

Capítulo 9

Melhoramento genético de sorgo forrageiro

*José Avelino Santos Rodrigues
Bruno Henrique Mingote Julio
Cícero Beserra de Menezes*



Fotos: José A. S. Rodrigues

Introdução

O sorgo se destaca como planta forrageira por sua ampla adaptação, podendo ser cultivado em todo o território nacional, e por sua alta produtividade de massa seca aliada à alta qualidade nutricional da forragem. Por essas características, o sorgo vem ganhando, cada vez mais, espaço na utilização para silagem em razão da sua grande adaptabilidade quando comparada a outras culturas, em especial a do milho, que é a principal cultura utilizada para produção de silagem no Brasil.

Outro ponto a se destacar no sorgo é o melhoramento realizado pelas empresas que se dedicam a ele. Antigamente quando se buscava um híbrido para silagem se analisava o material que possuía maior produção de massa seca ou simplesmente o que possuía maior produção de massa verde. Hoje,

com o avanço da tecnologia de avaliação e maior conhecimento da parte nutricional, é sabido que nem sempre o híbrido com maior produção de massa seca é o material que terá maior rendimento animal em carne e leite.

A prática de conservação de forragens sob a forma de silagem é uma das mais difundidas e crescentes no Brasil. À medida que a exploração pecuária se torna mais tecnificada, a procura de melhores índices zootécnicos e de rentabilidade econômica têm induzido os produtores de leite e de corte a adotarem sistematicamente essa prática.

Estima-se que o sorgo forrageiro ocupa aproximadamente 400 mil hectares de área plantada para ensilagem no Brasil, mas tem crescido muito nos últimos anos, assim como o número de híbridos e variedades adaptados para produção de silagem de qualidade, comercializados no mercado nacional. Estima-se ainda que o plantio de milho para silagem ocupa 1,2 a 1,4 milhão de hectares e que 80.000 a 100.000 hectares sejam ocupados por outras culturas (cana, capim-napier, palhada de trigo, etc.). O sorgo é uma cultura que produz silagens com boas características fermentativas, variando em torno de 90% a 95% do valor nutritivo do milho quando fornecido como único volumoso, ou 85% a 90% quando ingrediente de uma dieta (Neumann et al., 2002; Gonçalves et al., 2005; Amin; Mello et al., 2009).

Trajetória do Sorgo Forrageiro no Brasil

A planta de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), moderna, é um produto da intervenção do homem, e este vem transformando-a para vários objetivos. Sorgo é uma extraordinária fábrica de proteína, energia e de massa, e é muito utilizado em regiões onde não se obtêm boas produtividades de grãos ou de forragem cultivando-se outras espécies, como o milho.

A origem do sorgo está provavelmente na África, embora algumas evidências indiquem que possa ter havido duas regiões de dispersão independentes, continente africano e Índia. A domesticação do sorgo deve ter acontecido por volta de 3.000 a. C., ao mesmo tempo em que a prática de domesticação e cultivo de outros cereais era introduzida no Egito antigo a partir da Etiópia (Doggett, 1988).

Quando e como o sorgo se dispersou para fora da África é muito estudado. O Sorgo Durra, nome de um dos tipos raciais da espécie, é encontrado extensivamente desde a Etiópia, passando pelo Vale do Nilo até o Oriente próximo, atingindo a Índia e a Tailândia. Os Durras provavelmente foram introduzidos no mundo árabe por volta de 1000 a 800 a. C. O sorgo

chegou à Europa através da Itália, provavelmente com sementes trazidas da Índia por volta de 60 a 70 anos d. C. Partindo também da Índia, o sorgo chegou à China no século III d. C. Os mesmos sorgos do tipo Durra já eram observados, nesta época, na Coreia e nas Províncias Chinesas próximas, provavelmente introduzidos através das chamadas “rotas da seda” que partiam da Ásia Menor em direção ao extremo Oriente (Deu; Hamon, 1994).

A partir de 1874, numerosos materiais genéticos foram introduzidos nos Estados Unidos pelo Departamento de Agricultura e outras instituições, provenientes de diversas partes do globo. Os Durras chegaram do Egito, os Shallu, da Índia, os Kafirs, da África do Sul, e os Milo, os Feterita e os Hegari, do Sudão. Já na primeira década do século XX, o sorgo foi extensivamente cultivado nos Estados Unidos da América para produção de xarope ou melaço (França et al., 2017). As cultivares eram de porte muito alto e tardias, com alguma semelhança fenotípica com os atuais sorgos forrageiros para silagem. O porte avantajado dessas cultivares não permitia sua utilização como plantas graníferas porque a colheita, mesmo que fosse por processo manual, era muito difícil.

A partir da década de 40, com o surgimento dos “combine types” ou sorgos graníferos, a cultura tomou um significativo incremento em várias regiões do Oeste dos Estados Unidos. Os maiores progressos, por causa do trabalho de um grupo de pesquisadores liderados por J.R. Quinby e J.C. Stephens, viabilizaram os híbridos a partir de 1960. O sorgo híbrido tornou-se um sucesso nos Estados Unidos, e a nova tecnologia rompeu suas fronteiras, tornando-se rapidamente uma cultura muito popular em vários países (Quinby, 1974).

O sorgo deve ter chegado ao Brasil da mesma forma como chegou às Américas do Norte e Central: através dos africanos escravizados. Nomes como “Milho d’Angola” ou “Milho da Guiné”, encontrados na literatura e no vocabulário da população do semiárido brasileiro até hoje, indicam que possivelmente as primeiras sementes de sorgo trazidas ao Brasil entraram pelo Nordeste.

A partir da segunda década do século XX até fins dos anos 60, a cultura foi reintroduzida de forma ordenada no País por institutos de pesquisa públicos e universidades. Deste período vamos encontrar registros de pesquisas com sorgo no Instituto Agrônomo de Campinas, no Instituto Agrônomo de Pernambuco, no Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Rio Grande do Sul e em algumas Escolas de Agronomia, como a Esalq de

Piracicaba, Escola Superior de Agricultura de Lavras, Escola Superior de Agronomia de Viçosa, Escola de Agronomia de Pernambuco, Universidade Federal do Ceará, principalmente (Lira; Faris, 1979).

Coleções foram introduzidas da África e dos Estados Unidos e deram origem a cultivares forrageiras comerciais cujos nomes até hoje são lembrados pelos produtores, como as variedades Lavrense, Atlas, Sart e Santa Elisa, sendo esta última ainda hoje, recomendada pelo IAC.

No estado de São Paulo, a cultura do sorgo para alimentação animal recebeu grande impulso a partir da década de 1940, no Instituto Agrônomo de Campinas, com a execução do “Plano de Fazendas Piloto para melhoria da produção leiteira”, pelo Departamento de Produção Animal da Secretaria da Agricultura, quando lançou e foram distribuídas gratuitamente sementes da variedade Santa Elisa, cultivar de ciclo longo (160 a 170 dias), grande produtividade, colmo suculento e baixa produção de grãos. É provável que exista maior semelhança desta variedade com as diferentes cultivares de capim-elefante do que com o próprio milho, além da presença da durrina verificada nos estádios iniciais de crescimento. Essa substância encontra no rúmem condições favoráveis para se transformar em (HCN – ácido cianídrico). Portanto, se o sorgo for fornecido de forma inadequada, pode provocar reações negativas no animal, podendo chegar até à intoxicação. Sendo assim, essa cultura ainda se mantém à margem dos sistemas produtivos em termos de difusão e popularidade entre os pecuaristas.

As pesquisas com sorgo no Nordeste começaram em 1957, comparando-o com milho em quatro locais em Pernambuco. Na Bahia, começaram em 1963; no Ceará, em 1964; em 1966, em Alagoas; e em 1968, no Rio Grande do Norte, conforme relatos de Lira e Faris (1979).

O sistema de produção e distribuição de sementes melhoradas, no entanto, só viria a se desenvolver mais tarde, no começo dos anos 70, quando foi criada a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), especificamente o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG (atual Embrapa Milho e Sorgo) e quando o setor privado entrou no agronegócio do sorgo. E foi nesse momento que os híbridos de sorgo granífero, de porte baixo, e de sorgo forrageiros, adaptados para produzir silagem de alta qualidade chegaram ao Brasil através da fronteira gaúcha com os países platinos, e as empresas disponibilizaram híbridos adaptados às condições brasileiras.

A cultura do sorgo estabeleceu-se no Brasil, inicialmente, com base

em informações provenientes de resultados obtidos de programas de pesquisa desenvolvidos externamente ao País e, posteriormente, adaptados às nossas condições. A introdução de híbridos contribuiu de maneira significativa para sua expansão, nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, porém sem perspectivas significativas de elevação do potencial de produção.

A oferta de sementes de sorgo no Brasil era incipiente antes da década de 1980. Porém, as ações de pesquisa com a cultura, principalmente para o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições do Brasil, se iniciaram em 1972, no extinto Ipeaco/DNPEA. Essas ações procuraram, também, identificar as limitações à produção, à utilização e à comercialização de grãos de sorgo, com a colaboração estreita entre os setores público e privado, especialmente a indústria de sementes.

Na década de 80 houve um redirecionamento das estratégias de pesquisa com a cultura, tendo em vista a mudança da fronteira agrícola. Essa fase contou com importantes parcerias, principalmente o INTSORMIL-USA. Em julho de 1979, foi criado o “Internacional Sorghum/Millet Program - INTSORMIL”, com a participação cooperativa em atividades de pesquisa de oito universidades americanas (University of Arizona, Florida A & M University, Kansas State University, University of Kentucky, Mississippi State University, University of Nebraska, Purdue University e Texas A & M University), Centros Internacionais de Pesquisa (CIAT, CIMMYT, ICRISAT e IRRI) e outras organizações (SAFGRAD e FAO) com os objetivos de estabelecerem-se elos entre instituições com interesses comuns na pesquisa de sorgo e milho e implementarem-se colaboração e troca de informações entre instituições de pesquisa, visando melhorar a nutrição humana através da pesquisa e desenvolvimento de tecnologias.

Em agosto de 1983, a Embrapa, através de sua presidência, estabeleceu com o INTSORMIL, um memorando de entendimento para cooperação sobre as atividades de pesquisa de mútuo interesse em sorgo e milho, ficando estabelecido que o então Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo seria o coordenador técnico para este programa e responsável pela aprovação de planos de trabalhos para o Brasil.

Houve também o envolvimento de universidades americanas e institutos internacionais, que possibilitaram grande avanço no programa nacional, juntamente com o programa de desenvolvimento de cultivares da Embrapa e empresas privadas produtoras de sementes que no Brasil se estabeleceram.

A criação do Grupo Pro-Sorgo na década de 1990 (constituído de representantes da indústria de sementes, da pesquisa agropecuária, de instituições públicas e outros, que teve como objetivo o fomento da produção de sorgo no Brasil, com maior divulgação das potencialidades da cultura), permitiu o estabelecimento de parcerias, possibilitou maior abrangência das ações e da transferência dos resultados obtidos nas diversas instituições envolvidas, com reflexos diretos no mercado brasileiro de sementes, com tendência por demanda de cultivares específicas ou direcionadas para condições agroecológicas específicas. Essa interação contribuiu significativamente para o incremento na produção de grãos e forragem e conseqüentemente na competitividade e geração de renda do agronegócio brasileiro.

As contribuições dos setores público e privado, no oferecimento de cultivares adaptadas às condições de plantio e de alto potencial de produção, possibilitaram incrementos significativos na produtividade média nacional, com reflexos no aumento da oferta de alimento (grãos e forragem), na competitividade e na geração de renda. A interação pesquisa e empresas privadas tem contribuído significativamente para o incremento da produção de grãos e forragem e conseqüentemente na competitividade e geração de renda do setor, sendo um exemplo de sucesso de parceria público x privada.

A área cultivada com sorgo deu um salto extraordinário a partir do início dos anos 90. Atualmente, o Centro-Oeste é a principal região de cultivo de sorgo granífero, enquanto Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo e Goiás são os estados que lideram a área de sorgos forrageiros para produção de silagem.

Apenas como ênfase, o sorgo granífero é cultivado basicamente sob três sistemas de produção no Brasil: no Rio Grande do Sul planta-se sorgo na primavera e colhe-se no outono. No Brasil central a semeadura é feita em sucessão às culturas de verão, principalmente a soja. E no Nordeste, é plantado na estação das chuvas ou de “inverno”.

No segmento de sorgo forrageiro o sistema é de cultivo exclusivo de verão- outono, e a maior área plantada ainda é para confecção de silagem. O sorgo de pastejo tem o seu principal mercado no Sul do País, principalmente no estado do Rio Grande do Sul. Nos últimos anos cresceu significativamente a área de sorgos para pastejo e/ou corte verde no Sudeste e Centro-Oeste, para formação de palha para plantio direto. As modernas cultivares graníferas, forrageiras e de pastejo têm se adaptado muito bem aos sistemas integrados

de agricultura e pecuária. O sorgo passa a assumir cada vez mais um papel estratégico para a consolidação de uma política de exportação de milho, quer sob a forma direta ou agregada em ovos, carnes e leite.

A potencialidade forrageira é ainda ponto forte desta cultura para a pecuária bovina. O segmento da bovinocultura pode se tornar em curto prazo um dos mais importantes clientes para forragem e grãos de sorgo, e se transformar no elo que falta para a consolidação da cultura do sorgo no País. O sistema de confinamento de bovinos de corte implantado no Brasil nas últimas décadas e a tecnificação e expansão da exploração leiteira mostram que a demanda por alimentos volumosos é muito grande e deveria ser suprida na maior parte do ano por alimentos conservados.

A cultura de sorgo pode oferecer grande contribuição para minimizar os problemas decorrentes da estacionalidade da produção de forragem, além disso, atualmente tem-se procurado desenvolver híbridos que tenham bom equilíbrio entre colmo, folhas e panículas para que se possa aliar uma boa produtividade de matéria seca e um bom valor nutritivo. Os grãos de sorgo são largamente consumidos em rações balanceadas para pequenos e grandes animais. A planta inteira é utilizada sob forma de silagem, principalmente.

O avanço da moderna agricultura no Cerrado e seus diversos sistemas de produção continuam ampliando as possibilidades para os diferentes tipos de sorgo. A soja, principal parceira no sistema de sucessão de culturas, avança para os estados do Norte e Nordeste, com o sorgo acompanhando tal avanço.

O sistema de plantio direto e a integração agricultura-pecuária ajustam-se especialmente à cultura do sorgo, por causa da sua excelente produção de massa e de grãos. A expansão da agroindústria de carnes aumenta também a busca por matérias-primas de menor custo para alimentação de aves, suínos e bovinos.

A pecuária de leite e de corte se profissionaliza cada vez mais, à medida que os mercados consumidores exigem mais qualidade e preço competitivo. O milho, principal componente na alimentação animal no País, tem alto peso nas nossas exportações, principalmente “embalado” sob a forma de carnes (aves, suínos e bovinos). O sorgo surge então como a principal alternativa ao milho na chamada “cesta básica” de ingredientes forrageiros.

Escolha da Cultivar de Sorgo para Silagem

No Brasil, as cultivares de sorgo denominadas forrageiras, com ciclos mais longos e alturas superiores a 2 m, vigorosas e com grande capacidade de produção de matéria verde, subdividem-se em:

- a) Forrageiras com alta produtividade de massa, porém baixa produção de grãos e baixo teor de açúcares solúveis, utilizados para conservação na forma de silagem. Possuem altura próxima ou geralmente superior a 3 metros e sua silagem, na maioria das vezes, é de baixa qualidade nutritiva, baixo teor de grãos e baixa digestibilidade.
- b) Forrageiras com baixa produção de grãos, alta porcentagem de açúcares solúveis e altura próxima a 3 metros, denominadas sacarinas, as quais apresentam colmos com níveis de sacarose entre 10% e 14% e açúcares redutores, o que possibilita a sua industrialização para a produção de álcool etílico. Os colmos fornecem um caldo rico em açúcares fermentescíveis e os grãos, pelo processo de sacarificação, podem transformar seu alto teor de amido em significativas quantidades de açúcares mais simples e passíveis de fermentação, constituindo-se interessante matéria-prima de entressafra para as usinas produtoras de álcool. Grande parte das cultivares são sensíveis ao fotoperíodo. Também podem ser utilizadas para confecção de silagem.
- c) Forrageiras especializadas para pastejo, corte ou fenação, denominadas de sorgo ou capim-sudão (*Sorghum sudanense* ou seus híbridos com o *Sorghum bicolor*). Com relação aos outros tipos, apresentam um colmo fino, alta taxa de perfilhamento e rebrota. A sua silagem é de baixa qualidade, uma vez que possui muita água no colmo e muito baixa porcentagem de grãos na forragem.
- d) Forrageiras com boa produção de grãos e altura variando entre 2,20 m e 3,0 m, denominadas de silageiras de alta qualidade por produzirem silagem de alto valor nutricional, por causa da grande porcentagem de grãos na forragem, alta digestibilidade de fibras, resistência ao acamamento e grande capacidade de rebrota, entre outras características. Na Figura 1 vemos uma lavoura exemplar para silagem.



Foto: José Avelino Santos Rodrigues

Figura 1. Lavoura de sorgo BRS 658. Embrapa Milho e Sorgo.

O Brasil está se tornando um dos principais fornecedores de carnes para os mercados internacionais, além do mercado interno, e a oferta alternativa de materiais forrageiros e das diferentes formas de forragem, de custo compatível com as demandas desses mercados, é um fator imprescindível para o desenvolvimento do agronegócio do País. Desta forma, o desenvolvimento de cultivares que apresentem características agronômicas superiores é de capital importância estratégica para o atendimento dessas demandas.

No mercado brasileiro, existem diversas cultivares forrageiras adaptadas para produção de silagem de alta qualidade (Tabela 1), desenvolvidas e comercializadas pelas várias instituições públicas e privadas existentes no País.

Tabela 1. Cultivares de sorgo forrageiro para silagem e corte/pastejo na safra 2019/2020.

Silagem	Empresa	Pastejo	Empresa
BRS 655	Embrapa	AGN 40P84	Agromen
BRS 658	Embrapa	ADV 2800	Advanta
BRS Ponta Negra	Embrapa	AG2501C	Agrocerec
SS318	Pioneer	AG2501P	Agrocerec
Volumax	Agrocerec	B16J002F	Pioneer
AG2005E	Agrocerec	BM 500	Biomatrix
Chopper	Nuseed	BM 515	Biomatrix
Dominator	Nuseed	BRS810	Embrapa
Maxisilo	Nuseed	Jumbo	Nused
Qualysilo	Nuseed	SHS 605	Santa Helena
Nusil 426	Nuseed	SHS 615	Santa Helena
SHS 570	Santa Helena	Nugrass 800 BMR	Nuseed
Podium	Biomatrix	Nugrass 900 F	Nuseed
20XB01	Semeali	Nutribem	Nuseed
Topsilo	Semeali	Supremo	Nuseed
AGN 10S20	Agromen	SF 15	IPA/Embrapa
ADV 2499	Advanta	SUDAN 4202	IPA/Embrapa
BRS 716*	Embrapa		
Agri-002E*	Agricomseeds		

Adaptado de relatórios de levantamento da Associação Paulista de Produtores de Sementes e Mudanças (APPS) e dos sites das empresas de sementes. * Sorgo biomassa.

Estas variedades se destacam por apresentarem várias das características a seguir:

- a) Alta produtividade de forragem
- b) Precocidade de florescimento
- c) Alto desempenho animal
- d) Resistência ao acamamento
- e) Alta capacidade de rebrota
- f) Alta proporção de grãos na forragem
- g) Tolerância aos estresses abióticos (Al, seca)

- h) Eficiência nutricional das plantas (N, P)
- i) Tolerância aos estresses bióticos
- j) Alta digestibilidade de fibras
- k) Alto padrão de fermentação da silagem
- l) Porte e arquitetura da planta
- m) Alta produtividade de sementes dos paternais
- n) Paternais com alta capacidade de restauração da fertilidade
- o) Preço de sementes competitivo

Qualidade de uma Boa Silagem

O sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) destaca-se por ser um alimento de alto valor nutritivo, que apresenta alta concentração de carboidratos solúveis essenciais para adequada fermentação láctica, bem como altos rendimentos de matéria seca por unidade de área.

Com valor nutritivo próximo ao do milho (85% a 95%), o uso do sorgo (planta inteira) para ensilagem é favorecido por apresentar altos níveis de carboidratos solúveis, capacidade tamponante relativamente baixa, conteúdo de matéria seca acima de 20% e estrutura física que favorece a compactação durante o enchimento do silo. Na Tabela 2 se encontram alguns parâmetros que devem ser utilizados para auxílio na seleção de materiais para silagem de sorgo.

Tabela 2. Parâmetros utilizados para classificação das silagens.

Parâmetros	Muito Boa	Boa	Média	Ruim
Matéria Seca ¹ (%)	35 – 30	30 – 25	25 – 20	< 20
pH ¹	< 3,8	3,8 – 4,2	4,2 – 4,6	> 4,6
N-NH ₃ ² (%NT)*	< 10	10 – 15	15 – 20	> 20
DIVMS ^{3**}	> 65	65 – 55	55 – 40	< 40
Ácido Láctico (mg%)	> 5	3 – 5	2 – 3	< 2,0
Ácido Acético ⁴ (mg%)	< 2	2 – 2,5	> 2,5	-
Ácido Butírico ⁴ (mg%)	< 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,4	> 0,4

¹ Paiva (1976); ² Agricultural, and Food Research Council (1987); ³ Borges (1995); ⁴ Nogueira (1995).

* Nitrogênio Amoniacal

** Digestibilidade “in vitro” da Matéria Seca

Os critérios para seleção de híbridos de sorgo para silagem têm sido principalmente altura da planta, produtividade, produção de grãos, resistência a doenças e pragas e tolerância à seca. Porém, a identificação de características agronômicas relacionadas ao processo de fermentação adequado, que proporcionem baixas perdas de matéria seca e nutrientes durante a ensilagem e altas taxas de digestibilidade e consumo, é de grande importância na seleção de cultivares mais apropriadas para a ensilagem.

Um alimento de qualidade deve oferecer ao animal quantidades adequadas de energia e proteínas, e, no caso de ruminantes, ainda deve apresentar fibra de boa qualidade e com capacidade de manter a saúde do rúmen. De acordo com o National Research Council (1989), a porcentagem ideal de FDN dietética deve estar entre 25% e 35%. Os níveis de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemiceluloses e lignina no sorgo podem limitar a qualidade final das silagens, já que estas não apresentam redução após o processo fermentativo, permanecendo como principais barreiras à atuação dos microrganismos presentes no silo. Para isso é interessante que se busquem valores ótimos de FDN (<55%) e FDA (<40%) para maximizar a produção animal. Na Tabela 3 são apresentados valores médios de composição química e pH de silagens de sorgo e milho.

Tabela 3. Composição química média e pH de silagens de sorgo e milho (dados expressos na matéria seca).

Parâmetros	Silagem de milho	Silagem de sorgo
MS total (%)	30 – 35	28 – 32
PB (%)	6 – 8	6 – 9
FDN (%)	45 – 60	50 – 60
FDA (%)	23 – 43	23 – 50
Celulose (%)	24 – 35	17 – 38
Hemicel. (%)	21 – 30	13 – 23
Lignina	3 – 5	5 – 11
PH	3,8 – 4,0	3,8 – 4,2
NDT (%)	65 – 75	55 – 65

Fonte: Adaptado de Zago (1991), Nussio (1991), Evangelista e Lima (2000), Andrade et al. (2001), Castro (2002), Freitas (2002), Nussio et al. (2002), Mello (2002), Valadares Filho et al. (2002) e Pires (2003).

A variação no estágio de maturação da planta interfere diretamente na qualidade e no valor nutritivo da planta e da silagem por causa das maiores ou menores participações das frações de colmo, folha e panícula na matéria seca total.

Com o avanço do estágio de maturação, ocorre aumento do teor de amido na planta de sorgo, decorrente da conversão de carboidratos solúveis, armazenados temporariamente no colmo, em amido, depositado no grão. A maior participação da panícula no total de MS da planta está relacionada com valores nutritivos mais elevados e melhores digestibilidades.

A redução do conteúdo de carboidratos solúveis no colmo também é acompanhada por aumento nos teores de FDN, FDA e lignina. A ensilagem do sorgo deverá ser realizada com os grãos no estágio leitoso a pastoso, para evitar redução na digestibilidade da matéria seca das frações fibrosas, evitar eliminação, pelos animais, de grãos nas fezes, acamamento, ataque de pássaros e favorecer maior rebrota. Machado (2019), em experimento com silagens dos híbridos de sorgo BRS 610, BR 700 e BRS 655, colhidas em três estágios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo), constatou que o teor ideal de MS no momento do corte foi de 25% a 35%, para o híbrido BR 700, correspondendo ao estágio leitoso. Já o BRS 610 deve ser colhido entre o estágio pastoso e o farináceo, e o BRS 655, entre o leitoso e o pastoso.

Sabe-se que a proporção de grãos na planta de sorgo é determinante da qualidade das silagens porque neles se encontra a maior fração energética disponível da planta. A altura da planta pode estar correlacionada positivamente com a produção de matéria natural e matéria seca. Entretanto, geralmente se correlacionam também positivamente com porcentagem de colmo e com a porcentagem de acamamento, características indesejáveis para a produção eficiente de forragem. Além disso, a maior porcentagem de colmos em relação às folhas e panículas gera o comprometimento do valor nutricional da forragem (Zago, 2001).

Assim como as gramíneas tropicais, o sorgo está submetido aos efeitos do estágio de maturação na produtividade e no valor nutricional. De modo geral, com o avançar da idade da planta ocorre aumento na produção de matéria seca por área, porém observa-se redução no valor nutricional por causa do aumento das frações fibrosas do colmo e folhas. Dessa forma, o conhecimento das características agronômicas da cultivar com que se trabalha e da composição química da planta em diferentes idades é essencial para que se estabeleça o melhor ponto de corte, que proporcione uma boa

produtividade por área, sem limitar o consumo e a produção animal.

A determinação dos teores das frações fibrosas é muito importante na caracterização do valor nutritivo das forragens. Tanto o teor de fibra em detergente ácido (FDA) quanto o de fibra em detergente neutro (FDN) podem ser negativamente correlacionados com a digestibilidade e com o consumo. Valores muito baixos de proteína bruta (PB) comprometem a fermentação ruminal e conseqüentemente o consumo e o desempenho dos animais.

Na Tabela 4 são apresentados alguns parâmetros comparativos de silagens de milho e sorgo. Pode-se notar que os híbridos de sorgo possuem características bem próximas às de milho, o que torna o sorgo silageiro uma cultura muito promissora.

Tabela 4. Matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (Hem - % da MS) e produção de massa seca (PMS) das cultivares de milho e sorgo.

Híbridos	MS ¹ (%)	PB ¹ (%)	MM ¹ (%)	FDN ² (%)	FDA ² (%)	Hem ² (%)	PMS ² (t ha ⁻¹)
AGN25A23*	32,0	9,1	4,3	52,9 BCD	31,9 CD	21,1 AB	13,4 BC
AG1051*	35,8	9,0	4,2	53,3 BCD	32,9 CD	20,4 AB	16,5 AB
GNZ2728*	35,4	9,0	4,0	51,0 BCDE	35,3 CD	15,7 B	16,2AB
Farroupilha 25*	34,1	8,8	4,5	47,8 DE	31,3 CD	16,5 AB	11,3 C
DAS519*	34,8	8,4	4,4	45,5 DE	28,7 D	16,8 AB	13,5 BC
A3663*	34,0	8,4	4,6	58,7 AB	36,0 CD	22,7 A	15,3 ABC
2C577*	36,1	7,8	4,5	44,0 E	28,4 D	15,6 B	12,4 BC
A9404**	33,5	9,0	4,2	50,0 CDE	33,9 CD	16,1 AB	14,3 ABC
BRS610**	33,5	9,0	5,3	57,8 ABC	38,2 BC	19,7 AB	15,4 ABC
1F305**	33,1	8,7	4,3	63,0 A	44,5 AB	18,5 AB	18,2 A
Volumax**	34,0	8,6	4,2	62,5 A	46,5 A	16,0 AB	14,6 ABC
CV (%)	6,7	13,5	12,3	7,1	10,0	17,9	14,0

¹ Não diferem entre si pelo teste de F.

² Médias na mesma coluna seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*,** Milho e sorgo, respectivamente.

Fonte: Fernandes et al. (2009).

Através dos resultados acima se pode constatar que existem variações na produção de matéria seca e composição química, com conseqüente influência no desempenho animal, demonstrando a importância de avaliações

criteriosas e constantes do material genético disponível no mercado e de novas cultivares a serem lançadas.

Produtividade de Forragem

O armazenamento de forragem para uso no período seco, como exemplo, silagens de milho e sorgo, é fundamental nas atuais condições de mudanças climáticas e veranicos prolongados nas diversas regiões do Brasil. A silagem de boa qualidade diminui os custos de produção pela redução na utilização de concentrados, sem reduzir o desempenho animal.

Os híbridos atuais de sorgo silageiro, quando bem manejados, produzem de 50 a 70 t ha⁻¹ no primeiro corte, e 20 a 30 t ha⁻¹ no segundo corte, podendo o produtor ainda plantar “capim” consorciado com o sorgo para estabelecer sua pastagem (Rodrigues et al., 2015). Nas Tabelas 5 e 6 constam produções médias de três híbridos de sorgo silageiro. O estágio de colheita do sorgo silageiro, para obtenção de maiores rendimentos de matéria verde, pode variar entre os híbridos, mas de forma geral situa-se entre os estádios leitoso e pastoso (Araújo et al., 2007).

Tabela 5. Produção de matéria verde (PMV) em toneladas por hectare dos híbridos de sorgo BRS 610, BR 700 e BRS 655 em três estádios de maturação (leitoso, pastoso e farináceo).

Híbridos	Estádios de maturação		
	Leitoso	Pastoso	Farináceo
BRS 610	68,71Aa	56,99Ab	40,40Ac
BRS 700	47,40Ba	34,25Bb	31,10A
BRS 655	43,19Bb	54,13Aa	39,33Ab

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste SNK; CV= 14,90%. Fonte: Machado (2009).

Na Tabela 4, podem-se observar híbridos de sorgo tão ou mais produtivos do que os de milho, isso sem considerar que o sorgo permite ainda um segundo corte da rebrota. Vale ressaltar que, se o solo apresentar condições favoráveis de nutrição e umidade, outros cortes sucessivos podem ser obtidos. Simplício et al. (2019) realizaram quatro cortes sucessivos sob irrigação em cultivares de sorgo e obtiveram um somatório de produtividades

entre 123 t ha⁻¹ e 211 t ha⁻¹ e entre 39 t ha⁻¹ e 69 t ha⁻¹ de matéria verde matéria seca total, respectivamente.

Ainda neste contexto, o híbrido de sorgo Volumax produziu 18,2 t ha⁻¹, produtividade está acima dos híbridos de milho. Dados de altas produtividades podem também ser observados na Tabela 6, com híbridos produzindo acima de 15 t ha⁻¹ de matéria seca.

Tabela 6. Produção de matéria natural (MN), de massa seca (MS) e porcentagem de matéria seca em quatro híbridos de sorgo.

Cultivares	MN (t ha ⁻¹)	MS (t ha ⁻¹)
BRS 610	63,90	14,22
CMSXS 762	59,93	15,4
BR 506	67,56	16,338
BR 700	45,87	14,69

Fonte: Oliveira et al. (2005).

A altura da planta de sorgo é controlada por quatro pares de genes principais (*dw1*, *dw2*, *dw3* e *dw4*), os quais atuam de maneira independente e aditiva sem afetar o número de folhas e a duração do período de crescimento. As plantas com os genes recessivos nos quatro loci resultam em porte mais baixo (60-80 cm), caracterizadas pelo nanismo, e são chamadas “anãs-4”; enquanto as plantas com genes recessivos em três loci e dominante no outro locus são chamadas “anãs-3”. Cultivares graníferas normalmente são “anãs-3” e cultivares forrageiras são “anãs-2” ou “anãs-1”, com genes recessivos em dois ou um loci respectivamente. A taxa de produção de matéria seca no sorgo é fortemente afetada pela área foliar no primeiro estágio de crescimento (germinação a iniciação da panícula). A área foliar final é determinada pelas taxas de produção e duração da expansão, pelo número de folhas produzidas e a taxa de senescência, os quais são fatores bastante afetados pelo ambiente.

Os últimos híbridos lançados pelas empresas de sementes são de cultivares com porte entre 2,5 m a 3 m. Estas cultivares são adaptadas ao plantio adensado, têm plantas com folhas mais eretas, boa produção de grãos e digestibilidade, e colmos mais grossos para evitar acamamento. A exceção é alguns poucos materiais na linha de sorgo biomassa, de porte acima de 4 m, mas com ciclo mais elevado e baixa produção de grãos. Estes últimos possuem maior produção de massa verde por hectare, devendo ser usados

como volumosos, e necessitam de alguns cuidados a mais na hora de ensilar, como adição de fubá ou aditivos, quando o corte da planta for feito com umidades elevadas.

A ensilagem de plantas forrageiras com elevado teor de umidade torna o ambiente favorável à proliferação de bactérias do gênero *Clostridium*, que promovem fermentação indesejável. Além de prejudicar a fermentação, a ensilagem de forragens com alto teor de umidade resulta na produção de elevadas quantidades de efluente. A adição de fubá de milho como aditivo em silagens eleva o teor de matéria seca, auxilia na fermentação, e ajuda na elevação dos valores nutricionais da silagem. No caso da adição de inoculantes bacterianos, eles aumentam o número de bactérias produtoras de ácido láctico, podendo acelerar a fermentação e resultar em silagens de melhor qualidade, diminuindo os teores de etanol e nitrogênio amoniacal (Pereira Neto et al., 2009).

Tolerância ao Alumínio

O crescimento das raízes de sorgo está relacionado com a temperatura do ar e é limitado pela falta de umidade no solo e disponibilidade de fotoassimilados oriundos das folhas. Um dos fatores mais importantes que afetam o uso de água e a tolerância à seca é um sistema radicular eficiente que o sorgo possui, podendo extrair água de camadas profundas do solo. Fazendo-se comparação entre raízes primárias de milho e sorgo encontra-se que ambas as culturas apresentam basicamente a mesma quantidade de massa radicular, porém as raízes secundárias do sorgo são no mínimo o dobro daquelas encontradas no milho. Além do mais o sistema radicular do sorgo é mais extenso, fibroso e com maior número de pelos absorventes (Magalhães et al., 2000).

A profundidade do sistema radicular pode chegar até 1,5 m (sendo 80% até 30 cm de profundidade no solo), em extensão lateral pode alcançar 2,0 m. O crescimento das raízes em geral termina antes do florescimento; nessa fase a planta passa a priorizar as partes reprodutivas (panículas), as quais apresentam grande demanda por fotoassimilados.

Em solos ácidos com alta saturação de alumínio tóxico, a formação do sistema radicular é reduzida, e ele apresenta diâmetro mais grosso. Plantas com genes para tolerância ao Al tóxico desenvolvem um sistema radicular mais profundo e mais eficiente na aquisição de água e nutrientes. Geralmente variedades de sorgo resistentes à seca têm mais biomassa radicular e maior

volume de raízes e também maior proporção raiz/caule que os materiais suscetíveis à seca.

Importância do Ciclo / Precocidade

O florescimento corresponde ao estágio EC3 (Estádio de crescimento 3) que engloba polinização, fertilização, desenvolvimento e maturação do grão. A diferenciação floral do sorgo é afetada principalmente pelo fotoperíodo e pela temperatura do ar. O período mais crítico para a planta, em que ela não pode sofrer qualquer tipo de estresse biótico ou abiótico vai da diferenciação da panícula à diferenciação das espiguetas (2 a 3 semanas de duração). Normalmente a diferenciação da gema floral inicia-se 30 a 40 dias após a germinação (pode variar de 19 a mais de 70 dias). Em climas quentes, o florescimento em geral ocorre com 55 a 70 dias após a germinação (pode variar de 30 a mais de 100 dias). Normalmente, a formação da gema floral ocorre 15 cm a 30 cm acima do nível do solo, esse fato ocorre quando as plantas têm cerca de 50 cm a 75 cm de altura.

O florescimento no sorgo forrageiro é influenciado pelo fotoperíodo, sendo a resposta do desenvolvimento da planta à duração dos períodos de luz e de escuro. Durante um ano, o comprimento dos dias e conseqüentemente a quantidade de horas de sol variam de acordo com a latitude e estação do ano. Para o sorgo, existem diferentes respostas à duração do período luminoso diário, sendo que os materiais genéticos podem ser classificados como sensíveis ou insensíveis ao fotoperiodismo.

O controle da sensibilidade ao fotoperiodismo e de maturação (indução de floração) no sorgo está associado ao efeito de dois alelos em seis loci: *Ma1, ma1*; *Ma2, ma2*; *Ma3, ma3*; *Ma4, ma4*; *Ma5, ma5*; e *Ma6, ma6*. Os loci *Ma1* a *MA4* controlam o ciclo, enquanto os loci *Ma5* e *Ma6* são responsáveis pela sensibilidade ao fotoperiodismo.

Quando a cultivar de sorgo é sensível, ela responde a dias curtos e floresce em períodos do ano com noites longas. Nessas cultivares, a gema apical permanece vegetativa até que os dias encurtem o bastante para haver a sua diferenciação em gema floral, ou seja, se o comprimento do dia aumenta, a planta não floresce, ao passo que se o comprimento do dia decresce, tornando-se menor que 12 horas e 20 minutos, ocorrerá a indução floral.

O atraso no plantio, ou o plantio de safrinha, também pode ocasionar antecipação dos estádios fisiológicos da planta, e conseqüentemente produzir plantas menores para um mesmo estágio de colheita baseado no grão. Maiores

alturas da planta de sorgo estão associadas aos efeitos do fotoperíodo não indutivo (dias maiores que 12,9 h) durante a fase vegetativa das cultivares.

Quando a semeadura é realizada em outubro-novembro, na região Sudeste, os dias ainda são longos, e, sem o estímulo ao florescimento, a planta tem mais tempo para formação de um maior número de nós, entrenós e primórdios foliares, o que resulta em aumento da produção de matéria verde e de matéria seca.

Por outro lado, as plantas semeadas em fevereiro, apesar de apresentarem menor estatura e, portanto, menores produções de matéria verde para um mesmo estágio de grão, possuem menor porcentagem de colmos na matéria seca e, proporcionalmente, mais folhas e panícula, o que implica uma melhor qualidade da forragem. Nos últimos anos, o cultivo de sorgo na segunda safra tem aumentado nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, portanto os programas de melhoramento deverão ficar atentos para seleção de híbridos de sorgo silageiro insensíveis ao fotoperíodo.

Tolerância à Seca

O sorgo requer menos água para se desenvolver quando comparado com outros cereais, sendo que o período mais crítico à falta de água é do florescimento até o enchimento dos grãos. Quando comparado com o milho, o sorgo produz mais sobre estresse hídrico (as raízes exploram melhor o perfil do solo, entre outros mecanismos de escape), murcha menos e é capaz de se recuperar de estiagens prolongadas.

Em geral, parece haver no sorgo uma correlação grande entre resistência ao calor e a falta de água. Também parece haver correlação entre resistência à seca e a teores de alumínio no solo. O déficit hídrico quando acontece no estágio EC1 provoca menos danos à planta do que no EC2. No estágio EC2 a escassez de água vai resultar na redução das taxas de crescimento da panícula e das folhas e no número de sementes por panícula. Esses efeitos são devidos, provavelmente, a uma redução na área foliar, resistência estomática aumentada, fotossíntese diminuída e a uma desorganização do estado hormonal da panícula em diferenciação. Quando a falta de água acontece no EC3, o resultado é a senescência rápida das folhas inferiores, com consequente redução no rendimento de grãos e massa (Magalhães et al., 2000).

Estima-se que o sorgo, para produzir grãos e forragem requer por volta de 25 mm de água após o plantio, 250 mm durante o crescimento e

25 mm a 50 mm durante a maturidade (Dogget, 1988).

A temperatura, o déficit de água e as deficiências pelos nutrientes afetam as taxas de expansão das folhas, a altura da planta e outros aspectos de desenvolvimento das plantas, sobretudo nos genótipos sensíveis ao fotoperíodo. Esses efeitos podem ser modificados por mudanças na duração do dia. A insuficiência de água é uma das causas mais comuns de redução de área foliar e está relacionada com a expansão das células. A temperatura noturna do ar baixa geralmente atrasa o desenvolvimento dos estádios EC 2 e EC 3. Se permanecer por longo período pode comprometer, significativamente, a produtividade.

Suscetibilidade a Baixa Temperatura

Em razão da sua origem tropical, o sorgo é uma das culturas tropicais mais sensíveis às baixas temperaturas noturnas. A temperatura ótima para crescimento está por volta de 33 °C a 34 °C, considerando umidade do solo adequada. Acima de 38 °C e abaixo de 16 °C, a produtividade decresce. Baixas temperaturas durante o desenvolvimento vegetativo (< 10 °C) causam redução na área foliar, no perfilhamento, na altura, na acumulação de matéria seca e atraso na data de florescimento. Isto é devido a uma redução da síntese de clorofila, especialmente nas folhas que se formam primeiro na planta jovem com conseqüente redução da fotossíntese.

Temperaturas médias mais altas, durante EC2, geralmente tendem a antecipar a antese, assim como podem causar aborto floral. O desenvolvimento floral e a fertilização dos grãos podem ocorrer até com temperaturas de até 43 °C, 15% a 30% de umidade relativa do ar, desde que haja umidade disponível no solo. Altas e baixas temperaturas estimulam perfilhamento basal. Geralmente, temperaturas noturnas baixas propiciam maior incidência de doença açucarada, diminuindo a produção de grãos.

Sorgo Com e Sem Taninos

Toda planta de sorgo possui aproximadamente os mesmos níveis de proteína. Mas os níveis de proteína na planta não são dependentes da presença de substâncias nitrogenadas e essas substâncias não dependem da disponibilidade de nitrogênio no solo. Amido, lipídios, etc., porém vários compostos fenólicos podem ocorrer ou não, e entre esses compostos destaca-se o tanino condensado que tem ação antinutricional principalmente para os

animais monogástricos. Como esses polifenóis são metabólitos secundários, ou seja, não participam de vias metabólicas responsáveis por crescimento e reprodução, a presença e a natureza deles variam enormemente.

Os vários compostos fenólicos presentes no grão de sorgo podem afetar a cor, a aparência e a qualidade nutricional. Esses compostos podem ser classificados em três grupos básicos: ácidos fenólicos, flavonoides e taninos. Os ácidos fenólicos são encontrados em todo tipo de sorgo, ao passo que flavonoides podem ser detectados em muitos, porém não em todo sorgo. O fenol conhecido como tanino encontra-se concentrado na testa da semente. A testa é um tecido altamente pigmentado localizado logo abaixo do pericarpo. Existem duas classes de taninos: hidrolizáveis e condensados. Não há evidências da presença de grandes quantidades de tanino hidrolizável no sorgo. Já o tanino condensado é aquele que é encontrado em materiais de sorgo resistentes a pássaros.

A presença do tanino no grão de sorgo depende da constituição genética do material. Caso os genótipos possuam os genes dominantes B_1 e B_2 , este genótipo é considerado com presença de tanino. O tanino está presente ou ausente no grão. Percentuais abaixo de 0,70% no grão, verificados em algumas análises laboratoriais, são devidos a outros fenóis e não ao tanino condensado, e, normalmente, não são prejudiciais à dieta alimentar dos animais. Informações de herança deste caráter encontram-se no Capítulo 8.

O tanino no sorgo tem causado bastante controvérsia, uma vez que, apesar de algumas vantagens agronômicas, como a resistência a pássaros e doenças do grão, ele causa problemas na digestão dos animais pelo fato de se formarem complexos com proteínas e assim diminuir a sua palatabilidade e digestibilidade, e, quando presentes, inibem a produção de gases, principalmente, metano pelos ruminantes

Resistência a Doenças

A resistência genética para a maioria das doenças de sorgo pode ser encontrada sob a forma de herança simples e dominante, o que facilita consideravelmente a obtenção de cultivares resistentes. A integração da resistência genética associado a adequados sistemas de produção mostra ser a forma mais correta e estável estratégia de controle de doenças para a cultura.

O avanço da cultura do sorgo no País deveu-se também ao desenvolvimento de materiais geneticamente superiores, tanto do ponto de

vista de produtividade quanto de outras características, principalmente a resistência às doenças como a antracnose (*Colletotrichum sublineolum*), a ferrugem (*Puccinia purpurea*), a helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*) e o míldio (*Peronosclerospora sorghi*).

Apesar deste avanço, problemas relacionados à dinâmica populacional destes patógenos e à própria expansão da cultura têm sido motivo de preocupação por parte da pesquisa na área fitopatológica.

O controle destas doenças é obtido pela utilização de cultivares geneticamente resistentes. A variabilidade genética existente no germoplasma de sorgo tem permitido a obtenção de fontes de resistência, que vêm sendo intensamente utilizadas em programas de melhoramento para a obtenção de híbridos geneticamente resistentes.

A doença açucarada do sorgo, conhecida também como “ergot” ou mela da panícula, foi constatada pela primeira vez no Brasil em 1995. Atualmente, essa doença tem ocorrido de maneira severa e generalizada em todas regiões do Brasil, tornando-se um sério problema para as indústrias de sementes e para os produtores de grãos e/ou forragens de sorgo. Como o patógeno infecta somente o ovário não fertilizado, durante a antese, todos os fatores climáticos e biológicos que afetam a produção e vigor do pólen e/ou impedem a abertura normal das anteras vão favorecer o patógeno a induzir e desenvolver a doença açucarada. O agente causal dessa doença é o fungo *Sphacelia soghi*, a forma imperfeita de *Claviceps africana*. Não há registro de resistência genética para o controle de ergot em sorgo.

A utilização de fungicidas para proteção das flores é uma ferramenta importante e imprescindível no controle da doença açucarada, somente em campo de produção de sementes híbridas de sorgo. No caso de campo de produção de silagem sugere-se o uso de cultivares bem adaptadas à região de plantio e mais tolerantes às baixas temperaturas e semeadura em épocas adequadas, de modo a se evitar que o período de florescimento coincida com baixas temperaturas.

Resistência a Insetos-Pragas

A lagarta-do-cartucho tem se tornado uma praga importante para a cultura do sorgo. Embora fosse esperado um fato semelhante ao que aconteceu com o pulgão-verde, ou seja, um aumento da ação dos inimigos naturais também sobre a população das pragas em geral, incluindo a lagarta-do-cartucho, isto não vem se verificando na prática. Tanto nos plantios de

verão como na safrinha, tanto no milho como no sorgo, tem-se registrado um aumento da incidência da lagarta-do-cartucho. Entretanto, métodos alternativos de controle dessa praga necessitam ser implementados, pois o uso somente do controle químico e/ou resistência genética pode ser desastrosos especialmente para o sorgo, por causa da eliminação dos inimigos naturais.

Em geral, tem sido observado também um aumento da incidência da broca-da-cana tanto no sorgo como no milho. Isto pode ser consequência do aumento da área com o plantio direto ou plantios de sorgo junto de áreas tradicionais produtoras de cana.

A permanência dos colmos de gramíneas, como milho, sorgo e milheto, permite a sobrevivência de larvas da *Diatraea saccharalis* em diapausa durante o inverno, aumentando assim sua população ano após ano. Como o controle químico dessa praga é extremamente difícil, em razão do seu sítio de alimentação, medidas culturais como trituração mecânica dos restos culturais da palhada tornam-se essenciais para a redução da população dessa espécie. O controle biológico também é possível e viável, entretanto, mais estudos são necessários para ajustar os atuais métodos utilizados na cultura da cana-de-açúcar para as culturas anuais.

Sistemas de manejo integrado de pragas para a cultura do sorgo utilizando rotação de culturas, preparo reduzido do solo, uso diferenciado de fertilizantes, variedades resistentes são utilizados para melhorar o rendimento, reduzir custos de produção e impacto ambiental. Porém, existem interações dessas práticas com a densidade de pragas, necessitando ser estudadas para cada espécie de importância econômica. Em regiões onde o uso do manejo integrado de pragas é frequente, o método cultural é o mais empregado, utilizando técnicas de preparo do solo, rotação de cultura, manejo de fertilizantes e o uso de variedades resistentes.

Gene BMR (*Brown Midrib*)

As plantas mutantes *bmr* (portadores de nervura marrom) são fenotipicamente caracterizadas pela presença de pigmentos amarronzados na nervura central das folhas e no colmo. Estes pigmentos estão fortemente associados à lignina, pois persistem na parede celular após a remoção de celulose e hemiceluloses.

As plantas mutantes *bmr* têm atraído a atenção dos pesquisadores por apresentarem maior degradabilidade ruminal em comparação às plantas normais isogênicas. Plantas mutantes *bmr* possuem menor teor de lignina

polimerizada e uma quantidade considerável de substâncias polifenólicas solúveis que não interferem na digestibilidade da parede celular como as ligninas normais.

A composição química da parede celular das plantas mutantes pode apresentar redução do teor de lignina e/ou redução da concentração do ácido *p*-cumárico e/ou maior teor de xilose. Além disso, as ligninas dos híbridos mutantes podem ser distinguidas estruturalmente das ligninas das plantas normais por apresentarem menor relação molar entre unidades siringilpropano e guaiacilpropano (S/G) e/ou menor formação dos produtos da oxidação alcalina com nitrobenzeno e/ou a presença de unidades 5-hidroxi-guaiacil. Essas modificações fenotípicas decorrem da alteração da atividade das enzimas ácido cafeico 3-O-metiltransferase (COMT) e/ou cinamoil álcool desidrogenase (CAD), envolvidas na biossíntese das ligninas, provocadas pelos genes *bmr*.

A mutação no sorgo foi provocada a partir do tratamento químico das sementes com di-etil sulfeto. A partir desse tratamento foram gerados 19 mutantes *bmr* de ocorrência independente identificados em progênies segregadas. Alguns desses mutantes apresentam redução significativa do conteúdo de lignina e aumento da digestibilidade da parede celular. A partir destes 19 genes foram selecionados três de melhores características agrônômicas (*bmr-6*, *bmr-12* e *bmr-18*) (Fritz et al., 1988).

Oliver et al. (2005) avaliaram os efeitos da mutação *bmr-6* e *bmr-12* sobre a composição química e a produção de quatro cultivares de sorgo forrageiro nas condições dos Estados Unidos, colhidos aos 116 dias após o plantio. Observou-se que as plantas mutantes apresentaram o mesmo teor de FDN em relação às plantas normais. Quanto ao teor de FDA, observou-se uma interação entre a cultivar e o tipo de gene mutante presente, e a média entre as quatro cultivares mostrou que as plantas *bmr-6* apresentaram menor teor de FDA em relação às plantas normais e às plantas *bmr-12*.

O teor de lignina foi menor nas plantas *bmr-12* em relação às plantas normais e às plantas *bmr-6*. Quanto à digestibilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN), as plantas mutantes (*bmr-6* e *bmr-12*) foram superiores em relação às plantas normais. Segundo os autores, nas plantas *bmr-12*, o aumento da DIVFDN baseia-se na redução do teor de lignina, entretanto nas plantas *bmr-6* este aumento pode ser por causa da modificação química da lignina determinada pela redução da atividade da enzima COMT ou da escolha do método analítico para lignina (lignina em detergente ácido), que

determina somente a lignina *core*, altamente condensada e muito resistente à degradação.

Os autores avaliaram cinco cultivares, e mostraram que os híbridos normais foram os mais produtivos, sendo que esses foram 10% mais produtivos que os mutantes *bmr-12* e 15% mais produtivos que os mutantes *bmr-6*. A produtividade variou de 10,1 t de MS/ha para um mutante *bmr-6* a 15,9 ton de MS/ha para uma planta normal.

Ribas (2010) avaliou vinte e cinco híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes *bmr*, avaliados aos 51 dias após o plantio e aos 31 dias de rebrota, nas condições de Minas Gerais, e observou que a altura das plantas nos dois cortes foi superior nos híbridos normais e menor nos mutantes *bmr*.

A DIVMS dos mutantes *bmr* foi em média 7% acima dos híbridos normais. A PB foi 10,7% superior nos mutantes *bmr*. O maior teor de PB nos mutantes não pode ser creditado apenas aos efeitos da mutação e sim à diferença de acúmulo de MS observado entre os híbridos avaliados.

Comparado a várias fontes forrageiras, os híbridos de sorgo com capim-sudão podem ser considerados excelentes alimentos volumosos para a suplementação de ruminantes por causa do alto consumo e da alta digestibilidade de suas frações fibrosas.

Apesar da descoberta dos genes mutantes *bmr* e das vantagens de sua utilização na alimentação animal, principalmente em relação à degradabilidade dos carboidratos constituintes da parede celular, cultivares mutantes adaptadas para produção de silagem de sorgo não foram ainda usadas comercialmente no Brasil.

Considerações Finais

Existe grande diversidade de sorgos silageiros no Brasil e grande potencial genético a ser explorado. Fica evidente, também, que há necessidade de certos cuidados quando compararmos o sorgo com outras culturas para silagem, principalmente o milho, já que poderemos estar nos referindo a sorgos que apresentam características muito distintas daquelas indicadas para esse fim, sendo que apenas o sorgo forrageiro adaptado para produção de silagem de alta qualidade ou silageiro é o que apresenta características similares. Assim, a comparação com outros tipos e diferentes épocas de colheita e manejo deve ser feita com ressalvas.

Para se produzir uma silagem de alta qualidade é muito importante

estar atento a algumas regras básicas, que se iniciam antes mesmo do plantio propriamente dito. E muitos desses cuidados não vão custar nada a mais, ou onerar muito pouco para o produtor, e poderão resultar numa silagem de melhor qualidade e menor custo, tais como: a) escolha da área e preparo adequado do solo; b) correção e adubação do solo; c) escolha da cultivar; d) operações de plantio (profundidade da semente, quantidade de adubo, velocidade de plantio, uso adequado do disco da plantadeira, etc.); e) condução da lavoura (controle de plantas espontâneas, pragas, doenças); f) estágio de colheita; g) cuidados na ensilagem (compactação, tamanho de partículas, vedação); h) retirada e fornecimento de silagem aos animais.

O programa de melhoramento de sorgo forrageiro para silagem deve focar, entre outros aspectos, nas características herdáveis na planta que estejam relacionadas com um processo de fermentação adequado, alta digestibilidade da fibra, consumo de forragem e desempenho animal.

A maior porcentagem de grãos na matéria seca total na planta de sorgo assegura o maior valor nutritivo da silagem, e aumenta o teor de matéria seca da silagem, o que proporciona maior consumo de ração pelos animais, com conseqüente ganho no desempenho animal.

Referências

AGRICULTURAL, AND FOOD RESEARCH COUNCIL. Technical Committee on Responses to Nutrients. Report 2: characterization of feedstuffs: nitrogen. **Nutrition Abstracts and Reviews. Series B**, v. 57, p. 713-736, 1987.

AMIN, W. F.; MELLO, S. de P. Avaliação da qualidade das silagens de girassol, milho, sorgo e milheto em diferentes espaçamentos. **Revista Nucleus Animalium**, v. 1, n. 1, p. 129-142, 2009.

ANDRADE, J. B.; FERRARI JÚNIOR, E.; BRAUN, G. Valor nutritivo da silagem de cana-de açúcar tratada com uréia e acrescida de rolão-de-milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 9, p. 1169-1174, 2001.

ARAÚJO, V. L.; RODRIGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; SALIBA, E. O. S. Qualidade das silagens de três híbridos ensilados em cinco diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 1, p. 168-174, 2007.

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. 104 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

CASTRO, F. G. F. **Uso de pré-emurchecimento, inoculante bacteriano-enzimático ou ácido propiônico na produção de silagem de Tifton 85 (Cynodon sp.)**. 2002. 136 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

DEU, M.; HAMON, P. The genetic organization of sorghum. **Agriculture et Développement**, p. 25-30, 1994. Special issue.

DOGGETT, H. **Sorghum**. 2. ed. Essex: Longman Scientific and Technical, 1988.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A. **Silagens: do cultivo ao silo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 196 p.

FERNANDES, L. O.; PAES, J. M. V.; REIS, R. A.; SILVA, E. A.; SOUZA, J. A. Cultivares de milho e sorgo para a produção de silagem: safra 2003/2004. **FAZU em Revista**, n. 6, p. 83-86, 2009.

FRANÇA, I. S.; SILVA, J. C. S.; LIMA, P. Q. Importância do sorgo na pecuária bovina leiteira no Brasil. **Nutritime**, n. 1, p. 4964-4969, 2017.

FREITAS, G. A. R. **Consumo e digestibilidade aparente das silagens de cinco genótipos de milho (*Zea mays* L.)**. 2002. 50 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

FRITZ, J. O.; MOORE, K. J.; JASTER, E. H. Digestion kinetics and cell wall composition of brown midrib sorghum x sudangrass morphological components. **Crop Science**, v. 30, n. 1, p. 213-219, 1988.

GONÇALVES, L. C.; PIRES, D. A. A.; CASTRO, G. H. F. Algumas considerações sobre silagens de sorgo. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 3., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, [s.n], 2005. p. 5-18.

LIRA, M. A.; FARIS, M. A. Aspectos gerais da cultura do sorgo no Brasil: região nordeste. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SORGO, 1., 1977, Brasília, DF. **Anais...** Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1979. p. 31-38.

MACHADO, F. S. **Avaliação agrônômica e nutricional de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e de suas silagens em três estádios de maturação.** 2009. 107 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; SCHAFFERT, R. E. **Fisiologia da planta de sorgo.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 46 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 3).

MELLO, A. O. A. Volumosos para bovinos de corte. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDÊNCIA, 3., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. v. 3, p. 233-260.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle.** Washington: National Academic Press, 1989. 90 p.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; PELLEGRINI, L. G. de; FREITAS, A. K. de. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 293-301, 2002.

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 suculento, e seus padrões de fermentação, em condições de laboratório.** 1995. 78 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1995.

NUSSIO, L. G. Cultura de milho para produção de silagem de alto valor alimentício. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991. p. 59-168.

NUSSIO, L. G.; PAZIANI, S. D. F.; NUSSIO, C. M. B. Ensilagem de capins tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002.

OLIVEIRA, R. P.; FRANÇA, A. F. S.; RODRIGUES FILHO, O.; OLIVEIRA, E. R.; ROSA, V.; SOARES, T. V.; MELLO, S. Q. S. Características agronômicas de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob três doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 1, p. 45-53, 2005.

OLIVER, A. L.; PEDERSEN, J. F.; GRANT, R. J.; KLOPFENSTEIN, T. J. Comparative effects of the sorghum bmr-6 and bmr-12 genes: I. Forage sorghum yield and quality. **Crop Science**, v. 45, n. 6, p. 2234-2239, 2005.

PAIVA, J. A. J. **Qualidade da silagem da região metalúrgica de Minas Gerais**. 1976. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1976.

PEREIRA NETO, M.; MACIEL, F. C.; VASCONCELOS, R. M. J. de. **Produção e uso de silagens**. Natal: EMPARN, 2009. 30 p. (EMPARN. Circuito de Tecnologias Adaptadas para a Agricultura Familiar, 2).

PIRES, D. A. A. **Consumo e digestibilidade aparente em ovinos, de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)) com e sem tanino nos grãos**. 2003. 53 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

QUINBY, J. R. **Sorghum improvement and the genetics of growth**. College Station: Texas A. M. University Press, 1974. 108 p.

RIBAS, M. N. **Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes bmr - portadores de nervura marrom**. 2010. 140 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

RODRIGUES, J. A. S.; MENEZES, C. B. de; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; TABOSA, J. N. Utilização do sorgo na nutrição animal. In: PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. (ed.). **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 229-246. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

SIMPLÍCIO, J. B.; TABOSA, J. N.; BARROS, A. H. C.; SILVA, F. G. da.; FILHO, F. J. e; ANDRADE, J. J. de. Avaliação de diferentes cultivares de sorgo irrigados e submetidos a quatro ciclos sucessivos, no semiárido alagoano. In: PEREIRA, A. I. A. (Org.). **De grão em grão**. Ponta Grossa, PR: Atena, 2019. p. 22-32.

VALADARES FILHO, S. C.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPPELLE, E. R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos: CQBAL 2.0**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 297 p.

ZAGO, C. P. Cultura do sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1991.

ZAGO, C. P. Silagem de sorgo de alto valor nutritivo. In: CRUZ, J. C., PEREIRA FILHO, I. A. RODRIGUES, J. A. S., FERREIRA, J. J. (ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 519-544.

Literatura Recomendada

BUSO, W. H. D.; MORGADO, H. S.; SILVA, L. B.; FRANÇA, A. F. de. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **PUBVET**, v. 5, n. 23, artigo 1145, 2011.

BUXTON, D. R.; RUSSEL, J. R. Lignin constituents and cell-wall digestibility of grass and legume stems. **Crop Science**, v. 28, n. 3, p. 553-558, 1988.

CABRAL, L. da S.; VALADARES FILHO, S. de C.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J. T.; PEREIRA, G. O.; VELOSO, R. G.; PEREIRA, E. S. Cinética ruminal as frações de carboidratos, produção de gás, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e NDT estimado da silagem de milho com diferentes proporções de grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 2332-2339, 2002.

CARVALHO, B. F.; ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; PEREIRA, M. N.; SCHWAN, R. F. Effects of propionic acid and *Lactobacillus buchneri* (UFLA SIL72) addition on fermentative and microbiological characteristics of sugar cane silage treated with and without calcium oxide. **Grass and Forage Science**, v. 67, n. 4, p. 4620-4647, 2012.

CHAVES, A. V. **Avaliação de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagem**. 1997. 35 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.

COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. **Seja o doutor do seu sorgo**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 24 p. (Arquivo do Agrônomo, 14). Encarte do Informações Agronômicas, n.100, dez. 2002.

COELHO, D. S.; SIMÕES, W. L.; MENDES, A. M. S.; DANTAS, B. F.; RODRIGUES, J. A. S.; SOUZA, M. A. de. Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 25-30, 2014.

CORREA, R. A.; SILVA, L. das D. F. da; BETT, V.; CASTRO, V. de S.; RIBEIRO, E. L. de A.; BERAN, F. H. B.; ROCHA, M. A. da; EZEQUIEL, J. M. B.; MASSARO JÚNIOR, F. L. Consumo e digestibilidade aparente de alguns componentes nutritivos da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) com ou sem aditivos, em ovinos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 1, p. 151-158, 2007.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 544 p.

CUMMINS, D. G. Relationship between tannin content and forage digestibility in sorghum. **Agronomy Journal**, v. 63, p. 500-502, 1971.

DEMARCHI, J. J. A. A.; BOIN, C.; BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para a produção de silagens de alta qualidade. **Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 111-136, 1995.

DIAS, A. M. A.; BATISTA, A. M. V.; FERREIRA, M. A.; LIRA, M. de A.; SAMPAIO, I. B. M. Efeito do estágio vegetativo do sorgo, sobre a composição química da silagem, consumo, produção e teor de gordura do leite para vacas em lactação, em comparação à silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 2086-2092, 2001. Suplemento.

DIAWARA, M. M.; HILL, N. S.; WISEMAN, B. R.; ISENHOUR, D. J. Panicle-stage resistance to *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in converted Sorghum accessions. **Journal of Economic Entomology**, v. 84, n. 1, p. 337-344, 1991.

DIXON, R. A.; CHEN, F.; GUO, D.; PARVATHI, K. The biosynthesis of monolignols: a “metabolic grid”, or independent pathways to guaiacyl and syringyl units? **Phytochemistry**, v. 7, n. 57, p. 1069-1084, 2001.

FERNANDES, L. O.; FREITAS FILHO, J. R. de; PAES, J. M. V.; LANDIM, V. J. C.; SILVA JÚNIOR, A. H. da; PEREIRA, F. T. R.; NEPOMUCENO, P. T. O.; COSTA, L. F. Terminação de bovinos 1/2 Nelore 1/2 Limousin em diferentes sistemas durante o período da seca. **FAZU em Revista**, n. 2, p. 103-117, 2005a.

FERNANDES, L. O.; PERAZZOLI, C. H.; PAES, J. M. V.; LANDIM, V. J. C.; SILVA JÚNIOR, A. H. da; SANTOS, A. T.; SANTOS, G. O. Desempenho de bovinos da raça Nelore terminados em diferentes sistemas durante o período da seca. **FAZU em Revista**, n. 2, p. 168-177, 2005b.

KISHIMOTO, T.; CHIBA, W.; SAITO, K. Influence of syringyl to guaiacyl ratio on the structure of natural and synthetic lignins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 2, p. 895-901, 2010.

MAGALHÃES, P. C.; RODRIGUES, W. A.; DURÃES, F. O. M. **Tanino no grão de sorgo: bases fisiológicas e métodos de determinação.** Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1997. 26 p. (Embrapa-CNPMS. Circular Técnica, 27).

MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. G. Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 1, p. 87-95, 2004.

MELOTTI, L.; BOIN, C.; LOBÃO, A. O. Determinação do valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum vulgare*, Pers) var. Santa Eliza, em cinco estádios de maturação, através de ensaio de digestibilidade (aparente) com carneiros. **Boletim Industria Animal**, v. 26, n. 1, p. 321-324, 1969.

MOLINA, L. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, N. M.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J.; FERREIRA, V. C. P. Avaliação agronômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, n. 4, p. 385-390, 2000.

MONTAGNER, D.; ROCHA, M.; NÖRNBERG, J.; CHIELLE, Z.; MANDADORI, R. ESTIVALET, R.; CALEGARI, C. Características agronômicas e bromatológicas de cultivares avaliados no ensaio sul-riograndense de sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 4, p. 447-452, 2005.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; NORNBERG, J.; OLIBONI, R.; PELLEGRINI, L. G. de; FARIA, M. V.; OLIVEIRA, M. R. Efeito associativo do espaçamento entre linhas de plantio, densidade de plantas e idade sobre o desempenho vegetativo e qualitativo do sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 7, n. 2, p. 165-181, 2008.

PARFITT, J. M. B. (Coord.). **Produção de milho e sorgo em várzea.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. 146 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 74).

PARRELLA, R. A. da C.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; DAMASCENO, C. M. B.; SCHAFFERT, R. E. **Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 28).

PARRELLA, R. A. da C.; SCHAFFERT, R. E.; MAY, A.; EMYGDIO, B.; PORTUGAL, A. F.; DAMASCENO, C. M. B. **Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 19 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 41).

PEDREIRA, M. S.; REIS, R. A.; BERCHIELLI, T. T.; MOREIRA, A. L.; COAN, R. M. Características agrônômicas e composição química de oito híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1083-1092, 2003.

PENDERSEN, J. F.; VOGEL, K. P.; FUNNELL, D. Impact of reduced lignin on plant fitness. **Crop Science**, v. 45, n. 3, p. 812-819, 2005.

PEREIRA, D. H.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C.; GARCIA, R.; OLIVEIRA, A. P.; MARTINS, F. H.; VIANA, V. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho de bovinos de corte recebendo silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e diferentes proporções de concentrado. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 282-291, 2006.

PESCE, D. M. C.; GONCALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, I. Análise de vinte genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), de portes médio e alto, pertencentes ao Ensaio Nacional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 978-987, 2000.

PIRES, A. J. V.; REIS R. A.; CARVALHO, G. G. P.; SIQUEIRA, G. R.; BERNARDES, T. F.; RUGGIERI, A. C.; ROTH, M. T. P. Degradabilidade ruminal da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibrosa de silagens de milho, de sorgo e de *Brachiaria brizantha*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 2, p. 391-400, 2010.

PIRES, D. A. A.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; JAYME, D. G.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; JAYME, C. G.; BOTELHO, P. R. F.; LIMA, L. O. B. Degradabilidade *in situ* das frações fibrosas da silagem de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 2, p. 175-185, 2009.

PIRES, D. A. A.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; JAYME, D. G.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; JAYME, C. G. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 2, p. 241-256, 2006.

RESENDE, J. A. **Características agronômicas, químicas e degradabilidade ruminal da silagem de sorgo**. 2001. 53 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

RIBAS, P. M. Importância econômica. In: RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. G. dos (Org.). **Cultivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 2007. p. 3-5. (Embrapa- CNPMS. Sistemas de Produção, 2).

RIBAS, P. M. **Cultivo do sorgo**. 2013. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_8_ed/plantio-plantio.html>. Acesso em: 10 ago. 2014.

RODRIGUES FILHO, O.; FRANÇA, A. F. S.; OLIVEIRA, R. P.; OLIVEIRA, E. R.; ROSA, B.; SOARES, T. V.; MELLO, S. Q. S. Produção e composição de quatro híbridos de sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench) submetidos a três doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 7, n. 1, p. 37-48, 2006.

RODRIGUES, L. R.; SILVA, P. R. F. (Org.). **Indicações técnicas para o cultivo do milho e do sorgo no Rio Grande do Sul: safras 2011/2012 e 2012/2013**. Porto Alegre: Fepagro, 2011 (Indicações Técnicas). Disponível em: <http://issuu.com/fepagro/docs/litms_2011>. Acesso em: 8 out. 2014.

RODRIGUES, W. A.; MAGALHÃES, P. C.; SANTOS, F. G.; BETERCHINE, A. G.; TOSELLO, G. A. Métodos para determinar tanino em sorgo, avaliando-se o desempenho de aves e a digestibilidade in vitro da matéria seca. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 22, n. 4, p. 540-550, 1998.

ROONEY, W. L.; AYDIN, S. Genetic control of a photoperiod-sensitive response in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Crop Science**, v. 39, n. 2, p. 397-400, 1999.

SILVA, A. G. da; BARROS, A. S.; TEIXEIRA, I. R. Avaliação agronômica de cultivares de sorgo forrageiro no sudoeste do Estado de Goiás em 2005. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n.1, p. 116-127, 2007.

SILVA, A. G.; ROCHA, V. S.; CECON, P. R.; PORTUGAL, A. F.; PINA FILHO, O. C. Avaliação dos caracteres agronômicos de cultivares de sorgo forrageiro sob diferentes condições termo-fotoperiódicas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 1, p. 28-44, 2005.

SILVA, F. F. **Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo + folhas/panícula**. 1997. 94 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

SILVA, L. C. R.; RESTLE, J. Avaliação do milho (*Zea mays* L.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p. 467.

TONANI, F. L. **Valor nutritivo das silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estádios de maturação dos grãos**. 1995. 56 p. Dissertação - (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.

VALADARES, R. F. D. Degradabilidade “in situ” da proteína bruta de vários alimentos em vacas em lactação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1990. p. 60.

VALENTE, J. O. **Produtividade de duas variedades de milho (*Zea mays* L.) e de quatro variedades de sorgo (*Sorghum vulgare* (L.Moench) e valor nutritivo de suas silagens.** 1977. 52 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1977.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

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.; FERREIRA, J. J. (Ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p. 263-287.

VIÉGAS, G. P.; BANRATTO, N. V. **Sorgos graníferos e forrageiros de São Paulo.** Campinas: Instituto Agrônômico, 1983.

VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C.; BORGES, I. D.; RESENDE, A. V. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.

WARRICK, B. E. **How a sorghum plant develops.** College Station: Texas A&M, 2000.