

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL**

NICOLLE DE OLIVEIRA SOARES

**SELEÇÃO DE ACESSOS DE *TITHONIA DIVERSIFOLIA* PARA FINS
FORRAGEIROS**

**MONTES CLAROS
2021**

NICOLLE DE OLIVEIRA SOARES

**SELEÇÃO DE ACESSOS DE *TITHONIA DIVERSIFOLIA* PARA FINS
FORRAGEIROS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Área de Concentração:
Produção Animal

Orientador: Leonardo David
Tuffi Santos

Coorientador: Jatnel Alonso
Lazo

MONTES CLAROS
2021

Soares, Nicolle de Oliveira.

S676s
2021

Seleção de acessos de *Tithonia diversifolia* para fins forrageiros [manuscrito] /
Nicolle de Oliveira Soares. Montes Claros, 2021.

63f. : il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Produção Animal. Universidade
Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Leonardo David Tuffi Santos

Banca examinadora: Jatnel Alonso Lazo, Matheus Mendes Reis, Sidnei Tavares
dos Reis, Virgílio Mesquita Gomes.

Inclui referências: f. 26-35; f. 59-63

1. Plantas forrageiras -- Teses. 2. Plantas -- Reprodução -- Teses. 3. Forrageira --
Genética -- Teses. 4. Semiárido -- Teses. 5. Nutrição animal -- Teses. I. Santos,
Leonardo David Tuffi Santos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de
Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 633.2

ELABORADA PELA BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA DO ICA/UFGM
Nádia Cristina Oliveira Pires / CRB-6/2781



Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Agrárias
Colegiado de Pós-Graduação em Produção Animal

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 19 dias do mês de abril de 2021 às 14:00 horas, sob a Presidência do Professor Leonardo David Tuffi Santos, D. Sc. (Orientador – ICA/UFMG) e com a participação dos Professores Jatnel Alonso Lazo, D. Sc. (Coorientador - Instituto de Ciência Animal de Havana/Cuba), Sidnei Tavares dos Reis, D. Sc. (ICA/UFMG), Matheus Mendes Reis, D. Sc. (IFNMG) e Virgílio Mesquita Gomes, D. Sc. (Unimontes) reuniu-se, por videoconferência, a Banca de defesa de dissertação de **NICOLLE DE OLIVEIRA SOARES**, aluna do Curso de Mestrado em Produção Animal. A aluna apresentou, em seção aberta, sua dissertação e em seguida procedeu-se a arguição e considerações por parte dos membros da banca. Ao final a banca divulgou o resultado da defesa de dissertação intitulada “**Seleção de acessos de *Tithonia diversifolia* para fins forrageiros**”, sendo a aluna considerada **APROVADA**. E, para constar, eu, Professor Leonardo David Tuffi Santos, Presidente da Banca, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.

OBS.: A aluna somente receberá o título após cumprir as exigências do ARTIGO 53 do regulamento e da resolução 05/2016 do Curso de Mestrado em Produção Animal.

Montes Claros, 19 de abril de 2021.

Jatnel Alonso Lazo
Coorientador

Sidnei Tavares dos Reis
Membro

Matheus Mendes Reis
Membro

Virgílio Mesquita Gomes
Membro

Leonardo David Tuffi Santos
Orientador

LEONARDO DAVID
TUFFI SANTOS:
03629311601

Assinado digitalmente por LEONARDO DAVID TUFFI SANTOS:
03629311601
DfU: C=BR, O=ICP-Brasil, OU=C=BOLETTI Multiss v5,
OU=27510943000100, O=Presidência, OU=Certificado PF A1,
CN=LEONARDO DAVID TUFFI SANTOS:03629311601
Fazê-lo é ser o autor é este documento
Localizado:
Data: 2021-04-20 10:33:46
PKCS Reader Versão: 9.4.1

Dedico a minha avó, Elisa Soares dos Santos
(*In Memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e proteção, pois, em meio à pandemia da Covid-19, deu-me saúde e força e tornou possível essa conquista.

Agradeço a minha mãe, Jane, e a minha avó, Elisa (*In Memoriam*), por todo amor. Agradeço a todos da minha família Queiroz e à família Oliveira.

Agradeço ao professor Leonardo Davi Tuffi Santos, pela paciência, compreensão e pelas orientações durante toda a minha pós-graduação. Agradeço ao meu coorientador, Jatnel Alonso Lazo, por todo apoio.

Agradeço aos meus colegas do grupo de pesquisa do Laboratório de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas, Luan, George, Richardson, Rodrigo, Sérgio, Guilherme, Victor, Matheus Mendes e Evander.

Agradeço aos meus amigos, Karen, Érica, Helen, Armando e Marco Túlio, por todo carinho.

Agradeço aos professores, funcionários e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Animal do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray é uma planta arbustiva com alto potencial para a alimentação animal. A espécie apresenta alta produtividade, qualidade nutricional, adaptabilidade edafoclimática e ampla diversidade genética e fenotípica. Entretanto, estudos sobre a seleção de materiais superiores para o seu uso como forrageira são escassos. Assim, buscou-se avaliar acessos de *T. diversifolia* encontrados no estado de Minas Gerais, com intuito de selecionar materiais superiores como recurso forrageiro arbustivo. Foram coletados 18 acessos de *T. diversifolia* nas regiões de cerrado e mata atlântica de Minas Gerais. O banco de germoplasma foi implantado a campo em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e disposto em parcelas subdivididas, sendo alocados nas parcelas os 18 acessos, e nas subparcelas quatro avaliações/cortes realizadas no tempo. Os acessos foram avaliados quanto as suas características estruturais, fisiológicas, produtivas e bromatológicas. Todos os acessos de *T. diversifolia*, em comparação a outras espécies forrageiras, apresentaram alta produtividade, variando de 31.000 a 60.000 kg ha⁻¹ de matéria seca, em quatro cortes no ano. Também apresentaram altos teores de proteína bruta (PB) entre 13,2 e 18,3% e teores de fibra dentro dos limites recomendados para forrageiras. Os acessos MC, DIA, PM, NL e SRS apresentaram características de maior produtividade de forragem, produtividade de PB e taxa de crescimento diário. O acesso SRS se destacou dentre os demais do grupo, pela elevada produtividade. Outros grupos podem servir para o melhoramento da espécie, sendo o acesso LUZ2 destacado por apresentar altos valores de relação folha/haste. Os acessos ERM, PER, VM, LD e NAZ se destacam por apresentar maiores teores de PB, taxa fotossintética e eficiência do uso da água. A produção de forragem de *T. diversifolia* foi maior nos cortes realizados entre a primavera, o verão e o outono, sendo observada queda na produtividade no outono/inverno, provavelmente em resposta às baixas temperaturas e à redução da intensidade de luz disponível nessa época do ano.

Palavras chave: Forrageira arbustiva. Produção de forragem. Materiais genéticos. Semiárido. Alimentação animal.

ABSTRACT

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray is a shrub plant with a high potential for animal feed. The species has high productivity, nutritional quality, edaphoclimatic adaptability, and wide genetic and phenotypic diversity. However, studies on the selection of superior materials for its use as forage are scarce. Thus, we sought to evaluate accessions of *T. diversifolia* found in Minas Gerais, to select superior materials as a shrub forage resource. Eighteen accessions of *T. diversifolia* were collected in the cerrado and atlantic forest regions of Minas Gerais. The germplasm bank was deployed in the field in a randomized block design with four replications and arranged in subdivided plots, with 18 accessions being allocated in the plots. In the subplots, four evaluations/cuts were carried out over time. The accessions were evaluated for their structural, physiological, productive, and bromatological characteristics. All accessions of *T. diversifolia*, compared to other forage species, showed high productivity, ranging from 31,000 to 60,000 kg ha⁻¹ of dry matter, in four cuts in the year. They also presented high crude protein (CP) contents between 13.2 and 18.3% and fiber contents within the recommended limits for forages. Accessions MC, DIA, PM, NL, and SRS showed characteristics of higher forage productivity, CP productivity, and daily growth rate. The SRS access stood out among the others in the group due to its high productivity. Other groups can serve to improve the species, being the LUZ2 access highlighted for presenting high leaf/stem ratio values. Accessions ERM, PER, VM, LD, and NAZ stand out for presenting higher CP contents, photosynthetic rate, and water use efficiency. The forage production of *T. diversifolia* was higher in the cuts carried out between spring, summer, and autumn, with a decrease in yield in autumn/winter, probably in response to low temperatures and the reduction in light intensity available at that time of the year.

Keywords: Shrub forage. Forage production. Genetic materials. Semiarid. Animal feed.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Mapa do estado de Minas Gerais - Brasil, com os pontos de coleta de <i>Tithonia diversifolia</i>	41
FIGURA 2. Dados climáticos na área experimental durante a condução do experimento em Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.....	43
FIGURA 3. Fotos ilustrativas da área experimental da presente pesquisa. (A) Plantio das estacas, (B) Plantas em desenvolvimento vegetativo.....	44
FIGURA 4. Esquema gráfico do período experimental e os quatro cortes realizados nas plantas de <i>Tithonia diversifolia</i> , ao longo dos meses de novembro de 2019 e novembro de 2020.....	45
FIGURA 5. Taxa de acúmulo de forragem (kg ha ⁻¹ de MS) de acessos de <i>Tithonia diversifolia</i> coletados em Minas Gerais.....	53
FIGURA 6. Dendograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade, obtido pelo método UPGMA, com base na distância de Mahalanobis em acessos de <i>Tithonia diversifolia</i> avaliados em quatro cortes ao longo do ano.....	54
FIGURA 7. Dispersão gráfica dos escores em relação as duas variáveis canônicas (VC 1 e VC 2) em acessos de <i>Tithonia diversifolia</i> avaliados em quatro cortes ao longo do ano.....	55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Identificação dos 18 acessos de <i>Tithonia diversifolia</i> utilizadas no estudo e locais de coleta no Estado de Minas Gerais, Brasil.....	42
TABELA 2. Taxa de crescimento (cm dia ⁻¹); Diâmetro de haste (mm); Relação Folha/Haste de acessos de <i>Tithonia diversifolia</i> coletados no estado de Minas Gerais.....	49
TABELA 3. Características bromatológicas (%PB, %FDN, %FDA), Produtividade diária (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ de MS) e Produtividade de PB (kg ha ⁻¹) de acessos de <i>Tithonia diversifolia</i> coletados no estado de Minas Gerais...	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Taxa Fotossintética
Al	Alumínio
Ca	Cálcio
cm	Centímetro
cmol	Centimol de carga
CO ₂	Gás Carbônico
dag	Decagrama
dm	Decímetro
E	Taxa de transpiração
FDA	Fibra insolúvel Detergente Ácido
FDN	Fibra insolúvel Detergente Neutro
h	Horas
ha	Hectare
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
K	Potássio
Kg	Quilograma
Km	Quilômetro
m	Metro
Mg	Magnésio
mm	Milímetro
MO	Matéria orgânica
mol	Massa molecular
MS	Massa seca
N	Nitrogênio
O	Oxigênio
P	Fósforo
PB	Proteína Bruta
pH	Potencial hidrogeniônico
s	Segundos
t	Toneladas
WUE	Eficiência do uso da água

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo Geral.....	15
2.2	Objetivos Específicos.....	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	Caracterização agrônômica da <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray.....	16
3.2	Composição químico-bromatológica da <i>T. diversifolia</i>	18
3.3	Formas de utilização da <i>T. diversifolia</i> na alimentação animal.....	20
3.4	Diversidade entre os biótipos de plantas e a utilização para seleção de materiais superiores.....	22
3.5	Análises Morfológicas, estruturais e Fisiológicas nos estudos de diversidade de <i>T. diversifolia</i>	25
	REFERÊNCIAS	26
4	ARTIGO	36
4.1	Artigo - Seleção de acessos de <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray para fins forrageiros.....	37

1 INTRODUÇÃO

A *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray é uma planta arbustiva, nativa da América Central, popularmente conhecida como botão-de-ouro, mão-de-Deus, titônia e margaridão. Essa planta é encontrada em zonas tropicais e subtropicais, em altitudes variadas, solos diversos e sobre diferentes precipitações e luminosidade (PEREZ *et al.*, 2009). A variabilidade de ambientes onde a espécie é encontrada e a sua adaptação fenotípica sugerem um grau de diversidade genética. Essa condição natural pode ser aproveitada para domesticação de materiais superiores de *T. diversifolia* ou mesmo para obtenção de um banco de germoplasma, com a finalidade de preservação e estudo de seus genótipos. A variabilidade entre os materiais genéticos da espécie favorece um alto grau de diversidade em suas propriedades agronômicas, nutricionais e de adaptação (DEL VAL *et al.*, 2017).

A *T. diversifolia* possui múltiplos usos, dentre os quais se destacam a utilização como planta forrageira, adubo verde, planta ornamental, planta melífera e usada na produção de fármacos. Na alimentação animal, tem se tornado uma importante alternativa forrageira nos países tropicais, devido a sua boa condição nutricional, alta produtividade, rusticidade, por ser perene, de fácil cultivo e de baixa demanda de insumos. Essa planta possui boa aceitação por animais ruminantes, ovinos, caprinos e aves (DÍAZ *et al.*, 2017). Essa forrageira arbustiva também se destaca pelos altos teores de proteína em suas folhas associada a uma boa digestibilidade, capaz de substituir concentrados e aumentar a lucratividade em sistemas de produção animal (RIBEIRO *et al.*, 2016; MAURÍCIO *et al.*, 2017).

Alguns estudos evidenciam grande variabilidade fenotípica e genotípica na *T. diversifolia*, com genótipos capazes de apresentar características de crescimento e desenvolvimento distintos (HOLGUÍN *et al.*, 2015; DEL VAL *et al.*, 2017). A *T. diversifolia* possui rápido crescimento e se multiplica facilmente por partes vegetativas e por sementes, o que pode justificar sua dispersão, sua distribuição geográfica e colonização de novos habitats (SILVA *et al.*, 2021). Apesar da importância do estudo da espécie e da seleção de materiais

superiores para os diversos usos, no Brasil, o registro de banco de germoplasma, bem como o estudo da variabilidade de seus materiais genéticos é escasso ou ausente, sobretudo para fins de seu uso como planta forrageira.

No estudo de materiais de bancos de germoplasma busca-se a análise de diferentes variáveis, como as morfológicas, fisiológicas, de composição químico-bromatológica e aquelas relativas à produtividade. O estudo conjunto dessas variáveis pode ser realizado por análise multivariada, por meio de procedimentos estatísticos diversos e aplicados de forma simultânea, com a intenção de facilitar a interpretação de fenômenos. A análise multivariada pode facilitar a escolha ou seleção de acessos superiores para uso como planta forrageira, sendo este o foco principal do presente estudo, de forma a correlacionar características de interesse, como qualidade, produtividade e adaptação ecofisiológica da planta quando cultivada em diferentes condições.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar acessos de *T. diversifolia*, buscando a seleção de materiais superiores como recurso forrageiro arbustivo.

2.2 Objetivos Específicos

Avaliar aspectos estruturais e produtivos de 18 acessos de *T. diversifolia*, coletados em diferentes regiões de Minas Gerais, em quatro cortes realizadas ao longo do ano.

Aferir a taxa fotossintética e eficiência do uso da água em 18 acessos de *T. diversifolia*, coletados em diferentes regiões de Minas Gerais, em quatro cortes ao longo do ano.

Analisar a composição químico-bromatológica de 18 acessos de *T. diversifolia* coletados em Minas Gerais, na primavera/verão e no outono/inverno.

Selecionar genótipos superiores de *T. diversifolia* para uso na alimentação animal.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Caracterização agrônômica da *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray

A *T. diversifolia* é uma planta da família Asteraceae, nativa da América Central e amplamente distribuída nas regiões tropicais e subtropicais (SILVA *et al.*, 2021). Essa planta é encontrada em diferentes altitudes, que variam desde o nível do mar até 2500 m. É encontrada em locais com precipitações anuais entre 800 e 4000 mm e diferentes tipos de solos. No Brasil, tem sido encontrada em diferentes biomas, em áreas cultivadas e de preservação ambiental. É conhecida popularmente como titônia, girassol-mexicano, botão-de-ouro, mão-de-Deus, margaridão, flor-do-mel, entre outros (PÉREZ *et al.*, 2009).

É uma planta de porte arbustivo, que pode atingir uma altura de até cinco metros em livre crescimento (SOUZA, 2017). Ela possui hastes eretas e ramificadas e suas folhas são simples, dispostas de forma alternada no pecíolo, com três a cinco lóbulos (GONZALES-CASTILLO *et al.*, 2014). Sua inflorescência é em forma de capítulos de coloração amarela ou alaranjada. Os capítulos têm tamanho de 6 a 12 cm de diâmetro, suas flores centrais são férteis e exalam odor forte e adocicado, favorecendo a atração de insetos polinizadores, e sua floração ocorre predominante entre os meses de abril e maio (SILVA *et al.*, 2012).

A *T. diversifolia* é propagada de forma sexuada ou assexuada. Suas sementes são pequenas, leves e de fácil dispersão, porém apresentam um período de dormência que dificulta sua germinação (MUOGHALU; CHUBA, 2005; SANTOS-GALLY, *et al.*, 2020). A propagação assexuada é feita com estacas semilenhosas, de 20 a 40 cm de comprimento, retiradas da parte intermediária das plantas, em que apresenta a melhor taxa de sobrevivência e alta capacidade de rebrota (LOURENCO *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2018a). Não há estudos que abordam os aspectos da polinização, fecundação e biologia reprodutiva da espécie, porém possivelmente trata-se de uma espécie alógama (SILVA *et al.*, 2012; MATTAR, 2018).

A *T. diversifolia* possui ciclo perene, tem rápido crescimento e fácil estabelecimento (OLIVA *et al.*, 2020). Ela possui grande quantidade de raízes,

que favorecem a absorção de nutrientes e melhoram a qualidade do solo (CRESPO *et al.*, 2011). De exigência mineral baixa, ela possui tolerância às condições de acidez do solo e à baixa pluviosidade e tolera solos mal drenados, tendo cultivo propício em regiões áridas e semiáridas (SILVA *et al.*, 2018b).

A *T. diversifolia* possui potencial de uso múltiplo. O uso como adubo verde é devido ao acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio e outros nutrientes em suas folhas, promovendo rápida decomposição no solo, aumento na matéria orgânica e melhoria de propriedades químicas, físicas e biológicas (OLABODE *et al.*, 2007; SCRASE *et al.*, 2019; KAHO *et al.*, 2011). A incorporação de resíduos da espécie nos solos proporciona o aumento gradual nos teores de nitrogênio e fósforo, sendo capaz de aumentar o pH, reduzindo a toxicidade pelo alumínio (PYPERS *et al.*, 2005).

A *T. diversifolia* é utilizada como cerca viva e como planta ornamental (KATO, 2017). Por ser uma espécie rústica, que produz folhas na época da seca é utilizada como quebra-vento, como barreira vegetal para reduzir ataques de pragas e refúgios de invernos para inimigos naturais (ARMANDO, 2002). Suas propriedades medicinais possuem principalmente efeitos anti-inflamatórios, antimaláricos, antidiabéticos, antioxidantes e anticâncer (SILVA *et al.*, 2020; DLAMINI *et al.*, 2020; TAGNE *et al.*, 2018). A *T. diversifolia* também é considerada uma planta invasora, devido a seu potencial de conquista de novas áreas e ao difícil controle da espécie, sendo frequentemente encontrada nas margens de estradas, nos terrenos baldios, nos campos de cultivo, nas propriedades rurais e nos limites de áreas de preservação (WITT *et al.*, 2019).

A espécie é considerada uma fonte alternativa de alimento promissora para produção animal (GARCÍA, 2017; LONDOÑO *et al.*, 2019; MAURÍCIO *et al.*, 2017). A *T. diversifolia* é utilizada como forrageira para alimentação animal, tendo como atributos o alto valor nutritivo, o alto teor de proteína e o elevado potencial produtivo (MARECHA; ROSALES, 2005). Essa planta entra como alternativa forrageira nos períodos críticos de seca e em regiões onde espécies mais exigentes em fertilidade do solo não se adaptam. A cultura pode ser estabelecida em monocultivo, associada com outras culturas (RIVERA *et al.*, 2015) ou em sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris (CANUL-SOLIS *et al.*, 2018), ofertada de forma *in natura*, conservada sob a forma de silagem

(CASTAÑO, 2012), picada no cocho ou em sistema de pastejo (RUÍZ *et al.*, 2013).

A forragem de *T. diversifolia* possui boa aceitação por ruminantes (GALINDO *et al.*, 2018), suínos (FASUYI; IBITAYO, 2011), cordeiros (CADENA-VILLEGAS *et al.*, 2020), cabras (WAMBUI *et al.*, 2017) e aves (RODRÍGUES *et al.*, 2018). Essa planta forrageira tem permitido reduzir os custos de produção, a incidência de doenças metabólicas, além de aumentar o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais (OLIVA *et al.*, 2020).

A *T. diversifolia* é uma forrageira adaptada a diferentes condições edafoclimáticas, que se destaca pela sua alta capacidade de produção de biomassa, rápido crescimento e baixa demanda de insumos e de manejo para seu cultivo. A produção de biomassa verde de *T. diversifolia*, na região dos trópicos, pode alcançar 31,5 t ha⁻¹, com cortes a cada 50 dias (MARECHA; ROSALES, 2005). Hernández *et al.* (2020) encontraram a produtividade de *T. diversifolia* de 4,80 t de MS ha⁻¹ por corte, na idade de rebrota de 70 dias.

Ribeiro (2018), no semiárido do norte mineiro, testou diferentes doses nitrogenadas e encontrou uma produtividade de 18 t ha⁻¹ de MS de *T. diversifolia* em 74 dias, com uso de adubação nitrogenada, sendo que cada 1 kg de N adicionado com uso de inibidor de urease resultou em 57,923 kg de MS. Já nos tratamentos sem inibidor de urease, foi de apenas 47,623 kg de MS. Na mesma região, Souza (2017) encontrou resultados superiores a 20 t ha⁻¹ de MS de *T. diversifolia* e acúmulo de proteína bruta de 1,89 t ha⁻¹ em um único corte aos 63 dias de rebrotação. Esse autor concluiu também que, com o aumento da idade de rebrotação, foram geradas alterações significativas das trocas gasosas e na capacidade fotossintética da planta, sugerindo janela de corte entre 49 e 63 dias para a colheita da forragem para alimentação de ruminantes.

3.2 Composição químico-bromatológica da *T. diversifolia*

Estudos bromatológicos demonstram a importância nutricional da *T. diversifolia* quanto ao uso na alimentação animal. A *T. diversifolia* é uma planta arbustiva, que tem como atributo alto teor de proteína, ainda maior que algumas leguminosas, e valores de fibra dentro do recomendado para alimentação animal

(MAURÍCIO *et al.*, 2017; LONDOÑO *et al.*, 2019). Lezcano *et al.* (2012) avaliaram duas fases do ciclo fisiológico da *T. diversifolia*, aos 30 e 60 dias, e encontraram valor de proteína bruta (PB) da fração folhas mais caules, no período chuvoso, de 22,17% e 21,93%, respectivamente, e no período seco, de 20,10% e 19,03%, respectivamente.

Calsavara *et al.* (2016), na região centro-sul de Minas Gerais, compararam dois estádios de maturação de *T. diversifolia*, e os valores de PB para planta inteira variaram entre 16,5% e 14,9%, para o estádio de emborrachamento (formação dos botões florais) e o estádio de pré-floração, respectivamente. Os valores de FDN foram 47,6% e 52,0%, respectivamente. E para FDA, 33,3% e 36,4%, respectivamente. Na região sul do estado de Minas Gerais, Maurício *et al.* (2014), encontraram para *T. diversifolia*, valores de proteína bruta na MS de 16,61% no estádio de crescimento e 11,72% no estádio de pré-floração.

Verdecia *et al.* (2011), no período chuvoso, em Cuba, avaliaram diferentes idades de rebrota. Os maiores valores de proteína (28,95%) foram encontrados aos 60 dias de rebrotação. Já aos 160 dias observaram maiores valores em matéria seca (29,47%). Para FDN encontraram teores de 43,7 e 46,8 %, para idades de rebrotação de 60 e 120 dias, respectivamente. La O *et al.* (2012) estudaram nove biótipos de *T. diversifolia*, no México, e encontraram valores de PB variando de 18,26% a 26,40%, nas plantas em estado vegetativo, com 77 dias de crescimento.

Hernández *et al.* (2020) demonstram que, para *T. diversifolia*, à medida que a idade de rebrotação aumenta, o teor de MS acompanha; entretanto, o teor de PB diminui. Os teores de PB para planta inteira variaram de 8,9% a 17,5%, em diferentes densidades de plantio e idades de rebrotação. Já FDN variou de 32,7 a 42,5 % e FDA variou de 22,6% a 31,7%.

Segundo Reis *et al.* (2016), as plantas de *T. diversifolia* apresentaram maior produtividade de biomassa em sistema irrigado e adubado com biofertilizante orgânico, em relação às plantas de sequeiro. Gualberto *et al.* (2010) avaliaram o espaçamento entre plantas e o estádio de desenvolvimento da *T. diversifolia* e recomendam o menor espaçamento (0,50 X 0,75 m) e o

período de prefloração para obter melhores resultados em biomassa e valor nutricional.

O fato de a *T. diversifolia* possuir metabólitos secundários – como saponinas, taninos, óleos essenciais e flavonoides – pode interferir na palatabilidade e na aceitação pelos animais, porém são encontrados em níveis moderados e esses compostos possuem efeito antimicrobiano em algumas espécies de bactérias (ODEYEMI *et al.*, 2014). Além disso, alguns desses compostos produzidos são benéficos para saúde humana, podendo ser usada como fitoterápicos (OWOYELE *et al.*, 2004).

3.3 Formas de utilização da *T. diversifolia* na alimentação animal

Algumas plantas arbóreas e arbustivas apresentam alto valor nutritivo e diversas finalidades, sendo que muitas espécies podem ser usadas como forrageiras, com destaque para as leguminosas. No entanto, existem algumas espécies com grande potencial que não têm sido utilizadas de maneira extensiva. Dentro desse grupo, pode-se citar a *T. diversifolia* (GUALBERTO *et al.*, 2010; RIVERA *et al.*, 2018).

Informações sobre o valor nutritivo e alimentício da *T. diversifolia* ainda são escassas para as diferentes regiões e condições de manejo e cultivo, apesar de ela ser extremamente adaptada às condições edafoclimáticas tropicais (RIVERA *et al.*, 2018). Porém, estudos realizados em outros países de clima tropical ressaltam o potencial de utilização dessa espécie sob pastejo (ALONSO *et al.*, 2015), sob corte na inclusão em dietas de caprinos (TENDONKENG *et al.*, 2014), ovinos (RAMÍREZ-RIVERA *et al.*, 2010), aves (TOGUN *et al.*, 2006) e vacas leiteiras (MAHECHA *et al.*, 2007). Em bezerros, a oferta de farelo e feno de *T. diversifolia* possibilitou um ganho médio diário entre 739 e 783 gramas por animal, com peso vivo de 109 a 117 kg aos quatro meses de idade, de forma saudável (RUÍZ *et al.*, 2014).

Scartezini *et al.* (2017) demonstram a viabilidade técnica e econômica para o uso da *T. diversifolia* na alimentação de vacas leiteiras no cerrado brasileiro, com redução dos custos com uso de concentrados. Gallego-Castro *et al.* (2017) avaliaram a inclusão de até 25% de *T. diversifolia* como suplemento

para vacas holandesas, e não foi afetado o volume de leite, a quantidade de proteína e a gordura produzida e melhorou a qualidade microbiológica do produto.

De acordo com Maurício *et al.* (2017), a *T. diversifolia* é uma espécie adequada para alimentação de ruminantes, sendo bem aceita pelos animais, além de fornecer altos teores de proteína. Segundo os autores, o seu uso na alimentação de ruminantes melhora o rendimento da atividade e contribui com a menor dependência de suplementação de concentrado.

Com o uso da *T. diversifolia*, pode-se substituir parte da dieta de vacas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar (base 20% MS) e o concentrado (base 11,2% MS), sem alterações no consumo total e na produção de leite (RIBEIRO *et al.*, 2016).

O consórcio de gramíneas com *T. diversifolia* melhorou a composição da dieta de vacas leiteiras, com reflexos no consumo voluntário dos animais e na quantidade e qualidade do leite produzido (RIVERA *et al.*, 2015).

Na alimentação de gado de corte, os resultados são escassos na literatura. Molina *et al.* (2015), trabalhando com bezerros machos de duplo propósito (zebu), encontraram bons resultados com a dieta basal de *Uroclhoa decumbens* acrescida de *T. diversifolia* fresca *ad libitum*, com taxa de crescimento dos animais superior a 512 g dia⁻¹, em comparação com 130 g dia⁻¹ com base apenas no pastejo da gramínea.

Resultados sobre a qualidade dos ovos de galinhas foram observados por Yalçın *et al.* (2008), utilizando 2% de farinha de folhas de *T. diversifolia* na ração. Esses autores concluíram que esse nível de inclusão é suficiente para gerar maior massa de ovos, melhorar a eficiência alimentar e diminuir a quantidade de colesterol na gema. Rodríguez *et al.* (2018) sugerem o uso de farinha de forragem de *T. diversifolia* em até 15% na dieta de galinhas poedeiras, sem efeito na produção de ovos, mas com aumento da pigmentação da gema.

Olayeni *et al.* (2006) avaliaram os níveis de 0, 10, 15 e 20% de inclusão de farinha de *T. diversifolia* na dieta de suínos de oito a dezesseis quilos de peso vivo. Os autores constataram que esses animais suportam uma inclusão na dieta de até 20% desse ingrediente, sem afetar o ganho de peso ou características hematológicas. Além disso, afirmam que sua incorporação diminui os custos de

produção. O nível de substituição de 20% na dieta total pela farinha de *T. diversifolia* também é recomendado por Savón *et al.* (2008) para suínos, durante as fases de crescimento e fase de terminação, garantindo que esse nível não prejudica o desempenho dos animais.

Cueva *et al.* (2019), ao avaliar o efeito da proteína de *T. diversifolia* na alimentação de porquinhos-da-índia, concluíram que, com o aumento da quantidade fornecida da planta aos animais, os resultados de ganho de peso e de conversão alimentar eram negativos. Logo, o nível máximo recomendado é de 25% de inclusão de *T. diversifolia* na dieta desses animais.

Apesar da possibilidade de uso da espécie na alimentação animal, os trabalhos sobre seleção de materiais superiores para uso forrageiro são escassos na literatura internacional e inexistentes para o Brasil.

3.4 Diversidade entre os biótipos de plantas e a utilização para seleção de materiais superiores

A variação genética resultante dos processos evolutivos permite a geração de indivíduos com características distintas, como a adaptação a condições ambientais contrastantes, ciclos fenológicos, caracteres morfológicos e hábitos de crescimento diferentes (BARBIERI; STUMPF, 2008). Essas divergências contribuem para os programas de melhoramento genético e favorecem a seleção de plantas com genótipos superiores. Segundo Cruz (2008), diferentes tipos de características podem ser utilizados para estudos com diversidade genética entre plantas, entre os quais as avaliações agrônomicas e morfológicas. Poucos estudos relatam a diversidade entre acessos de *T. diversifolia*. Em Minas Gerais, Brasil, são escassos os registros de herbários de *T. diversifolia*, além de não existir no país registros de bancos de germoplasma da espécie, sobretudo para seleção de materiais superiores para uso na alimentação animal.

A *T. diversifolia* é originária da América Central, onde existe a maior diversidade genética da espécie e grande número de plantas por unidade de área (VERDECIA *et al.*, 2011). A *T. diversifolia* está distribuída em diversos países da África (WITT *et al.*, 2019; OBIAKARA; FOURCADE, 2018; AJAO,

MOTEETEE, 2017), da Ásia (YANG *et al.*, 2012; XU *et al.*, 2007; DAI *et al.*, 2021), nas ilhas do pacífico (MEYER, 2000) e na América do Sul (GUALBERTO *et al.*, 2011; LUZ, 2018). Ressalta-se que *T. diversifolia* apresenta alta adaptação a diferentes condições ambientais, além de sua diversidade genotípica e fenotípica e plasticidade (URREA, 2011).

No México, 20 acessos de *T. diversifolia* foram coletados de oito regiões diferentes, a fim de caracterizar geneticamente a planta por marcadores moleculares. Os resultados mostraram uma variação fenotípica de 79%, sendo que de 167 bandas amplificadas, 33 eram monomórficas e 134 polimórficas, confirmando altos níveis de diversidade genética, grande capacidade adaptativa e de sobrevivência (DÍAZ *et al.*, 2017).

Yang *et al.* (2012) não observaram correlação entre as relações genéticas das plantas e distâncias geográficas em quatro regiões da China, mostrando estabilidade entre populações de *T. diversifolia*; porém, afirmam ter encontrado altos níveis de diversidade genética entre os acessos, o que pode ser indício de fecundação cruzada, por não se tratar do centro de origem da espécie.

Holguín *et al.* (2015) avaliaram a resposta de produção de forragem de 44 acessos de *T. diversifolia* coletados na região central da Colômbia, a partir de indicadores morfoagronômicos e nutricionais. Esses autores encontraram respostas diferentes dos acessos às condições climáticas, aos tipos de solos, aos tipos de manejo e às distâncias geográficas, sendo que quatro acessos foram identificados com melhor potencial forrageiro para aquela região, com maior produtividade e qualidade nutricional.

Rodríguez *et al.* (2019) avaliaram o valor nutricional de sete ecótipos de *T. diversifolia*, coletados na região leste de Cuba, com 60 dias de rebrota e encontraram valor de PB variando de 19,2 a 23,4%, FDN de 48,2 a 51,8% e FDA 38,5 a 45,1%. De acordo com avaliações de produção de gás *in vitro*, degradabilidade da MO e degradabilidade *in vitro* do nitrogênio, os ecótipos foram agrupados em três grupos.

No Brasil, o único trabalho encontrado é o de Luz (2018), que analisou como o manejo das condições de cultivo pode influenciar o crescimento, os parâmetros fotossintéticos e a produção de metabólitos secundários de dez populações de *T. diversifolia*, coletadas em cinco regiões diferentes do estado

do Espírito Santo, com interesse farmacêutico e fitoterápico. No trabalho de Luz (2018), apesar de não ter sido direcionado a estudos para uso forrageiro da *T. diversifolia*, foram encontrados altos níveis de diversidade genética, mas não positivamente correlacionados com a distância geográfica.

Ruiz *et al.* (2018) avaliaram a germinação de sementes de 29 materiais de plantas de *T. diversifolia*, coletados na região centro-oeste de Cuba. Foram encontrados 9 materiais em destaque quanto à capacidade de germinação das sementes. Os autores concluíram que a capacidade de germinação indicada para cada material vegetal avaliado indica a possibilidade de multiplicação dessa planta de forma dinâmica, a qual pode favorecer a maior expansão dessa espécie em áreas de produção pecuária.

No Brasil, não foram encontrados relatos da seleção de materiais superiores de *T. diversifolia* para uso forrageiro, bem como para outras finalidades. O reconhecimento e a mensuração da diversidade morfológica de *T. diversifolia* frente aos diferentes ambientes de origem são cruciais para a criação de programas de melhoramento da espécie e para sua domesticação. Nesse sentido, surge a necessidade de conhecer e manter o recurso genético da espécie. Os bancos de germoplasmas são coleções de plantas mantidas em mesma área caracterizada pela riqueza genética da espécie e com finalidade de preservação ou melhoramento das espécies (SILVA; MOURA; CASALI, 2001).

Conhecer a variabilidade e o valor informativo do germoplasma vegetal é importante para preservação e uso sustentável de recursos genéticos (VOLTAS *et al.*, 2007). Na literatura, o estudo da variabilidade e de características desejáveis de acessos de plantas de interesse pelo homem tem avançado com uso de ferramentas estatísticas. O agrupamento baseado em várias características, por meio de análise multivariada, possibilita, de forma confiável, determinar semelhanças e distâncias entre os acessos (WHITE *et al.*, 2012).

3.5 Análises Morfológicas, estruturais e fisiológicas nos estudos de diversidade de *T. diversifolia*

Através das análises morfológicas e estruturais, pode-se conhecer as taxas de crescimento das plantas e a habilidade de adaptação às condições ambientais. Essas análises envolvem uma descrição quantitativa do acúmulo da matéria seca (PEIXOTO *et al.*, 2011), além de outras características de crescimento, como altura, diâmetro e proporção folha/haste (SOUZA, 2017). Esses parâmetros contribuem para avaliação de produtividade, de potencial de crescimento, de diferenças funcionais e estruturais dentro de uma mesma espécie e de respostas às condições ambientais adversas, o que favorece a seleção de plantas superiores (BARBERO *et al.*, 2013).

Segundo Peixoto *et al.* (2011), os principais parâmetros utilizados para medir o crescimento vegetal são por medidas lineares (altura de planta, comprimento e diâmetro de caule, comprimento e largura de folhas) e a partir de contagem de unidades morfológicas (número de folhas, de ramas, de flores).

A relação folha/haste em *T. diversifolia* é de grande importância, tanto do ponto de vista nutricional como para o manejo das plantas: quanto maior a relação, maior o valor nutritivo, a digestibilidade e o consumo da forragem (SOUZA, 2017). As folhas apresentam maior teor de proteína, e quanto maior a idade de rebrota das plantas, maior o processo de lignificação dos caules e o aumento do teor de fibra (SILVA *et al.*, 2018b). Calsavara *et al.* (2016), avaliando a relação folha/haste em *T. diversifolia*, encontraram valores altos, variando de 1,27 a 1,57. Por sua vez, Souza (2017) conclui que, durante o desenvolvimento da *T. diversifolia*, a relação folha/caule diminui rapidamente, pois além do crescimento dos caules ser maior, o aparecimento de folhas é reduzido devido ao autossombreamento, e há maior quantidade de folhas senescentes.

A capacidade fotossintética é uma característica intrínseca de cada espécie, sendo que os efeitos das condições ambientais, como a água, os elementos minerais na solução do solo, a temperatura e a luz, influenciam na produtividade (TAIZ; ZEIGER, 2013). Os parâmetros fisiológicos de eficiência no uso da água e eficiência fotossintética expressam a adaptação das plantas às condições edafoclimáticas da região e suas potencialidades de cultivo (FERRAZ

et al., 2012). Plantas cultivadas em situações de estresse – como, por exemplo, em déficit hídrico, salinidade no solo ou calor excessivo – modificam os processos fisiológicos, ocasionando redução na taxa fotossintética, inatividade da clorofila, fechamento estomático, instabilidade de enzimas e redução nos carboidratos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Alguns parâmetros fotossintéticos são avaliados através do equipamento IRGA, que identifica as trocas gasosas de CO₂ ou O₂ no infravermelho, com a quantificação do balanço de CO₂ pela planta, de forma direcionada no tecido vegetal. O IRGA é constituído por uma fonte de infravermelho, o detector, e duas colunas, uma de análise e outra de referência. Os gases passam pela coluna de referência antes de entrar na câmara que contém a folha, seguindo depois para a coluna de análise. Por diferença, obtemos o balanço de CO₂ consumido em cada momento pelo tecido foliar e o que está disponível na câmara do aparelho. Através de equações matemáticas, obtêm-se as variáveis de trocas gasosas, como a taxa fotossintética (COPYRIGHT ADC BIOSCIENTIFIC, 2011). A partir da razão de taxa fotossintética e quantidade de água transpirada, obtida pelo IRGA, calcula-se a eficiência do uso da água em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$.

Ribeiro (2018) encontrou valor máximo de 42,36 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, avaliando plantas adubadas nas estações de outono e inverno, enquanto Souza (2017) obteve taxa fotossintética de 21,31 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ aos 39 dias de rebrota. Este autor concluiu também que essas taxas fotossintéticas eram reduzidas de acordo com o amadurecimento da cultura. São necessários estudos mais aprofundados sobre os processos fisiológicos de *T. diversifolia*.

REFERÊNCIAS

AJAO, AA; MOTEETEE, A. N. *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray. (Asteraceae: Heliantheae), uma planta invasora de significativa importância etnofarmacológica: Uma revisão. **South African Journal of Botany**, v. 113, p. 396-403, 2017.

ALONSO, J. L.; FRAGA, G. A.; SANTOS, L. T.; SAMPAIO, R. A. Comportamiento productivo de *Tithonia diversifolia* en pastoreo con reposos diferentes en ambas épocas del año. **Development**, v. 27, p. 6, 2015.

ARMANDO, M. S. Agrodiversidade: Ferramenta para uma agricultura sustentável. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**. 1.ed. Brasília, n. 75, 23 p. 2002.

BARBERO, L. M., PRADO, T. F., BASSO, K. C., LIMA, L. A., MOTTA, K. M., KRÜGER, B. C., SILVA, G. A. S. Análise de crescimento em plantas forrageiras aplicada ao manejo de pastagens. **Veterinária Notícias Veterinary News**, v. 19, n. 2, 2013.

BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 1 ed. 909 p.

CADENA-VILLEGAS, S., MARTÍNEZ-MALDONADO, H. G., SOSA-MONTES, E., MENDOZA-PEDROZA, S. I., SALINAS-RIOS, T., FLORES-SANTIAGO, E. J. Uso de *Tithonia diversifolia* (hemsl.) A. Gray na dieta de cordeiros em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 5, p. 1929-1935, 2020.

CALSAVARA, L.; RIBEIRO, R. S.; SILVEIRA, S. R.; DELAROTA, G.; FREITAS, D. S.; SACRAMENTO, J. P.; MAURÍCIO, R. M. Potencial forrageiro da *Tithonia diversifolia* para alimentação de ruminantes. **Livestock research for rural development**, v. 28, n. 2, 2016.

CANUL-SOLIS, J. R., CASTILLO-SÁNCHEZ, L. E., ESCOBEDO-MEX, J. G., LÓPEZ, H., LARA Y LARA, P. E. Forage yield and quality of *Gliricidia sepium*, *Tithonia diversifolia* and *Cynodon nlemfuensis* in monoculture and agroforestry systems. **Agrociencia (Montecillo)**, v. 52, n. 6, p. 853-862, 2018.

CASTAÑO, G. A. Efecto del proceso del ensilaje sobre el valor nutricional de *Pennisetum purpureum*, *Tithonia diversifolia* y *Trichanthera gigantea*. **Inv. Unisarc (Colombia)**, v. 10, n. 2, p. 22-36, 2012.

COPYRIGHT ADC BIOSCIENTIFIC LTDA. **LCpro-SD Portable Photosynthesis System**. Instruction manual. Issue 2. Hertfordshire, UK, 2011.

CRESPO, G.; RUIZ, TE.; ÁLVAREZ, J. Efeito do adubo verde de *Tithonia* (*T. diversifolia*) no estabelecimento e produção de forragem de *P. purpureum* vc. Cuba CT-169 e em algumas propriedades do solo. **Revista cubana de ciência agrícola**, v. 45, n. 1, p. 79-82, 2011.

CRUZ, C. D. **Programa GENES**: Diversidade Genética. Viçosa. Ed. UFV. 2008. 278 p.

CUEVA, J. V. M. D. L., MACAS MOREIRA, K. M., GONZÁLEZ BUITRÓN, K. T., MENDOZA VÉLEZ, C. F. Evaluación del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en la alimentación de cuyes. **Idesia (Arica)**, v. 37, n. 4, p. 5-9, 2019.

DAI, G., WANG, S., GENG, Y., OU, X., ZHANG, Z. Potential risks of *Tithonia diversifolia* in Yunnan Province under climate change. **Ecological Research**, v. 36, n. 1, p. 129-144, 2021.

DEL VAL, R., MIRANDA, J. M., FLORES, M. X., GÓMEZ, J. M., SOLORIO, B., SOLORIO, F. J., GONZÁLEZ, S. Diversidad genética de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray de Michoacán: Análisis con de marcadores ADN-SSR. **Ciencia y Tecnología Universitaria**, v. 4, p. 9-14. 2017.

DIAZ, R. D. V., ESTRADA, M. X. F, SÁNCHEZ, F. J. S., SÁNCHEZ, B. S., LEYVA, J. F. G., PALOMARES, S. G. Diversidad genética de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) gray de Michoacán: análisis con marcadores de ADN-SSR. **Reaxion: Ciencia y tecnología universitária**. v.4, n.3, p. 9-14, 2017.

DLAMINI, B. S., CHEN, C. R., SHYU, D. J., CHANG, C. I. Flavonoids from *Tithonia diversifolia* and their Antioxidant and Antibacterial Activity. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 56, n. 5, p. 906-908, 2020.

FASUYI, A. O.; IBITAYO, F. J. Nitrogen balance and morphometric traits of weanling pigs fed graded levels of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) leaf meal. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, v. 11, n. 5, p. 5125-5141, 2011.

FERRAZ, R. L. S., MELO, A. S., SUASSUNA, J. F, BRITO, M. E. B., FERNANDES, P. D., NUNES JÚNIOR, E. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no Semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, 2012.

GALINDO, J. L. B., RODRÍGUEZ-GARCÍA, I., GONZÁLEZ-IBARRA, N., GARCÍA-LÓPEZ, R., HERRERA-VILAFRANCA, M. Sistema silvopastoril con *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray: Efecto en la población microbiana ruminal de vacas. **Pastos y Forrajes**, v. 41, n. 4, p. 273-280, 2018.

GALLEGO-CASTRO, L. A., MAHECHA-LEDESMA, L., & ANGULO-ARIZALA, J. Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. **Agronomía Mesoamericana**, v. 28, n. 1, p. 213-222, 2017.

GARCÍA, I. R. Potenciais de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray na alimentação animal. **Desenvolvimento**, v. 29, p. 4. 2017.

GONZÁLEZ-CASTILLO, J. C., VON-HESSBERG, C. H., NARVÁEZ-SOLARTE, W. Características botánicas de *Tithonia diversifolia* (Asterales: Asteraceae) y su uso en la alimentación animal. **Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas**, v. 18, n. 2, p. 45-58, 2014.

GUALBERTO, R., JÚNIOR, O. F. S., COSTA, N. R., BRACCIALLI, C. D., GAION, L. A. Influência do espaçamento e do estágio de desenvolvimento da planta na produção de biomassa e valor nutricional de *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray. **Nucleus**, v. 8, n. 1, p. 1-16, 2011.

GUALBERTO, R.; SOUZA JÚNIOR, O. F.; COSTA, N. R.; BRACCIALLI, C. D.; GAION, L. A. Influência do espaçamento e do estágio de desenvolvimento da planta na produção de biomassa e valor nutricional de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. **Nucleus**, v. 7, n. 2, p. 135- 150, 2010.

HERNÁNDEZ, L. D. P., NARANJO, A. A., ARIAS-GAMBOA, L. M., CASTILLO-UMAÑA, M. Á., CAMACHO-CASCANTE, M. I., PADILLA-FALLAS, J. E., CAMPOS-AGUILAR, M. Efecto de la densidad de siembra y edad de rebrote en la producción y composición bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. **Pastos y Forrajes**, v. 43, n. 4, p. 275-283, 2020.

HOLGUÍN, V. A., ORTÍZ, S., VELASCO, A., MORA, J. Evaluación multicriterio de 44 introducciones de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en Candelaria, Valle del Cauca. **Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia**, v. 62, n. 2, p. 57-72, 2015.

KAHO, F., YEMEFACK, M., FEUJIO-TEGUEFOUET, P., TCHANTCHAOUANG, J. C. Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au Centre Cameroun. **Tropicicultura**, v. 29, n. 1, p. 39-45, 2011.

KATO, C. I. R. ***Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico**. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/AGROFOR1/Rios14>, acesso em 30 de abril de 2019.

LA O, O.; GONZÁLEZ, H.; OROZCO, A.; CASTILLO, Y.; RUIZ, O.; ESTRADA, A.; RÍOS, F.; GUTIÉRREZ, E.; BERNAL, H.; VALENCIAGA, D.; CASTRO, B. I.; HERNÁNDEZ, Y. Composición química, degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad in vitro de ecotipos de *Tithonia diversifolia* de interés para la alimentación de rumiantes. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, v. 46, n. 1, p. 47-53, 2012.

LEZCANO, Y.; SOCA, M.; OJEDA, F.; ROQUE, E.; FONTES, D.; MONTEJO, I. L.; SANTANA, H.; MARTÍNEZ, J.; CUBILLAS, N. Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. **Pastos y Forrajes**, v. 35, n. 3, p. 275-282, 2012.

LONDOÑO C, J., MAHECHA L, L., & ANGULO A, J. Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. **Revista colombiana de ciencia animal recia**, v. 11, n. 1, p. 28-41, 2019.

LOURENCO, J. D. P.; MATOS, A. D. O.; MEIRELLES, A. C.; SILVA, R. L.; LOURENÇO, F. D. S. Estudos preliminares sobre a propagação vegetativa de *Tithonia diversifolia*. In: **Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 9, 2015, Belém, PA. Resumos. Cadernos de Agroecologia, v. 10, n. 3, 2015.

LUZ, A. C. 2018. **Diversidade genética de populações de *Bidens pilosa* e *Tithonia diversifolia* no Espírito Santo e respostas do metabolismo primário e secundário sob diferentes condições de fertilização e irrigação**. 154f. Tese de doutorado – Universidade Federal do Espírito Santo.

MAHECHA, L., ROSALES, M. Valor nutricional del follaje de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. **Livestock Research for Rural Development**, v. 17, n. 9, p. 1, 2005.

MAHECHA, L.; ESCOBAR, J. P.; SUÁREZ, J. F.; RESTREPO, L. F. *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). **Livestock Research for Rural Development**, v. 19, n. 2, p. 1-6, 2007.

MATTAR, E. P. L. 2018. **Propagação e conservação de espécies arbustivas de uso múltiplo: *Tithonia diversifolia* e *Cratylia argentea***. 64 f. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2018.

MAURICIO, R. M., CALSAVARA, L. H. F., RIBEIRO, R. S., PEREIRA, L. G. R., & FREITAS, D. S. Feed Ruminants using *Tithonia diversifolia* as forage. **Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research**, v. 5, 2017.

MAURÍCIO, R. M.; RIBEIRO, R. S.; SILVEIRA, S. R.; SILVA, P. L.; CALSAVARA, L.; PEREIRA, L. G.; PACIULLO, D. S. *Tithonia diversifolia* for ruminant nutrition. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v. 2, n. 1, p. 82-84, 2014.

MEYER, J. Y. Preliminary review of the invasive plants in the Pacific islands (SPREP Member Countries). **Invasive species in the Pacific: A technical review and draft regional strategy**, p. 85, 2000.

MOLINA, I. B. , LEMOS, G. D., URIBE, S. M., SÁNCHEZ, G. V., HERRERA, J. R., MARÍN, J. L., ROSALES, R. B. Emisiones in vivo de metano en sistemas de producción con y sin inclusión de *Tithonia diversifolia*. **3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles y VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales**. Puerto Iguazú, Misiones, Argentina; p. 678–682. 2015.

MUOGHALU, J. I.; CHUBA, D. K. Seed germination and reproductive strategies of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray and *Tithonia rotundifolia* (P.M) Blake. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 3, n. 1, p. 39-46, 2005.

OBIAKARA, M. C.; FOURCADE, Y. Climatic niche and potential distribution of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray in Africa. **PloS one**, v. 13, n. 9, p. e0202421, 2018.

ODEYEMI, A. T., AGIDIGBI, T. S., ADEFEMI, S. O., & FASUAN, S. O. Antibacterial activities of crude extracts of *Tithonia diversifolia* against common environmental pathogenic bacteria. **Experiment**, v. 20, n. 4, p. 1421-6, 2014.

OLABODE, O. S., SOLA, O., AKANBI, W. B., ADESINA, G. O., BABAJIDE, P. A. Evaluation of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray for soil improvement. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 3, n. 4, p. 503-507, 2007.

OLAYENI, T. B.; FARINU, G. O.; TOGUN, V. A.; ADEDEJI, O. S.; ADERINOLA, A. O. Performance and Haematological Characteristics of Weaner Pigs Fed Wild Sunflower (*Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray) Leaf Meal. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 5, n. 6, p. 499-502, 2006.

OLIVA, C. M. R.; RODRÍGUEZ, C. A. B.; OLIVERA, C. L. S. **Generales y alternativas de empleo como alimento animal**. Monografías, 24f. Universidad de Matanzas, Cuba, 2020.

OWOYELE, V. B.; WURAOLA, C. O.; SOLADOYE, A. O.; OLALEYE, S. B. Studies on the anti-inflammatory and analgesic properties of *Tithonia diversifolia* leaf extract. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 90, p. 317-321, 2004.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 51-76, 2011.

PÉREZ, A.; MONTEJO, I.; IGLESIAS, J. M.; LÓPEZ, O.; MARTÍN, G. J.; GARCÍA, D. E.; MILIÁN, I.; HERNÁNDEZ, A. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. **Pastos y Forrajes**, v. 32, n. 1, p. 1-15, 2009.

PYPERS, P.; VERSTRAETE, S. C. P. T.; THI, C. P.; & MERCKX, R. Changes in mineral nitrogen, phosphorus availability and salt-extractable aluminium following the application of green manure residues in two weathered soils of South Vietnam. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, n. 1, p. 163-172, 2005.

RAMÍREZ-RIVERA, U.; SANGINÉS-GARCÍA, J. R.; ESCOBEDO-MEX, J. G.; CEN-CHUC, F.; RIVERA-LORCA, J. A.; LARA-LARA, P. E. Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. **Agroforestry systems**, v. 80, n. 2, p. 295-302, 2010.

REIS, M. M., SANTOS, L. D., PEGORARO, R. F., COLEN, F., ROCHA, L. M., & FERREIRA, G. A. D. P. Nutrition of *Tithonia diversifolia* and attributes of the soil fertilized with biofertilizer in irrigated system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 11, p. 1008-1013, 2016.

RIBEIRO, E. E. A. 2018. **Inibidor de urease (NBPT) e a eficiência da ureia no cultivo irrigado da forrageira *Tithonia diversifolia***. 51 f. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros, MG, 2018.

RIBEIRO, R. S., TERRY, S. A., SACRAMENTO, J. P., SILVEIRA, S. R. E., BENTO, C. B. P., DA SILVA, E. F., CHAVES, A. V. *Tithonia diversifolia* as a supplementary feed for dairy cows. **PloS one**, v. 11, n. 12, e0165751. 2016.

RIVERA, J. E., CHARÁ, J., GÓMEZ-LEYVA, J. F., RUÍZ, T., BARAHONA, R. Variabilidad fenotípica y composición fitoquímica de *Tithonia diversifolia* A. Gray para la producción animal sostenible. **Livestock Research for Rural Development**, v. 30, p. 12, 2018.

RIVERA, J. E.; CUARTAS, C. A.; NARANJO, J. F.; TAFUR, O.; HURTADO, E. A.; ARENAS, F. A.; MURGUEITIO, E. Efecto de la oferta y el consumo de *Tithonia diversifolia* en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), en la calidad y productividad de leche bovina en el piedemonte Amazónico colombiano. **Livestock Research for Rural Development**, v. 27, n. 10, p. 1-13, 2015.

RODRÍGUEZ, B., SAVÓN, L., VÁZQUEZ, Y., RUÍZ, T. E., HERRERA, M. Evaluación de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* para la alimentación de gallinas ponedoras. **Energía**, v. 17, n. 17.0, p. 17.0, 2018.

RODRÍGUEZ, R., GALINDO, J., RUÍZ, T., SOLIS, C., SCULL, I., GÓMEZ, S. Valor nutritivo de siete ecotipos de *Tithonia diversifolia* colectados en la zona oriental de Cuba. **Livestock Research for Rural Development**, v. 31, n. 8, 2019.

RUIZ, E.; FEBLES, G.; & ACHANG, G. Assessment in grazing of plant materials of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) collected in Cuba. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v. 47, n. 3, 2013.

RUIZ, T. E., FEBLES, G. J., GALINDO, J. L., SAVÓN, L. L., CHONGO, B. B., TORRES, V., CRESPO, G. J. *Tithonia diversifolia*, sus posibilidades en sistemas ganaderos. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, v. 48, n. 1, 2014.

RUIZ, T. E., FEBLES, G., ACHAN, G., DÍAZ, H., GONZÁLEZ, J. Capacidad germinativa de semilla gámica de materiales colectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la zona centro-occidental de Cuba. **Zaragoza**, v. 10, n. 89, p. 1475, 2018.

SANTOS-GALLY, R., MUÑOZ, M., & FRANCO, G. Fruit heteromorphism and germination success in the perennial shrub *Tithonia diversifolia* (Asteraceae). **Flora**, v. 271, p. 151686, 2020.

SAVÓN, L., MORA, L. M., DIHIGO, L. E., RODRÍGUEZ, V., RODRÍGUEZ, Y., SCULL, I., RUIZ, T. E. Efecto de la harina de follaje de *Tithonia diversifolia* en la morfometría del tracto gastrointestinal de cerdos en crecimiento-ceba. **Zootecnia Tropical**, v. 26, n. 3, p. 387-390, 2008.

SCARTEZINI, E. S., ALVES, M. A. P., COSTA, W. A. Utilização da *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray para alimentação na pecuária leiteira da região do Cerrado brasileiro. **AGRO EM QUESTÃO: Revista de Iniciação Científica da Faculdade CNA**, p. 3, 2017.

SCRASE, F. M., SINCLAIR, F. L., FARRAR, J. F., PAVINATO, P. S., JONES, D. L. Mycorrhizas improve the absorption of non-available phosphorus by the green manure *Tithonia diversifolia* in poor soils. **Rhizosphere**, v. 9, p. 27-33, 2019.

SILVA, A. M. S., SANTOS, M. V., DA SILVA, L. D., DOS SANTOS, J. B., FERREIRA, E. A., SANTOS, L. D. T. Effects of irrigation and nitrogen fertilization rates on yield, agronomic efficiency and morphophysiology in *Tithonia diversifolia*. **Agricultural Water Management**, v. 248, p. 106782, 2021.

SILVA, A. M. S., SILVA, L. D., CRUZ, P. J. R., SANTOS, M. V., SOUZA, C. M. P., FARNESI, M. M. M., GANDINI, E. M. M. Produção e valor nutritivo da *Tithonia diversifolia* em período de estabelecimento. **Livestock Research for Rural Development**. v. 30, n. 9, 2018b.

SILVA, A. M. S., SILVA, L. D., SANTOS, M. V., CRUZ, P. J. R., TITON, M. Propagação vegetativa de *Tithonia diversifolia* com ácido indolbutírico. **Livestock Research for Rural Development**, v. 30, p. 5, 2018a.

SILVA, D. J. H.; MOURA, M. C. C. L.; CASALI, V. W. D. Recursos genéticos do banco de germoplasma de hortaliças da UFV: Histórico e expedições de coleta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 108-114. 2001.

SILVA, G. A. S., SILVA, A. R., OLIVEIRA, E. G., ALMEIDA-BEZERRA, J. W. Ethnopharmacological Potential of *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e2339108370-e2339108370, 2020.

SILVA, N. P. C., VEIGA, M. D. J. V., MACHADO, V. L. L. Entomofauna visitante de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Compositae) durante o seu período de floração. **Títulos não-correntes**, v. 13, n. 1/2, 2012.

SOUZA, S. N. M. **Análise de crescimento, fisiologia e valor nutritivo de *Tithonia diversifolia***. 2017. 51f. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros, MG, 2017.

TAGNE, A. M., MARINO, F., COSENTINO, M. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray as a medicinal plant: A comprehensive review of its ethnopharmacology, phytochemistry, pharmacotoxicology and clinical relevance. **Journal of ethnopharmacology**, v. 220, p. 94-116, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TENDONKENG, F.; ZOGANG, B. F.; SAWA, C.; BOUKILA, B.; PAMO, E. T. Inclusion of *Tithonia diversifolia* in multinutrient blocks for WestAfrican dwarf goats fed Brachiaria straw. **Tropical animal health and production**, v. 46, n. 6, p. 981-986, 2014.

TOGUN, V. A.; FARINU, G. O.; OLABANJI, R. O. Feeding graded levels of wild sunflower (*Tithonia diversifolia* Hemsl. A. Gray) meal in replacement of maize at pre-pubertal age, negatively impacts on growth and morphometric characteristics of the genitalia of anak 2000 broiler cocks at their pubertal age. **World Applied. Sciences Journal**, v. 1, n. 2, p. 115-21, 2006.

URREA, L. M. 2011. **Plasticidad fenotípica en caracteres fisiológicos de una especie con potencial invasor *Tithonia diversifolia* (helms.) a. gray. en diferentes condiciones de nutrientes y humedad.** Tese de Doutorado. Universidad de Antioquía Medellín - Colômbia, 2011.

VERDECIA, D. M., RAMÍREZ, J. L., LEONARD, I., ÁLVAREZ, Y., BAZÁN, Y., BODAS, R., LÓPEZ, S. Calidad de la *Tithonia diversifolia* en una zona del Valle del Cauto. **REDVET. Revista electrónica de Veterinaria**, v. 12, n. 5, p. 1-13, 2011.

VOLTAS, J., PEMÁN, J., FUSTÉ, F. Phenotypic diversity and delimitation between wild and cultivated forms of the genus *Pyrus* in North-eastern Spain based on morphometric analyses. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 54, n. 7, p. 1473–1487. 2007.

WAMBUI, C. C.; ABDULRAZAK, S. A.; NOORDIN, QUREISH. Performance of growing goats fed urea sprayed maize stover and supplemented with graded levels of *Tithonia diversifolia*. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** v. 19, n. 7, p. 992-996 2017.

WHITE, J. W., ANDRADE-SANCHEZ, P., GORE, M. A., BRONSON, K. F., COFFELT, T. A., CONLEY, M. M., FELDMANN, K., FRENCH, A. N., HEUN, J. T., HUNSAKER, D. J., JENKS, M. A., KIMBALL, B. A., ROTH, R. L., STRAND, R. J., THORP, K. R., WALL, G. W., WANG, G. Y. Field-based phenomics for plant genetics research. **Field Crops Research**, v. 133, p. 101-112. 2012.

WITT, A. B., SHACKLETON, R. T., BEALE, T., NUNDA, W., VAN WILGEN, B. W. Distribution of invasive alien *Tithonia* (Asteraceae) species in eastern and southern Africa and the socio-ecological impacts of *T. diversifolia* in Zambia. **Bothalia-African Biodiversity & Conservation**, v. 49, n. 1, p. 1-11, 2019.

XU, C., YANG, X., LU, S. The invasive plant *Tithonia diversifolia* in China. **Guangxi Zhiwu/Guihaia**, v. 27, n. 4, p. 564-569, 2007.

YALÇIN, S., ÖZSOY, B., EROL, H. Yeast culture supplementation to laying hen diets containing Soybean meal or Sunflower seed meal and its effect on performance, egg quality traits and Blood chemistry. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 15, n. 2, p. 229-236. 2008.

YANG, J., TANG, L., GUAN, Y., SUN, W. Genetic Diversity of an Alien Invasive Plant Mexican Sunflower (*Tithonia diversifolia*) in China. **Weed Science**, v. 60, p. 552–557. 2012.

4 ARTIGO

4.1 Artigo - Seleção de acessos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray para fins forrageiros

Este artigo foi elaborado conforme as normas da revista *Agroforestry Systems*.

Seleção de acessos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray para fins forrageiros

Resumo

A *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray é uma arbustiva usada como alternativa forrageira adaptada às diferentes condições edafoclimáticas, com alto valor nutricional e produtividade. Apesar da sua importância em países tropicais, são escassos os estudos sobre materiais genéticos da espécie para uso como forrageira. Objetivou-se avaliar características estruturais, fisiológicas, químico-bromatológicas e produtividade de acessos de *T. diversifolia* provenientes de diferentes regiões edafoclimáticas, para cultivo como planta forrageira arbustiva. Foram cultivados, em área irrigada, 18 acessos de *T. diversifolia* sendo avaliados ao longo do ano, em quatro épocas/cortes, ambos por período de 60 dias de crescimento. Os acessos apresentaram alta produtividade, variando de 31.000 a 60.000 kg ha⁻¹ de matéria seca em quatro cortes e elevados teores de proteína bruta (PB), entre 13,2 e 18,3%. Os teores de fibra dos acessos de *T. diversifolia* indicam material sem limitação ao consumo animal e digestibilidade. Sob o aspecto multivariado os acessos MC, DIA, PM, NL e SRS são indicados para uso como forrageira por apresentarem características de maior produtividade de forragem (PDT), produtividade de PB e taxa de crescimento diário, além de boas condições bromatológicas quando de seu corte com 60 dias de cultivo. Dentre estes, o acesso SRS se destaca pela elevada produtividade. Os acessos MC, DIA, PM, NL e SRS de *T. diversifolia* são recomendados para uso como planta forrageira na região do semiárido.

Palavras-chave: Forrageira arbustiva. Produção de forragem. Materiais genéticos. Semiárido. Alimentação animal.

Abstract

Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray is a shrub used as a forage alternative adapted to different edaphoclimatic conditions, with high nutritional value and productivity. Despite its importance in tropical countries, studies on genetic materials of the species for use as forage are scarce. This study aimed to evaluate structural, physiological, chemical-bromatological characteristics and productivity of accessions of *T. diversifolia* from different edaphoclimatic regions for cultivation as a shrub forage plant. Eighteen accessions of *T. diversifolia* were cultivated in an irrigated area and evaluated throughout the year, in four seasons/cuts, both for 60 days of growth. The accessions showed high productivity, ranging from 31,000 to 60,000 kg ha⁻¹ of dry matter in four cuts and high crude protein levels (CP), between 13.2 and 18.3%. The fiber contents of *T. diversifolia* accessions indicate material without limitation to animal consumption and digestibility. Under the multivariate aspect, the MC, DIA, PM, NL, and SRS accessions are indicated for use as forage as they present characteristics of higher forage productivity (PDT), CP productivity, and daily growth rate, in addition to good bromatological conditions when their cut with 60 days of cultivation. Among these, SRS access stands out for its high productivity. Accessions MC, DIA, PM, NL, and SRS of *T. diversifolia* are recommended as a forage plant in the semiarid region.

Keywords: Shrub forage. Forage production. Genetic materials. Semiarid. Animal feed.

Introdução

A busca por fontes alternativas de alimentos que minimizem os custos na produção agropecuária é atual, principalmente quando se trata de fontes que são capazes de substituir os concentrados na alimentação animal (Barbosa; Santana, 2013). Adicionalmente, a adoção de plantas alternativas também deve se basear na capacidade adaptativa às condições edafoclimáticas específicas e sua resposta aos indicadores produtivos, morfoagronômicos e em seu valor nutricional (Castaño *et al.*, 2015).

A *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray é uma planta arbustiva, perene, que pertence à família Asteraceae, nativa da América Central (Pérez *et al.*, 2009). Sua ocorrência é relatada na literatura em regiões tropicais e subtropicais, porém pode ser

encontrada em áreas com relativa amplitude de condições de precipitação, incluindo as semiáridas, e com alta variação de fertilidade do solo, temperaturas e altitude (Silva *et al.*, 2021; Tagne *et al.*, 2018).

A *T. diversifolia* vem sendo estudada como fonte alternativa de alimento para ruminantes (Galindo *et al.*, 2018), suínos (Fasuyi; Ibitayo, 2011), ovinos (Cadena-Villegas *et al.*, 2020), caprinos (Wambui *et al.*, 2017) e aves (Rodríguez *et al.*, 2018). Seu porte arbustivo a capacita como forrageira para composição em sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris (Canul-Solis *et al.*, 2018). Adicionalmente, a planta também possui potencial de uso como cerca viva e ornamental (Kato, 2017) e como adubo verde com alta capacidade para melhorar a disponibilidade de nutrientes do solo (Scrase *et al.*, 2019; Kaho *et al.*, 2011). Além disso, a *T. diversifolia* tem sido utilizada como planta medicinal com propriedades farmacológicas, antioxidantes e antibacterianas (Silva *et al.*, 2020; Dlamini, *et al.*, 2020; Tagne, *et al.*, 2018). A espécie é frequentemente encontrada nas margens de estradas, terrenos baldios, campos de cultivo e propriedades rurais, sendo em muitas áreas considerada uma planta daninha, devido a seu potencial invasivo e dificuldade de controle (Witt *et al.*, 2019).

A *T. diversifolia* possui alta diversidade fenotípica e genética (Yang *et al.*, 2012; Del Val *et al.*, 2017; Ruiz *et al.*, 2018). Sua forragem possui atributos como o alto teor de proteína e elevada produtividade de biomassa, o que a torna uma planta de alto valor para produção animal (Maurício *et al.*, 2017; Londoño *et al.*, 2019). A *T. diversifolia* possui boa aceitação por bovinos, ovinos e caprinos (García *et al.*, 2017). Seu uso em sistemas produtivos possibilita maiores ganhos de peso, melhorias na saúde animal, redução nos custos com a alimentação, aumento na produção de leite e maior lucratividade no sistema de produção (Ruíz *et al.*, 2014; Katongole, *et al.*, 2016).

A adaptação edafoclimática da *T. diversifolia*, associada ao seu bom crescimento, fácil estabelecimento e possibilidades de múltiplos usos, leva ao interesse no desenvolvimento de materiais domesticados e recomendados para variadas situações de cultivo. Informações sobre as variações no valor nutritivo e na produtividade de diferentes materiais genéticos de *T. diversifolia*, apesar de trazer relevante contribuição para sua utilização como forrageira, ainda são escassas na literatura. Os recursos genéticos são a base para o melhoramento vegetal e a sua conservação e utilização em bancos de germoplasmas são fundamentais para segurança alimentar e nutricional global (Santonieri; Bustamante, 2016). No Brasil, são escassos os bancos de germoplasma de *T.*

diversifolia registrados, bem como de seleção e melhoramento da espécie.

Objetivou-se, avaliar características estruturais, fisiológicas, químico-bromatológicas e produtividade de acessos de *T. diversifolia* provenientes de diferentes regiões edafoclimáticas, para cultivo como planta forrageira.

Material e Métodos

Caracterização dos acessos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray

Os acessos de *T. diversifolia* foram coletados nas regiões do Alto Paranaíba, da Zona da Mata, do Vale do Rio Doce, do Vale do Jequitinhonha, do Centro-oeste, das regiões sul e norte do estado de Minas Gerais, Brasil. Para coleta do material vegetal, foram considerados locais com diferentes ecossistemas e distância mínima entre cada coleta de 20 km, conforme metodologia proposta por Machado *et al.* (1999). Cada ponto de coleta foi georreferenciado (latitude, longitude e altitude) através do Sistema de Posicionamento Global (GPSMAP® 60CSx) (Figura 1 e Tabela 1), sendo seus respectivos acessos numerados conforme ordem de coleta e identificados por um código, com alusão ao município de origem (Tabela 1).

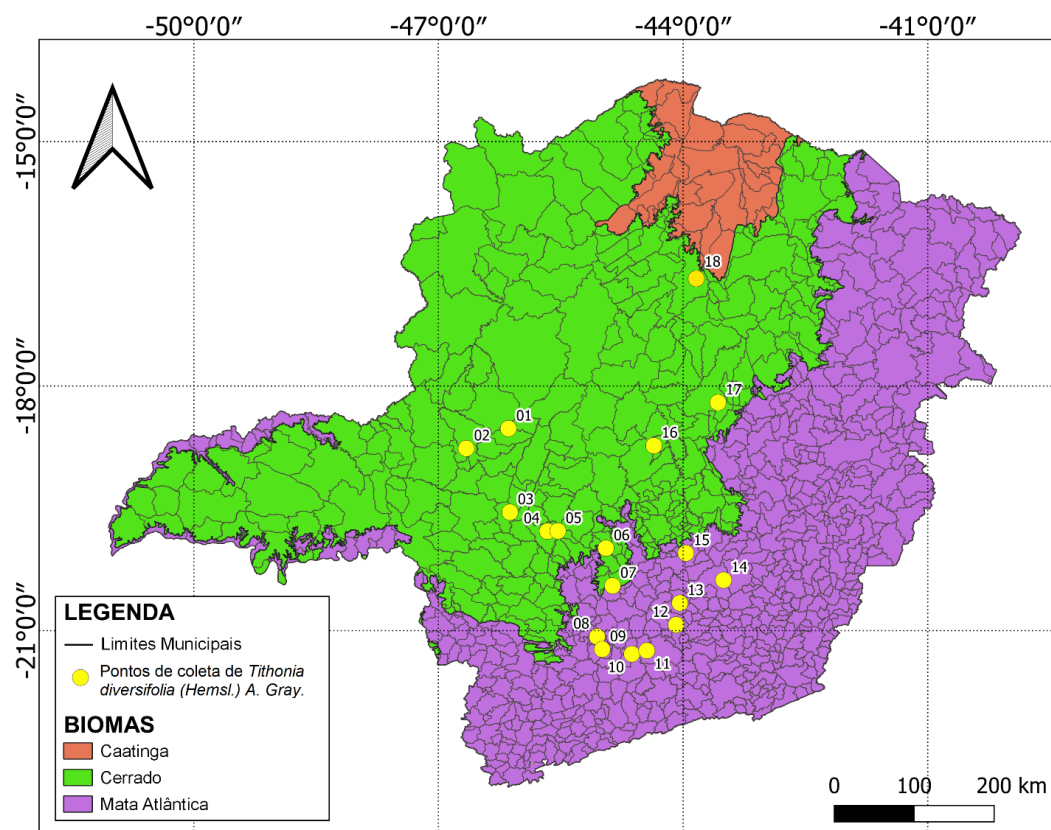


Figura 1. Mapa do estado de Minas Gerais - Brasil, com os pontos de coleta de *Tithonia diversifolia*. O mapa foi elaborado usando o software Quantum Gis (QGIS), sobre informações de classificação de biomas (IBGE, 2019).

Tabela 1. Identificação dos 18 acessos de *Tithonia diversifolia* utilizadas no estudo e locais de coleta no Estado de Minas Gerais, Brasil.

Pontos	Código dos Acessos	Local da coleta	Coordenadas geográficas	Altitude local	Data da coleta
01	VM	Varjão de Minas	18° 31' 21"S 46° 08' 35"W	909 m	03/06/2019
02	PM	Patos de Minas	18° 45' 55"S 46° 39' 36"W	899 m	03/06/2019
03	SRS	Santa Rosa da Serra	19° 32' 52"S 46° 07' 25"W	1106 m	03/06/2019
04	LUZ1	Luz	19° 46' 56"S 45° 39' 50"W	700 m	03/06/2019
05	LUZ2	Luz	19° 46' 43"S 45° 32' 10"W	637 m	03/06/2019
06	DIV	Divinópolis	19° 59' 24"S 44° 56' 47"W	714 m	03/06/2019
07	CLA	Cláudio	20° 27' 04"S 44° 51' 54"W	836 m	04/06/2019
08	PER	Perdões	21° 04' 29"S 45° 03' 16"W	895 m	04/06/2019
09	LAV	Lavras	21° 13' 49"S 44° 59' 33"W	846 m	04/06/2019
10	NAZ	Nazareno	21° 17' 17"S 44° 37' 43" W	882 m	04/06/2019
11	SJR	São João del-Rei	21° 14' 48"S 44° 26' 44"W	1040 m	04/06/2019
12	LD	Lagoa Dourada	20° 55' 47"S 44° 05' 06"W	1131 m	04/06/2019
13	ERM	Entre Rios de Minas	20° 39' 47"S 44° 02' 23"W	886 m	04/06/2019
14	OP	Ouro Preto	20° 22' 54"S 43° 30' 14"W	1198 m	05/06/2019
15	NL	Nova Lima	20° 03' 00"S 43° 57' 57"W	1339 m	05/06/2019
16	INI	Inimutaba	18° 43' 53"S 44° 21' 29"W	594 m	05/06/2019
17	DIA	Diamantina	18° 12' 10"S 43° 34' 21"W	1402 m	05/06/2019
18	MC	Montes Claros	16° 40' 58"S 43° 50' 19"W	622 m	07/06/2019

NOTA: S = SUL/SOUTH; W = OESTE/WEST, m = metros

O material para propagação vegetativa de *T. diversifolia* recolhido foram estacas semi-lenhosas, com 40 cm de comprimento, livre de brotações, retiradas da parte intermediária das plantas. Para cada acesso/local foram retiradas 24 estacas das plantas mais vigorosas e sem sintomas de doenças presentes na área, com tesoura de poda e facão. As estacas foram envoltas em papel de imprensa, previamente umedecidos com água, na expectativa de manter a viabilidade das mudas. O material propagativo coletado foi levado até a área experimental para implantação de um banco de germoplasma.

Caracterização da área experimental e implantação do banco de germoplasma de *T. diversifolia*

O banco de germoplasma foi conduzido em Montes Claros, Minas Gerais, Brasil. A área experimental está localizada na latitude 16° 40' 59'' Sul, longitude 43° 50' 19''

Oeste e apresenta altitude média de 620 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical, com inverno seco e verão chuvoso (Climate-data, 2021). Os dados meteorológicos do período experimental são apresentados na Figura 2 e foram obtidos na estação meteorológica do tipo convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 620 m da área de cultivo dos acessos.

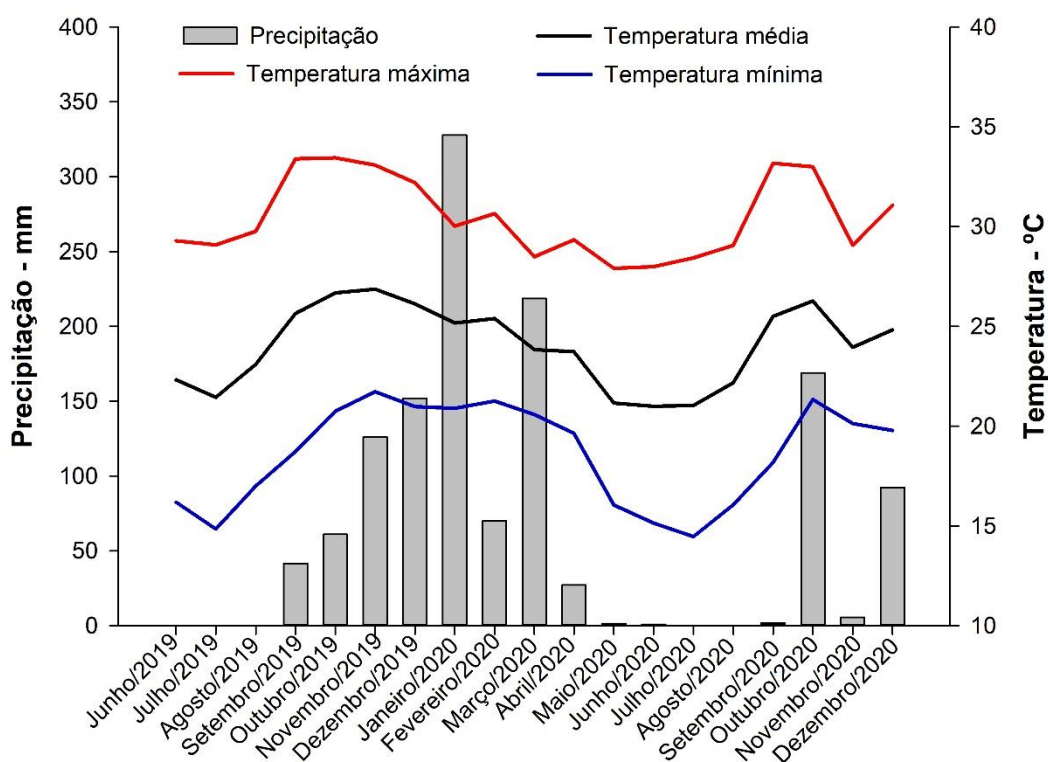


Figura 2. Dados climáticos na área experimental durante a condução do experimento em Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.

O solo, anteriormente usado para cultivo de grãos, foi classificado como Cambissolo Háplico Eutrófico de textura argilo-siltosa (EMBRAPA, 2013), cujas características físico-químicas, na camada de 0 a 20 cm, apresentaram: 6,5 de pH em água; 3,03 dag kg⁻¹ de matéria orgânica; 6,6 e 122 mg dm⁻³ de P e K (Mehlich⁻¹), respectivamente; 7,5, 2,5, 1,33, 10,31 cmolc dm⁻³ de Ca, Mg, H+Al e CTC, respectivamente; 89% de saturação por bases, 28,0, 52,0 e 20,0% areia, silte e argila, respectivamente. Não foi necessário adubação de plantio, em função das características naturais do solo da área experimental.

O plantio dos acessos de *T. diversifolia* foi realizado no dia 07 de junho de 2019. Para implantação dos acessos, o solo da área experimental foi preparado com auxílio de grade aradora. As estacas colhidas nas diversas regiões foram plantadas manualmente, na posição vertical. A parte basal da estaca foi aprofundada a 10 cm no solo (Figura 3 (A)). As estacas foram plantadas na distância de 2 metros entre linhas, 40 cm entre plantas e 2 metros entre blocos.

A irrigação foi realizada utilizando sistema de gotejamento superficial com linhas laterais (PELBD DN16) ao longo de cada linha de plantio. As mangueiras gotejadoras possuíam emissores a cada 20 cm, vazão de 1,5 L h⁻¹ e pressão de 7 mca. Para garantir maior uniformidade e eficiência no sistema de irrigação, foi instalado uma válvula reguladora de pressão (PRLG-15) e um manômetro no início da área experimental. As plantas foram irrigadas 4,5 L dia⁻¹ planta⁻¹, sendo que, em dias de chuva, interrompia-se a irrigação.

As plantas foram cultivadas permitindo livre crescimento (Figura 3 (B)), com cortes aos 40cm de altura do solo, para estímulo das brotações realizadas aos 60 e 120 dias após a implantação. Aos 170 dias após o plantio foi realizado uma última roçada de uniformização aos 40 cm do solo, para início dos períodos de avaliação.

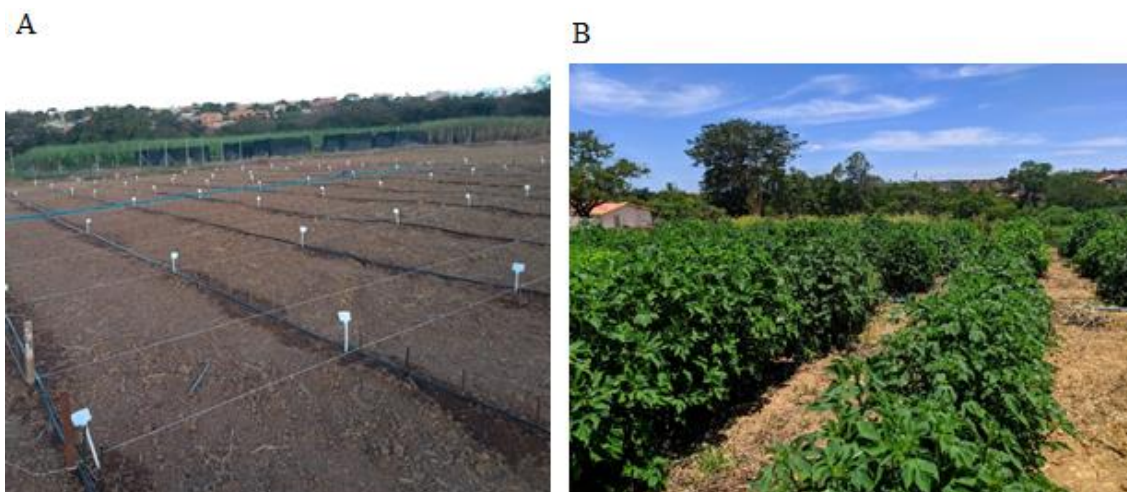


Figura 3. Fotos ilustrativas da área experimental. (A) Plantio das estacas, (B) Plantas em desenvolvimento vegetativo.

Delineamento experimental e avaliações dos acessos de *T. diversifolia*

Após o plantio e pegamento dos acessos de *T. diversifolia* e os cortes de uniformização, deu-se início as avaliações. O experimento foi conduzido em blocos

casualizados com 4 repetições, sendo alocado nas parcelas os 18 acessos de *T. diversifolia* (Tabela 1). Em cada parcela foram feitas quatro avaliações/cortes no decorrer do tempo. Logo, para a análise estatística considerou-se o esquema de parcelas subdivididas no tempo. Os cortes foram realizados após 60 dias de crescimento das plantas de *T. diversifolia*, contando a partir do corte de uniformização das plantas realizados aos 40 cm de altura do solo, sendo distribuídos em: primeiro corte, referente ao crescimento da forrageira entre novembro/2019 a janeiro/2020, representando o corte da primavera/verão; segundo corte, referente ao crescimento entre fevereiro/2020 a abril/2020, no verão/outono; terceiro corte, com crescimento ocorrido entre maio/2020 a julho/2020, no outono/inverno; e quarto corte, com crescimento das plantas entre setembro/2020 a novembro/2020, na primavera (Figura 4). A parcela experimental era composta por uma linha de cultivo contendo seis plantas de *T. diversifolia*. O experimento foi avaliado entre novembro de 2019 e novembro de 2020.

Foram avaliadas as características estruturais, fisiológicas e produtivas em quatro cortes ao longo do ano e os aspectos químico-bromatológicos das plantas no primeiro (primavera/verão) e terceiro (outono/inverno) corte. As avaliações foram realizadas sempre nas mesmas plantas, escolhendo-se três plantas representativas por parcela. O esquema gráfico do período experimental e os cortes realizados no tempo estão descritos na Figura 4.

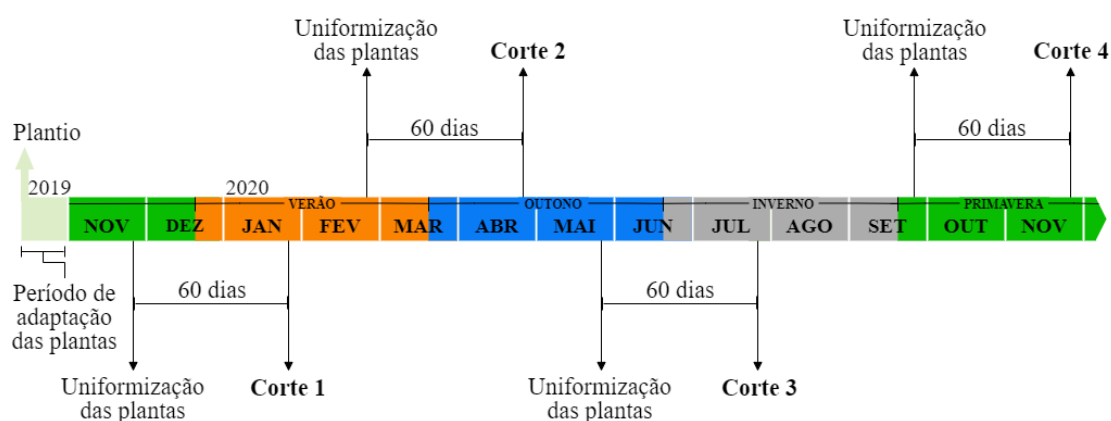


Figura 4. Esquema gráfico do período experimental e os quatro cortes realizados nas plantas de *Tithonia diversifolia*, ao longo dos meses de novembro de 2019 e novembro de 2020.

A condução do cultivo dos acessos de *T. diversifolia* como irrigação, manejo de plantas daninhas e adubações foi uniforme em todas as plantas ao longo de todo o período experimental. Após o início da fase experimental, as plantas receberam adubação com 100 kg ha^{-1} de nitrogênio, tendo como fonte Ureia (45% de N) aos 7 dias após cada corte de uniformização, a fim de obter melhor resposta produtiva dos acessos. Para o controle de plantas daninhas na área, foi realizada a capina manual com enxada, sempre após os cortes de uniformização das plantas.

Os dados de altura de planta foram coletados com auxílio de uma régua graduada, medindo-se do nível do solo até o ápice das plantas. A partir dos dados coletados, foi calculada a taxa de crescimento (cm dia^{-1}), dividindo a altura dos respectivos acessos pelos dias de crescimento. Com um paquímetro digital, o diâmetro de hastes foi medido a 10 cm após a inserção da gema axial do ramo vegetativo. As avaliações fisiológicas foram realizadas com a utilização do medidor de trocas gasosas no infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo LCA 4 (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK). As avaliações foram realizadas em três plantas por parcela e, em cada planta, duas folhas do terço superior, completamente expandidas e aparentemente sem sintomas de doenças. Avaliou-se a taxa fotossintética em $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (A) e calculou-se a eficiência do uso da água em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ (WUE), pela razão entre a taxa fotossintética e a quantidade de água transpirada dada pelo IRGA (A/E) (Copyright ADC Bioscientific, 2011).

A produtividade foi determinada por meio de colheita das plantas presentes na área de $2,4 \text{ m}^2$, a 40 cm de altura do solo (Ruíz *et al.*, 2014), com auxílio de facão. As plantas foram ensacadas e pesadas em uma balança suspensa, para determinar a produção de matéria verde (Kg/planta). Para determinação da relação folha/haste, três hastes aleatórias representativas da parcela foram colhidas, aos 40 cm de altura do solo, e tiveram as folhas e as hastes separadas e pesadas. Posteriormente, o material separado foi acondicionado em sacos de papel tipo Kraft e levado à estufa de circulação forçada a 55°C , até peso constante para pré-secagem. Uma subamostra representativa desse material contendo folhas e hastes foi levada à estufa de 105° por 36h, para determinação da MS definitiva, e posteriormente calculado a relação folha/haste (F/H). O valor da matéria seca definitiva foi utilizado para transformar a produtividade de massa verde (kg ha^{-1}) em massa seca (kg ha^{-1} de MS).

A composição químico-bromatológica dos acessos foi realizada para o material do primeiro corte, produzido no período de primavera/verão, e do terceiro corte, realizado no outono/inverno. As três hastes colhidas para determinação da relação folha/haste, e pré-secas a 65°C até peso constante, foram destinadas para análise químico-bromatológica. As folhas e hastes foram moídas em moínho de facas tipo Wiley, com peneira de 1 mm. Depois de moídas, as amostras de folhas e hastes foram homogeneizadas. Desse material homogeneizado, tomou-se uma subamostra, que foi direcionada para secagem em estufa de 105° por 16h, para determinação da MS. Com o material homogeneizado e processado, foram realizadas as análises de Proteína Bruta (PB), Fibra em detergente neutro (FDN) e Fibra em detergente ácido (FDA), conforme descrito por Detmann *et al.* (2012). Após a determinação dos teores de PB das amostras, foi estimada a produtividade de PB (kg ha⁻¹), por meio da multiplicação do teor médio de PB da forragem pela massa seca de forragem do corte correspondente.

Análise de dados e estatística

Os dados das características estruturais, bromatológicas, fisiológicas e de produtividade foram submetidos a análise de variância pelo teste F e quando significativos, as médias das variáveis isoladas dos acessos foram agrupadas pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de significância. Para isso, recorreu-se ao pacote ExpDes.pt do software R (R Core Team, 2021). Não foi objeto de estudo as comparações entre as épocas de corte bem como das interações desse fator com os acessos.

Para o melhor estudo dos acessos, utilizou-se também a análise multivariada. Foi estimada a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade, com a qual obteve-se o dendrograma pelo método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). Além disso, realizou-se a análise de variáveis canônicas. Todas estas análises foram feitas com o auxílio do pacote MultivariateAnalysis do software R (R Core Team, 2021).

Os dados de acúmulo de forragem ao longo dos quatro cortes foram apresentados de forma descritiva.

Resultados

Os acessos de *T. diversifolia* apresentaram comportamento diferenciado para as variáveis estruturais, com formação de diferentes grupos (Tabela 2). O acesso MC apresentou valores superiores de taxa de crescimento nos quatro cortes realizados ao longo do ano (Tabela 2). No primeiro corte, referente à primavera/verão, os acessos MC e NL formaram o grupo com maior crescimento diário. Já no segundo corte, referente ao crescimento no verão/outono, agruparam-se por maior taxa de crescimento diário os acessos MC, NL, DIA e PM. No terceiro corte, realizado no outono/inverno, destacaram-se os acessos MC, PM e DIA, enquanto no quarto corte, referente ao período da primavera, apenas o acesso MC apresentou maior taxa de crescimento diária. Os valores médios para taxa de crescimento diário dos acessos variaram de 1,82 cm dia⁻¹ no corte realizado no outono/inverno a 4,11 cm dia⁻¹ no verão/outono, o que representa uma variação de cerca de 126%. Para diâmetro de haste (Tabela 2) no primeiro corte, realizado na primavera/verão, os acessos MC, DIA e PM obtiveram os maiores valores. No segundo corte, realizado no verão/outono, destacaram-se os acessos PM, DIA, MC, NL e SRS. No terceiro corte, referente ao outono/inverno, os acessos DIA, MC, SRS, NL e PM obtiveram maior diâmetro de haste. Já no quarto corte, da primavera, foram os acessos DIA, NL, SRS e MC.

A relação folha/haste de acessos de *T. diversifolia* não apresentou diferença estatística entre os acessos no primeiro, segundo e quarto corte, com médias gerais dos acessos de 0,38, 0,43 e 0,45, respectivamente (Tabela 2). No terceiro corte, o acesso LUZ2 apresentou maior relação folha/haste, com 1,57, seguido pelos acessos INI e SJR que formaram o segundo grupo de maior relação folha/haste.

Tabela 2. Taxa de crescimento (cm dia⁻¹); Diâmetro de haste (mm); Relação Folha/Haste de acessos de *Tithonia diversifolia* coletados no estado de Minas Gerais.

ACESSOS	TAXA DE CRESCIMENTO*				DIÂMETRO*				RELAÇÃO FOLHA/HASTE*			
	Corte1	Corte2	Corte3	Corte4	Corte1	Corte2	Corte3	Corte4	Corte1	Corte2	Corte3	Corte4
VM	3,53 c	3,79 c	1,52 d	2,82 d	16,24 d	13,08 b	7,33 b	12,19 c	0,30 a	0,42 a	0,80 c	0,46 a
PM	3,68 c	4,37 a	2,69 a	3,35 b	21,59 a	16,59 a	9,88 a	13,68 b	0,39 a	0,57 a	0,59 d	0,45 a
SRS	3,92 b	4,20 b	2,13 b	3,46 b	20,31 b	15,63 a	10,32 a	15,91 a	0,52 a	0,56 a	0,57 d	0,46 a
LUZ1	3,64 c	4,13 b	1,69 c	3,19 c	17,90 c	13,93 b	7,80 b	11,97 c	0,39 a	0,47 a	0,68 d	0,58 a
LUZ2	3,81 c	4,14 b	1,37 d	3,08 c	16,99 c	13,00 b	6,77 b	12,85 c	0,46 a	0,49 a	1,57 a	0,53 a
DIV	3,66 c	3,92 c	1,50 d	3,20 c	16,52 d	12,21 b	5,95 b	11,58 c	0,29 a	0,36 a	0,75 c	0,38 a
CLA	3,61 c	3,87 c	1,31 d	3,08 c	16,40 d	13,54 b	6,52 b	13,96 b	0,46 a	0,38 a	0,90 c	0,47 a
PER	3,63 c	3,91 c	2,06 b	3,18 c	16,87 d	12,34 b	7,99 b	11,24 c	0,32 a	0,32 a	0,63 d	0,36 a
LAV	3,89 b	4,24 b	1,78 c	3,30 c	18,18 c	13,79 b	8,19 b	14,24 b	0,36 a	0,43 a	0,77 c	0,47 a
NAZ	3,64 c	3,91 c	1,50 d	3,03 c	16,91 c	13,76 b	6,66 b	11,96 c	0,34 a	0,43 a	0,76 c	0,46 a
SJR	3,37 c	3,78 c	1,34 d	2,79 d	15,14 d	12,83 b	6,42 b	12,18 c	0,47 a	0,42 a	1,13 b	0,52 a
LD	3,78 c	3,99 c	1,72 c	3,18 c	16,10 d	11,93 b	7,46 b	12,80 c	0,33 a	0,39 a	0,76 c	0,37 a
ERM	3,73 c	4,00 c	1,73 c	3,02 c	17,42 c	12,65 b	7,16 b	11,56 c	0,31 a	0,37 a	0,69 d	0,42 a
OP	3,95 b	4,25 b	1,80 c	3,38 b	17,56 c	13,27 b	7,13 b	14,10 b	0,30 a	0,43 a	0,67 d	0,50 a
NL	4,24 a	4,51 a	2,03 b	3,68 b	20,33 b	16,01 a	10,17 a	16,30 a	0,40 a	0,37 a	0,70 d	0,42 a
INI	3,41 c	3,85 c	1,36 d	2,77 d	17,19 c	13,16 b	6,57 b	11,73 c	0,27 a	0,46 a	1,15 b	0,56 a
DIA	4,00 b	4,42 a	2,42 a	3,63 b	22,20 a	16,57 a	11,22 a	17,42 a	0,45 a	0,46 a	0,67 d	0,46 a
MC	4,42 a	4,63 a	2,73 a	4,02 a	23,10 a	16,03 a	11,19 a	15,78 a	0,41 a	0,35 a	0,65 d	0,31 a
Média	3,78	4,11	1,82	3,23	18,11	13,91	8,04	13,42	0,38	0,43	0,80	0,45
CV 1 %	9,06				8,73				27,13			
CV 2 %	6,64				8,04				22,44			

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste Scott Knott ao nível de 5% de significância. CV1 = Coeficiente de variação associado à parcela (acessos). CV 2 = Coeficiente de variação associada à subparcela (cortes). Corte 1 - primavera/verão; corte 2 - verão/outono; corte 3 - outono/inverno; corte 4 - primavera, ambos com 60 dias de crescimento da forragem entre o corte de uniformização e a avaliação.

Para os aspectos fisiológicos avaliados, não houve diferenças significativas entre os acessos de *T. diversifolia* pelo teste F ($p > 0.05$). A média geral obtida entre os acessos para taxa fotossintética para o primeiro, segundo, terceiro e quarto corte foi de 14,62; 5,55; 7,47 e 10,71 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, e para eficiência do uso da água foi de 3,18; 3,78; 5,12 e 2,19 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, respectivamente.

Os teores de PB, FDN e FDA apresentaram diferença significativa entre acessos de *T. diversifolia*, avaliados no primeiro corte (primavera/verão) e terceiro corte (outono/inverno) (Tabela 3). Os acessos apresentaram altos teores de PB, com as maiores médias de PB no primeiro corte variando de 18,3% (LD) a 15,9% (PM). Já o grupo inferior foi formado pelo acesso CLA, com menor valor de PB (Tabela 3). Já no terceiro corte, o grupo de maiores valores de PB variaram de 16,4% (NAZ) a 15,5% (PER), enquanto o grupo “b” obteve menores valores, entre 14,8% (LUZ2) a 13,2% (LAV) (Tabela 3).

Os acessos ERM, NAZ, INI e CLA foram agrupados com os maiores valores de FDN no primeiro corte, com variação entre 60,1% e 59,5%, enquanto os menores valores foram do terceiro grupo formado, com variação de 56,0% (LD) a 53,8% (DIA). No terceiro corte, os acessos PM, MC, LUZ1 e DIA obtiveram os maiores teores de FDN, com variação entre 49,1% e 47,0%, enquanto o grupo com os menores teores de FDN variaram entre 45,9% (SRS) e 43,22% (CLA) (Tabela 3).

Os acessos de *T. diversifolia* no primeiro corte separam-se em dois grupos quanto aos teores de FDA. O grupo “a”, com maiores teores de FDA, variando de 40,9% (INI) a 39,2% (CLA), e o grupo “b”, com valores entre 38,7% (LUZ2) a 36,2% (SRS). No terceiro corte, os maiores teores foram observados nos acessos PM e LUZ1, enquanto os menores valores de FDA foram do agrupamento “d”, que variou de 27,2% (PER) a 26,1% (NAZ) (Tabela 3).

A produtividade diária de MS de *T. diversifolia* apresentou diferença estatística entre os acessos no primeiro e no segundo corte, correspondentes a épocas de cultivo primavera/verão e verão/outono, respectivamente (Tabela 3). No primeiro corte, a maior produtividade foi observada no acesso SRS (401,3 $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de MS), valor cerca de 204% superior à média do agrupamento “b”. No segundo corte, o grupo “a”, com maiores produtividades, variou de 297,2 (PM) a 218,9 $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (OP) de MS. O grupo “b” variou de 205,8 (DIV) a 123,8 $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (NAZ) (Tabela 3). A produtividade diária de MS de *T. diversifolia* do terceiro corte (outono/inverno) e do quarto corte (primavera)

apresentou médias de 65,1 e 161,3 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS, respectivamente para os acessos.

A produtividade de PB entre os acessos de *T. diversifolia* possibilitou a formação de três grupos no primeiro corte, sendo o grupo superior de destaque formado pelo acesso SRS (4536,5 kg ha⁻¹), seguido do acesso EMR (3203,8 kg ha⁻¹) no segundo grupo. Não houve diferença significativa entre os acessos para o terceiro corte, sendo a média geral de 622,4 kg ha⁻¹ de PB (Tabela 3).

Tabela 3. Características bromatológicas (%PB, %FDN, %FDA), Produtividade diária (kg ha⁻¹ dia⁻¹ de MS) e Produtividade de PB (kg ha⁻¹) de acessos de *Tithonia diversifolia* coletados no estado de Minas Gerais.

ACESSOS	%PB*		%FDN*		%FDA*		PRODUTIVIDADE DIÁRIA*				PRODUTIVIDADE DE PB*	
	Corte1	Corte3	Corte1	Corte3	Corte1	Corte3	Corte1	Corte2	Corte3	Corte4	Corte1	Corte3
VM	16,9 a	15,9 a	54,8 c	43,4 b	37,8 b	26,6 d	212,2 b	152,5 b	39,4 a	130,4 a	2485,1 c	400,7 a
PM	15,9 a	16,0 a	54,7 c	49,1 a	38,2 b	31,8 a	218,0 b	297,2 a	140,1 a	238,6 a	2390,1 c	1389,7 a
SRS	16,3 a	16,1 a	54,9 c	46,0 b	36,2 b	29,0 b	401,3 a	253,5 a	106,6 a	137,5 a	4536,5 a	1077,3 a
LUZ1	17,0 a	15,9 a	55,5 c	47,3 a	37,5 b	31,1 a	236,5 b	198,0 b	69,0 a	139,1 a	2768,5 c	698,8 a
LUZ2	15,0 b	14,8 b	55,5 c	44,8 b	38,7 b	28,0 c	164,4 b	165,7 b	30,4 a	116,2 a	1723,2 c	283,8 a
DIV	14,6 b	15,9 a	58,0 b	44,1 b	39,8 a	27,8 c	185,2 b	205,8 b	43,2 a	171,3 a	1910,7 c	437,4 a
CLA	13,3 c	14,7 b	59,5 a	43,2 b	39,2 a	26,9 d	193,6 b	263,1 a	53,4 a	150,3 a	1805,6 c	472,4 a
PER	16,3 a	15,5 a	55,4 c	45,6 b	37,6 b	27,2 d	218,0 b	233,3 a	75,8 a	137,4 a	2390,2 c	736,8 a
LAV	16,0 a	13,2 b	55,6 c	44,9 b	37,8 b	29,4 b	196,6 b	189,3 b	45,3 a	149,2 a	2194,6 c	380,5 a
NAZ	16,1 a	16,4 a	59,9 a	43,9 b	39,6 a	26,1 d	164,2 b	123,8 b	44,3 a	144,3 a	1841,9 c	457,8 a
SJR	16,1 a	14,5 b	55,9 c	44,8 b	38,6 b	27,6 c	152,9 b	165,4 b	42,6 a	115,1 a	1691,1 c	392,2 a
LD	18,3 a	15,6 a	56,0 c	44,7 b	38,5 b	28,2 c	159,4 b	142,0 b	46,7 a	158,3 a	2059,8 c	470,5 a
ERM	16,7 a	16,2 a	60,1 a	44,9 b	40,1 a	27,8 c	273,3 b	255,0 a	47,4 a	123,5 a	3203,8 b	484,8 a
OP	15,6 b	13,6 b	58,1 b	44,9 b	40,4 a	27,2 d	250,4 b	218,9 a	76,7 a	209,6 a	2705,4 c	656,0 a
NL	15,2 b	14,3 b	57,3 b	43,2 b	39,5 a	28,6 b	197,0 b	236,5 a	69,7 a	186,7 a	2054,3 c	629,9 a
INI	15,4 b	15,7 a	59,7 a	45,1 b	40,9 a	29,7 b	150,1 b	168,0 b	46,4 a	184,2 a	1611,9 c	477,6 a
DIA	16,8 a	14,5 b	53,8 c	47,0 a	37,3 b	29,1 b	185,8 b	239,2 a	96,9 a	188,6 a	2155,7 c	892,6 a
MC	16,9 a	13,9 b	55,4 c	47,5 a	37,9 b	29,0 b	187,8 b	240,5 a	98,3 a	223,0 a	2196,3 c	864,2 a
Média	16,0	15,1	54,7	43,4	38,6	28,4	208,1	208,2	65,1	161,3	2318,0	622,4
CV 1 %	7,58		2,37		3,12		45,57				42,97	
CV 2 %	7,02		2,82		2,89		28,08				40,45	

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste Scott Knott ao nível de 5% de significância. CV1 = Coeficiente de variação associado à parcela (acessos). CV 2 = Coeficiente de variação associada à subparcela (cortes). Corte 1 - primavera/verão; corte 2 - verão/outono; corte 3 - outono/inverno; corte 4 - primavera, ambos com 60 dias de crescimento da forragem entre o corte de uniformização e a avaliação.

O acesso SRS apresentou taxa de acúmulo de forragem de 59517,03 kg ha⁻¹ de MS em quatro cortes no ano, seguido do acesso PM que produziu 58872,74 kg ha⁻¹ de MS. Já o acesso SJR obteve a menor taxa de acúmulo de forragem com 31443,2 kg ha⁻¹ de MS em quatro cortes no ano. De forma geral, a disponibilidade de forragem dos acessos referente ao primeiro corte (primavera/verão) e ao segundo corte (verão/outono) apresenta a maior proporção da oferta das quatro avaliações. Proporcionalmente, a disponibilidade de forragem dos acessos produzida no terceiro corte (outono/inverno) é inferior à das demais avaliações (Figura 5).

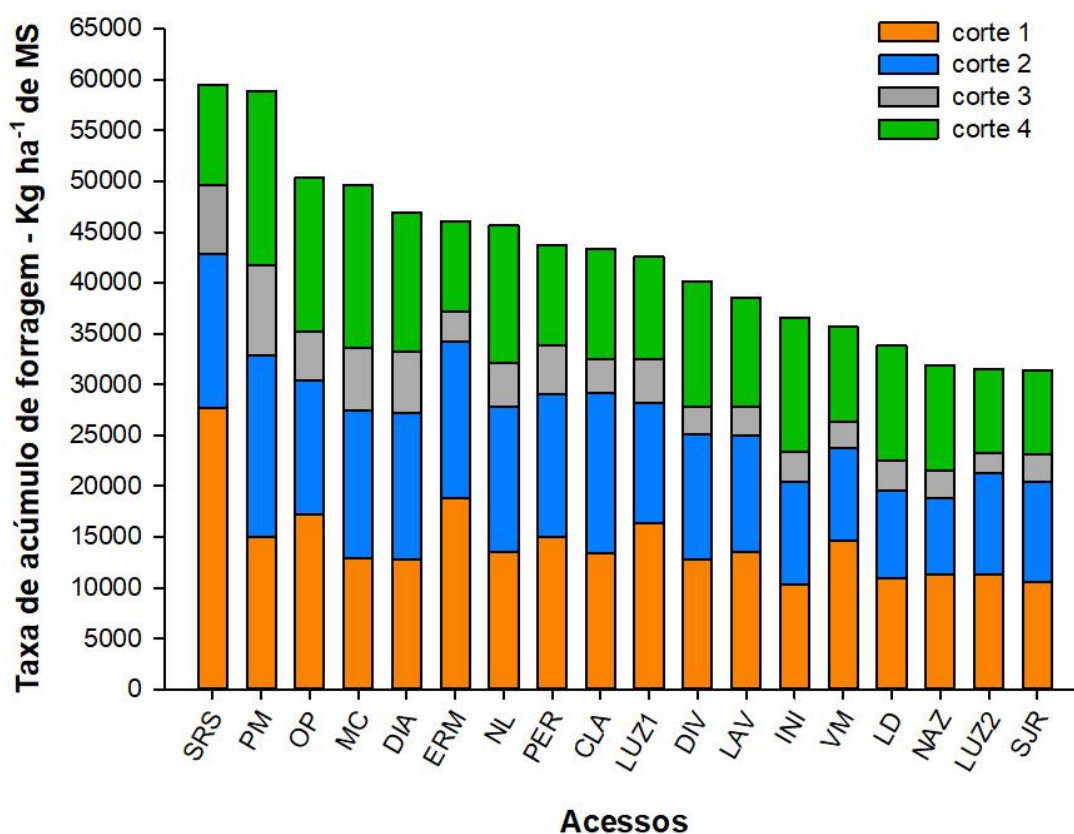


Figura 5. Taxa de acúmulo de forragem (kg ha⁻¹ de MS) de acessos de *Tithonia diversifolia* coletados em Minas Gerais. Corte 1 - primavera/verão; corte 2 - verão/outono; corte 3 - outono/inverno; corte 4 - primavera, ambos com 60 dias de crescimento da forragem entre o corte de uniformização e a colheita/avaliação.

Na figura 6, está representado o dendrograma para o estudo da dissimilaridade dos acessos de *T. diversifolia*. Obteve-se um coeficiente de correlação cofenética de 0,84, o que indica uma boa representação da matriz de dissimilaridade pela representação

gráfica do dendograma. O ponto de corte do dendograma foi determinado através do método de Mojena (1977) na altura de 32, onde demonstra a formação de dois grupos. O primeiro grupo foi composto por 13 acessos e o outro grupo que incluem os acessos SRS, PM, MC, DIA e NL.

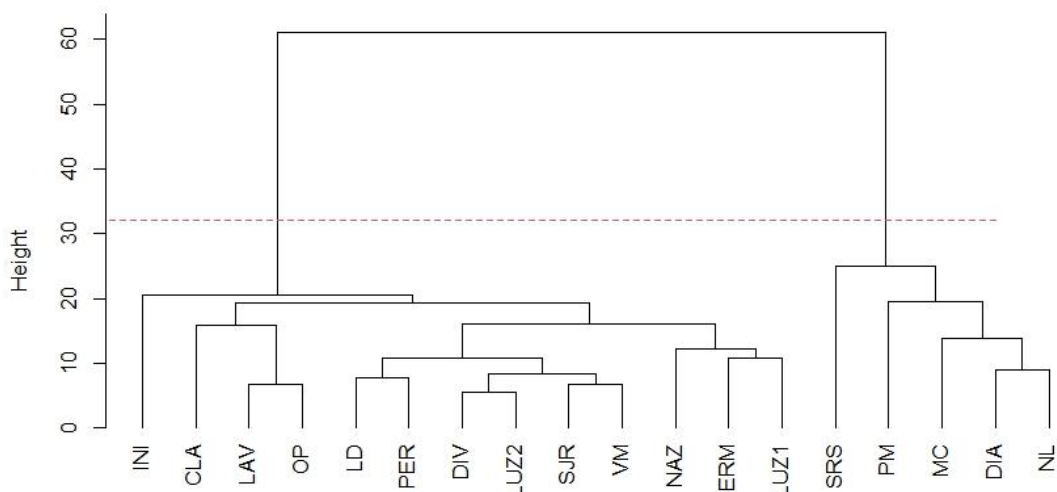


Figura 6. Dendograma ilustrativo do padrão de dissimilaridade, obtido pelo método UPGMA, com base na distância de Mahalanobis em acessos de *Tithonia diversifolia* avaliados em quatro cortes ao longo do ano.

A partir das duas primeiras variáveis canônicas consegue-se explicar 73,34% da variação total do conjunto de dados (Figura 7). Foi observado uma tendência na formação de dois grupos, por meio das variáveis canônicas, obedecendo à mesma formação apresentada no dendograma (Figura 6). Foi verificado que o grupo formado pelo MC, DIA, PM, NL e SRS possui tendência a apresentar maiores valores de produtividade de forragem (PDT), produtividade de PB (PDTpb), taxa de crescimento diário (TC) e diâmetro de haste (DI). O acesso LUZ2 se destacou por apresentar altos valores de relação folha/haste (F/H). Os acessos ERM, PER, VM, LD e NAZ se destacaram por apresentar maiores teores de PB (%PB). Os genótipos LAV, OP e CLA tenderam a apresentar valores intermediários para todas as características.

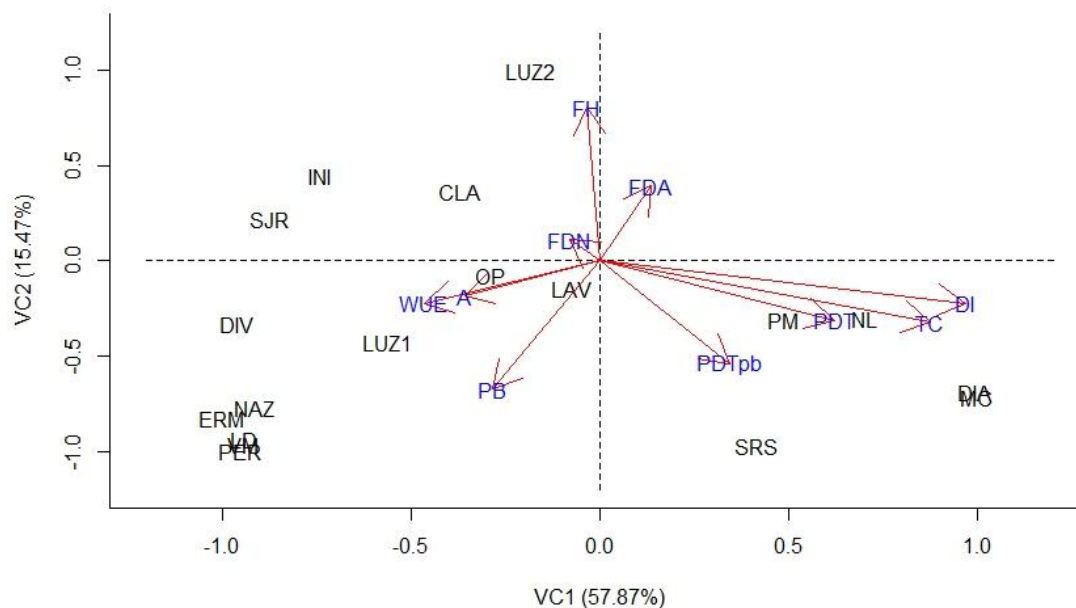


Figura 7. Dispersão gráfica dos escores em relação às duas variáveis canônicas (VC 1 e VC 2) em acessos de *Tithonia diversifolia* avaliados em quatro cortes ao longo do ano.

Discussão

Os materiais de *T. diversifolia* analisados apresentaram diferenças em suas características estruturais (Tabela 2), bromatológicas e produtivas (Tabela 3 e Figura 5), com informações relevantes para seleção de materiais para uso como forrageira arbustiva. Apesar da origem em diferentes regiões e biomas do estado de Minas Gerais (Figura 1 e Tabela 1), os acessos apresentaram bom estabelecimento e crescimento nas condições de estudo (Figura 2), o que reforça a boa adaptação da *T. diversifolia* às diferentes condições climáticas já relatadas na literatura (Silva *et al.*, 2021; Tagne *et al.*, 2018).

A capacidade fotossintética é uma das características mais importantes que determinam o potencial genético de rendimento dos genótipos de uma cultura. Sendo que pode ser a principal rota remanescente para alcançar uma melhoria do potencial de rendimento, no entanto o potencial fotossintético máximo está relacionado a área foliar total da plantas (Long *et al.*, 2015). Entretanto, no presente estudo os acessos não mostraram diferenças na taxa fotossintética (A), mesmo apresentando diferenças na produtividade de matéria seca e altura de plantas, esta variação está relacionada com a área foliar e o número de folhas características de cada acesso avaliado. O incremento da

área foliar e do número de folhas de determinado acesso aumenta a taxa fotossintética das plantas, se for considerado a parte aérea como um todo (Taiz *et al.*, 2017). A razão entre a taxa fotossintética e a taxa de transpiração (E) resulta na eficiência do uso da água (WUE), que é mais um parâmetro fisiológico que expressa quantitativamente o comportamento momentâneo das trocas gasosas na folha e que varia entre e dentro das espécies vegetais. Maiores valores de eficiência do uso da água indicam maior eficiência da planta em sobreviver com menor aporte de água e crescer em condições de déficits hídricos moderados a severos (Ferreira *et al.*, 2019). No entanto, no presente trabalho não foi verificada diferenças entre os acessos para eficiência do uso da água. Isso se deve a pouca variação da taxa fotossintética e da taxa de transpiração nos acessos estudados. Como o experimento foi conduzido em área irrigada, os acessos de *T. diversifolia* não foram expostos a condições limitantes desse recurso.

As variações fenotípicas encontradas entre os acessos de *T. diversifolia* indicam possível variabilidade genética entre os materiais coletados em diferentes regiões de Minas Gerais (Figura 1). A espécie se multiplica por sementes e por partes vegetativas (Padilla *et al.*, 2018), estas usadas no presente estudo. A espécie possui reprodução sexuada com possível alogamia (Silva, 2012), o que contribui para a variabilidade genética da espécie. Holguín *et al.* (2015), avaliando 44 introduções de *T. diversifolia* e selecionando as promissoras, em espaçamentos de plantio de 1 x 2 m, com cortes a 40 cm do solo e a cada 60 dias, encontraram alturas médias de 4,1 cm dia⁻¹, o que condiz com as encontradas no período do verão/outono deste estudo.

Os acessos de *T. diversifolia* apresentaram elevada produtividade de forragem (Tabela 3, Figura 5) e bons valores nutricionais, com destaque para os altos teores e produtividade de PB (Tabela 3). As diferenças de disponibilidade de forragem encontradas nas avaliações, representadas por alto acúmulo na primavera/verão e verão/outono e baixa oferta no outono/inverno, indicam estacionalidade na produção dos acessos de *T. diversifolia* no período de maior restrição de luz e baixas temperaturas.

A obtenção de altas produtividades de *T. diversifolia* depende da densidade de plantio, solo e estado vegetativo das plantas. As produtividades obtidas neste estudo foram superiores aos relatados por outros autores. Segundo Castillo-Mestre *et al.* (2016), estudando a influência da densidade de plantio no estabelecimento e na produção de *T. diversifolia*, foi obtida produtividade de 13.520 Kg ha⁻¹ MS por ano, para espaçamentos de 1 x 1 metros. Navia *et al.* (2014) avaliaram a produtividade de 10 acessos de *T.*

diversifolia na Colômbia e encontraram valores com mais de 20.000 Kg ha⁻¹ MS por ano, no espaçamento de 0,5 X 1 metros. Sanchez *et al.* (2002) encontraram uma produção de forragem de 18.370 Kg ha⁻¹ de MS por ano, na África. No Brasil, Reis (2016), em um corte único, obteve produtividade de 9.800 Kg ha⁻¹ de MS, em sistema irrigado aos 80 dias de crescimento, enquanto Silva *et al.* (2018) obtiveram produtividade de 25.000 Kg ha⁻¹ de MS, em único corte, aos 120 dias após o plantio.

O acesso SRS obteve uma produtividade muito alta, cerca de 27.000 kg ha⁻¹ de MS (401,3 kg ha⁻¹ dia⁻¹) no primeiro corte, que corresponde ao período da primavera/verão (Figura 4), o que indica um genótipo superior para essa característica e adaptação às condições de cultivo. A *T. diversifolia* é uma espécie pouco exigente em fertilidade e nutrientes do solo (Silva *et al.*, 2018), porém a adubação nitrogenada e a irrigação ofertada neste estudo favoreceram o bom crescimento e a alta produtividade dos acessos.

Os teores de PB da parte aérea encontrados neste estudo são considerados altos, mas compatíveis com os encontrados para espécie. Os dados da literatura apontam que os teores de proteína variam de 14,1 e 16,5% para planta inteira (Calsavara *et al.*, 2016; Gallego *et al.*, 2017) e de 22,5 e 24,52% para folhas (Lezcano *et al.*, 2012; Verdecia *et al.*, 2011). Apesar de não pertencer à família de leguminosas, a forragem de *T. diversifolia* tem se destacado como fonte proteica, contribuindo com a redução do uso de concentrados na alimentação animal.

Macedo Júnior *et al.* (2007) destacam que os teores de fibra interferem na qualidade do alimento fornecido aos animais, pois à medida que FDN aumenta, o consumo diminui, e à medida que o FDA aumenta, a digestibilidade diminui. Valores de FDN acima de 65% indicam baixo valor nutricional. Quanto à fração do FDA, altos teores dificultam a fragmentação do alimento e sua digestão pelas bactérias ruminais (Alves *et al.*, 2016). Na maioria dos estudos, foi avaliado apenas os teores de fibra da folha de *T. diversifolia*, estes valores variam de 32,94 a 38,62% de FDN e 10,33 a 34,48% de FDA (Gallego-Castro *et al.*, 2014; Nieves *et al.*, 2011).

Desse modo, os valores de fibra no presente estudo são maiores que os relatados na literatura, mas estão relacionados à planta inteira, que inclui os caules, além das folhas. Os maiores valores de FDN encontrados neste estudo foram dos acessos EMR, NAZ, INI e CLA, com média de 59,8% para o primeiro corte, referente ao período de primavera/verão (Tabela 3). Já para o terceiro corte, referente ao outono/inverno, os

maiores valores de FDN foram dos acessos PM, MC, LUZ1 e DIA, com média de 47,7%. Entretanto, os valores obtidos aqui para a FDN são inferiores aos obtidos para algumas leguminosas, tais como *Stylosanthes guianensis*, 65,3% (Teixeira *et al.*, 2010), guandu, 70,40% e leucena, 75,59% (Nascimento e Silva, 2004).

Os acessos de *T. diversifolia* apresentaram potencial morfoagronômicos para cultivo. Porém, os materiais MC, DIA, PM, NL e SRS se destacaram pela elevada produtividade de matéria seca ao longo do ano e pela composição nutricional (Figura 6 e 7).

Conclusões

Os acessos de *T. diversifolia* apresentam variações estruturais, produtivas e na sua composição bromatológica.

Com auxílio da análise multivariada, foi possível distinguir e selecionar o grupo formado pelos acessos MC, DIA, PM, NL e SRS, considerados superiores para uso como forrageira, por apresentarem características de maior produtividade de forragem (PDT), produtividade de PB e taxa de crescimento diário, além de boas condições bromatológicas, quando de seu corte com 60 dias de cultivo. O acesso SRS se destacou dentre os demais do grupo, pela elevada produtividade.

O acesso LUZ2 apresenta os maiores valores de relação folha/haste (F/H); e os acessos ERM, PER, VM, LD e NAZ se destacam por apresentarem maiores teores de PB (%PB). Essas informações podem ser importantes em programas de melhoramento da espécie.

Todos os acessos de *T. diversifolia*, em comparação a outras forrageiras, apresentam alta produtividade, com valores variando aproximadamente de 31.000 a 60.000 kg ha⁻¹ de MS, em quatro cortes, e também altos teores de PB, entre 13,2 e 18,3%. Já os teores de FDN e FDA dos acessos de *T. diversifolia* estão dentro dos limites recomendados para forrageiras, o que é importante para plantas arbustivas. Os acessos de *T. diversifolia*, mesmo em área irrigada, concentram sua produção de forragem em cortes realizados entre a primavera, o verão e o outono, sendo observada queda na produtividade no outono/inverno, provavelmente em resposta às baixas temperaturas e à redução da intensidade de luz disponível nessa época do ano.

Referências

Alves AR., Pascoal LAF, Cambuí GB, da Silva Trajano J, da Silva CM, Gois GC (2016). Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e funcional. *Pubvet*, 10, 513-579.

Barbosa MMTL, Santana CAM (2013) Desafios para o futuro da produção sustentável de alimentos. *Parcerias Estratégicas*, Brasil, Brasília, 35:55-74.

Cadena-villegas S, Martínez-maldonado HG, Sosa-montes E, Mendoza-pedroza SI, Salinas-rios T, Flores-santiago EJ (2020) Uso de *Tithonia diversifolia* (hemsl.) A. Gray na dieta de cordeiros em crescimento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 72:1929-1935. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11923>

Calsavara LHF, Ribeiro RS, Silveira SR, Delarota G, Freitas DS, Sacramento JP, Maurício RM (2016). Potential of *Tithonia diversifolia* as source of forage for ruminants. *Livestock Research for Rural Development*, 28:2.

Canul-solis JR, Castillo-sánchez LE, Escobedo-mex JG, López H, Lara y lara PE (2018) Forage yield and quality of *Gliricidia sepium*, *Tithonia diversifolia* and *Cynodon nlemfuensis* in monoculture and agroforestry systems. *Agrociencia (Montecillo)* 52:853-862.

Castaño VH, Grisalez SO, Navia AV, Delgado JRM (2015) Evaluación multicriterio de 44 introducciones de *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray en Candelaria, Valle del Cauca. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* 62:57-72. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v62n2.51995>

Castillo-Mestre R, Betancourt-Bagué T, Toral-Pérez OC, Iglesias-Gómez JM (2016). Influencia de diferentes marcos de plantación en el establecimiento y la producción de *Tithonia diversifolia*. *Pastos y Forrajes*, 39:2, 89-93.

Climate-Data. ORG, 2020. Dados climáticos para cidades mundiais. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/>, acessado em 25 de setembro de 2021.

Copyright ADC Bioscientific LTDA. LCpro-SD Portable Photosynthesis System. Instruction manual. Issue 2. Hertfordshire, UK, 2011.

Del Val R, Miranda JM, Flores MX, Gómez JM, Solorio B, Solorio FJ, González S (2017) Diversidad genética de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray de Michoacán: Análisis con de marcadores ADN-SSR. *Ciencia y Tecnología Universitaria*, 4:9-14, ISSN: 2007-7750.

Detmann E, Souza MA., Valadares filho SC, Queiroz AC, Berchielli TT, Saliba EOS, Azevedo JAG (2012) Métodos para análises de alimentos-INCT–Ciência Animal. Editora UFV.

Dlamini BS, Chen CR, Shyu DJ, Chang CI (2020) Flavonoids from *Tithonia diversifolia* and their Antioxidant and Antibacterial Activity. *Chemistry of Natural Compounds* 56:906-908. <https://doi.org/10.1007/s10600-020-03182-0>

EMBRAPA Solos. (2013) Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro.

Fasuyi AO, Ibitayo FJ (2011) Nitrogen balance and morphometric traits of weanling pigs fed graded levels of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) leaf meal. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* 11:5125-5141.

Ferreira EA, Pereira GAM, Alves DP, Agazzi LRA, Silva DV, de Andrade Júnior VC (2019). Capacidades fisiológicas e produção de matéria seca de acessos de batata-doce. *Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas*, 28:4, 493-504. <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2019v28n4p493-504>

Galindo JL, Rodríguez I, González N, García R, Herrera M (2018) Sistema silvopastoril con *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray: efecto en la población microbiana ruminal de vacas. *Revista Pastos y Forrajes* 4:273-280.

Gallego-Castro LA, Mahecha-Ledesma L, Angulo-Arizala J (2017). Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, 28:1, 213-222. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v28i1.21671>

Gallego-Castro LA, Mahecha-Ledesma L, Angulo-Arizala J (2014). Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl: A Gray en la producción de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*, 25:2, 393-403.

García IR (2017) Potencialidades de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la alimentación animal. *Development*, 29:4.

Holguín VC, Grisalez SO, Navia AV, Delgado JRM (2015). Evaluación multicriterio de 44 introducciones de *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray en Candelaria, Valle del Cauca. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 62:2, 57-72.

I. B. G. E. Biomas, Sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1: 250 000. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/bibliotecacatalogo?view=detalhes&id=210167>, acessado em 16 de fevereiro de 2021.

Kaho F, Yemefack M, Feujio-teguefouet P, Tchanchaouang JC (2011) Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au Centre Cameroun. *Tropicultura* 29:39-45.

Kato CIR (2017) *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". Disponible em: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/Rios14.htm>, acceso em 12 de fevereiro de 2021.

Katongole CB, Kabirizi JM, Nanyeenya WN, Kigongo J, Nviiri G (2016) Milk yield response of cows supplemented with sorghum stover and *Tithonia diversifolia* leaf hay diets during the dry season in northern Uganda. *Tropical animal health and production* 48:1463-1469. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1119-1>

Lezcano Y, Soca M, Ojeda F, Roque E, Fontes D, Montejo IL, Cubillas N (2012). Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. *Pastos y forrajes*, 35:3, 275-282.

Londoño CJ, Mahecha LL, Angulo AJ (2019). Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. *Revista colombiana de ciencia animal recia*, 11:1, 28-41.

Long SP, Marshall-Colon A, Zhu XG (2015) Meeting the global food demand of the future by engineering crop photosynthesis for yield potential. *Cell* 161:56– 66. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.03.019>

Macedo Júnior GL, Zanine AM, Borges I, Pérez JRO (2007). Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. *Ciência Animal*, 17:7.

Machado R, Roche R, Toral O, Garcia EG (1999) Metodología para la colecta, conservación y caracterización de especies herbáceas, arbóreas y arbustivas útiles para la ganadería. *Pastos y Forrajes* 22:181-204.

Mauricio RM, Calsavara LHF, Ribeiro RS, Pereira LGR, Freitas DS (2017). Feed Ruminants using *Tithonia diversifolia* as Forage. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*, 5.

Mojena R (1977) Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. *The Computer Journal*, 20:359-363. <https://doi.org/10.1093/comjnl/20.4.359>

Nascimento JT, Silva IDFD (2004). Avaliação quantitativa e qualitativa da fitomassa de leguminosas para uso como cobertura de solo. *Ciência Rural*, 34:3, 947-949. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000300047>

Navia AV, Castaño VH, Grisales SO (2014). Productividad de diferentes ecotípos de *Tithonia diversifolia* provenientes de la región cafetera y valle de rio cauca. *Revista Agroforestería Neotropical*, (4).

Nieves D, Terán O, Cruz L, Mena M, Gutiérrez FL (2011). Digestibilidad de nutrientes en follaje de árnica (*Tithonia diversifolia*) en conejos de engorde. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14:309-314.

- Padilla C, Rodríguez I, Ruiz TE, Herrera M (2018). Determinación del mejor momento de cosecha de semilla gámica, *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. *Development*, 30, 4.
- Pérez A, Montejó I, Iglesias JM, López O, Martín GJ, García DE, Milián I, Hernández (2009) A. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes* 32:1-15.
- R Core Team (2021) R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. URL <https://www.r-project.org/>
- Reis MM (2016) Produção de *Tithonia diversifolia* sob Doses de Biofertilizante Cultivada em Sequeiro e Irrigado. Dissertação, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.
- Rodríguez B, Savón L, Vázquez Y, Ruíz TE, Herrera M (2018) Evaluación de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* para la alimentación de gallinas ponedoras. *Energía* 17:17.0. <http://www.lrrd.org/lrrd30/3/brod30056.html>
- Ruiz TE, Alonso J, Torres V, Valenciaga N, Galindo J, La O, Mora C (2018). Evaluación de materiales recolectados de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la zona de Las Tunas y Granma en el oriente de Cuba. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 22:1.
- Ruiz TE, Febles GJ, Galindo JL, Savón LL, Chongo BB, Torres V, Crespo GJ (2014) *Tithonia diversifolia*, sus posibilidades en sistemas ganaderos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 48:79-82.
- Sanchez LVH, Bueno GGA, Pérez BR (2002). Evaluación agronómica de especies nativas con potencial forrajero en el departamento del Guaviare. *Boletín Técnico Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*. Bogotá, Colombia.
- Santonieri L, Bustamante PG (2016). Conservação ex situ e on farm de recursos genéticos: desafios para promover sinergias e complementaridades. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 11:677-690. <http://dx.doi.org/10.1590/1981.81222016000300008>
- Scrase FM, Sinclair FL, Farrar JF, Pavinato PS, Jones DL (2019) Mycorrhizas improve the absorption of non-available phosphorus by the green manure *Tithonia diversifolia* in poor soils. *Rhizosphere*, 9:27-33. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2018.11.001>
- Silva AMS, Silva LD, Cruz PJR., Santos MV, Souza CMP, Melo Farnesi MM, Gandini EMM (2018) Produção e valor nutritivo da *Tithonia diversifolia* em período de estabelecimento. *Livestock Research for Rural Development* 30:9.
- Silva AMS, Santos MV, Silva LD, Santos JB, Ferreira EA, Santos LDT (2021) Effects of irrigation and nitrogen fertilization rates on yield, agronomic efficiency and morphophysiology in *Tithonia diversifolia*. *Agricultural Water Management* 248:106782. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106782>

Silva GAS, Silva AR, Oliveira EG, Almeida-bezerra JW (2020) Ethnopharmacological Potential of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Research, Society and Development, 9:e2339108370-e2339108370. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8370>

Silva NPC, Veiga MDJV, Machado VLL (2012). Entomofauna visitante de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Compositae) durante o seu período de floração. Títulos não-correntes, 13:1-2.

Tagne AM, Marino F, Cosentino M (2018) *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray as a medicinal plant: A comprehensive review of its ethnopharmacology, phytochemistry, pharmacotoxicology and clinical relevance. Journal of ethnopharmacology 220:94-116. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.03.025>

Taiz L, Zeiger E, Moller I, Murphy A (2017) Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 888 p.

Teixeira VI, Dubeux JJCB, Santos MVF, Lira JM DA, Lira MDA, Silva HMS (2010). Aspectos agrônômicos e bromatológicos de leguminosas forrageiras no nordeste brasileiro. Archivos de zootecnia, 59:226, 245-254.

Verdecia DM, Ramírez JL, Leonard I, Álvarez Y, Bazán Y, Bodas R, López S (2011). Calidad de la *Tithonia diversifolia* en una zona del Valle del Cauto. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria, 12:5, 1-13.

Wambui CC, Abdulrazak SA, Noordin Q (2017) Performance of growing goats fed urea sprayed maize stover and supplemented with graded levels of *Tithonia diversifolia*. DOI: 10.5713/ajas.2006.992

Witt AB, Shackleton RT, Beale T, Nunda W, Van Wilgen BW (2019) Distribution of invasive alien *Tithonia* (Asteraceae) species in eastern and southern Africa and the socio-ecological impacts of *T. diversifolia* in Zambia. Bothalia-African Biodiversity & Conservation 49:1-11. <http://dx.doi.org/10.4102/abc.v49i1.2356>

Yang J, Tang L, Guan YL, Sun WB (2012). Genetic diversity of an alien invasive plant Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*) in China. Weed Science, 60:4, 552-557. <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00175.1>