

CONSIDERACIONES SOBRE ENSILAJES DE SORGO

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

Embrapa Semi-Árido
BR 428, KM 152
Zona Rural, C.P.23
CEP 56.302-970, Petrolina, PE
Brasil
Telefone (87) 38621711
luiz.gustavo@cpatsa.embrapa.br

Norberto Mario Rodriguez

Dpto. Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais
Avenida Antônio Carlos, 6627, Caixa Postal 567
CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG
Brasil
Telefone (31) 3499-2191
norberto@vet.ufmg.br

Lúcio Carlos Gonçalves

Dpto. Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais
Avenida Antônio Carlos, 6627, Caixa Postal 567
CEP 30.123-970, Belo Horizonte, MG
Brasil
Telefone (31) 3499-2191
luciocg@vet.ufmg.br

Daniel Ananias de Assis Pires

Dpto. Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Montes Claros
Avenida bico da Pedra
Bico da Pedra, C.P. 91
CEP 39440-000, Janauba, MG - Brasil
Telefone: (38) 38212756
piresda@gmail.com

INTRODUCCION

El sorgo tiene como origen el continente africano y parte de Asia. A pesar de ser un cultivo muy antiguo, solamente a partir del fin del siglo XIX tuvo un gran desarrollo en muchas regiones agrícolas del mundo (Veiga, 1986). Bernardino (1996) afirma que el cultivo de sorgo para forraje ya debe ocupar de 30-35% del área total cultivada en Brasil y la expectativa es que en esta década crezca hacia 50% del total cultivado para la producción de ensilaje. Según Fontes & Moura Filho (1979), el sorgo es muy resistente a la deshidratación debido a su sistema radicular fibroso y muy extenso (puede alcanzar 1,5m de profundidad, valor este normalmente 50% mayor que el del maíz), a un eficaz ritmo de transpiración (retardo del crecimiento) y a características foliares de las xerófitas, como la serosidad y la ausencia de pilosidad, que reducen la pérdida de agua de la planta. Antunes (1979) estudiando las exigencias climáticas del sorgo consideró que con menos de 450 mm anuales, el cultivo sólo deberá ser hecho

con irrigación. No es tan así ya que con el desarrollo de variedades e híbridos de maduración precoz, el ciclo de estos cultivos requiere, para su completo desarrollo, cerca de 380 mm de lluvia, siempre que este total presente buena distribución en los tres meses subsecuentes a la siembra. A pesar de esta resistencia a la sequía el sorgo tiene dos períodos críticos en que el cultivo exige humedad en el suelo. El primero es el que va hasta 20 a 25 días luego de la germinación y el segundo corresponde al período próximo a la floración. Asociada a estas características esta la posibilidad de aprovechamiento del rebrote, que puede producir hasta 60% de producción de MS del primer corte (Zago, 1991).

El uso de sorgo en la forma de ensilaje es favorecido por presentar este cultivo niveles de carbohidratos solubles, capacidad tampón relativamente baja, contenido de materia seca superior al 20 % y estructura física que favorece la compactación durante el llenado del silo. Según Araújo et al (2002) el ensilaje de sorgo presenta varias ventajas cuando es comparado con el ensilaje de maíz, incluyendo menores costos de producción, mayor tolerancia a sequía, así como mejor capacidad de recuperación luego de largos períodos de sequía y mayor producción de materia seca bajo estas condiciones.

CULTIVARES Y CARACTERÍSTICAS AGRONOMICAS

Según Viana et al. (2001), actualmente se encuentran disponibles en el mercado tres tipos de sorgo como recurso forrajero: los sorgos graníferos, los forrajeros y azucarados, además de dos cultivares de doble propósito. Estos cultivares varían en altura, producción de materia seca y composición bromatológica, produciendo ensilajes con valores nutritivos diferentes. Los cultivares graníferos varían de 1,00-1,60 metros, con panojas bien desarrolladas y granos de tamaño grande produciendo ensilajes de valor nutritivo superior a los ensilajes de sorgos forrajeros de porte alto.

Los sorgos de tipo forrajero son aptos para producción de ensilaje y para corte directo en verde, con altura entre 2 e 3 metros. Además, existen cultivares de doble propósito (forraje y grano), con altura media en torno de 2 metros. Los cultivares de porte alto producen ensilajes con valores nutritivos normalmente inferiores a los de un buen ensilaje de maíz debido a una menor proporción de granos en la masa ensilada (Zago, 1997). El sorgo forrajero presenta gran potencial para utilización, ya que posee elevada productividad, buena adecuación a la mecanización y gran versatilidad, pudiendo ser utilizado como heno, pasto, corte directo y ensilaje (Borges, 1995; Bernardino, 1996). No obstante para Silva (1996), uno de los problemas enfrentados en el proceso de ensilaje es el vuelco del forraje. Se ha encontrado una correlación positiva entre la altura de las plantas y el porcentaje de vuelco. Según este autor la posibilidad de vuelco es mayor para cultivares forrajeros, especialmente cuando la densidad de plantas por hectárea es muy alta.

Según Cummins (1971), los criterios para selección de híbridos de sorgo para ensilaje han sido, principalmente, la altura de la planta, productividad, producción de granos, resistencia a enfermedades y plagas y tolerancia a sequía. Otra observación importante hecha por Cummins (1972), es que el desarrollo de híbridos de sorgo con tallo seco, por el incremento del tenor de materia seca de la planta, puede contribuir a la

producción de ensilaje de mejor valor nutritivo, con menores pérdidas durante el proceso de ensilaje y mejor consumo voluntario por los animales. No obstante una correlación de tallo succulento con menor tenor de materia seca de la planta entera, no fue encontrada en algunos trabajos (Borges, 1995 e Nogueira, 1995). Este último autor afirma que la proporción de granos da planta ejerció mayor influencia en el tenor de materia seca que la mayor o menor succulencia del tallo.

Carvalho et al. (1992) observó que de las fracciones de la planta de sorgo, el tallo es la porción que menos contribuye para la elevación del tenor de materia seca, seguido por las hojas y la panoja, esta última permitiendo elevadas ganancias de materia seca en un período corto. Según Borges (1995), las variedades de tallo succulento y azucarado y de porte alto tienen generalmente concentraciones de carbohidratos solubles más elevadas, lo que podría favorecer la fermentación láctica, más que la influencia de los tenores de materia seca. De acuerdo con Vilola (1985), la proporción de granos es un factor importante en determina la calidad de los ensilajes, pues no se encuentra una fracción energética mayor disponible en la planta, siendo ellos responsables por el mayor aumento en el tenor de materia seca de las forrajeras. Según Nússio (1992), 40-50% de la materia seca debería ser compuesta de granos en el momento del ensilaje, como una tentativa de garantizar mayor calidad y consumo del material ensilado. Silva (1997), evaluando ensilajes de sorgo de porte alto, medio y bajo, con diferentes combinaciones de tallo x hoja x panoja, concluyó que el aumento da participación de la panoja en la planta entera redujo los tenores de constituyentes de la fibra y elevó los valores de DIVMS, en todos los híbridos estudiados, demostrando una necesidad de participación mínima de 40% de panoja en la planta de sorgo, para la obtención de ensilajes de buena calidad. Además del aumento en la DIVMS, fue más fácil el proceso de compactación.

PRODUCCION DE MATERIA SECA

Algunas variedades de sorgo presentan mayores producciones de materia verde (MV) y materia seca (MS) que el maíz. Además, el sorgo ha sido considerado como una buena alternativa de cultivo próximo a centros urbanos, donde los cultivos de maíz están sujetos a la cosecha de las espigas para consumo humano, produciendo grandes perjuicios a los productores, dado que la espiga representa de 40-50% de la materia seca del maíz en la época de ensilaje y tiene efectos significativos en la calidad de los ensilajes (Carvalho et al., 1992). De acuerdo con Valente (1992), la productividad mínima aceptable para el sorgo es de 40 toneladas de masa verde por hectárea, pues, debajo de esto, sería económicamente inviable. La producción de materia seca de híbridos de sorgo para ensilaje en EMBRAPA Centro de Maíz y Sorgo, varió de 11,49 a 13,62 toneladas/ha en 86/87, contra 10,03 del maíz, y de 12,40 a 13,96 toneladas/ha en el año agrícola 87/88, contra 10,70 de un híbrido de maíz (ENSAIO..., 1987; ENSAIO..., 1988).

La producción de materia seca de la planta de sorgo aumenta con la altura de la misma. Este hecho se debe a la alteración de la proporción de tallo, hojas y panoja. De forma semejante, el estado de crecimiento afecta la producción de materia seca por que también altera las proporciones de tallo, hoja y panoja de la planta de sorgo. En la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos por Zago (1991) para proporciones de

tallos, hoja, panoja y productividad de la materia seca en función del estado de crecimiento de plantas de sorgo de porte alto (AG-2002), porte medio (AG-2004-E) y porte bajo (AG-2005-E) para.

Tabla 1. Porcentaje de tallos (%C), hojas (%F) y panojas (%P) en la materia seca y productividad de materia seca (PMS) en toneladas por hectárea en función de la época de cosecha.

Estagio de colheita	AG-2002				AG-2004-E				AG-2005-E			
	%C	%F	%P	PMS	%C	%F	%P	PMS	%C	%F	%P	PMS
Grão leitoso	67	23	10	14,2	58	25	18	11,5	49	27	24	10,7
Grão pastoso	64	18	19	15,3	48	21	32	13,2	35	21	44	11,6
Grão farináceo	63	15	23	18,8	46	16	39	14,6	34	17	49	10,8
Grão Duro	69	13	19	16,2	48	16	34	12,5	35	16	50	10,8

Adaptado de Zago (1991).

Pereira et al. (1993) obtuvieron producciones de materia seca y de proteína bruta de 18,0 y 1,08; 16,6 y 1,34; 14,6 y 1,25 toneladas/ha para los sorgos de porte alto, medio y bajo, respectivamente.

TANINOS

Los taninos son compuestos fenólicos con alto peso molecular (500 a 3000), siendo capaces de formar ligaduras con proteínas y otras macromoléculas como los carbohidratos. Son clasificados en dos grupos: los hidrosolubles (carbohidrato central con ligaduras de ácidos fenólicos carboxílicos) y los condensados (mezcla de polímeros flavanóides) (Van Soest, 1994). A pesar de diferir en la distribución botánica, en los productos de la hidrólisis y en otras propiedades, estos taninos presentan en común la capacidad de formar complejos con las proteínas. El ácido tánico constituye el ejemplo típico de los taninos hidrosolubles y en su hidrólisis, espontánea o enzimática, libera glucosa y ácido gálico. Los taninos condensados (TC), también llamados proantocianidinas, son polímeros de flavanoides, constituídos predominantemente por unidades de leucoantocianidinas con ligaduras C-C de posición 4 de una unidad en posición 6 o 8 de la unidad siguiente. Jansman (1993) afirmó que los TC no son afectados por enzimas, pero se decomponen cuando tratados con ácidos, formando pequeñas cantidad de antocianidinas, siendo clasificados como proantocianidinas. Químicamente, los TC son polímeros de flavanoides: 3-hidroxiavanol y/o 3,4-dihidroxiavandioli. El acetato y la fenilalanina son los precursores necesarios para la síntesis de los flavanoides (estructura básica de los taninos) siendo originados del metabolismo de los carbohidratos y de las proteínas, respectivamente. Todo flavanoide posee una estructura típica C6-C3-C6. En los vegetales a partir del ácido chiquímico pueden ser sintetizados los taninos hidrolisables y los taninos condensados. No obstante para que los taninos condensados sean formados es necesaria la formación de fenilalanina a partir del ácido chiquímico. El flavan-3,4-diol, es producido via flavanol e intermediarios del dihidroflavanol. Las rutas metabólicas exactas de los intermediarios para la formación de los TC no son completamente conocidas, sin embargo un gran número de enzimas que participan de los diferentes pasos en el proceso de condensación de los taninos han sido identificadas. Las ligaduras predominantes entre las moléculas monoméricas son del tipo covalente 4,8. Sin embargo, ligaciones 4,6

también pueden encontrarse en algunas especies de plantas. En el proceso de condensación durante la formación del tanino, primeramente son formados compuestos diméricos, seguidos por triméricos, tetraméricos e oligoméricos (Jansman, 1993). El 3-flavanol con peso molecular debajo de 3000 es un compuesto soluble. Las procianidinas altamente polimerizadas se tornan insolubles y son frecuentemente destinadas a ligar el tejido estructural de las plantas.

Digestión de los taninos en ruminantes

Terrill et al. (1994) condujeron experimentos para determinar el destino de los taninos condensados (TC) durante la digestión en ovejas. En uno de estos experimentos, la recuperación de los TC en la digesta en dos momentos (0 y 4 horas) después de la incubación anaeróbica a 39°C fue de: 78,9 y 57,5% en el rumen; 50,9 y 49% en el abomaso; 64,4 y 46% en el duodeno y 43,4 y 38,8% en el íleo, respectivamente. Y al hacer el análisis de TC de la digesta del rumen, abomaso e íleo y en muestras de heces de ovejas alimentadas con *Lotus pedunculatus* y calcularon el flujo de los TC a lo largo del tracto digestivo, encontraron valores bajos en todas las muestras de digesta, indicando la desaparición de los TC a través del rumen e intestino delgado, y la recuperación de los taninos condensados en las heces fue sólo cercana al 15% de lo ingerido.

Rabelo (1997) determinó que los diferentes tenores de tanino del sorgo eran degradados en el rumen, y que los TC desaparecían a medida que los tiempos de incubación avanzaban, logrando el máximo luego de 72 horas de incubación ruminal. Según Perez-Maldonado y Norton (1996), 45% de los taninos condensados ingeridos fueron degradados en el rumen y 40% de los TC que llegaron al abomaso e intestinos fueron absorbidos.

Tenores de taninos en los ensilajes de sorgo

La selección de sorgos utilizados para la producción de ensilajes es hecha para los genotipos con bajos tenores de tanino, pues existe una correlación negativa entre los tenores de tanino y la digestibilidad de la materia seca (Zago, 1991). Según Cummins (1971), que estudió la influencia del tenor de tanino sobre la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, en híbridos de sorgo granífero con tenores altos y bajos, el proceso de ensilaje redujo el tenor de taninos. Lo mismo puede ser observado por Borges et al. (1995), que determinaron una reducción significativa de los tenores de tanino de los ensilajes de sorgo con la fermentación. Myachoti et al. (1995) afirmaron que el ensilaje es una forma de reducir los tenores de taninos en los granos de sorgo con alta humedad, proceso que puede ser utilizado para aumentar el valor nutritivo del grano de sorgo en la alimentación de aves. Sin embargo, los autores notaron que la causa de esta disminución por el almacenamiento anaeróbico no está completamente esclarecido todavía.

De acuerdo con Gourley y Lusk (1978), la presencia o ausencia de taninos, no es el factor determinante para que ocurra una variación en la digestibilidad de los nutrientes del ensilaje de sorgo. Este hecho también es sugerido por Borges (1995) y

Nogueira (1995). Estos autores observaron una disminución de los tenores de tanino con la fermentación durante el ensilaje. Ya Cummins (1971) observó que la digestibilidad del grano aumentó con el ensilaje (de 50 a 60% en sorgos de alto tanino, y de 65 a 75% en sorgo de bajo tanino), mientras que no hubo aumento en la digestibilidad de las hojas y los tallos. Según este autor, esto ocurrió debido a la reducción de tanino en estas fracciones de la planta (tallos y hojas) con el ensilaje.

Para Marinho (1984), Van Soest (1994), Nogueira (1995), y Zago (1997), existe una correlación entre los contenidos de tanino, la digestibilidad de MS y de la proteína, siendo que estas decrecen con el aumento del tenor de tanino en los granos de sorgo. Nogueira (1995), Corrêa (1996), Silva (1996), Silva (1997), Pesce (1998), Brito (1999) y Rocha Júnior (1999) encontraron valores de DIVMS entre 57,65 y 61,53%, 50,23 y 60,56%, 50,19 y 58,49%, 57,83 y 62,49%, 54,11 y 63,04%, 51,27 y 58,49% y 50,19 y 58,50%, respectivamente para híbridos de sorgo con y sin tanino.

Montgomery et al. (1986), citados por Rodrigues (1991), evaluando 12 híbridos de sorgo graníferos y forrajeros, con alto tenor de tanino, observaron reducciones significativas en el tenor de éstos entre las fases de grano lechoso, pastoso y maduración fisiológica. Sin embargo no observaron diferencia entre los estados, en los sorgos de bajo tanino en el grano. Rodrigues (1991), encontró valores máximos de tanino cuando los granos estaban en el estado lechoso. Según este autor los granos de sorgo pueden ser clasificados con o sin tanino. Cuando los niveles fuesen superiores a 0,70% el material tendrá tanino y cuando los niveles fuesen inferiores a 0,70% el material no tendrá tanino. Para esta clasificación el autor usó el método azul de Prusia y este método es utilizado para clasificar granos pero no ensilajes. De acuerdo con Kumar y Singh (1984), alimentos ricos en tanino, como granos de sorgo, deben ser ofrecidos con restricciones a los ruminantes, pues estos alimentos pueden causar diversos problemas como: baja producción de leche, reducción en la digestibilidad del azufre, alteraciones tóxico-degenerativas en el intestino, hígado, bazo y riñones, presencia de moco en la orina y constipación. Sin embargo, Hibberd et al. (1985) y Josifovich et al. (1987) concluyeron que los ruminantes adaptados a dietas ricas en fenoles, poseen microorganismos capaces de modificar o destruir integralmente estas sustancias, reduciendo considerablemente su toxicidad.

Pires (2003) determinó el consumo voluntario y los coeficientes de digestibilidad en ovinos de los ensilajes de sorgo de híbridos sin tanino (BR601) y con tanino (BR700) y de dos líneas isogénicas sin tanino (CMSXS165) y con tanino (CMSXS114). Este autor concluyó que los taninos presentes en el ensilaje de sorgo no interfieren en el consumo de materia seca y proteína bruta, pero se observa la interferencia de estos compuestos en los valores de digestibilidad aparente de la materia seca y de la proteína bruta del ensilaje de sorgo (Tabla 2).

Tabla 2. Consumo de materia seca (CMS), proteína bruta (CPB), coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS) y de la proteína bruta (DAPB) de dos genotipos

Genótipos	CMS (g/UTM/día)	DAMS (%)	CPB (g/UTM/día)	DAPB (%)
CMSXS165	50,85a	72,67a	4,66a	69,53a
CMSXS114	51,24a	64,94b	4,41a	58,24c
BR601	33,54b	67,06b	2,19b	63,03b
BR700	28,16b	49,79c	1,97b	38,61d

Adaptado de Pires (2003).

Oliveira et al. (2004) evaluando el desempeño de novillos Nelore alimentados con ensilaje de maíz y ensilaje de sorgo con alta y baja concentración de tanino asociado con diferentes fuentes proteicas, no observaron efecto de los tenores de proteína y tampoco diferencia en la ganancia de peso diaria y en la conversión alimenticia entre las dietas. Si embargo, el consumo de materia seca fue mayor para las dietas con ensilaje de sorgo independientemente de la concentración de tanino.

Gaspari et al. (1996), evaluando el engorde de bovinos de corte alimentados con ensilaje de maíz y de sorgo con y sin tanino, encontraron mejores resultados con los animales alimentados con ensilaje de maíz, mas al comparar ensilajes de sorgo (con y sin tanino), el desempeño de los animales fue semejante, indicando que el efecto de los taninos en el desempeño animal, puede ser reducido con el proceso de ensilaje.

ENSILAJE DE SORGO

Calidad del ensilaje

Un factor importante que determina el tipo de fermentación en el proceso de ensilaje es el tenor de materia seca de la planta. En ensilajes muy húmedos, los efluentes generados varían de 1 a 11% de la MS y contienen la mayoría de los componentes solubles del forraje, como azúcares, ácidos orgánicos, proteínas y otros compuestos nitrogenados (McDonald et al., 1991). Una ecuación propuesta por Bastimam y Altman (1985) citados por Xiccato et al. (1994) estimó que las pérdidas por efluentes son muy pequeñas cuando la MS del forraje es superior a 25% y su producción virtualmente cesa con 29% de MS. Según Paiva (1976), ensilajes de buena calidad deben tener entre 30-35% de materia seca. Ensilajes que presentan humedad muy alta tienen una serie de desventajas: primero ensilajes muy húmedos tienen un costo de producción mayor, pues el transporte por cantidad de materia seca resulta mas caro; segundo, el pH de ensilajes muy húmedos tienen que ser mas bajo para inhibir el crecimiento de *Clostridia spp.* Estas bacterias son indeseables porque producen ácido butírico y degradan la fracción proteica con la consecuente reducción del valor nutricional del ensilaje; tercero, aún cuando el nivel de carbohidratos solubles sea suficiente para promover la fermentación láctica, el consumo voluntario es disminuído, y cuarto, ensilajes muy húmedos producen efluentes que llevan a una pérdida de nutrientes de alta digestibilidad (McDonald et al., 1991).

En los sorgos el tenor de materia seca varía con la edad de corte y con la naturaleza del tallo de la planta (Carvalho et al., 1992). Según Zago (1991), híbridos de

sorgo con tallo seco, generalmente elevan el tenor de materia seca más precozmente cuando maduran. Ese autor encontró para el sorgo AG 2002, de tallo succulento, 21,1; 24,9; 30,9 y 29,3% de materia seca en los estados de granos lechosos, pastosos, harinosos y duros, respectivamente. En cambio, para el sorgo AG 2005-E de tallo seco, 29,1; 33,4; 38,7 e 48,9% de materia seca respectivamente para los mismos estados citados anteriormente. Zago (1991) observó que el punto de máxima acumulación de materia seca en tres variedades de sorgo ocurrió 28 días luego de la floración. Según Carvalho et al. (1992), si se toma en cuenta solamente el tenor de MS de la planta, los estados de grano harinoso y duro son los más indicados para la producción de ensilajes. Cuando el sorgo forrajero ya completó su ciclo de crecimiento, con los granos en el estado harinoso y la materia seca (MS) en torno de 27 a 30%, presenta mayores rendimientos por área cultivada y mayores coeficientes de digestibilidad "in vitro" de la MS (Zago, 1991).

Estudiando ensilajes de sorgo variando de 23 a 29% de MS, Leme et al. (1991) no encontraron diferencias significativas para ganancia de peso, consumo de materia seca y conversión alimenticia en bovinos. Según Ward et al. (1966), hay una correlación negativa entre humedad y consumo de -0,93 a -0,95, indicando que la MS o algún factor íntimamente relacionado a ella es una de las causas que más influye en el consumo.

Para que un ensilaje sea considerado de buena calidad es necesario que preserve al máximo posible las características nutricionales del material original. Esto ocurre cuando se logran reducciones en la respiración del tejido de la planta, en la actividad proteolítica y en el desarrollo de clostridios (Borges, 1995), lo que se obtiene con el rápido descenso del pH luego del ensilaje (McDonald et al., 1991). Según Paiva (1976), un ensilaje muy bueno presenta valores de pH entre 3,6 y 3,8; un ensilaje bueno entre 3,8 y 4,2; un ensilaje medio 4,2 y 4,6; y uno malo valores de pH mayores que 4,6. Según Leibensperger y Pitt (1987), en un ensilaje con alto tenor de materia seca (encima de 35%), el pH es un criterio menos útil para medir calidad, desde que la falta de agua y una alta presión osmótica pueden restringir la fermentación y la producción de ácido; por lo tanto, aún con pH alto, estos ensilajes pueden ser considerados de buena calidad. Por otro lado, el aumento de pH con alto tenor de humedad está asociado con proteólisis, producción de aminas y ácido butírico.

Juntamente con el tenor de materia seca y pH, otros parámetros como los ácidos orgánicos, el nivel de carbohidratos solubles, la relación nitrógeno amoniacal / nitrógeno total (N-NH₃/NT) son utilizados para clasificar los ensilajes en cuanto a su calidad. Respecto a los ácidos orgánicos, los ácidos acético, propiónico, isobutírico, butírico, valérico, isovalérico, succínico, fórmico y láctico son los comúnmente determinados, siendo el acético, el butírico y el láctico los más importantes.

El ácido láctico, en función de su mayor constante de disociación, posee un papel relevante en el proceso fermentativo del ensilaje, pues es el responsable del descenso de pH a valores inferiores a 4,2 (McDonald & Henderson (1962) citados por Lavezzo, 1993). Según Nogueira (1995) ensilajes con tenores de ácido láctico superiores a 5% y ácido acético y butírico inferiores a 2,5% y 0,1% respectivamente pueden ser considerados de muy buena calidad. Por otro lado la presencia de ácido acético en cantidades grandes está relacionado a la acción prolongada de coliformes y de las bacterias heterofermentativas, con perjuicio para el balance energético entre el forraje verde y ensilado (Moisio y Heikonen, 1994).

Según McDonald et al. (1991), las bacterias lácticas pueden ser homofermentativas o heterofermentativas. Las primeras convierten glucosa y fructosa en ácido láctico y son predominantes en el inicio del proceso fermentativo de ensilajes bien conservados. Debido a que las bacterias heterofermentativas producen además de ácido láctico, ácido acético, etanol y dióxido de carbono, no son por ello tan eficientes como las homofermentativas para promover la reducción del pH.

Considerando el contenido de carbohidratos solubles, en condiciones experimentales, Petterson e Lindgren (1990) demostraron que serán necesarios 2,5% en la materia natural de la planta de sorgo para promover una reducción del pH a valores inferiores a 4,2 y mantener los niveles de nitrógeno amoniacal debajo del 8% del nitrógeno total. Borges (1995), Nogueira (1995), Bernardino (1996) e Rocha Júnior (1999) encontraron valores superiores a 3,5% de carbohidratos solubles totales en híbridos de sorgo a ensilar, llegando estos valores a superar el 10 % en algunos híbridos.

En cuanto a la relación N-NH₃/NT, el tenor de N-NH₃/NT junto con el valor de pH, son indicativos del proceso fermentativo. Normalmente la cantidad de amoníaco es utilizada como indicador de la actividad clostridial proteolítica. Y muchos trabajos concuerdan con la utilización de este parámetro para indicar el grado de proteólisis en el ensilaje. Sin embargo esto puede acarrear errores, pues el tenor de amoníaco es apenas un indicador de la degradación de aminoácidos. Puede ocurrir una intensa proteólisis sin un aumento significativo en el contenido de amoníaco (McDonald et al., 1991). Estos hechos son importantes, pues los altos niveles de proteólisis en los ensilajes pueden estar relacionados a bajos consumos voluntarios y a una menor eficiencia de síntesis de proteína microbiana (Van Soest, 1994).

La concentración de N-amoniacal en forrajes usualmente es menor a 1% (Oshima & McDonald, 1978). Sin embargo, la degradación proteica por enzimas de las plantas y la acción de las bacterias lácticas, entéricas y de clostridios alteran la composición de la fracción nitrogenada del ensilaje (Nogueira, 1995). Según McDonald et al. (1991), el nitrógeno amoniacal del ensilaje es significativamente disminuido cuando se ensilan materiales con valores altos de MS y carbohidratos solubles en agua. Según el AFRC (1987), un ensilaje puede ser considerado muy bueno cuando la relación N-NH₃/NT fuese menor al 10%, buena entre 10 y 15%, media entre 15 y 20% y mala cuando fuese mayor al 20%.

En la tabla 3 se presentan algunos valores de pH, nitrógeno amoniacal, y ácidos grasos volátiles en el ensilaje de sorgo observados en la literatura. De manera general el ensilaje de sorgo se caracteriza como un ensilaje de buena calidad con pH debajo de 4,2, nitrógeno amoniacal debajo de 10 % de N-total, ácido láctico encima de 5,0%, ácido acético debajo de 2,0 % y ácido butírico debajo de 0,2%.

Tabla 3. Valores de pH, nitrógeno amoniacal (N-NH₃), ácido láctico, ácido acético y ácido butírico de ensilaje de sorgo.

pH	N-NH ₃ (% N/N-total)	Acido Láctico (%)	Acido Acético (%)	Acido Butírico (%)	Fonte
3,6-3,86	5,46 -6,7	6,30-15,42	0,75-1,95	0,167-0,003	Araújo et al. (2002); Fontanelli et al.(2002); Aydin et al. (1999)
3,90	5,46	7,18	1,30	0,10	Valadares Filho et al. (2001)

Araújo et al. (2002) evaluaron la influencia del estado de maduración (grano lechoso, lechoso/pastoso, pastoso, harinoso y duro) en la producción de ácidos grasos volátiles y consumo de carbohidratos solubles en el proceso de fermentación del ensilaje de sorgo de tres híbridos de doble propósito (BR 700, BR 701 y Massa 03). Estos autores concluyeron que todos los ensilajes presentaron concentraciones de carbohidratos solubles suficientes para producir ensilajes de buena calidad considerándose a las concentraciones de ácidos grasos volátiles como indicadores de la fermentación.

Valor nutritivo

Se observa una gran variabilidad en la composición de nutrientes en los diferentes híbridos de sorgo. Estas variaciones se deben principalmente a diferentes proporciones entre tallo, hojas y panoja. En híbridos de sorgo de porte medio o baja, normalmente los tenores de proteína bruta han sido superiores a los de porte alto en función de una mayor participación de las hojas, panojas y granos en la masa ensilada (Zago, 1991). En la tabla 4 se presenta la composición química-bromatológica del ensilaje de sorgo observada en la literatura, tomando el valor de la composición del ensilaje de maíz como referencia.

Tabla 4. Tenores de materia seca, proteína bruta, fibra en detergente ácido, fibra en detergente neutro, lignina y digestibilidad in vitro de la materia seca del ensilaje de sorgo y maíz.

	MS	PB	FDN	FDA	LIG	DIVMS	Fonte
Silagem de sorgo	30,6	6,8	51,7	34,7	9,5	-	Aydin et al. (1999).
	38,47	6,63	52,54	28,44	-	53,59	Restle et al. (2002).
	20,6	9,1	70,3	45,1	4,9	-	Fontanelli et al (2002)
	29,57	7,54	57,85	31,79	4,77	56,61	Valadares Filho et al. (2001).
	29,81	7,51	58,09	35,00	6,22	55,1	Média
Silagem de milho	30,89	7,20	55,46	30,59	4,89	56,71	Valadares Filho et al (2001)

Consumo, digestibilidad y producción animal.

El consumo voluntario es por definición la cantidad diaria total de alimento ingerido por un animal cuando este es ofrecido *ad libitum*. Es influenciado por factores físicos y fisiológicos. El primero puede ser correlacionado al hinchamiento ruminal, o sea, (la distensión del rumen, retículo y abomaso), la calidad del alimento, la abertura del orificio retículo-omasal, a los efectos de la masticación que estimula la salivación y a la motilidad ruminal. En el segundo caso (factores fisiológicos) el aumento de la concentración, en el rumen y en la sangre, de productos del metabolismo tales como acetato, propionato y butirato, estimula a los receptores quimiostáticos y estos, a su vez, al centro de la saciedad que está localizado en el hipotálamo ventro-medial (Thiago & Gill, 1990; Van Soest, 1994).

A pesar que los mecanismos de control de la ingestión de forrajes frescos y ensilados son semejantes, normalmente el consumo de ensilaje es menor. Según Van Soest (1994), los jugos de los ensilajes contienen amoníaco y aminos que pueden reducir el consumo. La ocurrencia de estos factores está relacionada principalmente a un patrón de fermentación inadecuado conduciendo a pérdidas de los carbohidratos fermentables y proteínas que originan amoníaco y aminos en estas condiciones. La ingestión de materia seca (MS) por corderos consumiendo gramíneas frescas varía normalmente entre 40 y 100 gramos de MS por unidad de tamaño metabólico (g MS UTM) y para ensilajes de 20 a 75 g MS UTM (McDonald et al., 1991).

La digestión de alimentos (voluminosos o concentrados) puede ser definida como la degradación de macromoléculas a compuestos simples. En la digestión de estos alimentos participan fenómenos de naturaleza química y física. Los procesos físicos comprenden la motilidad del tracto gastrointestinal, mezcla del contenido, masticación, deglución y rumiación. Los factores químicos incluyen las secreciones enzimáticas y glandulares del animal y la actividad de las enzimas bacterianas. Según Van Soest (1994), el valor nutritivo de un voluminoso es determinado en función de su contribución energética para atender las necesidades diarias de energía del animal y la cantidad consumida espontáneamente. Este autor sugirió que 70% del valor nutritivo de un forraje está relacionado a su consumo y 30% a su digestibilidad.

Martins (2000), evaluando el consumo y la digestibilidad aparente de los ensilajes de cuatro genotipos de sorgo con ovinos, no encontró diferencia estadística en el consumo de materia seca que varió de 68,55 a 54,92 gramos por unidad de tamaño metabólico por día (g/UTM/día). En relación al consumo de proteína bruta (PB) y proteína digestible (PD) los valores variaron entre 5,53 y 3,95 g/UTM/día y 2,16 y 1,11g/UTM/día, respectivamente. Para los consumos de energía bruta (EB), energía digestible (ED) y energía metabolizable (EM) los valores medios fueron, 257,96; 195,76 e 142,15 Kcal/UTM/día, respectivamente y 36,45; 29,08; 23,94; 9,85 y 5,43 g/UTM/día, respectivamente para el consumo de fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), celulosa, hemicelulosa y lignina.

Valvasori et al. (1998b) compararon la producción de leche de vacas holandesas alimentadas con ensilaje de sorgo granífero o ensilaje de caña de azúcar suplementadas con 3 kg de concentrado. Estos autores observaron producciones de leche de 12,93 kg de leche/vaca/día con 3,64% de grasa para las vacas alimentadas con ensilaje de sorgo, y 11,78 kg de leche/vaca/día con 3,58% de grasa para las vacas alimentadas con ensilaje de caña de azúcar.

Características morfológicas de los tejidos vegetales en diferentes partes de la planta pueden interferir en la digestibilidad. En relación a cultivos como el de sorgo que posee tallo, hojas y panoja, Cummins (1971) comenta que la digestibilidad de las panojas es siempre mayor que la de las hojas y el tallo, normalmente la parte de menor digestibilidad. Evaluando la calidad de los ensilajes de sorgo Corrêa (1996), Silva (1997) y Brito (1999) obtuvieron un aumento de la DIVMS de los ensilajes a medida que se aumentaba la participación de las panojas. Sin embargo, Silva (1996) y Rocha Júnior (1999) no encontraron un aumento en la DIVMS con una mayor participación de las panojas en la masa ensilada.

Restle et al. (2002) evaluaron el consumo de materia seca y el desempeño de novillitos alimentados con ensilaje de sorgo de doble propósito cosechado a dos alturas (14 y 45 cm) y concentrado. Esta variación en la altura de corte resultó en diferentes proporciones de tallo, hojas y panoja de las plantas de sorgo. No fue observado por estos autores diferencia en el consumo de materia seca y de energía digestiva, en tanto la altura de corte de 45 cm presentó mejor conversión alimenticia que el corte a 14 cm. Valvasori et al. (1998a) evaluaron el desempeño de terneros holando alimentados con ensilaje de sorgo granífero y ensilaje de caña de azúcar suplementado con harina de algodón. El ensilaje de sorgo presentó valores mayores de ganancia de peso diaria con menor conversión alimenticia y menor consumo de harina de algodón (Tab. 5).

Tabla 5. Consumo de materia seca total, de materia seca referente a la harina de algodón, ganancia de peso y conversión alimenticia de novillitos alimentados con ensilaje de sorgo.

	Silagem de sorgo	Silagem de cana-de-açúcar
Consumo de MS total (Kg/día)	4,638	4,670
Consumo de MS Farelo de Algodão (kg/día)	1,532 ^a	2,025b
Ganho de peso (kg/día)	0,601a	0,378b
Conversão alimentar (kg/kg)	7,72a	12,35b

Adaptado de Valvasori et al. (1998a).

ENSILAJE DE SORGO X ENSILAJE DE MAÍZ

De modo general el ensilaje de sorgo presenta un 85-95% del valor nutritivo del ensilaje de maíz, existiendo no obstante referencias mas amplias (72 a 92%) (Seiffert y Prates, 1978; Valente et al., 1984b).

Lusk et al. (1984) evaluando ensilajes de maíz y sorgo no observaron diferencias en la producción de leche (24,4 x 24,7 l/día) y encontraron valores de digestibilidad aparente de la materia seca variando de 59,8 a 61,4% y de 58,3 a 58,8%, para maíz y sorgo respectivamente. Sin embargo Lusk et al. (1984) y Gomide et al. (1987) encontraron ingestiones de materia seca mayores para ensilajes de sorgo que para ensilajes de maíz (1,83 x 2,64% del peso vivo (PV) y 1,68 y 2,00% PV, respectivamente para maíz e sorgo). Bezerra et al. (1993) analizando el valor nutricional de ensilajes de maíz, maíz consociado con sorgo y rebrotes de sorgo, encontraron mayores valores de consumo de materia seca (66,7 g/UTM), proteína bruta (7,7 g/UTM), proteína digestible

(4,8 g/UTM) y energía bruta (325,4 Kcal/UTM) para los ensilajes de rebrote de sorgo a los 98 días.

Nichols et al. (1998) compararon el efecto del ensilaje de sorgo y ensilaje de maíz en la dieta de vacas holandesas de alta producción. No fue observado por estos autores diferencia en el consumo de materia seca, en la producción y composición de la leche referente al suministro de los respectivos ensilajes.

Tabla 6. Consumo de materia seca, producción y composición de la leche de vacas de alta producción.

	Silagem de milho	Silagem de sorgo
Consumo de MS (kg/día)	25,53	25,86
Produção de leite (kg/día)	36,56	36,86
Gordura (%)	3,16	3,23
Proteína (%)	3,07	3,10
Lactose (%)	5,06	4,75

Adaptado de Nichols et al. (1998).

Aydin et al. (1999) evaluaron el desempeño de vacas holandesas de alta producción alimentadas con diferentes voluminosos (ensilaje de sorgo, ensilaje de sorgo BMR, ensilaje de alfafa y ensilaje de maíz) en una dieta con relación voluminoso: concentrado 65:35. En este trabajo la dieta con ensilaje de sorgo presentó los menores valores para consumo de materia seca (3,5% del peso vivo) y producción de leche corregida para 4% de grasa (20,7 kg/día). El ensilaje de sorgo presentó 84,9 % del consumo de materia seca y 71,4 % de la producción de leche en relación al ensilaje de maíz.

CONSIDERACIONES FINALES

El cultivo de sorgo puede ser utilizado para la confección de ensilaje en sustitución al maíz en regiones con menor índice pluviométrico. Asimismo, la posibilidad de cosecha del rebrote del sorgo favorece a éste respecto a la producción de materia seca por hectarea.

Se debe prestar atención especial al momento de cosecha del cultivo, una vez que este puede tener gran influencia sobre el valor nutritivo del ensilaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFRC technical committee on responses to nutrients report number 2, characterisation of feedstuffs: nitrogen. *Nutrition Abstracts and Reviews (series B)*, v. 57, n. 12, p. 713-736, 1987.
- ANTUNES, F. Z. Tecnologia para cultura do sorgo. Exigências climáticas da cultura de sorgo. *Infor. Agrop.*, Belo Horizonte, v. 5, n. 56, p. 6-12, 1979.
- ARAUJO, V.L.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Teores de carboidratos solúveis e ácidos orgânicos de silagens de três genótipos de sorgo colhidos em cinco diferentes momentos de colheita. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002. Recife, PE. *Anais...* Recife, PE. Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002.(CD-ROM).
- AYDIN, G.; GRANT, R.J.; O'REAR, J. Brown Midrib Sorghum in diets for lactating dairy cows. *J.Dairy Sci.*, v.82, n.10, p.2127-2135, 1999.
- BASTIMAN, B.; ALTMAN, J.F.B. Losses at various stages in silagemaking. *Res. Dev. Agric.*, v.2. p.19-25, 1985.
- BERNARDINO, M.L.A. *Avaliação nutricional de silagens de híbridos de sorgo Sorghum bicolor (L.) Moench) de porte médio com diferentes teores de tanino e suculência no colmo.* 1996, 44f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- BEZERRA, E.S.; VON TIESENHAUSEN, I.M.E.V.; OLIVEIRA, A.I.G. et al. Valor nutricional das silagens de milho, milho consorciado com sorgo e rebrotas de sorgo. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, v.22, n.6, p1044-1054, 1993.
- BORGES, A.L.C.C. *Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação.* 1995, 52f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- CARVALHO, D.D.; ANDRADE, J.B.; BIONDI, P., et al. Estádio de maturação na produção e qualidade de sorgo. I. Produção de matéria seca e de proteína bruta. *Bol. Ind. Anim.*, v.49, n.2, p.91-99, 1992.
- CORRÊA, C.E.S. *Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo (Sorghum bicolor L.) em diferentes estádios de maturação.* 1996, 62f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- CUMMINS, D.G. Relationships between tannin content and forage digestibility in sorghum. *Agron. J.*, v.63, n.3, p.500-502, 1971.
- CUMMINS, D.G.; DOBSON JR., J.W. Digestibility of bloom and bloomless sorghum leaves as determined by a modified *in vitro* technique. *Agron. J.*, v.64, n.5, p.682-683, 1972.
- ENSAIO NACIONAL DE SORGO. Resultados do ano agrícola 1986/87. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA/CNPMS, 1987.
- ENSAIO NACIONAL DE SORGO. Resultados do ano agrícola 1987/88. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA/CNPMS, 1988.
- FAIRBAIRN, R.; ALLI, I.; PHILLIP, L.P. Proteolysis and aminoaciddegradetion during ensilage of untreated of formic acid-treted lucerne and maize. *Grass and Forage Science*, v.47, n.4, p.382-390, 1992.

- FONTANELLI, R.S.; PRATES, E.R.; RAMOS, P. et al. Suplementação da silagem de sorgo com diferentes fontes de proteína para bovinos de corte. *Rev. Bras. Zoot.*, v.31, n.1, p. 183-191, 2002.
- FONTES, L.A.N.; MOURA FILHO, W. Calagem e adubação. *Inf. Agrop.*, Belo Horizonte, v.5, n.56, p.17-19, 1979.
- GASPARI, F.; VECCHIETTINI, M.; CINTI, F. Silomais e silosorgho com e senza tannini nell'ingrasso del vitellone. *Zoot. Nutr. Animal*, v.22, p.355-366, 1996.
- GOMIDE, J.A.; ZAGO, C.P.; CRUZ, M.E. et al. Milho e sorgo em cultivos ou consorciados com soja, para produção de silagens. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, v.16, n.4, p.308-317, 1987.
- GOURLEY, L.M.; LUSK, J.W. Genetic Parameters relatec to sorghum silage quality. *J. Dairy Sci.*, v.61, n.12, p.1821-1827, 1978.
- HIBBERD, C.A.; WAGNER, D.G.; HINTZ, R.L. et al. Effect of sorghum grain variety and reconstitution on site and extent of starch and protein digestion in steers. *J. Animal Sci.*, v.61,n.3, p.702-712, 1985.
- JANSMAN, A.J.M. Tannins in feedstufs for simple stomached animals. *Nutrition Research Reviews*, v.6, p.209-236, 1993.
- JOSIFOVICH, J.; MADDALONI, J.; ECHEVERRIA, I. Sorgo con tanino y maiz en la producion de carne bovina. *Rev. Arg. Prod. Animal.*, v.7,n.3,p.237-243, 1987.
- KUMAR, R.; SINGH, M. Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. *J. Agric. Food Chem.* v.32, n.3, p.447-453, 1984.
- LAVEZZO, W. Ensilagem do capim elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 10, 1993, Piracicaba. *Anais...Piracicaba: FEALQ*, 1993. P.169-275.
- LEIBENSPERGER, R. Y. ; PITT, R.E. A model of clostridial dominancein ensilage. *Grass and Forage Science*, v.42, n.23, p.297 – 317, 1987.
- LEME, P.R.; DERMARCH, J.J.A.A.; BRAUN, G. et al. Silagem de sorgo (BR 501) em três estágios de maturação para bovinos em confinamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28, 1991. João Pessoa, PB,. *Anais... João Pessoa, PB. Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 1991.p.271.
- LUSK, J.W.; KARAU, P.K.; BALOGU, D.O. et al. Brown mibrid sorghum or corn silage for milk production. *J. Dairy Sci.*, v.67, n.8, p1739-1744, 1984.
- MARINHO, A.A.M. Influência dos taninos no comportamento dos microrgansimos e suas implicações nas transformações microbianas no trato gastrointestinal dos ruminantes. *Rev. Port. Ciên. Vet.*, v.79,n.469,p.5-21, 1984.
- MARTINS, R.G.R. *Consumo e digestibilidade aparente das silagens de quatro genótipos de sorgo) Sorghum bicolor (L.) Moench) em ovinos.* 2000, 23f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. *The biochemistry of silage.* 2 ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R. Buffering capacity of herbage samples as a factor in ensiling. *J. Sci. Food Agric.*, London, v.13, n. 7, p. 397-400, 1962.
- MOISIO, T.; HEIKONEN, M. Lacticacid fermentation in silage preserved with formic acid. *Anim.Feed Sci. Techn.*, v.47, n.1, p.107-124, 1994.
- MONTGOMERY, C.R., et al. Tannin concentration and quality changes in sorghum as affected by maturity and sorghum type. *Crop Science*, v. 16, p.372-375, 1986.

- MYACHOTI, C.M.; ATKINSON, J.L.; LESSON, S. Sorghum tannins: a review. *World's Poultry Science*, v.53, p.5-21, 1995.
- NICHOLS, S.W.; FROETSCHER, M.A.; AMOS, H.E. et al. Effects of fiber from tropical corn and forage sorghum silages on intake, digestion, and performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.81, n.9, p.2383-2393, 1998.
- NOGUEIRA, F.A.S. *Qualidade das silagens de híbridos de sorgo de porte baixo com e sem teores de taninos e de colmo seco e succulento, e seus padrões de fermentação em condições de laboratório*. 1995, 34f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- NÚSSIO, L.G. Produção de silagem de sorgo. IN: MANEJO CULTURAL DO SORGO PARA FORRAGEM. *Circular Técnica, EMBRAPA/CNPMS*, n.17, P.53-55, 1992.
- OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T.; PEDREIRA, M.S. et al. Fornecimento de silagem de sorgo de alta e baixa concentração de taninos e reflexos sobre a digestibilidade em bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004. Campo Grande, MS. *Anais...* Campo Grande, MS. Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004.(CD-ROM).
- OSHIMA, V.; McDONALD, P. A review of changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. *J. Sci. Food. Agri.*, v.29, n.6, p.497-505, 1978.
- PAIVA, J.A.J. *Qualidade de silagem da região metalúrgica de Minas Gerais*. 1976, 43f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- PEREIRA, O.G.; OBEID, J. A.; GOMIDE, J.A. et al. Produtividade de uma Variedade de Milho (*Zea mays* L.) e de Três Variedades de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e o Valor Nutritivo de suas Silagens. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, v.22, n.1, p.31-38, 1993.
- PEREZ-MALDONADO, R.A.; NORTON, B.W. Digestion of ¹⁴C-labelled condensed tannins from *Desmodium intortum* in sheep and goats. *Brit. J. Nut.*, v.76, p.501-513, 1996.
- PESCE, D.M.C. *Avaliação de vinte genótipos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) de portes médio e alto pertencentes ao Ensaio Nacional*. 1998, 44f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- PETTERSON, K.L.; LINDGREN, S. The influence of the carbohydrate fraction and additives on the silage quality. *Grass Forage Science*, v.45, n.2 p.223-233, 1990.
- RABELO, E. *Degradabilidade in situ de silagens de híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) de porte médio com diferentes teores de tanino e succulência no colmo*. 1997, 49f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDADI, I.L. et al. Manipulação do corte do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para confecção de silagem, visando a produção do novilho superprecoce. *Rev. Bras. de Zoot.*, v.31, n.3, p.1481-1490, 2002.
- ROCHA JÚNIOR, V. R. *Qualidade das silagens de sete genótipos (Sorghum bicolor (L.) Moench) e seus padrões de fermentação*. 1999, 66f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- RODRIGUES, W.A. *Variabilidade para teor de tanino em sorgo (Sorghum bicolor L.), seu controle genético e associação com a resistência à pássaros*. 1991, 36f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Lavras: ESAL.
- SEIFFERT, N.F.; PRATES, E.R. Forrageiras para ensilagem. II- Valor nutritivo e qualidade de silagem de cultivares de milho (*zea mays*, L.) sorgos (*Sorghum sp*) e

- milhetos (*Pennisetum americanum*, Schum). *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, v.7, n.2, p.183-195, 1978.
- SILVA, A.V. *Qualidade das silagens de treze genótipos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench)*. 1996, 49f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- SILVA, F.F. *Qualidade das silagens de híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo + folhas/panículas*. 1997, 47f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- TERRIL, T.H.; WAGHORN, G.C.; WOOLLEY, D.J. et al. Assay end digestion of ¹⁴C-labelled condensad tannins in the gastrointestinal tract of sheep. *Brit. J. Nut.*, v.72, p.467-477, 1994.
- THIAGO, L.R.L.S.; GILL, M. Consumo voluntário: Fatores relacionados com a degradação e passagem da forragem pelo rúmen. *Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte*. Campo Grande, MS, 1990.
- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JUNIOR, V.R.; CAPPELLE, E.R. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. Viçosa, Minas Gerais: DZO-UFV, 2001. 297p.
- VALENTE, J.O. Introdução. In: MANEJO CULTURAL DO SORGO PARA FORRAGEM. *Circular Técnica, EMBRAPA/CNPMS*, n.17, p.5-7, 1992.
- VALENTE, J.O., SILVA, J.F.C., GOMIDE, J.A. Estudo de duas variedades de milho (*Zea mays L.*) e de quatro variedades de sorgo para silagem. 2. Valor nutritivo e produtividade das silagens. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.13, n.1, p.67-73, 1984.
- VALVASORI, E., LUCCI, C.S., PIRES, F.L. et al. Desempenho de bezerros recebendo silagens de sorgo ou de cana-de-açúcar como únicos alimentos volumosos. *Braz. J. Vet. Res. Animal Sci.*, v.35, n.5, p. 229-232, 1998a.
- VALVASORI, E., LUCCI, C.S., PIRES, F.L. et al. Silagem de cana-de-açúcar em substituição a silagem de sorgo granífero para vacas leiteiras. *Braz. J. Vet. Res. Animal Sci.*, v.35, n.3, p. 139- 142, 1998b.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2 ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VEIGA, A.C. Aspectos econômicos da cultura do sorgo. *Infor. Agrop.*, n.114, p.3-5, 1986.
- VIANA, A.C.; RIBAS, P.M.; MIRANDA, J.E.C. Manejo cultural do sorgo forrageiro. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S. et al. *Produção e utilização de silagem de milho e sorgo*. Embrapa Milho e Sorgo Sete Lagoas, MG, 2001, p.263-287.
- VILELLA, O. Sistema de consorciação de forragem. *Coronel Pacheco, EMBRAPA/CNPGL*, 1985. 15p. (Boletim Pesquisa, 11).
- XICCATO, G.; CINETTO, M.; CARAZZOLO, A., et al. The effect of silo type and dry matter content on the maize silage fermentation process and ensiling loss. *Anim. Feed. Sci. Techn.*, n.49, p311- 323, 1994.
- WARD, G.W.; BOREN, F.W.; SMITH, E.F. Relation between dry matter content and dry matter consumption of sorghum silages. *Journal Dairy Science*, v.49, n.1, p.399, 1966.

Jornada sobre Producción y Utilización de Ensilajes- Octubre de 2007

- ZAGO, C.P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: 4º Simpósio sobre nutrição de bovinos. 4, 1991. Piracicaba, SP,. *Anais...* Piracicaba, SP. ESALQ, 1991.p.169- 217.
- ZAGO, C.P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. In: MANEJO CULTURAL DO SORGO PARA FORRAGEM. *Circular Técnica, Embrapa/CNPMS*, n.17, p.9-26, 1997.