



Abanico Veterinario. Janeiro-Dezembro 2024; 15:1-20. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2024.2>  
Artigo Original. Recebido:25/07/2022. Aceito:20/04/2024. Publicado:05/05/2024. Chave: e2022-56.  
<https://www.youtube.com/watch?v=0EuXyc7MobQ>

## Fermentação *in vitro* e digestibilidade ruminal das silagens de *Sorghum bicolor* e *Cajanus cajan*

*In vitro* rumen fermentation and digestibility of silages of *Sorghum bicolor* and *Cajanus cajan*



Esaú Pérez-Luna<sup>1\*</sup> , Samuel Albores-Moreno<sup>2</sup> , Alexis Ruíz-González<sup>4</sup> , Sergio Espinosa-Villafuerte<sup>5</sup> , José Alayón-Gamboa<sup>3</sup> , Benigno Ruíz-Sesma<sup>6</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Carretera Ocozocoautla-Villaflores km. 84.5. C.P. 30470. Chiapas, México. <sup>2</sup>El Colegio de la Frontera Sur, Departamento de Agricultura, Sociedad y ambiente, Ganadería Sustentable y Cambio Climático, Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n. C.P. 29290. Barrio María Auxiliadora, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. <sup>3</sup>El Colegio de la Frontera Sur, Departamento de Conservación de la Biodiversidad, Avenida Rancho, Polígono 2-A, Ciudad Industrial. C.P. 24500. Lerma, Campeche, México. <sup>4</sup>Département des Sciences Animales, Université Laval, Québec, QC, Canada. <sup>5</sup>Consultor de Qualisilo S. A. de C.V., Calle Lyon número 160, Fraccionamiento La Salle segunda sección. C.P. 29070. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. <sup>6</sup>Universidad Veracruzana, Área Biológico Agropecuaria, Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria. \*Autor para correspondência: Esaú Pérez Luna. Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), Facultad de Ciencias Agronómicas, Carretera Ocozocoautla-Villaflores km. 84.5. C.P. 30470 Chiapas, México. Email: eperezl@unach.mx, samuel.albores@ecosur.mx, alexis.ruiz-gonzalez.1@ulaval.ca, sergio.zootecnista82@gmail.com, jalayon@ecosur.mx, ruizsb71@gmail.com

### RESUMO

O sistema de produção de bovinos de duplo propósito é o mais predominante nos trópicos, caracterizado por um sistema de pastejo extensivo de gramíneas nativas ou introduzidas com baixa digestibilidade e altas concentrações de carboidratos estruturais, causando uma baixa eficiência produtiva dos sistemas. Diante desse cenário, é necessário buscar alternativas para melhorar a eficiência produtiva. O objetivo foi avaliar a fermentação anaeróbica e a digestibilidade ruminal *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das silagens de *S. bicolor* e *C. cajan*. Quatro substratos (sorgo, sorgo + *C. cajan*, *C. cajan*, sorgo + *C. cajan* + inoculante) e quatro tempos de fermentação anaeróbica (0, 30, 60 e 90 dias) foram usados em um projeto completamente aleatório com um arranjo fatorial 4x4, com três réplicas. A média de MS, MO, PB, FDN e FDA foi de 373,9±41,43; 960,58±7,59; 87,82±24,95; 588,73±51,17; 371,76±61,39 g kg<sup>-1</sup> de MS. Para a DIVMS, foi de 56,32±9,05 %. Foram encontradas diferenças significativas (P<0.05) para os parâmetros de fermentação e DIVMS. O volume máximo de gás ocorreu nos tratamentos contendo apenas sorgo e sorgo + *C. cajan* + inoculante. As frações de fermentação rápida foram maiores (P<0.05) nos tratamentos com sorgo + *C. cajan* + inoculante. As frações de fermentação média e lenta foram maiores no sorgo e no sorgo + *C. cajan* + inoculante. Conclui-se que a planta *C. cajan* sozinha ou combinada tem um efeito negativo sobre a DIVMS.

**Palavras-chave:** sorgo, feijão guandu, inoculante, fermentação anaeróbica, digestibilidade *in vitro*.



## ABSTRACT

The dual-purpose cattle production system is the most predominant in the tropics, characterized by an extensive grazing system of native or introduced grasses with low digestibility and high concentrations of structural carbohydrates, causing with this a low productive efficiency of the systems, in this scenario, it is necessary to look for alternatives that improve productive efficiency. The objective was to evaluate the anaerobic fermentation and rumen digestibility in vitro of dry matter (DIVMS) of silages of *S. bicolor* and *C. cajan*. Four substrates (sorghum, sorghum + *C. cajan*, sorghum + *C. cajan* + inoculant) and four anaerobic fermentation times (0, 30, 60 and 90 days) were used in the treatments, in a completely randomized design with a 4x4 factorial arrangement, with three replications. The average for DM, OM, CP, NFD and AFD was 373.9±41.43; 960.58±7.59; 87.82±24.95; 588.73±51.17; 371.76±61.39 g kg<sup>-1</sup> DM. For DIVMS it was 56.32±9.05 %. Significant differences (P<0.05) were found for fermentation parameters and DIVMS. The maximum volume of gas was presented in treatments containing only sorghum and sorghum + *C. cajan* + inoculant. The fractions of rapid fermentation were higher (P<0.05) in the treatments sorghum + *C. cajan* + inoculant. The fractions of medium and slow fermentation were higher in sorghum and sorghum + *C. cajan* + inoculant. It is concluded that the *C. cajan* plant alone or combined has a negative effect on DIVMS.

**Keywords:** sorghum, *Cajanus cajan*, inoculant, anaerobic fermentation, in vitro digestibility.

## INTRODUÇÃO

A pecuária é uma das principais atividades do setor agrícola no México, que é realizada em diferentes condições e sistemas de produção (García *et al.*, 2015). Nesse sentido, um dos sistemas de produção mais comuns é a produção de gado de dupla finalidade sob pastagem em regiões de pastagens extensas (Estrada *et al.*, 2018) com gramíneas nativas ou introduzidas (Kú *et al.*, 2013). No entanto, a qualidade nutricional das forragens apresenta uma baixa concentração de proteína bruta e alta concentração de carboidratos estruturais, o que induz a uma baixa digestibilidade (Piñeiro *et al.*, 2017). Além disso, devido às condições climáticas, a biomassa de forragem produzida é limitada, particularmente durante a estação seca (baixa precipitação e altas temperaturas), o que tem um impacto na disponibilidade de forragem, levando à sazonalidade na produção de leite e carne (García, 2018).

Isso motivou a busca por novos materiais forrageiros ou estratégias de alimentação que atendam às necessidades nutricionais dos animais e, assim, estabeleçam um sistema de colheita uniforme que garanta um nível constante de produção ao longo do ano. Além das condições climáticas adversas, o manejo inadequado das pastagens nativas e introduzidas nas regiões tropicais tem sido considerado um dos principais problemas que limitam a produtividade das empresas de pecuária (Kú *et al.*, 2013). Uma taxa de lotação maior do que a capacidade de suporte da pastagem e o manejo ineficiente da forragem produzida causam a superutilização da pastagem e levam ao superpastejo, o que leva à invasão de ervas daninhas ou gramíneas de menor valor forrageiro e a graves deficiências nutricionais no solo (Villanueva, 2015).



Recentemente, foram propostas estratégias para neutralizar esses efeitos (sazonalidade da produção de forragem, baixa qualidade nutricional e efeitos no solo), como a segregação de piquetes, a conservação de excedentes de forragem durante a estação chuvosa, bem como todos os sistemas agroflorestais, agropastoris, agrossilvopastoris e silvopastoris intensivos (SSPi) (González *et al.*, 2015).

Nos últimos anos, tem-se sugerido o estabelecimento de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPP) que se baseiam em atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, seja em cultivos associados, sucessão ou rotação, que buscam efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, considerando a adequação ambiental, a valorização do produtor e a viabilidade econômica (Balbino *et al.*, 2011). Conseqüentemente, a inter-relação solo-planta-clima-animal é aprimorada, o que contribui para determinar o habitat específico de cada um dos organismos que compõem os sistemas de fluxo biológico e de energia, sejam eles pertencentes a sistemas agrícolas, pecuários ou florestais (Torres *et al.*, 2007).

Os SIPAs podem integrar atividades pecuário-florestais (IPF) ou silvopastoris: integra o componente pecuário (pastagem e animal) e florestal, em consórcio. Esse sistema é mais voltado para áreas com restrições de plantio de culturas, incluindo apenas os componentes florestal e pecuário na mesma área. Eles podem ser usados como estratégia de alimentação para pastoreio, corte e transporte, e também podem ser conservados (silagem) para uso durante períodos de seca (Mannetje, 1982).

No sul do México, especialmente em Chiapas, as características do solo e do clima são adequadas para o estabelecimento e o uso dessa estratégia, o que melhorará a produção de gado. Entretanto, poucas informações foram geradas sobre as associações de forragens tropicais que foram recentemente integradas aos sistemas de alimentação de ruminantes.

Portanto, é essencial investigar a associação lavoura-pecuária ou agropastoril: um sistema de produção que integra componentes da lavoura e da pecuária em rotação, consórcio ou sucessão na mesma área e no mesmo ano agrícola ou por vários anos, em sequência ou intercalados. Porque aspectos importantes de manejo, estabelecimento, produção e formas de conservação de novas forrageiras por meio de silagem são desconhecidos (Balbino *et al.*, 2011). A ensilagem ajuda a manter as folhagens com baixas perdas de MS e nutrientes, mantendo boa palatabilidade para o gado (Gómez *et al.*, 2015). Nesse sentido, a ensilagem de associações entre gramíneas e leguminosas tornou-se importante porque, por meio dessa técnica, aumenta o fornecimento de proteína para o sistema ruminal, além de permitir o uso e a conservação de forragem que poderia ser utilizada durante a estação seca (Contrera *et al.*, 2008).

Estudos indicam que a composição química da silagem da associação *S. bicolor* L. Moench Cv RB Cañero e *C. cajan* Cv Caqui, apresenta potencial alimentar para ruminantes (Pérez-Luna *et al.*, 2019). No entanto, ainda não há informações na literatura sobre as características de fermentação e o valor nutritivo, e a idade ideal em que esses



substratos podem ser usados na alimentação de ruminantes é desconhecida. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a degradação e o potencial de fermentação *in vitro* da silagem de *S. bicolor* L. Moench Cv RB Cañero e *C. cajan* cv Caqui em um sistema de produção integrado.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização da área de estudo

O experimento foi conduzido no Rancho "Loma Bonita", município de Villaflores, Chiapas. México, com clima predominantemente quente, subsumel intermediário Aw" 1 (w) (i) g com chuvas no verão, precipitação medida de 1.200 mm, com temperatura média anual de 22 °C (INEGI, 2017).

### Estabelecimento e manejo da cultura

Para o estabelecimento das culturas de sorgo e feijão guandu, uma camada de solo de aproximadamente 5 cm foi mobilizada para o controle de ervas daninhas. O sorgo foi semeado a uma profundidade de 2,5 cm (duas sementes por ponto) com uma semeadora de precisão, a uma distância de 50 cm entre as linhas e 4 cm entre as plantas, a uma densidade de 250.000 plantas por ha<sup>-1</sup>; para o feijão guandu, a uma distância de 50 cm entre as linhas e 14 cm entre as plantas, a uma densidade de 71.428 plantas por ha<sup>-1</sup>.

As culturas foram fertilizadas a lanço com a fórmula 300-150-50 para o sorgo e 100-150-50 N-P-K para o feijão guandu. O N foi distribuído a 50 % em duas aplicações, aos 5 e 35 dias após a semeadura.

O controle de ervas daninhas e o controle químico de pragas e doenças foram realizados esporadicamente nas concentrações recomendadas pelo distribuidor. Durante o desenvolvimento da cultura, apenas *Melanaphis sacchari* foi encontrado no sorgo, para o qual a Cipermetrina foi usada a uma taxa de 1,5 l ha<sup>-1</sup>, toda vez que a presença dessa praga foi observada.

### Produção de micro-silos

As culturas foram cortadas e picadas em um tamanho de partícula uniforme (2 a 3 cm de comprimento) usando uma máquina de silagem de sulco duplo. No momento da colheita, foram retiradas amostras de cada um dos tratamentos e colocadas em garrafas plásticas (Pet), com capacidade de um litro, extraíndo o máximo de oxigênio possível de cada uma delas para garantir uma boa fermentação anaeróbica da forragem.

A silagem foi feita 85 dias após a semeadura. Depois de passar por cada substrato e suas combinações em seus diferentes tempos de ensilagem de acordo com o tratamento designado, as amostras de cada tratamento foram coletadas, secas e moídas e enviadas ao laboratório de Bromatologia do Colégio da Fronteira Sul para análise de matéria seca (MS), as amostras foram colocadas em um forno de ar forçado a uma temperatura de 60 °C por 48 h, matéria orgânica (MO) por combustão das amostras em uma mufla a 600 °C



por 6 h, proteína bruta (PB) determinada pelo método Kjeldahl (CP, AOAC, 1996; ID 954.01), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) (Van Soest *et al.*, 1991), (Tabela 1), e no Laboratório de Ecologia de Herbívoros do mesmo Centro, foram realizados testes de fermentação usando a técnica de produção de gás *in vitro* descrita por Menke & Steingass (1988) e Theodorou *et al.* (1994).

### **Técnica de fermentação e degradação *in vitro***

A técnica de produção de gás proposta por Menke & Steingass (1988) e modificada por Theodorou *et al.* (1994), foi usada para quantificar o gás produzido pela fermentação *in vitro* durante 72 horas de incubação. Os tratamentos foram amostras de sorgo, sorgo+ feijão guandu, feijão guandu, e sorgo+ feijão guandu +inoculante (Sill-All 4x4 Lallemand), com quatro tempos de ensilagem (0, 30, 60 e 90 dias), resultando em 16 combinações possíveis (Tabela 1), cada combinação foi repetida três vezes. O inóculo consistiu em uma amostra composta de fluido ruminal (FR) obtida de três ovelhas (40 kg de peso vivo) por meio de um tubo esofágico e alimentadas com uma dieta baseada em forragem. Antes da extração do FR, os animais ficaram em jejum por 14 horas. O FR foi filtrado através de oito camadas de gaze e misturada em uma proporção de 1:9 com uma solução mineral reduzida (Menke & Steingass, 1988; Krishnamoorthy *et al.*, 2005).

Para cada combinação, 500 mg de amostra seca e moída foram pesados e colocados em frascos âmbar de 125 mL, aos quais foram adicionados 90 mL de inóculo ruminal, mantidos sob fluxo constante de CO<sub>2</sub> e, em seguida, hermeticamente fechados com rolhas de borracha e um anel de alumínio (Theodorou *et al.*, 1994). Os frascos foram incubados a 39 °C em um banho-maria. A pressão do gás em cada frasco foi medida com um manômetro (Metron, Mode:63100, México) em 0, 2, 4, 6, 6, 8, 8, 12, 16, 20, 24, 24, 30, 36, 42, 48, 60 e 72 h após a incubação (Blümmel & Ledzien, 2001).

Os valores de pressão de gás foram transformados em volume de gás usando uma equação de regressão linear:  $V = (P + 0,0186) (0,0237)^{-1}$  (Elmasry *et al.*, 2016).

### **Variáveis avaliadas**

#### **Produção de gás *in vitro***

O volume máximo ( $V_m$ , mL g<sup>-1</sup>), a taxa de fermentação ( $S$ , h<sup>-1</sup>) e a fase lag ( $L$ , h<sup>-1</sup>) da produção de gás foram estimados com o modelo logístico  $V_0 = V_m / (1 + e^{(2-4k(t-L))})$  (Schofield & Pell, 1995), usando o programa NLIN (SAS, 2006). Os volumes também foram obtidos para os intervalos de tempo de 0 a 8 ( $V_{f0-8}$ ), 8 a 24 ( $V_{f8-24}$ ) e 24 a 72 ( $V_{f24-72}$ ) horas de incubação. Esses volumes foram utilizados para estimar as frações (mg g<sup>-1</sup> de forragem) de fermentação rápida (FR), média (FM) e lenta (FL) do substrato, de acordo com as equações de regressão linear propostas por Miranda *et al.* (2015):  $FR = V_{f0-8} / 0,4266$ ,  $FM = V_{f8-24} / 0,6152$ ,  $FL = V_{f24-72} / 0,3453$ . A soma das três frações foi considerada



como a fração fermentável total (FT). Além disso, foi estimado o índice de emissões potenciais de gás por grama de matéria orgânica digestível (IPEGF; mL g<sup>-1</sup> MOD).

**Tabela 1. Distribuição dos tratamentos**

Substratos	Dias de silagem	Repetições		
<b>Sorgo (S)</b>	0	R1	R2	R3
	30	R1	R2	R3
	60	R1	R2	R3
	90	R1	R2	R3
<b>Sorgo + feijão guandu</b>	0	R1	R2	R3
	30	R1	R2	R3
<b>Sorgo + feijão guandu (S+FG)</b>	60	R1	R2	R3
	90	R1	R2	R3
<b>Feijão guandu (FG)</b>	0	R1	R2	R3
	30	R1	R2	R3
	60	R1	R2	R3
	90	R1	R2	R3
<b>Sorgo+ feijão guandu+ Inoculante (S+FG+I)</b>	0	R1	R2	R3
	30	R1	R2	R3
	60	R1	R2	R3
	90	R1	R2	R3

### **Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS)**

No final do período de incubação (72 h), os resíduos de cada amostra foram obtidos por filtragem em um frasco e um funil de Buchner com filtro (F/rapid filter paper MOD.617 Code P.V.NO.1034), e a DIVMS foi estimada por secagem a 60 °C por 48 h. A MS inicial e a residual foram usadas para calcular a DIVMS (%) (Monforte *et al.*, 2005).

### **Projeto e análise estatística**

As variáveis de fermentação (Vm, S, L, FR, FM, FL, FT, IPEGF, DIVMS) foram analisadas com o modelo linear geral usando o pacote estatístico SAS versão 9 (2006), em um projeto completamente aleatório com arranjo fatorial 4x4, com medidas repetidas ao longo do tempo. Foram usadas três réplicas por tratamento. As médias das 16 combinações foram comparadas usando as comparações múltiplas de Tukey e os testes estatísticos foram considerados significativos quando P<0,05 (Montgomery, 2013). A análise de correlação de Pearson foi realizada para componentes químicos (PB, FDN, FDA) e variáveis de fermentação; e a análise de regressão linear foi realizada para DIVMS e fração fermentável total.



## RESULTADOS

### Composição química

A caracterização química dos tratamentos é apresentada na Tabela 2. A média de MS, MO, PB, FDN e FDA foi de  $373,9 \pm 41,43$ ;  $960,58 \pm 7,59$ ;  $87,82 \pm 24,95$ ;  $588,73 \pm 51,17$ ;  $371,76 \pm 61,39$  g kg<sup>-1</sup> de MS. Para o DIVMS, foi de  $56,32 \pm 9,05$  %.

Tabela 2. Composição química aproximada dos tratamentos experimentais (g/kg)

TRATAMENTO	MS	MO	PB	FDN	FDA
S 0	439.0	953.2	62.1	605.5	339.6
S 30	399.0	966.2	80.5	538.8	286.0
S 60	379.1	964.4	73.4	541.1	294.5
S 90	355.3	960	69.8	586.9	369.6
S+FG 0	376.3	970.3	53.0	484.5	295.4
S+FG 30	350.7	966.3	78.8	626.1	354.0
S+FG 60	349.0	962.4	82.1	622	373.2
S+FG 90	306.2	964.2	80.8	610	382.4
FG 0	379.6	956.2	112.5	587.7	404.5
FG 30	372.2	952.6	135.8	657.8	489.7
FG 60	401.8	950	130.8	637.3	468.2
FG 90	444.5	944.1	122.9	624.5	450
S+FG+I 0	358.3	969.3	64.2	499.2	309.1
S+FG+I 30	407.4	966	81.7	581.9	374
S+FG+I 60	377.7	966.7	80.2	568.3	351.9
S+FG+I 90	286.8	957.3	96.5	648.1	406.1
Média	373.93	960.58	87.82	588.73	371.76
DP	41.43	7.59	24.95	51.17	61.39

### Cinética de fermentação de gás *in vitro*

Para as variáveis Vm e S, não foi encontrada nenhuma interação entre os fatores; no entanto, a variável L mostrou uma interação entre os fatores (Tabela 3). Os substratos com maior Vm foram o sorgo com 317,37, 297,8, 294,57, 264,17 mL g<sup>-1</sup>, respectivamente,



nos tempos de 0, 30, 60 e 90 dias de fermentação anaeróbica e a combinação de sorgo+ feijão guandu + inoculante com 289,47, 269,63 e 266,6 mL g<sup>-1</sup>, nos tempos de 0, 30 e 60 dias de fermentação anaeróbica, respectivamente. Por outro lado, os tratamentos que se caracterizaram por uma produção média de gás foram sorgo+ feijão guandu e feijão guandu com tempos de ensilagem de 0, 30, 60 e 90 dias; Tabela 3).

**Tabela 3. Parâmetros da cinética de produção de gás, frações de fermentação, digestibilidade in vitro da matéria seca e taxa potencial de emissão de gás (IPEGF) da silagem de *Sorghum bicolor* L. Moench Cv RB Cañero e *Cajanus cajan* Cv Caqui com diferentes tempos de ensilagem**

Trat	Parâmetros			Frações de fermentação				DIVMS (%)	IPEGF mL g <sup>-1</sup> MSD
	Vm (mL g <sup>-1</sup> )	S (h <sup>-1</sup> )	L (h)	FR	FM	FL	FT		
S 0	317.4 <sup>a</sup>	0.036 <sup>bcd</sup>	4.6 <sup>a</sup>	152.1 <sup>c</sup>	243.4 <sup>a</sup>	388.9 <sup>a</sup>	784.4 <sup>a</sup>	67.2 <sup>ab</sup>	473.8 <sup>ab</sup>
S 30	294.6 <sup>ab</sup>	0.038 <sup>abcd</sup>	4.8 <sup>a</sup>	139.8 <sup>cde</sup>	233.3 <sup>a</sup>	349.6 <sup>ab</sup>	722.7 <sup>ab</sup>	72.1 <sup>a</sup>	408.3 <sup>ab</sup>
S 60	297.8 <sup>ab</sup>	0.039 <sup>abcd</sup>	4.2 <sup>ab</sup>	155.4 <sup>c</sup>	236.7 <sup>a</sup>	334.3 <sup>abc</sup>	726.5 <sup>ab</sup>	66.6 <sup>ab</sup>	447.2 <sup>ab</sup>
S 90	264.2 <sup>abcde</sup>	0.040 <sup>abcd</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	137.4 <sup>cde</sup>	215.6 <sup>ab</sup>	287.6 <sup>bcd</sup>	640.5 <sup>bcde</sup>	60.4 <sup>abc</sup>	437.3 <sup>ab</sup>
S+FG 0	247.9 <sup>bcdef</sup>	0.043 <sup>a</sup>	3.0 <sup>dc</sup>	168.6 <sup>bc</sup>	197.3 <sup>bc</sup>	227.6 <sup>cde</sup>	593.6 <sup>bcdef</sup>	63.2 <sup>abc</sup>	393.4 <sup>b</sup>
S+FG 30	240.3 <sup>cdef</sup>	0.041 <sup>abcd</sup>	3.9 <sup>abc</sup>	138.2 <sup>cde</sup>	190.5 <sup>bc</sup>	256.1 <sup>cde</sup>	584.7 <sup>cdefg</sup>	60.7 <sup>abc</sup>	396.1 <sup>b</sup>
S+FG 60	219.5 <sup>defg</sup>	0.041 <sup>abcd</sup>	3.2 <sup>dc</sup>	137.4 <sup>cde</sup>	173.4 <sup>cd</sup>	225.6 <sup>def</sup>	536.3 <sup>defgh</sup>	54.2 <sup>cde</sup>	407.2 <sup>ab</sup>
S+FG 90	244.1 <sup>bcdef</sup>	0.039 <sup>abcd</sup>	3.5 <sup>bcd</sup>	143.9 <sup>cde</sup>	186.5 <sup>bc</sup>	266.2 <sup>cde</sup>	596.7 <sup>bcdef</sup>	54.3 <sup>cde</sup>	448.1 <sup>ab</sup>
FG 0	214.7 <sup>efg</sup>	0.042 <sup>ab</sup>	2.7 <sup>d</sup>	148.9 <sup>cd</sup>	168.8 <sup>cd</sup>	197.1 <sup>ef</sup>	514.8 <sup>efgh</sup>	55.7 <sup>bcde</sup>	385.9 <sup>b</sup>
FG 30	185.3 <sup>g</sup>	0.040 <sup>abcd</sup>	3.3 <sup>dc</sup>	111.9 <sup>de</sup>	144.3 <sup>de</sup>	197.1 <sup>ef</sup>	453.3 <sup>gh</sup>	44.3 <sup>ef</sup>	418.0 <sup>ab</sup>
FG 60	166.9 <sup>g</sup>	0.042 <sup>abc</sup>	3.2 <sup>dc</sup>	109.4 <sup>e</sup>	128.9 <sup>e</sup>	170.7 <sup>f</sup>	409.0 <sup>h</sup>	39.5 <sup>f</sup>	446.5 <sup>ab</sup>
FG 90	196.7 <sup>fg</sup>	0.041 <sup>abcd</sup>	2.8 <sup>d</sup>	137.4 <sup>cde</sup>	147.7 <sup>de</sup>	194.1 <sup>ef</sup>	479.2 <sup>fgh</sup>	46.5 <sup>def</sup>	423.8 <sup>ab</sup>
S+FG+I 0	289.5 <sup>abc</sup>	0.037 <sup>abcd</sup>	0.0 <sup>f</sup>	262.4 <sup>a</sup>	185.9 <sup>bc</sup>	268.3 <sup>cde</sup>	716.6 <sup>abc</sup>	58.2 <sup>bcd</sup>	498.7 <sup>ab</sup>
S+FG+I 30	269.6 <sup>abcd</sup>	0.036 <sup>cd</sup>	1.4 <sup>e</sup>	199.0 <sup>b</sup>	183.6 <sup>bc</sup>	284.5 <sup>bcd</sup>	667.2 <sup>abcd</sup>	59.3 <sup>bc</sup>	455.2 <sup>ab</sup>
S+FG+I 60	266.6 <sup>abcde</sup>	0.035 <sup>d</sup>	0.9 <sup>ef</sup>	206.4 <sup>b</sup>	181.9 <sup>c</sup>	277.4 <sup>bcd</sup>	665.8 <sup>abcd</sup>	53.6 <sup>cde</sup>	499.0 <sup>ab</sup>
S+FG+I 90	245.1 <sup>bcdef</sup>	0.036 <sup>cd</sup>	1.6 <sup>e</sup>	172.7 <sup>bc</sup>	171.7 <sup>cd</sup>	269.3 <sup>cde</sup>	613.7 <sup>bcde</sup>	45.4 <sup>ef</sup>	540.1 <sup>a</sup>
EP	10.33	0.0011	0.180	7.42	6.35	14.95	25.44	2.31	27.35
Substrato	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003
Dias de silagem	0.0007	0.4980	0.0001	0.0001	0.0005	0.1408	0.0014	0.0001	0.1695
Substrato*Dias de ensilagem	0.0983	0.1357	0.0011	0.0001	0.0708	0.0122	0.0771	0.0089	0.5941

FACTOR A	Substratos				EP
	Sorgo	Sorgo+ feijão guandu	Feijão guandu	Sorgo+ feijão guandu + Inoculante	
Vm (mL g <sup>-1</sup> )	293.47 <sup>a</sup>	237.96 <sup>c</sup>	190.90 <sup>d</sup>	267.70 <sup>b</sup>	6.54
S (h <sup>-1</sup> )	0.0383 <sup>b</sup>	0.0410 <sup>a</sup>	0.0414 <sup>a</sup>	0.0360 <sup>c</sup>	0.0006
FM (mg g <sup>-1</sup> )	232.236 <sup>a</sup>	186.931 <sup>b</sup>	147.435 <sup>c</sup>	180.800 <sup>b</sup>	4.09





FT (mg g <sup>-1</sup> )	718.50 <sup>a</sup>	577.83 <sup>c</sup>	464.07 <sup>d</sup>	665.82 <sup>b</sup>	15.96
IPEGF (mL g <sup>-1</sup> MSD)	441.67 <sup>b</sup>	411.20 <sup>b</sup>	418.56 <sup>b</sup>	498.28 <sup>a</sup>	13.80
FACTOR B	Tempos de ensilagem (dias de fermentação)				EE
	0	30	60	90	
Vm (mL g <sup>-1</sup> )	267.358 <sup>a</sup>	247.450 <sup>b</sup>	237.708 <sup>b</sup>	237.533 <sup>b</sup>	12.71
S (h-1)	0.0399 <sup>a</sup>	0.0387 <sup>a</sup>	0.0392 <sup>a</sup>	0.0389 <sup>a</sup>	0.0008
FM (mg g <sup>-1</sup> )	198.87 <sup>a</sup>	187.92 <sup>ab</sup>	180.23 <sup>b</sup>	180.37 <sup>b</sup>	9.71
FT (mg g <sup>-1</sup> )	652.34 <sup>a</sup>	606.98 <sup>ab</sup>	584.40 <sup>b</sup>	582.51 <sup>b</sup>	32.05
IPEGF (mL g <sup>-1</sup> MSD)	437.98 <sup>a</sup>	419.42 <sup>a</sup>	449.98 <sup>a</sup>	462.34 <sup>a</sup>	16.54

a, b, c= As médias com literais de coluna diferentes são diferentes (P<0,05); Vm= volume máximo; S: taxa de fermentação; L: fase lag; FR= fração de fermentação rápida; FM= fração de fermentação média; FL= fração de fermentação lenta; FT= fração fermentável total; DIVMS= digestibilidade *in vitro* da matéria seca; IPEGF: taxa de emissão de gás potencial por unidade de matéria orgânica digestível; DIVMS= digestibilidade *in vitro* da matéria seca; IPEGF: taxa de emissão de gás potencial por unidade de matéria orgânica digestível

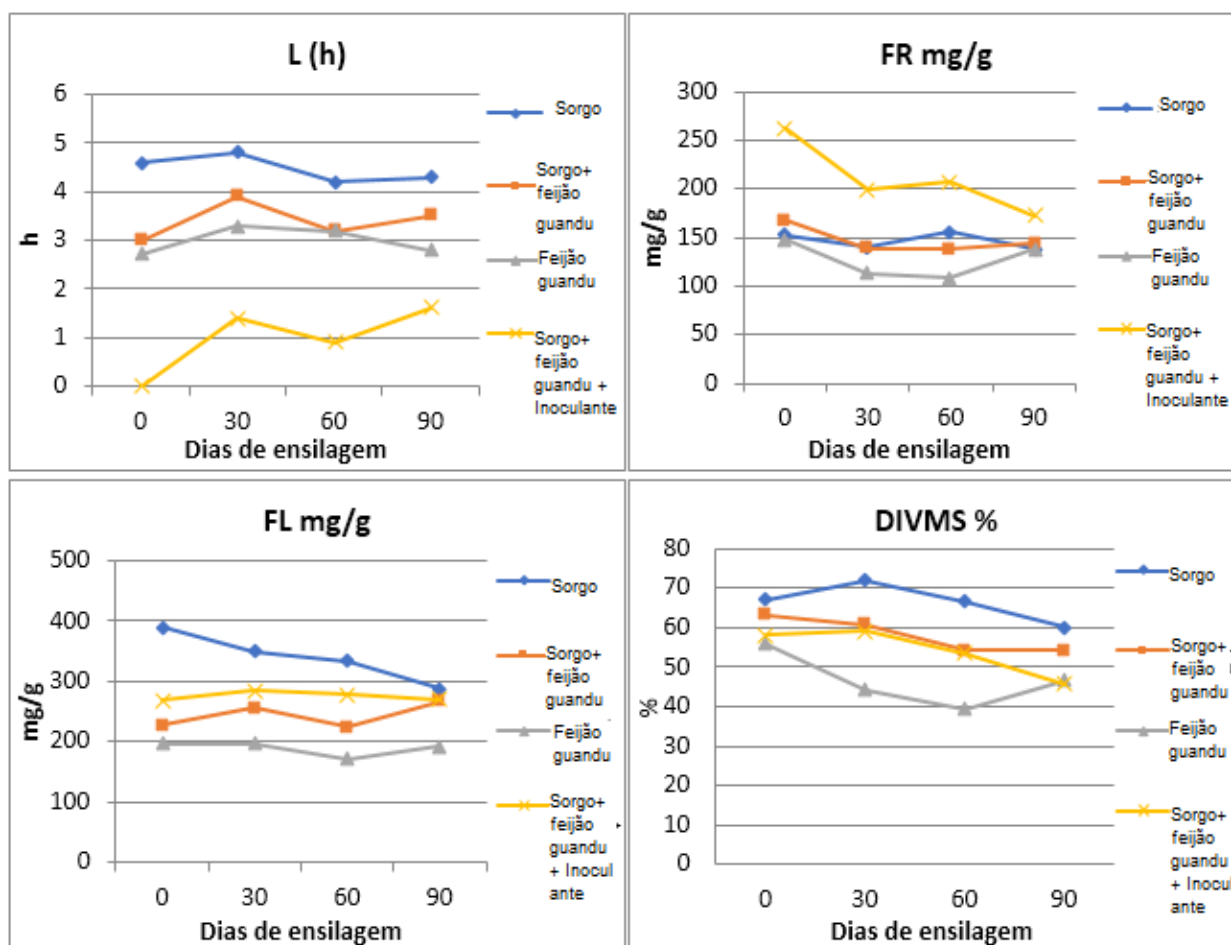


Figura 1. Interação do substrato e dos dias de ensilagem nas variáveis L, FR, FL e DIVMS



Por outro lado, a maior taxa de fermentação (S) foi observada para S+G 0, e a menor ( $P=0,0001$ ) foi observada para S+FG+I 60; nos demais tratamentos, não foi encontrada diferença estatística significativa.

A fase lag (L) mais baixa foi observada no substrato da mistura S+FG+I aos 0, 30, 60 e 90 dias de ensilagem, respectivamente. Além disso, o L intermediário foi semelhante entre FG 0, FG 90, S+FG 60, S+FG 0, FG 60 e FG 30, enquanto as fases de atraso mais altas foram observadas em S 0 e S 30, e foram semelhantes entre S 90, S 60, S+FG 30 e S+FG 90 (Tabela 3).

### **Tempo de fermentação anaeróbica (FA)**

O volume máximo ( $V_m$ ) de produção de gás e a fase lag (L, h) (Tabela 3) foram significativamente ( $P<0,05$ ) afetados pelos tempos de FA (Tabela 3). No entanto, S não apresentou mudanças significativas ( $P>0,05$ ) entre os tempos de FA. O tempo de fermentação com o maior  $V_m$  foi aos 0 dias de FA ( $267 \text{ mL g}^{-1}$ ), que diminuiu com o aumento dos dias de FA (Tabela 3).

A fase lag (L) mais baixa foi observada aos 0 dias de fermentação (2,5962 h). Da mesma forma, uma L intermediária foi encontrada aos 60 e 90 dias de FA (2,91 e 3,08 h, respectivamente); enquanto uma L mais alta foi observada aos 30 dias de FA (3,35 h).

### **Frações fermentáveis, digestibilidade e índice de potencial de emissão de gases**

A mistura de substrato S+FG+I 0 apresentou o maior valor da fração rapidamente fermentável (0-8 h) ( $P<0,05$ ), seguida por S+FG+I aos 30, 60 e 90 dias de ensilagem, respectivamente (Tabela 3). Da mesma forma, verificou-se que S+FG+I 90 foi estatisticamente semelhante a todos os tratamentos contendo substrato de sorgo em diferentes tempos de ensilagem, bem como FG 0 e FG 90 (Tabela 3). Por outro lado, a fração média de fermentação (8-24 h) também foi diferente ( $P<0,05$ ) entre os tratamentos. A maior média de fermentação foi encontrada para S aos 0, 30, 60 e 90 dias de ensilagem, respectivamente. Os tratamentos FG 90, FG30 e FG 60 apresentaram menor fermentação média de MS.

Para a fração de fermentação lenta (24-72 h), também foram encontradas diferenças ( $P<0,05$ ) entre os tratamentos. O maior valor de fermentação foi observado em S 0, seguido por S 30 e S 60. Já os tratamentos contendo sorgo como substrato isolado ou combinado apresentaram frações de fermentação lenta semelhantes (Tabela 3). Além disso, os tratamentos com feijão guandu isoladamente em seus diferentes dias de ensilagem apresentaram valores mais baixos de fermentação lenta.

O tratamento que apresentou ( $P<0,05$ ) a maior fração de fermentação total (FT) foi S 0, seguido por S 60, S 30, S+FG+I 0, S+FG+I 30, S+FG+I 60, que apresentaram FT semelhantes (Tabela 3). O restante dos tratamentos apresentou a menor TF (Tabela 4).



O DIVMS e o índice potencial de emissão de gás fermentado (IPEGF) diferiram ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos (Tabela 3). Foi encontrada uma interação entre substratos e dias de ensilagem, sendo que a maior DIVMS foi obtida nos tratamentos S 30, S 0, S+FG 0, S+FG 30, S 90 e S+FG 60 (Tabela 3). Os tratamentos com o menor ( $P < 0,05$ ) IPEGF foram S+FG 30, S+FG 0 e FG 0. Enquanto S+FG+I 90 produziu a maior quantidade de gás por unidade de matéria orgânica fermentada (Tabela 3).

As maiores FM, FL, FT e DIVMS foram obtidas no sorgo, seguidas por sorgo + feijão guandu e sorgo + feijão guandu + inoculante (Tabela 3) e o feijão guandu apresentou menores FM, FL, FT e DIVMS (FM= 147,43 mg g<sup>-1</sup>, FL=189,77 mg g<sup>-1</sup>, FT=464,07 mg g<sup>-1</sup> e DIVMS=46,48 %).

Os substratos que apresentaram o menor IPEGF foram o sorgo, o sorgo + feijão guandu e o feijão guandu (441,67, 411,20 e 418,56 mL g<sup>-1</sup> MOD). Enquanto o substrato que produziu a maior quantidade de gás por unidade de matéria orgânica fermentada foi o sorgo + feijão guandu + inoculante (Tabela 3).

As maiores FR, FM, FT e DIVMS ocorreram no tratamento sem FA (0 dias; FR= 182,98 mg g<sup>-1</sup>, FM=198,87 mg g<sup>-1</sup>, FT=652,34 mg g<sup>-1</sup> e DIVMS=61,06 %). Já aos 30, 60 e 90 dias de FA, eles apresentaram menores FR, FM, FT e DIVMS (Tabela 3). Por outro lado, observou-se que a fração de fermentação lenta (FL) e o IPEGF não apresentaram mudanças significativas entre os tempos de FA.

### **Relação entre a composição química e a cinética de produção de gás *in vitro***

A concentração de PB, FDN e FDA dos diferentes tratamentos foi negativamente correlacionada com o volume máximo (Vm), as frações de fermentação rápida e média (FR, FM), as frações de fermentação total (TF) e a DIVMS (Tabela 4); enquanto a TF foi negativamente correlacionada com PB e FDA (Tabela 4).

No entanto, ao correlacionar o PB e a DIVMS dos tratamentos compostos de feijão guandu, houve uma correlação negativa de -0,85 ( $P = 0,0005$ ).

## **DISCUSSÃO**

### **Composição química**

As concentrações de PB no *C. cajan* cv Caqui nos diferentes dias de FA (Tabela 2) estão acima do limite de exigência de PB (110-120 g kg<sup>-1</sup> MS) para um nível médio de produção animal em pastagem (NRC, 2016). A silagem de sorgo, o sorgo + feijão guandu, o sorgo + feijão guandu + inoculante (Sill-All 4x4 Lallemand) em seus diferentes dias de fermentação anaeróbica excedem o nível crítico (60-80 g kg<sup>-1</sup> MS) que influencia negativamente a ingestão voluntária (Orskov, 1992) e a atividade microbiana no rúmen (Van Soest *et al.*, 1991).

O teor de FDN de T2, T3, T5 e T13 estava abaixo da concentração de 550 g kg<sup>-1</sup> de MS, que limita o CV e a digestibilidade dos nutrientes nos animais (Van Soest, 1965) e é caracterizado como um alimento de alta qualidade, com uma concentração próxima a



450 g kg<sup>-1</sup> de MS de FDN (Girma *et al.*, 2015). No entanto, T1, T4, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T14, T15 e T16 podem ser considerados substratos de média qualidade, pois contêm uma concentração que varia entre 450 e 650 g kg<sup>-1</sup> de FDN (Tabela 1). Além disso, eles têm altas concentrações de FDN (T1, T4, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T14, T15, T16) e podem estar relacionados ao clima, à temperatura, à radiação, à precipitação e à umidade relativa (Méndez *et al.*, 2020).

**Tabela 4. Matriz de correlação entre a composição química, as constante de produção de gás e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca**

	PB	FDN	FDA
V	-0.82924 <.0001	-0.58985 0.0162	-0.84829 <.0001
S	0.27733 0.2984	0.02217 0.935	0.234 0.3831
L	-0.03253 0.9048	0.17503 0.5167	-0.08863 0.7441
FR	-0.52165 0.0382	-0.60738 0.0126	-0.49812 0.0496
FM	-0.79137 0.0003	-0.51604 0.0407	-0.83235 <.0001
FL	-0.68033 0.0037	-0.33237 0.2085	-0.69951 0.0026
FT	-0.81092 0.0001	-0.56184 0.0235	-0.82585 <.0001
DIVMS	-0.78719 0.0003	-0.65437 0.006	-0.88745 <.0001
IPEGF	-0.1406 0.6035	0.05275 0.8462	-0.02326 0.9318

<sup>A</sup> coeficiente de correlação; <sup>B</sup> correlação significativa a P<0.05. PB: proteína bruta; FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente ácida; DIVMS: digestibilidade *in vitro* da matéria seca; S: taxa de fermentação; L: fase lag; Vm: volume máximo; FR: fração de fermentação rápida; FM: fração de fermentação média; FL: fração de fermentação lenta; FT: fração fermentável total; IPEGF: taxa potencial de emissão de gás por unidade de matéria orgânica digestível.

### **Cinética da fermentação de gás *in vitro***

A preservação da forragem pela técnica de FA é uma das estratégias de alimentação que sustenta os sistemas de produção nos trópicos durante a estação seca. Esse método de preservação permite manter as características nutricionais desejáveis da forragem por meio da fermentação anaeróbica do ácido láctico (Contrera-Govea *et al.*, 2008). A utilidade da combinação em silos de associações entre gramíneas e leguminosas ganhou importância porque, por meio dessa técnica, aumenta-se a contribuição da proteína para o sistema ruminal, possibilitando aproveitar, conservar e melhorar as condições de fermentação e degradação dos substratos no rúmen (Gómez *et al.*, 2015). Nesse sentido, Boddey *et al.* (2009) apontam um aumento na sustentabilidade dos sistemas integrados que é alcançado com a incorporação de leguminosas ao sistema, o uso de leguminosas



arbustivas, como o feijão guandu, tanto para produção no consórcio com culturas anuais, como milho ou sorgo, quanto em associação com gramíneas para pastejo direto, são uma opção que visa melhorar o teor de proteína da dieta dos animais.

Nesse sentido, os maiores Vm obtidos em T1, T3, T2 e T4 estão relacionados à maior digestão dos carboidratos estruturais presentes na biomassa (FDN), que causam um início lento da fermentação (L), (Tabela 3), apresentando um atraso na adesão dos microrganismos e aumentando a taxa de fermentação (S), (Tabela 3) (Kibon & Orskov, 1993; Albores *et al.*, 2018). Além disso, foi relatado que a silagem de sorgo apresenta potencial para ser uma estratégia de alimentação por meio da FA e não apresenta diferenças ( $P > 0,05$ ) nos tempos de FA, conforme demonstrado no presente estudo (Rendón *et al.*, 2014). Por outro lado, a maior Vm encontrada em T13, T14 e T15 pode estar relacionada ao inóculo (Sil-all 4X4 Lallemand) que foi adicionado ao substrato e ao tempo de FA que diminuiu o tempo de fixação (L) dos microrganismos, melhorando a taxa de fermentação (S), (Tabela 3) (Rodríguez *et al.*, 2013).

Por outro lado, o *C. cajan* e suas combinações com sorgo e aditivos foram estudados principalmente na alimentação de não ruminantes, portanto, há pouca informação sobre seu uso em ruminantes e menos ainda sobre sua degradação ruminal. Nesse contexto, o presente estudo mostra que os tratamentos com baixa produção total de gás foram os substratos com sorgo + feijão guandu e feijão guandu (T5, T16, T8 e T6, T7, T9, T12, T10 e T11; Tabela 3), esse baixo Vm está relacionado a uma alta concentração de FDN e FDA (Tabela 2) e a um rápido início da fermentação, devido aos seus teores de PB, que, ao serem degradados, liberam carbonato de amônio e  $\text{NH}_3$ , que são usados pelas bactérias para a síntese de proteína microbiana (Cajarville *et al.*, 2012), diminuindo a quantidade de gás produzido (Tabela 3); (González *et al.*, 1998).

### **Frações fermentáveis, digestibilidade e taxa de potencial de emissão de gás fermentativo**

A sincronização da disponibilidade de energia e da liberação de  $\text{NH}_3$  no rúmen depende da taxa e da disponibilidade potencial de nutrientes contidos nas forragens (FR, FM e FL; Tabela 3). Em gramíneas, folhagens de árvores e misturas desses substratos para alimentação animal, as taxas de sincronização são quimicamente mais complexas e críticas em comparação com alimentos mais homogêneos (Rosales & Gill, 1999); e é comum observar um excesso de nitrogênio e uma sincronização fraca a moderada entre a fermentação de nitrogênio e a fermentação de MS. No entanto, quando esses alimentos são combinados em um silo, espera-se melhorar as condições das taxas de sincronização aumentando as frações fermentáveis e a degradação da MS (Nsahlai *et al.*, 1995). Nesse sentido, os resultados sobre o início rápido a moderado do processo de fermentação da MS com T13, T15, T14, T16 e T5 (Tabela 3) podem ser devidos ao aumento da fermentação de sua fração solúvel contendo açúcares; além disso, a fermentação de amido, celulose e pectinas (Miranda *et al.*, 2015) que favoreceu a rápida



ação microbiana e o início da fermentação (FR) como consequência da interação na concentração de PB, FDN, FDA e do inóculo Sil-all 4X4 Lallemand adicionado aos tratamentos (Tabela 2), o que provavelmente conservou a quantidade de carboidratos não estruturais, como açúcares e amido (Cajarville *et al.*, 2012).

Enquanto T1, T3, T2, T4, T14, T15, T13 e T16 apresentaram maior degradação do componente amido e concentração de celulose (FM e FL; Tabelas 2 e 3), o que pode ter sido influenciado pela combinação entre sorgo e feijão guandu e pelo tempo de FA (30 e 90 dias), (Tabela 3), que influencia diretamente o tempo em que os microrganismos iniciam a degradação dos substratos (Rodríguez *et al.*, 2013).

A identificação de tratamentos com fermentação lenta, como T6, T7, T8, T9, T10, T11 e T12, pode ser útil para incorporá-los em dietas balanceadas como fonte de energia e sincronizá-los em misturas com outros substratos com fermentação rápida para aproveitar o excesso de NH<sub>3</sub> que eles fornecem, pois foram influenciados pelo tipo de substrato e pelo tempo de FA (Tabela 3) (Cajarville *et al.*, 2012).

A DIVMS mais alta encontrada em T2, T1, T3, T5, T6, T4 e T6 (Tabela 4) está relacionada à menor concentração de celulose na planta (Tabela 2 e 3), (Girma *et al.*, 2015); provavelmente uma concentração de energia mais alta na fermentação anaeróbica favoreceu um início rápido da fermentação, sustentando altas taxas de fermentação que resultaram em um volume total de gás mais alto (Tabela 3). Enquanto a menor DIVMS de T12, T16, T10 e T11 (Tabela 4) está associada à sua maior proporção de FDN e FDA (Tabela 2) que limitam a atividade fermentativa (Tabela 3); porque ela se liga quimicamente aos carboidratos estruturais, limitando sua digestão (Moore & Jung, 2001), ou provavelmente o tempo de FA e a combinação de substratos não permitiram um nível de sincronização para melhorar a digestão (Tabela 3) (Rendón *et al.*, 2014). A esse respeito, ao observar o comportamento dos dados obtidos para a variável PB e DIVMS, procedeu-se à correlação dos tratamentos contendo feijão guandu, em que foi encontrada uma correlação de -0,85 entre PB e DIVMS, indicando que o teor de PB dessa planta afeta negativamente a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, esse comportamento pode ser devido à presença de metabólitos secundários presentes nessa planta, que provavelmente afetaram a população microbiana ou sua atividade fermentativa.

A eficiência da degradabilidade da MS mostra o potencial de produção de gás (IPEGF) como uma indicação do grau em que ela ocorre (Miranda *et al.*, 2015; Bayssa *et al.*, 2016). Neste estudo, T6, T5 e T9 têm um alto potencial para serem usados como estratégia de mitigação da produção de gás, pois a menor quantidade de gás foi produzida por unidade de MS fermentada (Vélez *et al.*, 2015). Esse fenômeno pode ser explicado pelas altas concentrações de constituintes celulares (Tabela 2) que afetam a fermentação, possivelmente inibindo os microrganismos, sem afetar a atividade de degradação enzimática na MS (Carballa *et al.*, 2015).



Considerando o exposto, conclui-se que a silagem da planta de sorgo tem potencial na alimentação de ruminantes, pois melhora a fermentação da MS *in vitro*, especialmente as frações de fermentação rápida (30 dias).

A planta de feijão guandu sozinha ou em combinação tem um efeito negativo na digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

## LITERATURA CITADA

ALBORES-MORENO S, Alayón-Gamboa JA, Miranda-Romero LA, Jiménez-Ferrer G, Ku-Vera JC, Vargas-Villamil L. 2018. Nutritional composition, *in vitro* degradation and potential fermentation of tree species grazed by ruminants in secondary vegetation (acahual) of deciduous forest. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*. 28(5). ISSN: 1018-7081. <http://www.thejaps.org.pk/docs/v-28-05/06.pdf>

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis, 17th edn. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical. ISBN: 0-935584-42-0. ISSN: 0066-961X.  
<https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>

BALBINO LC, Cordeiro LAM, Porfírio-da-Silva V, Moraes AD, Martínez GB, Alvarenga RC, Kichel AN, Fontaneli RS, Pereira dos Santos H, Franchini JC, Galerani PR. 2011. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 46(10), 0-0. ISSN: 0100-204X.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000001>

BAYSSA M, Negesse T, Tolera A. 2016. Leaf biomass yield, chemical composition, *in vitro* gas and methane production and rumen degradation characteristics of some woody plant species in afar rangeland of north eastern Ethiopia. *Middle-East J. Scientific Res*. 24(4): 1252-1265. ISSN: 1990-9233.  
<https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2016.24.04.23362>

BLÜMMEL M, Lebzien P. 2001. Predicting ruminal microbial efficiencies of dairy rations by *in vitro* techniques. *Livest. Prod. Sci*. 68:107-117. ISSN: 0301-6226.  
[https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00241-4](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00241-4)

BODDEY RM, Jantalia CP, Conceição PC. 2009. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. *Global Change Biology*. 16(2):784-795. ISSN: 1365-2486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02020.x>



CAJARVILLE C, Britos A, Garciarena D, Repetto JL. 2012. Temperate forages ensiled with molasses or fresh cheese whey: Effects on conservation quality, effluent losses and ruminal degradation. *Animal Feed Science and Technology*. 171(1):14–19. ISSN: 1873-2216. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.09.016>

CARBALLA M, Regueiro L, Lema JM. 2015. Microbial management of anaerobic digestion: exploiting the microbiome-functionality nexus. *Current Opinion in Biotechnol.* 33: 103-111. ISSN: 0958-1669. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2015.01.008>

CONTRERA-GOVEA F, Muck R, Armstrong K, Albrecht K. 2008. Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. *Animal Feed Science And Technology*. ISSN: 3778401. <https://doi.org/10.1016/J.Anifeedsci.2008.07.001>

ELMASRY AMA, Mendoza GM, Miranda LA, Vázquez G, Salem AZM, Hernández PA. 2016. Effects of types and doses of yeast on gas production and in vitro digestibility of diets containing maize (*Zea mays*) and lucerne (*Medicago sativa*) or oat hay. *South African J Anim Scien.* 46 (4). ISSN: 2221-4062.  
<http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v46i4.7>.

ESTRADA-LÓPEZ I, Esparza-Jiménez S, Albarrán-Portillo B, Yong-Ángel G, Rayas-Amor AA, García-Martínez A. 2018. Evaluación productiva y económica de un sistema silvopastoril intensivo en bovinos doble propósito en Michoacán, México. *CIENCIA ergo-sum.* 25(3). ISSN: 2395-8782. <https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a7>

GARCÍA-GÓMEZ CA. 2018. Análisis económico de prácticas silvopastoriles y buenas prácticas ganaderas para mejorar la resiliencia climática en fincas productoras de leche en el municipio de Olanchito, Departamento de Yoro, Honduras. Tesis de Maestría. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8848>

CATIE, Turrialba (Costa Rica). Pp. 87. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/8848>

GARCÍA M, Henry D, Schulmeister T, Benítez J, Moreno MR, Cuenca J, Ponce C, DiLorenzo N. 2015. Nutrición animal en sistemas tropicales: Uso de residuos agrícolas en la producción animal. *Maskana*, 6:75-81. ISSN: 2477-8893.  
<https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/651/567>

GIRMA M, Animut G, Assefa G. 2015. Chemical composition and in vitro organic matter digestibility of major indigenous fodder trees and shrubs in Northeastern drylands of Ethiopia. *Livest. Res. Rural Dev.* 27(2). ISSN: 1213784.  
<http://www.lrrd.org/lrrd27/2/girm27026.htm>





GÓMEZ-GURROLA A, Sanginés-García L, Hernández-Ballesteros JA, Benítez-Meza JA. 2015. Proximate chemical analysis of corn silage of DK2034 Variety at different fermentation times. *Educateconciencia*. 7(8):62-68. ISSN: 2007-6347.

<https://tecnocientifica.com.mx/volumenes/V7N8A6.pdf>

GONZÁLEZ RM, Fondevila M, Urdaneta AB, Newman Y. 1998. *In vitro* gas production from buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) fermentation in relation to the cutting interval, level of nitrogen fertilization and season of growth. *Anim. Feed Sci. Technol.* 72: 19-32. ISSN: 0377-8401 [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00181-8](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00181-8)

GONZÁLEZ RIC, Gómez FGT, Galindo MFA. 2015. Recursos naturales y uso de las tierras ganaderas en el trópico. En: González PE, Dávalos FJL, Rodríguez RO. (Coordinadores). Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical. REDGATRO-CONACYT, México. Pp. 38-47- ISBN 978-607-37-0556-1. <https://redgatro.fmvz.unam.mx/assets/rn9.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRÁFICA E INFORMÁTICA. 2017. Cuaderno estadístico municipal, Villaflores, Chiapas, México, Instituto Nacional de Estadística Geográfica e informática. Edit. INEGI. DR © 2017, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Pp. 24 - 30.

[https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/anuarios\\_2017/702825094836.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825094836.pdf)

KIBON A, Orskov ER. 1993. The use of degradation characteristics of browse plants to predict intake and digestibility by goats. *Animal Science*. 57:247-251. ISSN: 1748-748X.

<https://doi.org/10.1017/S0003356100006851>

KRISHNAMOORTHY U, Rymer C, Robinson PH. 2005. The *in vitro* gas production technique: limitations and opportunities. *Anim Feed Sci Technol.* 123-124:1–7. ISSN: 3778401.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.04.015>

KÚ-VERA JC, Ayala-Burgos AJ, Solorio-Sánchez FJ, Briceño-Poot EG, Ruiz-González A, Piñeiro-Vázquez AT, Chay-Canul AJ. 2013. Tropical tree foliages and shrubs as feed additives in ruminant rations. *Nutritional Strategies of Animal Feed Additives*. Nova Sci. Publishers. New York. USA, 59-76. ISBN: 978-1-62417-002-7.

[https://www.researchgate.net/publication/267626768\\_Tropical\\_tree\\_foliage\\_and\\_shrubs\\_as\\_feed\\_additives\\_in\\_ruminant\\_rations](https://www.researchgate.net/publication/267626768_Tropical_tree_foliage_and_shrubs_as_feed_additives_in_ruminant_rations)



MANNETJE LT. 1982. Problems of animal production from tropical pastures. In Nutritional Limits to Animal Production from Pastures: proceedings of an international symposium held at St. Lucia, Queensland, Australia, August 24-28, 1981/edited by JB Hacker. Farnham Royal, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux. ISBN: 0851984924, 9780851984926. <http://hdl.handle.net/102.100.100/287130?index=1>

MÉNDEZ-MARTÍNEZ Y, Reyes-Pérez J, Luna-Murillo R, Ledea-Rodríguez J, Sornoza-Zambrano W, Herrera-Mena F, Álvarez-Perdomo G, Ramírez J. 2020. Efecto de la edad del rebrote y el clima en la composición química de *Cenchrus purpureus* en ecosistemas degradados de Cuba. *Scientia Agropecuaria*. 11(3):301-308. ISSN 2077-9917. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.02>

MENKE KH, Steingass H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim Res Dev*. 28: 7–55. ISSN: 0340-3165. <https://www.scienceopen.com/document?vid=e1859372-e696-424a-85fb-d305b0b594bc>

MIRANDA RLA, Vázquez MP, Amendola MR, Sandoval GL, González OR. 2015. Cuantificación de las fracciones fermentables de alfalfa y tuna por la técnica de producción de gas. XXIV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Puerto Varas, Chile. Pp 146. [https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs\\_files/article/view/2651/1066](https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2651/1066)

MONFORTE BGE, Sandoval CCA, Ramírez AL, Capetillo LCM. 2005. Defaunating capacity of tropical fodder trees: Effects of polyethylene glycol and its relationship to in vitro gas production. *Anim Feed Sci and Technol*. 123:313–327. ISSN: 0377-8401. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.04.016>

MONTGOMERY DC. 2013. Design and Analysis of Experiments. Eighth Edition, Wiley & Sons, New Jersey, USA. Pp. 724. SBN 978-1118-14692-7. <https://mip.faperta.unri.ac.id/file/bahanajar/58219-2013-8ed-Montgomery-Design-and-Analysis-of-Experiments.pdf>

MOORE KJ, Jung HJG. 2001. Lignin and fiber digestion. *Journal of Range Management*. 54: 420-430. ISSN: 0022-409X. <https://doi.org/10.2307/4003113>

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2016. Nutrient Requirements of Beef Cattle: Eighth Revised Edition. Posted 2016-10-28. ISBN: 978-0-309-31705-4. <https://doi.org/10.17226/19014>



NSAHLAI IV, Siaw DEKA, Uminna NN. 1995. Inter- relationships between chemical constituents, rumen dry matter and nitrogen degradability in fresh leaves of multipurpose trees. *Journal of Science Food and Agriculture*. 69:235-246. ISSN: 10970010, 00225142. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740690214>

ORSKOV ER. 1992. Protein Nutrition in Ruminants. Academic Press, London, UK. Pp. 175. ISBN: 978-0125284813. <https://www.amazon.com/-/es/R-Orskov/dp/0125284810>

PÉREZ-LUNA EJ, Gil-Molina R, Córdova-Murillo LF, Espinosa-Villafuerte SG, León-Velasco H, Ley-de Cos A. 2019. Valor nutricional de ensilaje de *Sorghum bicolor* L. moench cv rb cañero y *Cajanus cajan* CV CAQUI en un sistema integrado de producción agropecuaria en Villaflores, Chiapas. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. 6(2):1247-1251. ISSN: 2007-9559. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/105911/Aviles%20et%20al.%2C%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PIÑEIRO-VÁZQUEZ AT, Canul-Solís JR, Casanova-Lugo F, Chay-Canul AJ, Ayala-Burgos AJ, Solorio-Sánchez FJ, Ku-Vera JC. 2017. Emisión de metano en ovinos alimentados con *Pennisetum purpureum* y árboles que contienen taninos condensados. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. 8(2):111-119. ISSN: 2448-6698. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i2.4401>

RENDÓN ME, Noguera RR, Posada SL. 2014. Vinaza de caña como aditivo acidificante en la elaboración de ensilaje de maíz (*Zea mays*). *Livestock Research for Rural Development*. ISSN: 01213784. <http://www.lrrd.org/lrrd26/1/rend26007.html>

RODRÍGUEZ R, Lores J, Gutiérrez D, Ramírez A, Gómez S, Elías A. 2013. Inclusión del aditivo microbiano Vitafert en la fermentación ruminal in vitro de una dieta para cabras. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 47(2):171-178. ISSN: 0034-7485. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193028751011>

ROSALES M, Gill M. 1997: Tree mixtures within integrated farming systems. *Livestock Research for Rural Development*. 9, #36. ISSN 0121-3784. <http://www.lrrd.org/lrrd9/4/mauro941.htm>

SAS. 2006. Institute Inc., SAS/STAT. Software, Ver. 9.00. SAS, Cary, NC, USA. Pp. 442. ISBN: 978-3-540-37756-6. ISSN: 0302-9743. [https://www.sas.com/es\\_mx/software/stat.html](https://www.sas.com/es_mx/software/stat.html)



SCHOFIELD P, Pell AN. (1995) Measurement and kinetic analysis of the neutral detergent-soluble carbohydrate fraction of legumes and grasses. *Journal of Animal Science*. 73(11):3455-3463. ISSN 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/1995.73113455x>

THEODOROU MK, Williams BA, Dhanoa MS, McAllan AB, France J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48:185–197. ISSN: 3778401. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90171-6](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90171-6)

TORRES A, Frías J, Granito M, Vidal C. 2007. Germinated *Cajanus cajan* seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation. *Food chemistry*. 101:202-211. ISSN: 0308-8146. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.018>

VAN SOEST PJ. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *Journal of Animal Science*. 24(3):834-843. ISSN: 1740-0929. <https://doi.org/10.2527/jas1965.243834x>

VAN SOEST PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3583–3597. ISSN: 0022-0302. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

VÉLEZ OM, Noguera RR, Posada SL, Gaona RC, Guerrero HS. 2015. Identificación del potencial antimetanogénico *in vitro* de plantas nativas de la sabana inundable adaptadas a condiciones de sequía en la Orinoquía Colombiana. *Livestock Research for Rural Development*. 27, #103. ISSN: 01213784. <http://www.lrrd.org/lrrd27/5/vele27103.html>

VILLANUEVA-ÁVALOS JF. 2015. Producción de pastizales y manejo de praderas en el Estado de Nayarit. INIFAP – CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Libro Técnico Núm. 5. Santiago Ixcuintla, Nayarit. México. Pp. 151. ISBN: 78-607-37-0433-5. <https://docplayer.es/29210326-Produccion-de-pastizales-y-manejo-praderas-en-el-estado-de-nayarit.html>

[Errata Erratum](#)

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-veterinario/errata>