5 m ano<sup>-1</sup> e 2,4 cm ano<sup>-1</sup>, para volume, altura e DAP, respectivamente. O incremento médio anual em DAP foi próximo dos resultados encontrados, com valores médios de 2,96 cm ano<sup>-1</sup>. As outras variáveis diferiram devido à diferença de idade e de densidade de plantas no hectare nos dois estudos.

De acordo com Oliveira et al. (2015), trabalhando com acácia e eucalipto consorciados ou não em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e em monocultivo, as forrageiras não influenciam no crescimento e produção de madeira das espécies arbóreas, corroborando com os resultados da presente pesquisa.

A altura de fuste e a arquitetura da copa das árvores em SSPs estão relacionadas com a porcentagem de transmissão de luz para o sub-bosque, o que influencia no crescimento das forrageiras (Carvalho e Xavier, 2005). Segundo Mendonça (2014), aos 18 meses a acácia apresentou maior área de projeção da copa comparada com o cedro, teca, mogno, guanandi, baru e o eucalipto, com 6,76 m<sup>2</sup>, o que pode futuramente proporcionar sombreamento excessivo a pastagem.

Já Machado et al. (2018) encontraram os menores valores de APC (1,6 m<sup>2</sup>) para a acácia devido a alta competição entre as árvores, associada a um elevado número de troncos dentro do hectare (5.138 troncos ha<sup>-1</sup>) devido as bifurcações e troncos múltiplos. Os dados da pesquisa determinam um valor médio de 3,70 m<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> de área de projeção de copa para a acácia em consórcio com forrageiras, aos dois anos de idade, não havendo diferença entre os tratamentos.

O manejo de poda adotado na área seguiu a metodologia proposta por Tonini e Halfeld-Vieira (2006), os quais trabalharam com o efeito da intensidade (desrama a 50% e 70% da altura total) e a época da desrama (baixa e alta pluviosidade) no crescimento inicial e na incidência de árvores com ferimentos não cicatrizados. De acordo com os autores, a

época e a intensidade da desrama não exercem efeito sobre o crescimento inicial, em diâmetro e altura das acácias, e que esse manejo quando realizado em época de baixa pluviosidade, ocasiona melhor cicatrização das lesões e menor predisposição à podridão-do-lenho.

A *Acacia mangium* por ser uma espécie que tem tendência a ramificar e a formar troncos múltiplos e não apresentar uma desrama natural eficiente faz com que a desrama artificial seja um procedimento silvicultural que aumenta o valor comercial e a qualidade da madeira (Schneider et al., 1999). Segundo Catie (1992) a tendência das espécies se ramificarem e formarem troncos múltiplos estão relacionados à fertilidade do solo, com maior frequência em locais pobres.

### 3.5. CONCLUSÕES

As condições climáticas do Centro-Oeste Goiano contribuem para a vulnerabilidade da espécie associada a altas taxas de mortalidade.

A *Acacia mangium* apresenta crescimento inicial satisfatório em sistema silvipastoril em solo arenoso, com destaque para os arranjos 10×4 e 15×4 metros, mostrando-se uma espécie apta para sistemas integrados.

### 3.6. AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos, aos proprietários da fazenda São Miguel, à Prefeitura Municipal de Cachoeira de Goiás-GO, à Vitacal, à Matsuda e aos grupos de pesquisa/estudo SINFERT e GEFOR.

### 3.7. REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. cap. 8, p. 43-60.

ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia*

*holosericea* com quatro anos de idade em Planossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 777-785, 2000.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILA, V.; MORAES, A. de.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. i-xii, 2011.

BALIEIRO, F. C.; DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. de. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 59-65, 2004.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat – Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos**. Jaboticabal-SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2015.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 77-87, 2009.

BRAGA, F. de A.; VALE, F. R. do; VENTORIM, N.; AUBERT, E.; LOPES, G. de A. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 18-31, 1995.

CARVALHO, M. M.; XAVIER, D. F. Sistemas silvipastoris para recuperação e desenvolvimento de pastagens. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. (Ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. cap. 22, p. 497-517.

CATIE – CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA. **Mangium (*Acacia mangium* Willd): especie de árbol de uso múltiple en América Central**. Turrialba: CATIE, 1992. 56p. (Colección de Guías Silviculturales, 5).

COUTO, H. T. Z. do; BATISTA, J. L. F.; RODRIGUES, L. C. E. **Mensuração e gerenciamento de pequenas florestas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, 1989. 37p. (Documentos Florestais).

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F. da; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores**. Departamento de Engenharia Florestal. Brasília: Universidade de Brasília, v. 7, n. 1, 2005. 43p.

FERREIRA, C. A.; SILVA, F. P. da; SILVA, M. das D. D.; YARED, J. A. G.; CAPITANI, L. R.; SUITER FILHO, W. *Acacia mangium* – uma nova opção para reflorestamento?. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. v. 3, p. 564-568.

HALFELD-VIEIRA, B. de A.; NECHET, K. de L. Doenças em *Acacia mangium* e danos de origem abiótica. In: TONINI, H.; HALFELD-VIEIRA, B. de A.; SILVA, S. J. R. da.

(Ed.). *Acacia mangium*: características e seu cultivo em Roraima. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Boa Vista: Embrapa Roraima, 2010. cap. 6, p. 107-117.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório 2019**. Brasília, 2019. 80p. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Estação meteorológica de observação de superfície automática**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>. Acesso em: 2016, 2017, 2018, 2019.

KLUTHCOUSKI, J.; CORDEIRO, L. A. M. Produção sustentável nos solos arenosos. **Revista Opiniões**. n. 40, p. 19-21, 2015.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica. 1948, 478p.

MACHADO, M. R.; CAMARA, R.; SAMPAIO, P. T. B; FERRAZ, J. B. S.; PEREIRA, M. G. Silvicultural performance of five forest species in the central Brazilian Amazon. **Acta Amazonica**, v. 48, n. 1, p. 10-17, 2018.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. de. (Ed.). **Cerrado**: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 224p.

MENDONÇA, B. R. **Potencial de estabelecimento de espécies arbóreas em sistema silvipastoril na região de Lavras, Sul do Estado de Minas Gerais**. 2014. 66 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

MIRANDA, E. M.; VALENTIM, J. F. Desempenho de doze espécies arbóreas nativas e introduzidas com potencial de uso múltiplo no Estado do Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 30, n. 3, p. 471-480, 2000.

OLIVEIRA, F. L. R. de; CABACINHA, C. D.; SANTOS, L. D. T.; BARROSO, D. G.; SANTOS JÚNIOR, A. dos; BRANT, M. C.; SAMPAIO, R. A. Crescimento inicial de eucalipto e acácia, em diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta. **Cerne**, Lavras, v. 21, p. 227-233, 2015.

ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P. de; SOUZA, C. R. de. *Acacia mangium*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2003. 29 p. (Documentos: 28).

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS, M. A.; RODRIGUES, L. A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis*, inoculadas com fungos micorrízicos, em casa-de-vegetação e em cava-de-extração de argila. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 1, p. 171-178, 2010.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HOPPE, J. M. Efeito da intensidade de desrama na produção de *Pinus elliottii* Engelm., implantado em solo pobre, no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 35-46, 1999.

SOUZA, C. R. de; LIMA, R. M. B. de; AZEVEDO, C. P. de; ROSSI, L. M. B. Desempenho de espécies florestais para uso múltiplo na Amazônia. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 7-14, 2008.

SOUZA, C. R. de; ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P. de; LIMA, R. M. B. de. Comportamento da *Acacia mangium* e de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em plantios experimentais na Amazônia Central. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 95-101, 2004.

TONINI, H.; ANGELO, D. H.; CONCEIÇÃO, J. da S.; HERZOG, F. A silvicultura da *Acacia mangium* em Roraima. In: TONINI, H.; HALFELD-VIEIRA, B. de A.; SILVA, S. J. R. da. (Ed.). *Acacia mangium*: características e seu cultivo em Roraima. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Boa Vista: Embrapa Roraima, 2010. cap. 5, p. 83-105.

TONINI, H.; HALFELD-VIEIRA, B. de A. Desrama, crescimento e predisposição à podridão-do-lenho em *Acacia mangium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1077-1082, 2006.

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

WINK, C.; MONTEIRO, J. S.; REINERT, D. J.; LIBERALESSO, E. Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 57-67, 2012.

ZUBA JUNIO, G. R.; SAMPAIO, R. A.; PRATES, F. B. S.; FERNANDES, L. A.; NASCIMENTO, A. L. Crescimento de cedro e de leguminosas arbóreas em área degradada, adubado com pó-de-rocha. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 159-165, 2012.

## **2. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O sistema silvipastoril com acácia-mangium demonstra uma opção viável para os pecuaristas utilizarem os solos arenosos de forma conservacionista, em específico a classe dos Neossolos Quartzarênicos, bem como recuperar áreas de pastagens em processo de degradação, uma vez que proporciona produções satisfatórias das forrageiras, mesmo com o baixo emprego de fertilizantes.

Concomitantemente, a intensificação do uso desses solos, de baixa fertilidade natural, com sistemas integrados e utilização de espécie arbórea leguminosa exige um acompanhamento e um planejamento mais rigoroso, principalmente da fertilidade, a fim de suprir as necessidades das espécies cultivadas em consórcio e manter os níveis de acidez adequados.

São necessários estudos a médio e longo prazo para a determinação do arranjo espacial que proporciona melhor qualidade do solo e melhor interação entre seus componentes, forrageira e arbórea, quando confrontados com o monocultivo de forrageiras. O experimento norteia para o manejo correto do solo na sua região de implantação, além de contribuir para futuras pesquisas com sistemas integrados que abarca o componente arbóreo e na busca da intensificação agropecuária sustentável dos solos arenosos.

### 3. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. G. de; BARBOSA, R. A.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. cap. 7, p. 87-94.
- ANDRADE, C. M. S. de; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G.; SOUZA, A. L. de. 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, 2003.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. de; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. i-xii, 2011.
- BALIEIRO, F. C.; DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. de. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 59-65, 2004.
- BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 77-87, 2009.
- BERNARDINO, F. S.; TONUCCI, R. G.; GARCIA, R.; NEVES, J. C. L.; ROCHA, G. C. Produção de forragem e desempenho de novilhos de corte em um sistema silvipastoril: efeito de doses de nitrogênio e oferta de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 7, p. 1412-1419, 2011.
- CARMO, D. A. B.; VAL, B. H. P. Classificação dos Neossolos e Nitossolos quanto a natureza física, químicas e morfológicas. **Fazu**, Uberaba, n. 10, p. 17-26, 2013.
- DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L. de; BALIEIRO, F. C.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; VIANA, J. H. M.; ARAÚJO FILHO, J. C. de; SANTOS, F. C. dos; ALBUQUERQUE, M. R. de; MACEDO, M. C. M.; TEIXEIRA, P. C.; AMARAL, A. J.; BORTOLON, E.; BORTOLON, L. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1003-1020, 2016.
- ENGEL, V. L. Sistemas agrofloretais: conceitos e aplicações. In: \_\_\_\_\_. **Introdução aos sistemas agrofloretais**. Botucatu: FEPAF, 1999. 70 p.

- FERREIRA, C. A.; SILVA, F. P. da; SILVA, M. das D. D.; YARED, J. A. G.; CAPITANI, L. R.; SUITER FILHO, W. *Acacia mangium* – uma nova opção para reflorestamento?. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. v. 3, p. 564-568.
- FRANKE, I. L.; FURTADO, S. C. **Sistemas Silvopastoris: fundamentos e aplicabilidade.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 53 p. (Documentos 74).
- FRAZÃO, L. A.; PÍCCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 5, p. 641-648, 2008.
- KLUTHCOUSKI, J.; CORDEIRO, L. A. M. Produção sustentável nos solos arenosos. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto, n. 40, p. 19-21, 2015.
- MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, p.133-146, 2009.
- MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; TSUKAMOTO FILHO, A. de A. Princípios de agrossilvicultura como subsídio do manejo sustentável. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 93-98, 2000.
- MORAES, L. F. D. de; AMÂNCIO, C. O. da G.; RESENDE, A. S. de. **Sistemas agroflorestais para o uso sustentável do solo: considerações agroecológicas e socioeconômicas.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011. 28 p. (Documentos 281).
- PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B. de; 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.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo.** Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 50 p.
- ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P. de; SOUZA, C. R. de. *Acacia mangium*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2003. 29 p. (Documentos: 28).
- SOUSA, S. G. A. de; WANDELLI, E. V.; GARCIA, L. C.; LOURENÇO, J. N. de P.; UGUEN, K. **Sistemas agroflorestais para a agricultura familiar da Amazônia.** Brasília: Embrapa, 2012. 38 p. (ABC da Agricultura Familiar, 33).
- VENTURIN, R. P.; GUERRA, A. R.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; MESQUITA, H. A. de. Sistemas Agrossilvipastoris: origem, modalidades e modelos de implantação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, p. 16-24, 2010.