

Potencial forrageiro da *Tithonia diversifolia* para alimentação de ruminantes

Leonardo Henrique Ferreira Calsavara, Rafael Sandin Ribeiro¹, Sylvia R Silveira¹, Gilberto Delarota¹, Danielle Storino Freitas¹, Joao Paulo Sacramento, Domingos Sávio Campos Paciullo² e Rogério Martins Maurício¹

Emater, Coronel Xavier Chaves, MG, Brasil.

¹ *Departamento de Engenharia de Biosistemas, Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, MG, Brasil.*

² *Embrapa, Juiz de Fora, MG, Brasil.*

Autor para correspondência: rogeriomauricio@ufsj.edu.br

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade e o valor nutricional da *T. diversifolia* (Asteraceae), colhida em dois estádios de maturação (emborrachamento e pré-floração) e seu potencial como fonte de biomassa para produção de ruminantes no Brasil. As coletas de *T. diversifolia* foram realizadas em 8 locais, 4 repetições por local e em 2 estádios de maturação, sendo avaliadas a produção de matéria verde (PMV) e matéria seca (PMS), relação folha:caule (RF:C), teores de MS, matéria mineral (MM), proteína (PB), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), extrato etéreo (EE), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos totais (CHT), lignina (LIG) e nutrientes digestíveis totais (NDT). As produções médias foram maiores ($P < 0,05$) no estádio do emborrachamento, PMV (41,3 t/ha) e PMS (8,1 t/ha), em relação à pré-floração, PMV (24,7 t/ha) e PMS (5,6 t/ha). Também para a variável RF:C, encontrou-se maior participação das folhas no estádio do emborrachamento em comparação à pré-floração, 1,51 e 1,27 g/kg de MS respectivamente. Tal fato pode justificar as maiores produções de PMV. Acrescenta-se, ainda, que o estádio de pré-floração proporcionou aumento nos teores de MS (220 para 224 g/kg de MS), PIDN (86 para 98 g/kg de MS), PIDA (40 para 68 g/kg de MS), FDN (476 para 520 g/kg de MS), FDA (333 para 364 g/kg de MS), CHT (706 para 743 g/kg de MS), LIG (134 para 177) e redução nas concentrações de PB (165 para 149 g/kg de MS), NDT (63,8 para 61,3), MM (113 para 93 g/kg de MS) e de CEL (268 para 187 g/kg de MS) respectivamente para emborrachamento e pré-floração. Desta forma, com o envelhecimento da forrageira, houve uma redução do valor nutricional e produtivo da planta. Contudo, as variáveis produtivas associadas à composição química da *T. diversifolia* potencializam essa espécie como fonte de biomassa para nutrição de ruminantes no Brasil, principalmente quando colhida no emborrachamento.

Palavras chaves: *Asteraceae, bovinos, forragem*

Potential of *Tithonia diversifolia* as source of forage for ruminants

Abstract

The aim of this study was to evaluate the biomass production and the nutritional value of *T. diversifolia* (Asteraceae), harvested in two growing stages (booting and pre-flowering) and its potential as source of forage for ruminants. Samples of *T. diversifolia* were collected at eight sites, four replicates per site, in two growing stages. Green and dry matter production (GMP and DMP respectively), leaf/stem ratio (RL:S), dry matter (DM), mineral matter (MM), crude protein (CP), neutral and acid detergent insoluble protein (NDIP and ADIP respectively), neutral and acid detergent fiber (NDF, ADF), hemicellulose (HEM), cellulose (CEL), ether extract (EE), non-fibrous carbohydrates (CNF), total carbohydrates (CHT), lignin (LIG) and total digestible nutrients (TDN) were evaluated. At the booting stage, GMP (41.3 t/ha) and DMP (8.1 t/ha) were higher than pre-flowering (GMP 24.7 t/ha) and DMP (5.6 t/ha) respectively. The RL/S ratios suggests a higher proportion of leaves at the booting stage compared to pre-flowering (1.51 and 1.27 g/kg of DM respectively), this fact could explain the greater GMP. The pre-flowering stage increased the DM (220 to 224 g/kg of DM), NDIP (86 to 98 g/kg of DM), ADIP (40 to 68 g/kg of DM), NDF (476 to 520 g/kg of DM), ADF (333 to 364 g/kg of DM), CHT (706 to 743 g/kg of DM), LIG (134 for 177) and reduced concentrations of CP (165 to 149 g/kg of DM), TDN (63,8 to 61,3), MM (113 to 93 g/kg of DM) and CEL (268 to 187 g/kg de MS) respectively for booting and pre-flowering stage. Therefore, as the growing stage advanced, it was verified a reduction in the production and nutritional value of *T. diversifolia*. The production variables associated with the chemical composition of *T. diversifolia* could explain the potential of this specie as source of biomass for ruminant nutrition in Brazil, especially when harvested in the booting stage.

Keywords: *Asteraceae*, *bovine*, *forage*

Introdução

As projeções mundiais indicam a necessidade de uma nova abordagem sobre o futuro da utilização dos recursos produtivos, devido a fatores como crescimento populacional, aumento da renda, urbanização, crescente demanda por alimentos de origem animal e expansão da produção de biocombustíveis em áreas tradicionalmente ocupadas pela agricultura (Herrero et al 2010). Além disso, o forte apelo por reduções no desmatamento e na emissão de gases de efeito estufa (GEE), principalmente, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), tem aumentado a pressão sobre os sistemas pecuários, pela busca de tecnologias menos agressivas ao meio ambiente (Boggess et al 2013).

A produção animal, especificamente a bovinocultura para produção de carne e leite, destaca-se como atividade altamente demandante de recursos naturais, além de contribuir para as emissões de metano entérico (Wuebbles e Hayhoe 2001). O Brasil possui um rebanho bovino de mais de 211 milhões de cabeça (IBGE 2013), destacando-se como importante fornecedor de proteína animal. O país ocupa o segundo lugar no ranking mundial de produção de carne de origem bovina (10,2 milhões de toneladas em 2015) e o quinto na produção leiteira, respondendo por aproximadamente 34,5 bilhões de litros (USDA 2015).

No Brasil, as gramíneas de origem africana têm sido as mais cultivadas como pastagem para bovinos de leite e corte (Boddey et al 2004). Entre 80 e 90% das áreas de pastagens são constituídas por espécies forrageiras do gênero *Brachiaria*, com destaque para as *B. decumbens* e *B. brizantha* (Boddey et al 2004). Entretanto, aproximadamente 70% dessas encontram-se em algum estágio de degradação (Silva et al 2013), representando um dos maiores desafios para a sustentabilidade da pecuária no país. Como as espécies forrageiras do gênero *Brachiaria* apresentam sazonalidade produtiva, essas gramíneas sofrem alterações na oferta de volumoso de qualidade, principalmente no inverno, apresentando baixos níveis proteicos e altos teores de fibras (Reid et al 2010; Santos et al 2011).

Como alternativa para suprir o déficit de produção das gramíneas tropicais, tem sido recomendado o uso de cana-de-açúcar e de silagem de milho e sorgo como volumosos

(Fernandes et al 2003; Santos et al., 2011). No entanto, existem outras espécies forrageiras, não pertencentes às famílias das gramíneas ou leguminosas, ainda pouco avaliadas para a nutrição de bovinos, mas extremamente adaptadas às condições edafoclimáticas tropicais. Dentre as várias espécies potencialmente passíveis de utilização, destaca-se a *Tithonia diversifolia*, pertencente à família Asteraceae, espécie herbácea-arbustiva originária da América Central, difundida por toda a região tropical, resistente a solos ácidos e com baixa demanda hídrica (Nziguheba et al 2002; Pérez et al 2009).

A recomendação da *T. diversifolia* para composição de dietas em sistemas de produção de ruminantes ainda depende de resultados que confirmem seu potencial forrageiro em determinadas condições edafoclimáticas e de manejo. O objetivo deste estudo foi avaliar a produtividade de MS (t/ha) e o valor nutricional da *T. diversifolia*, colhida em dois estádios de maturação, emborrachamento e pré-floração.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no município de São João del-Rei (Latitude: 21°05' 11" S, Longitude: 044° 13' 33" W e altitude de 950 m), Minas Gerais, Brasil. Essa região pertence a zona de transição dos biomas Cerrado e Mata Atlântica e o solo é classificado com Latossolo Vermelho-Amarelo, (EMBRAPA 2006). O clima, segundo caracterização de Köppen, é do tipo Cwa (mesotérmico), denominado tropical de altitude, apresentando inverno seco e verão quente, com precipitação média anual de 1.814mm.

O solo de cada local foi amostrado e encaminhado ao laboratório de análises de solo, para determinação da composição química. Os solos apresentaram pH entre 4,5 e 6,2 e teores de fósforos e potássio foram classificados como baixo e médio, respectivamente.

As coletas de *T. diversifolia* foram realizadas aleatoriamente, em oito locais, onde plantas ocorrem naturalmente, utilizando quatro repetições por local e em dois estádios de maturação fisiológica, emborrachamento e pré-floração, quando 80% da população de plantas encontravam-se nos estádios fisiológicos pré-determinados. Foi utilizado um quadrado metálico (1m²), onde as plantas foram cortadas a uma altura de 80 cm a partir do ápice, simulando o pastejo do animal ou o corte para fornecimento no cocho.

Após a coleta, pesou-se 1,5 kg de material fresco de cada repetição. Desses, foram selecionados 500 g de planta inteira, e o restante, dividido nas frações caule e folha. Todas as subamostras foram pesadas, pré-secadas em estufa de circulação forçada a 55°C (até atingirem peso constante), moídas em moinho tipo Willey (peneira de malha de 1 mm) e acondicionadas em sacos plásticos identificados para posteriores análises laboratoriais. Posteriormente, a partir dos teores de matéria seca, foram quantificadas as produções de massa seca por hectare (t ha⁻¹ de MS) dos oito locais estudados, em dois estádios de desenvolvimento e quatro repetições.

A determinação da composição química da forrageira *T. diversifolia* foi realizada segundo AOAC (1990) sendo que os teores de matéria seca (MS) foram determinados pelo método 934.01; de proteína bruta (PB) pelo método 990.03; de extrato etéreo (EE) pelo método 920.39; de lignina pelo método 973.18. A fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) foi determinada de acordo com Van Soest et al (1991) e a hemicelulose (HEM) foi determinada pela diferença de FDA e FDN. A matéria mineral (MM) foi determinada por gravimetria do resíduo após queima da amostra em mufla a 550°C por 8 horas. A proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA) foram determinadas de acordo com Licitra et al (1996).

Os teores de carboidratos totais (CHT) foram calculados de acordo com a metodologia proposta por Sniffen et al (1992): $CHT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$.

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram determinados por meio do método descrito por Hall et al (1999): $CNF = \%CHT - \%FDN$, em que $\%FDN_{cp}$ em que FDN_{cp} representa fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados conforme a equação de regressão descrita por Capelle et al (2001): $NDT = 91,0246 - 0,571588 * (FDN)$.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o PROC MIXED (SAS, 2014). Para todas as análises foi adotado o nível de 5% de probabilidade de erro e as interações não significativas não foram demonstradas nos modelos.

Foram considerados para as variáveis produtivas e químicas (planta inteira e frações folha e caule) como efeito fixo, os estádios de maturação (emborrachamento e pré-floração). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 8 x 4 x 2, com oito locais de coleta, considerados como bloco, quatro repetições (número de coletas em cada local) e dois estádios de maturação. As médias entre tratamentos foram estimadas utilizando-se o LSMEANS (médias de quadrados mínimos), e a comparação entre elas, quando necessária, realizada por meio da probabilidade da diferença (PDIF), pós-teste de Tukey.

Resultados e discussão

As produções de massa verde (PMV) e massa seca (PMS) da *T. diversifolia* foram maiores ($P < 0,05$) no estágio de emborrachamento, do que na pré-floração (Tabela 1). Do ponto de vista produtivo, as diferenças de grande magnitude (67,2% para PMV e 45,6% para PMS) entre os estádios de maturação, evidenciam a vantagem da colheita no estágio de emborrachamento. Os valores de PMV encontrados neste estudo foram superiores aos obtidos por Ríos (1998), que variaram de 21,2 a 31,4 t ha⁻¹ de MV. Os valores de PMS foram superiores no emborrachamento e inferiores na pré-floração, quando comparados aos valores encontrados por Partey et al (2011). As diferenças entre os resultados ora relatados e os da literatura podem ser atribuídas às variações nos espaçamentos de plantio e nas condições edafoclimáticas, específicas de cada ensaio.

Tabela 1. Produção de massa verde (PMV; t ha⁻¹) e de massa seca (PMS; t ha⁻¹) e relação folha:caule (RF:C) da *T. diversifolia* em dois estádios de maturação

	Estádios de maturação		EP	P
	Emborrachamento	Pré-floração		
PMV	41,3	24,7	2,9	0,0002
PMS	8,1	5,6	0,593	0,0037
RF:C	1,51	1,27	0,071	0,0001

Diferem estatisticamente quando $P < 0,05$ na comparação entre estádios de maturação.

EP, erro padrão da média.

Quanto à RF:C, houve diferença ($P < 0,05$) entre os estádios de maturação (Tabela 1). A RF:C no emborrachamento foi 18,9% superior à pré-floração, indicando a maior participação das folhas no emborrachamento. Tal fato pode justificar as maiores PMV e PMS obtidas no emborrachamento, em comparação à pré-floração (Tabela 1).

Em relação à composição química da planta inteira (PI), somente os teores de HEM, EE e CNF não foram influenciados pelo estágio de maturação ($P > 0,05$). Para todas as demais variáveis, ocorreram diferenças ($P < 0,05$) entre os estádios (Tabela 2).

Tabela 2. Composição química da *T. diversifolia*, planta inteira (PI) e frações folha (FO) e caule (CA), em dois estádios de maturação

PI	Estádios de maturação		EP	P

	Emborrachamento	Pré-floração		
MS	200	224	3,6	0,0001
MM	113	93	2,2	0,0001
PB	165	149	5,1	0,0350
PIDN	86	98	3,9	0,0273
PIDA	40	68	2,2	0,0001
FDN	476	520	9,0	0,0009
FDA	333	364	4,4	0,0001
HEM	143	156	7,3	0,2088
CEL	268	187	3,8	0,0001
EE	15,7	15,3	0,5	0,6265
CNF	323	330	10,6	0,6453
CHT	706	743	6,8	0,0003
LIG	134	177	3,5	0,0001
	FO			
MS	195	207	3,2	0,0060
MM	142	124	2,2	0,0001
PB	225	223	4,8	0,7331
PIDN	142	144	4,2	0,7102
PIDA	85	103	3,5	0,0008
FDN	410	448	7,3	0,0005
FDA	261	307	5,3	0,0001
HEM	163	142	9,1	0,1036
	CA			
MS	202	246	5,0	0,0001
MM	64	49	2,0	0,0001
PB	77	60	3,5	0,0001
PIDN	28	29	0,99	0,0778
PIDA	16	26	1,7	0,0002
FDN	652	608	7,8	0,0002
FDA	514	463	7,3	0,0001
HEM	138	145	7,4	0,1165

Diferem estatisticamente quando $P < 0,05$ na comparação entre estádios de maturação.

MS; matéria seca, MM; matéria mineral.

Todas as variáveis estão expressas em (g/kg de MS).

EP, erro padrão da média.

A *T. diversifolia* mostrou aumento ($P < 0,05$) nos teores de MS com o avanço da maturidade nas três frações estudadas (PI, FO e CA). Os acréscimos nas concentrações de MS na pré-floração foram de 12, 7 e 21% em PI, e nas frações FO e CA, respectivamente (Tabela 2). Embora o comportamento tenha sido semelhante para todas as frações, nota-se que na fração FO ocorreu o menor aumento de MS, provavelmente, em função da menor perda de umidade (McDonald et al 1991).

A maior proporção de folhas na PI permite inferir a maior disponibilidade de PB, visto que seus teores na fração folha, independentemente do estádio, foram superiores aos teores da fração caule (Tabelas 2). Na PI, o maior teor de PB foi encontrado no estádio emborrachamento, valor 10,7% superior ao encontrado na pré-floração (Tabela 2). Shayo e Udén (1998), avaliando 28 espécies arbóreas e arbustivas, dentre elas a *T. diversifolia*, obtiveram concentração média de PB de 186 g/kg de MS, valor esse muito próximo do encontrado no estádio do emborrachamento deste estudo. Entretanto, Navarro e Rodrigues (1990), encontraram teores de PB entre 287 e 148 g/kg MS para os estádios crescimento avançado (30 dias de rebrota) e pós-floração (89 dias de rebrota) respectivamente.

No entanto, com o avanço da maturação da forrageira houve aumento acentuado da concentração de PIDA (70 %). A PIDA é considerada a fração C, indigestível no trato gastrointestinal (Pichard e Van Soest 1977). Ademais, a fração C não pode ser degradada pelas bactérias ruminais e não promove disponibilidade de aminoácido pós-ruminal (Sniffen et al 1992). Baseando-se nos teores de PIDA (fração C), é possível inferir que 24 e 46 % da PB observada na forrageira *T. diversifolia* são indigestíveis nos estádios emborrachamento e pré-floração respectivamente (Tabela 2). Com a menor participação das folhas na pré-floração, provavelmente, ocorreu redução da disponibilidade de proteína digestiva. Shayo e Udén (1998) estimaram o valor da PIDN na *T. diversifolia* em 416 g/kg MS, concentração essa inferior à obtida nesta pesquisa. A subfração B3, segundo Sniffen et al (1992), é obtida entre a diferença da PIDA e da PIDN. Essa subfração reduziu em todas as frações avaliadas. Na PI, a queda foi de 46 para 30 g/kg MS; em FO, de 56 para 41 g/kg MS; em CA, de 12 para 3 g/kg MS nos estádios do emborrachamento e pré-floração respectivamente. Tal redução está ligada ao aumento de PIDN e PIDA na pré-floração, indicando que, possivelmente, haverá menor teor de proteína disponível para o animal nesse estágio. Acrescenta-se que a subfração B3 é lentamente degradada no rúmen, porque está associada à parede celular (Pichard e Van Soest 1977).

Os teores de FDN e FDA foram maiores ($P < 0,05$) no estágio da pré-floração. Shayo e Udén (1998) relataram teores de FDN da *T. diversifolia* (PI) de 551 g/kg de MS, valor numericamente superior ao encontrado neste trabalho. Observa-se também neste mesmo trabalho que os teores de FDN e FDA da *T. diversifolia* foram inferiores aos das leguminosas, *Arachis pintoi* (525 e 358 g/kg MS) e *Stylosanthes guianensis* (637 e 501 g/kg MS).

Os teores de HEM, carboidrato constituinte da parede celular e fermentável no trato gastrointestinal, não diferiram ($P > 0,05$) entre os estádios de maturação na PI e nas frações FO e CA. Os teores da CEL foram superiores ($P < 0,05$) no estágio do emborrachamento, contrariando o fato de que com o avanço da maturidade ocorre o espessamento da parede celular (Wilson 1997).

Os níveis de CNF não diferiram ($P > 0,05$) entre os estádios de maturação. Entretanto, os valores médios dos CT foram superiores na pré-floração. Isso porque, principalmente os valores médios de PB e MM foram inferiores nesse estágio. Com o avanço da maturação da forrageira *T. diversifolia* ocorreu aumento ($P < 0,05$) da ordem de 32 % na concentração de lignina.

Na fração FO, não foi observado efeito do estágio de maturação ($P > 0,05$) para os valores de PB, PIDN, FDN e HEM (Tabela 2). Para todas as demais variáveis, ocorreram diferenças ($P < 0,05$) entre os estádios. Já para a fração CA, apenas para as variáveis PIDN e HEM não foram observados efeitos ($P > 0,05$) de maturidade (Tabela 2). Os teores de MS das frações FO e CA aumentaram ($P < 0,05$) com o avanço da maturação (Tabela 2). Os teores de MM das frações FO e CA reduziram ($P < 0,05$) com o avançar da idade da forrageira (Tabela 2). Entretanto, os teores de MM encontrados na fração FO, mesmo na pré-floração, foram maiores que os da fração CA, sugerindo uma maior participação de minerais nas folhas. Desta forma, nota-se que a maturidade promoveu maiores alterações na qualidade nutricional das variáveis da fração CA em relação a FO.

Com relação à concentração da PIDN, não houve efeito ($P > 0,05$) de maturação nas frações FO e CA (Tabela 2). No entanto, a subfração B3 decresceu com o avanço da maturidade, provavelmente, devido ao aumento da PIDA, reduzindo a disponibilidade da proteína lentamente degradável no rúmen. A variável PIDA aumentou ($P < 0,05$) no estágio da pré-floração. Os teores da fração C representam 38 e 46 % da PB nos estádios do emborrachamento e pré-floração, respectivamente. Embora os teores de PB não tenham variado com o avanço da maturidade, percebe-se que, com o aumento da PIDA, houve uma diminuição da disponibilidade desse nutriente. Na fração CA, nota-se que o avanço da maturação promoveu redução ($P > 0,05$) da PB e aumento da PIDA (Tabela 2). Comparativamente, nessa fração encontrou-se o menor valor de PB, independentemente do estágio. Desta forma, a maior participação da fração CA da *T. diversifolia*, possivelmente afetará negativamente a nutrição de ruminantes.

Na fração FO, o período de colheita não teve efeito ($P > 0,05$) sobre a FDN (Tabela 2). Por outro lado, na fração CA, houve redução ($P < 0,05$) da concentração da FDN com o envelhecimento da planta, fato este sem explicação biológica. Os valores médios da FDN obtidos na fração FO foram inferiores quando comparados aos teores de FDN descritos por Shayo e Udén (1998) em folhas de *Acacia mangium* (471 g/kg de MS) e superiores aos das *Gliricidia sepium* (391 g/kg de MS). O estágio de maturação teve efeito significativo ($P < 0,05$) nos teores da FDA das frações FO e CA (Tabela 2). Na fração FO, o envelhecimento provocou acréscimo nos valores da FDA. Já na fração CA, os valores de FDA foram menores ($P < 0,05$) na pré-floração, fato este sem explicação biológica. Comparativamente, a presença de FDA foi inferior na fração FO, indicando a superioridade nutricional em relação ao CA.

Na PI, os valores médios estimados para o NDT foram superiores ($P < 0,05$) no estágio do emborrachamento (Tabela 3). Segundo Mertens (1987), a concentração de FDA está correlacionada com a digestibilidade, ou seja, com o avanço da maturidade ocorreu aumento nos teores de FDA nas frações PI e FO e, conseqüentemente, redução dos valores de NDT. As concentrações de NDT da PI de *T. diversifolia*, em estágio de emborrachamento foram superiores aos relatados por Valadares Filho et al (2001) para silagem de sorgo (59,5%), similar à silagem de milho (63,03%). Este fato sugere a possibilidade de uso da *T. diversifolia* para nutrição de ruminantes.

Tabela 3. Nutrientes digestíveis totais (NDT) da *T. diversifolia*, planta inteira e fração folha, em dois estádios de maturação

Fração	Estádios de maturação		EP	P
	Emborrachamento	Pré-floração		
Planta inteira	63,8	61,3	0,5155	0,009
Folha	67,6	65,4	0,4156	0,005

Diferem estatisticamente quando $P < 0,05$ na comparação entre estádios de maturação. EP, erro padrão da média.

Conclusão

A elevada produção de biomassa associada à composição química da *T. diversifolia* indicam que essa espécie pode ser utilizada como fonte de volumoso para nutrição de ruminantes, principalmente, quando colhida no estágio de emborrachamento.

Agradecimentos

EMATER-MG, CAPES-PVE, EMBRAPA-Rumen Gases, FAPEMIG-PPM, CNPq, EMBRAPA-CAPES e DEPEB (UFSJ).

Referências

Association of official analytical chemists (AOAC) 1990 Official methods of analysis, 15th Edn. Washington, DC.

Boddey R M, Macedo R, Tarré R M, Ferreira E, Oliveira O C de, Rezende C de P, Cantarutti R B, Pereira J M, Alves B J R and Urquiaga S 2004 Nitrogen cycling in Brachiaria pastures: the key to understanding the process of pasture decline. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 389-403.

Boggess M V, Lippolis J D, Hurkman W J, Fagerquist C K, Briggs S P, Gomes A V, Righetti P G and Bala K 2013 The need for agriculture phenotyping: "Moving from genotype to phenotype". *Journal of Proteomics* 93: 20-39.

Capelle E R, Valadares Filho S C, Silva J F C and Cecon P R 2001 Estimates of the energy value from chemical characteristics of the feedstuffs. *Revista Brasileira de Zootecnia* 6: 1837-1856.

Empresa Brasileira Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) 2006 Sistema brasileiro de classificação de solos. 2^{ed}, Brasília, Brasil.

Fernandes A M, Queiroz A C de, Pereira J C, Lana R de P, Barbosa M H P, Fonseca D M da, Detmann E, Cabral L da S, Pereira E S and Vittori A 2003 Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.) com diferentes ciclos de produção (Precoce e intermediário) em três idades de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32: 977-985.

Hall M B, Hoover W H, Jennings J P and Webster T K M 1999 A method for partitioning neutral detergent-soluble carbohydrates. *Journal Science Food Agriculture* 79: 2079-2086.

Herrero M, Thornton P K, Notenbaert A M, Wood S, Msangi S, Freeman H A, Bossio D, Dixon J, Peters M, Steeg V de J, Lynam J, Rao P P, Macmillan S, Gerard B, McDermott J, Seré C and Rosegrant M 2010 Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science* 327: 822-825.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 2013 Rio de Janeiro.

http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2013/default_xls_grandes_regioes.shtm acessado em 11/09/2015

Licitra G, Hernandez T M and Van Soest P J 1996 Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57: 347-358.

McDonald P, Henderson A R and Heron S 1991 The biochemistry of silage. 2th Edn, Marlow, UK.

Mertens D R 1987 Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science* 64: 1548-1558.

Navarro F and Rodríguez E F 1990 Estudios de algunos aspectos bromatológicos de Mirassol (*Tithonia diversifolia* Hemsl y Gray) como posible alternativa de alimentación animal. Tesis Universidad del Tolima, Tolima, Colombia.

Nziguheba G, Merckx R, Palm C A and Mutuo P 2002 Combining *Tithonia diversifolia* and fertilizers for maize production in a phosphorus deficient soil in Kenya. *Agroforestry Systems* 55: 165-174.

Pérez A, Montejo I, Iglesias J, López O, Martín G J, García D E, Milián I and Hernández A 2009 *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes* 32: 1-15.

Pichard D G and Van Soest P J 1977 Protein solubility of ruminant feeds. Proc. Cornell Nutr. Conf. Department of Animal Science, Ithaca, NY.

Reid R S, Bedelian C, Said M Y, Kruska R L, Maurício R M, Castel V, Olson J and Thornton P K 2010 Global Livestock Impacts on Biodiversity. In: Steinfeld, H. et al. *Livestock in a Changing Landscape: Drivers, consequences, and responses*. Island Press, USA.

Ríos C I 1998 *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. Artículo No. 14 <http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/agrofor1/Rios14.htm> acessado em 12/03/2013

Santos S A, Valadares Filho S de C, Detmann E, Valadares R F D, Ruas J R de M and Amaral P de M 2011 Different forage sources for F1 Holstein x Gir dairy cows. *Livestock Science* 142: 48-58.

SAS Institute Inc. 2014 SAS® Studio 3.1: User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Shayo C M and Udén P 1998 Nutritional uniformity of crude protein fractions in some tropical browser plants estimated by two in vitro methods. *Animal Feed Science and Technology* 78: 141-151.

Silva F D da, Amado T J C, Ferreira A O, Assmann J M, Anghinoni I and Carvalho P C de F 2013 Soil carbon indices as affected by 10 years of integrated crop-livestock production with different pasture grazing intensities in Southern Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 190: 60-69.

Sniffen C J, O'Conner J D, Van Soest P J, Fox D G and Russel J B 1992 A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science* 70: 3562-3577.

United States Department of Agriculture (USDA) 2015 Dairy: world markets and trade.

<http://www.fas.usda.gov/data/dairy-world-markets-and-trade> acessado em 24/09/2015

United States Department of Agriculture (USDA) 2015 Livestock and poultry: world markets and trade. <http://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-and-trade> acessado em 24/09/2015

Valadares Filho S C, Silva F F da, Rocha Jr V R and Capelle E R 2001 Tabelas de composição de alimentos e exigências nutricionais para bovinos no Brasil. II Simpósio de produção de gado de corte. Suprema Gráfica e Editora Ltda, Viçosa, MG, Brasil.

Van Soest P J, Robertson J B and Lewis B A 1991 Methods for dietary fibre, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science* 74: 3583-3597.

Wilson J R 1997 Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. Simpósio internacional sobre produção animal em pastejo. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

Wuebbles D J and Hayhoe K 2001 Atmospheric methane and global change. *Earth-Science Review* 57: 177-210.

Received 3 October 2015; Accepted 9 January 2016; Published 1 February 2016

[Go to top](#)