

CADERNOS DO

SEMIÁRIO

RIQUEZAS &
OPORTUNIDADES



FOTO: JOSÉ NILDO TABOSA



FOTO: JOSÉ NILDO TABOSA

JOSÉ NILDO TABOSA

SORGO



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco



**INTEGRAÇÃO &
FORTALECIMENTO**
DO LITORAL DO SERTÃO, UMA SÓ GESTÃO



**UNIVERSIDADE
FEDERAL RURAL
DE PERNAMBUCO**

15



SORGO
JOSÉ NILDO TABOSA

Cadernos do Semiárido | Copyright ©
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco - Crea-PE
Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA

COMISSÃO EDITORIAL

Mário de Oliveira Antonino - Coordenador
Marcelo Carneiro Leão - Coordenador Honorário
Carlos Alberto Tavares
Conceição Martins
Egídio Bezerra Neto
Jorge Roberto Tavares de Lima
José Geraldo Eugênio de França
Leonardo Valadares de Sá Barretto Sampaio
Múcio de Barros Wanderley
Waldir Duarte Costa

EDITORAÇÃO

Almira Almeida Santos - Editoração
Emmanuelle Rodrigues Araújo - Editoração
Eric Xavier de Carvalho - Editoração
Conceição Martins - Editoração
Suely Maria Silva Manzi - Editoração

Divisão de Comunicação, Projetos e Marketing do Crea-PE - Projeto Gráfico e Diagramação

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
(SIB-Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE)
Bibliotecária Conceição Martins

C122 Cadernos do Semiárido riquezas & oportunidades / Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco. – v. 15, n.2 (2020). Recife: CREA-PE: Editora UFRPE, 2020. v.

Este volume: Sorgo. / [organização de] José Nildo Tabosa.
Bimestral
ISSN 2526-2556

1. Engenharia – Periódicos. 2. Agronomia – Periódicos.
3. Semiárido brasileiro. 4. Estresse hídrico. 5. Forragem para corte e silagem. 6. Sorgo irrigado. 7. PDP – Plantio direto na palha. 8. Etanol teórico. 9. Agreste semiárido. 10. Mesorregião sertaneja. 11. Zoneamento agroecológico.
I. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco. II. Universidade Federal Rural de Pernambuco. III. Tabosa, José Nildo, org.

620.05

CREAPE

86

anos

DIRETORIA CREA-PE / GESTÃO 2020

Eng. Civil Evandro de Alencar Carvalho - Presidente
Eng. Elet. e de Seg. Do trabalho Rômulo F. T. Vilela - 1º Vice-Presidente
Eng. Civil Jorge Wanderley Souto Ferreira - 2º Vice-Presidente
Eng. Ftlal Emanuel Araújo Silva - 1º Diretor Administrativo
Eng. Civil Rildo Remígio Florêncio - 2º Diretor Administrativo
Eng.^a Civil Hilda Wanderley Gomes - 1ª Diretora Financeira
Eng. de Minas José Carlos da Silva Oliveira - 2º Diretor Financeiro

Marcella Teixeira Guimarães - Chefe de Gabinete
Gustavo Belmino Torres de Aguiar - Superintendente

Os cadernos estão disponíveis online, através do site:
www.creape.org.br/cadernos-do-semiarido-riquezas-e-oportunidades/

CADERNOS DO SEMIÁRIDO, esclarecimentos

Vem a público o Caderno 15 da série “Cadernos do Semiárido – Riquezas e Oportunidades” com a mesma satisfação com que anunciamos a chegada dos 14 Cadernos anteriores. Os esforços empreendidos para o cumprimento da tarefa são sempre recompensados quando são constatados os benefícios auferidos: um deles é o reconhecimento de pessoas modestas que não frequentaram escola ao se sensibilizarem com o aprendizado e o valor das novas tecnologias. Os vídeos, os filmetes, as figuras, a didática clara apresentada pelo bom comunicador chegam como verdadeiras orações a quem se abre para aprender as lições.

Essa é uma das faces mais nobres resultantes da discussão dos temas apresentados pelos Cadernos do Semiárido: sala ou auditório repleto de pessoas participando de uma reunião da comunidade para debater assuntos importantes para a vida de cada um. Participam os pequenos proprietários rurais e os pesquisadores, juntam-se trabalhadores comuns e técnicos destacados, misturam-se as lições e o aprendizado, vive a comunidade um momento áureo onde assume a mesma beleza: o dar e o receber. Esse é um momento no qual a convivência se enobrece pelo seu valor intrínseco: as pessoas se consideram iguais por serem quem são e por assim se sentirem.

Da mesma maneira, devem ser realizadas reuniões semelhantes nas grandes cidades e/ou capitais, nas universidades, academias, associações de classe, nos Rotary, nos Lions, nos Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia (CREA), nos sindicatos e em outros ambientes de discussões técnicas de interesse nos temas dos Cadernos. O debate de cada tema é muitíssimo importante tendo como conseqüências a informação para quem precisa se aprimorar e o despertar da consciência para o valor dos avanços tecnológicos. O mundo, hoje, é de quem mais avança no conhecimento das tecnologias.

Além do mais, pela relevância dos temas, cresce o papel dos ensinamentos tanto no aspecto teórico como no prático. Tudo que é tratado em nível elevado serve de base para as tomadas de decisões. Sabem disso aqueles que têm visão e que, por isso, enxergam longe.

O que tem sido produzido recebe a assinatura de profissionais de elevada reputação. Até hoje foram autores dos 14 Cadernos anteriores, 146 pesquisadores, doutores, professores de reconhecida experiência e saber. Neste Caderno 15, além de contarmos com a coordenação do engenheiro agrônomo e pesquisador do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), José Nildo Tabosa, há mais 24 estudiosos e mestres que dedicaram competentes autorias a 9 formidáveis capítulos.

Esses autores são: José Nildo Tabosa, Marta Maria Amâncio do Nascimento, Emmanuelle Rodrigues Araújo, Ana Rita de Moraes Brandão Brito, Luiz Evandro de Lima, José Geraldo Eugênio de França, Eric Xavier de Carvalho, Josimar Bento Simplício, Alexandre Hugo César Barros, Ademar Barros da Silva, José Alves Tavares, Ivan Ferraz, Luís Rodrigues de Oliveira, Flávio Marcos Dias, Josimar Brito Simplício, Amadeu Regitano

Neto, Ênio Farias de França e Silva, Daniel da Costa Dantas, Marco Aurélio Carneiro de Holanda, Mônica Calixto Ribeiro de Holanda, Maurício Luiz de Mello Leite, Eduardo Soares de Souza, Eduardo José Bezerra da Costa, Glaucia Sabine de Oliveira Moraes, Luciano Patto Novaes, Marcelo de Andrade Ferreira, Rôocir c;muló Simões César, Bárbara Ribeiro Alves Alencar e Emmanuel Damilano Dutra. O número total de autores dos trabalhos desses 15 Cadernos soma agora 171.

Este Caderno também nos permite reverenciar duas figuras que deram grandes contribuições à Agronomia de Pernambuco, especialmente na valorização do Sorgo. Foram entusiastas e não podem ser esquecidos: os engenheiros Agrônomos Gilberto Pessoa de Souza e Mário de Andrade Lira. Ambos continuam entre nós na memória e em nossos corações.

Gilberto, ao retornar dos Estados Unidos, onde fez o seu doutorado trouxe um grande entusiasmo sobre a importância do Sorgo no Semiárido brasileiro. Foi também um entusiasta da Associação dos Diplomados da Escola Superior de Guerra - ADESG e do Rotary, tendo sido o presidente do Rotary Clube Recife - Largo da Paz no ano Rotário 1997/98. Em parceria com o dileto companheiro Ilo Francisco Marques de Barros Barreto divulgou, naquele ano, a expressiva mensagem: "O ato de praticar o bem na vida, que depende de mais amor e de menos tempo, não é comum na agitação do dia-a-dia. Preencha-o, companheiro, com todo o seu carinho, com o melhor da sua capacidade, com o total do seu sentimento fraterno. Aproveite-o, companheiro, como um raro momento par a o seu próprio crescimento interior".

Mário de Andrade Lira, tão valoroso quanto Gilberto, sempre fidalgo e competente, era pessoa que revelava constantemente muita boa vontade e determinação na ajuda como Agrônomo e pesquisador, no Instituto Agrônômico de Pernambuco, tanto aos seus colegas como ao mais simples servidor.

O dileto amigo e Engenheiro Agrônomo José Geraldo Eugênio de França, uma das expressões máximas da agronomia brasileira e Mário de Andrade Lira Jr. são autores de um texto-homenagem publicado em páginas seguintes deste Caderno procurando definir o valor da figura de Mário de Andrade Lira dirigida a aqueles que não gozaram do privilégio da sua convivência.

Na continuação do programa editorial dos Cadernos já temos o volume II sobre "Caprinos e Ovinos no Semiárido brasileiro" para ser encaminhado para a editoração, dois Cadernos sobre "Dessalinização", quase prontos. Outro, também em fase muito adiantada sobre Apicultura, e outros três, bem próximos, sobre Sustentabilidade Ambiental. Aqueles que nutrem expectativas sobre novas publicações não vão esperar muito, aguardem!

Por último, queremos registrar os nossos agradecimentos a todos que têm colaborado com a produção dos nossos Cadernos. Embora pareça uma repetição, não queremos omitir o nome da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, nas pessoas da Magnífica Reitora Professora Maria José de Sena e do Vice-Reitor Marcelo Carneiro Leão.



Mário de Oliveira Antonino
Engenheiro Civil, Professor e Rotariano

PALAVRAS DO PRESIDENTE DO CREA-PE

Mais uma edição dos Cadernos do Semiárido Riquezas e Oportunidades está sendo lançado com o principal objetivo de se buscar dentre as grandes potencialidades do Bioma, a melhor forma de ajudar o homem do campo a lidar com o fenômeno da seca. Desta vez, trouxemos curiosidades sobre o Sorgo, cereal que até muito pouco era utilizado apenas na alimentação animal. Graças às pesquisas, a cultura é hoje uma das mais ricas, sendo, inclusive, utilizada para consumo humano, importante na tentativa de minimizar a fome no mundo, sobretudo, nas regiões mais pobres do Brasil e em Países do Continente Africano, como Moçambique e Angola, aonde recebe o nome mapira e massambala, respectivamente.

O *Sorghum bicolor*, nome científico do cereal, é uma espécie de planta com flor pertencente à família Poaceae. Faz parte de uma das culturas mais tolerantes nas condições de estresse hídrico, o que permite período maior de cultivo. Outra característica importante deste cereal, utilizado para alimentação animal e humana, é demandar investimentos relativamente menores que o de outras culturas. Isto representa uma opção de renda para agricultores situados em diversas regiões do país.

Cereal que antes era utilizado como ração animal, mostra-se com muito potencial para ser um dos melhores cereais para humanos. Sendo o quinto mais importante do mundo, atrás do trigo, arroz, milho e cevada. Ainda de acordo com pesquisas realizadas, o Sorgo possui altas propriedades antioxidantes, e tem tudo para fazer sucesso como importante alimento funcional.

Em países como a África, o Sorgo já é fonte de energia para mais de 300 milhões de pessoas. Lá, 75% do total de grãos produzidos são destinados ao consumo humano. Aqui no Brasil, não temos hábito de ingerir produtos derivados do Sorgo. Pelo menos, por enquanto, já que as propriedades nutricionais do cereal estão sendo estudadas e, certamente mudará essa realidade.

Grande diferencial do Sorgo para os demais cereais é a presença de grande concentração de antocianina em sua composição. Esta substância antioxidante é encontrada em poucos vegetais e demais alimentos, como frutas e verduras. Fora isso, o produto contém ainda diversos outros elementos fitoquímicos com grande capacidade de eliminar os efeitos da oxidação, como flavonoides e ácidos fenólicos, e proteína de boa qualidade. Minerais (ferro, magnésio, fósforo e zinco) também são encontrados no Sorgo.

As cultivares do Sorgo com tanino, plantas criadas pelo homem por meio de técnicas de cultivo como o hibridismo e seleção, possuem sabor amargo e aspecto adstringente, mas têm se mostrado promissoras na inibição da proliferação de células cancerosas no cólon e esôfago. Os diabéticos são outros beneficiados. Pesquisas com diabéticos revelam uma diminuição no nível de glicemia por causa do maior volume de fibras presente no produto. Além disso, a farinha de Sorgo tem como ponto positivo o fato de não conter glúten. O que faz dela aliada da dieta das pessoas com doença celíaca.

Embora ainda não seja tão conhecido no Brasil, o Sorgo vem sendo testado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Os testes sensoriais junto a potenciais consumidores, feitos com produtos

que utilizam o cereal como matéria-prima: pipoca, bolos, biscoitos e barra de cereais, mostram resultados animadores, já que demonstram potencial para serem consumidos diariamente.

O Caderno sobre a cultura do sorgo é, sem dúvida, um gratificante trabalho na medida em que nos abre possibilidades para um dos maiores problemas atuais da humanidade: o déficit alimentar.

Mais uma vez, esperamos contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos do mundo e não apenas do nosso País!!!!




Evandro Alencar de Carvalho
Presidente do Crea-PE

Homenagem ao Dr. Mário de Andrade Lira

Um professor, pesquisador, colega e amigo exemplar.

Mário de Andrade Lira Jr.
José Geraldo Eugênio de França

 Dr. Mário de Andrade Lira nasceu em Vitória de Santo Antão em 28/10/1941, enquanto seu pai, Mário Coelho de Andrade Lima, era chefe da Estação Experimental do então Instituto de Pesquisas Agronômicas naquela cidade, podendo-se dizer que sua longa ligação com o atual Instituto Agronômico de Pernambuco data do berço, e tendo mantido forte ligação com a instituição até o fim da vida.

A família mudou-se para o Recife ao final dos anos 1940, e desde então seu pai iniciou a ligação com a Escola Superior de Agricultura, atual Universidade Federal Rural de Pernambuco, na qual Mário Lira ingressou como estudante de Agronomia em 1961 e pela qual formou-se Engenheiro Agrônomo em 1965, mantendo atividades nesta instituição até seu falecimento.

Em 1962, iniciou seu relacionamento com Maria Monteiro da Cruz, com quem casou em 1966, vindo a ter três filhos, e destes, cinco netos. Vale mencionar que seu filho mais velho nasceu durante a realização do mestrado, a segunda filha durante a sua atividade em Itambé, e a terceira durante o doutorado.

Em 1966 ingressou como pesquisador no IPA e iniciou o mestrado na University of Georgia, Estados Unidos, tendo retornado ao Brasil em 1968 e iniciado suas atividades na Estação Experimental de Itambé, na qual desenvolveu pesquisas ao longo de mais 50 anos, praticamente sem interrupção e em diversos temas das Ciências Agrárias.

Pouco após seu regresso, também iniciou atividades de docência na atual Universidade Federal Rural de Pernambuco, no curso de Agronomia, principalmente em disciplinas ligadas ao melhoramento vegetal, tema com que sempre atuou em diferentes culturas como Sorgo, Milheto, Capim-Elefante e Palma.

Entre 1972 e 1974 realizou seu doutoramento na University of Arizona, Estados Unidos, em Melhoramento Vegetal, retornando como um dos primeiros doutores de ambas as instituições em que exercia suas atividades.

Ao retornar, iniciou atividades de melhoramento de Sorgo e Milheto em convênio entre o IPA e a Fundação Rockefeller, do qual foi o executor, e pelo qual foram lançados diversos genótipos de largo uso comercial em todo o Brasil à época.

A partir de 1975 também passou a lecionar no Curso de Mestrado em Botânica da UFRPE, atualmente Programa de Pós-Graduação em Botânica da UFRPE, e posteriormente também no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, iniciando uma ligação de longa duração, tendo em vista ter permanecido orientando discentes de Mestrado, e posteriormente doutorado, pelos próximos 40 e poucos anos. Neste tempo, foi considerado pela maioria de seus quase 60 mestrandos e 20 doutorandos como um pai. Muitos destes, por sua vez, já estão ativos na orientação de novas gerações de futuros cientistas a bastante tempo, sendo difícil, ou mesmo impossível, precisar o efeito indireto desta formação de recursos humanos sobre a atividade de pesquisa em seus campos de atuação no Nordeste brasileiro. Além de sua atuação em formação de recursos humanos, sua atividade direta como pesquisador envolveu a publicação de 210 artigos e 30 capítulos ou livros.

Dr. Mário Lira ao longo de sua vida também plantou muitos hectares de árvores, assim pode-se dizer que completou os requisitos para uma vida plena, de acordo com o tradicional ditado de que toda pessoa deveria plantar uma árvore, ter um filho, e escrever um livro.

Dentre os caracteres mais notáveis do Dr. Mário Lira destacam-se sua dedicação à família, sua abnegação e seriedade para com o trabalho e a preocupação com seus alunos e colegas mais jovens. Sua contribuição à agronomia e à zootecnia brasileira foi notável. Quer como professor, orientador e melhorista, destacando-se sua contribuição em genética e melhoramento com as culturas do sorgo, milheto, palma forrageira e capim elefante.

AUTORES

Ademar Barros da Silva - Pesquisador da EMBRAPA Solos – UEP Recife

Alexandre Hugo César Barros - Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Solos – UEP Recife

Amadeu Regitano Neto - Pesquisador da Embrapa Semiárido

Ana Rita de Moraes Brandão Brito - Pesquisador do Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA

Bárbara Ribeiro Alves Alencar - Professor da UFPE – DEN

Daniel da Costa Dantas - Bolsista PNPd-CAPES – UFRPE

Eduardo José Bezerra da Costa - Engenheiro Agrônomo/Iniciativa Privada

Eduardo Soares de Souza - Professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE – Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST

Emmanuel Damilano Dutra - Professor da UFPE – DEN

Emmanuelle Rodrigues Araújo - Pesquisadora do IPA/Bolsista Cooperação Técnica - BCT – FACEPE

Ênio Farias de França e Silva - Professor da UFRPE

Eric Xavier de Carvalho - Pesquisador do IPA

Flavio Marcos Dias - Pesquisador do IPA

Gláucia Sabrine de Oliveira Moraes - Doutoranda em Zootecnia – UFRPE

Ivan Ferraz - Pesquisador do IPA

José Alves Tavares - Pesquisador do IPA

José Geraldo Eugênio de França - Pesquisador do IPA

José Jorge Tavares Filho - Pesquisador do IPA

José Nildo Tabosa (Editor) - Pesquisador do IPA

Josimar Bento Simplicio - Professor da UFRPE – UAST

Luciano Patto Novaes - Professor visitante da UFRN

Luiz Evandro de Lima - Pesquisador do IPA

Luiz Rodrigues de Oliveira - Pesquisador do IPA

Marcelo de Andrade Ferreira - Professor da UFRPE

Marco Aurélio Carneiro de Holanda - Professor da UFRPE – UAST

Marta Maria Amâncio do Nascimento - Pesquisador do IPA

Mauricio Luiz de Mello Vieira Leite - Professor da UFRPE – UAST

Mônica Calixto Ribeiro de Holanda - Professor da UFRPE – UAST

Rômulo Simões Cezar Menezes - Professor da UFPE – DEN

SUMÁRIO

1 HISTÓRICO E IMPORTÂNCIA DO SORGO	17
1.1. Características importantes do sorgo no semiárido	19
1.2. O sorgo em ambiente do semiárido brasileiro	20
2 CLIMA	25
2.1. Balanço hídrico	25
3 SISTEMA DE PRODUÇÃO	29
3.1. A cultura do Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	29
3.1.1. Tipos de sorgo e utilização	29
3.2. Plantio	36
3.2.1. Plantio manual	36
3.2.2. Uso de plantadeira	36
3.2.3. Consumo de sementes de sorgo para o plantio de um hectare	36
3.2.4. Época de plantio	37
3.2.5. Herbicida no plantio	37
3.2.6. Calagem e adubação	37
3.3. Pragas e doenças do sorgo no semiárido e seu controle	37
3.3.1. Pragas	38
3.3.2. Doenças do Sorgo	38
3.4. Colheita	38
3.4.1. Sorgo forrageiro de duplo propósito e sudanense	38
3.4.2. Sorgo granífero	38
3.4.3. Época de colheita	39
3.5. Cultivares recomendadas	39
3.6. Produção esperada	39
3.7. Observações importantes	39
4 IRRIGAÇÃO	41
4.1. Importância da irrigação para a produção no semiárido	41
4.2. Critérios para a seleção do método de irrigação	41
4.3. Métodos de irrigação	41
4.3.1. Irrigação por superfície	41
4.3.2. Irrigação por aspersão	42
4.3.3. Irrigação localizada	43
4.4. Manejo da irrigação	45
4.5. Manejo via solo	45
4.6. A qualidade de água para irrigação	46
5 UTILIZAÇÃO DO SORGO NA PRODUÇÃO DE AVES E SUÍNOS	47
5.1. Utilização do sorgo na produção de aves	48
5.2. Utilização do sorgo na produção de suínos	50

6 A AGRICULTURA DE VAZANTE NA PRODUÇÃO DE SORGO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	53
7 USO DA COBERTURA MORTA NA CULTURA DO SORGO EM CULTIVO DE VAZANTE NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO	57
7.1. Aspectos importantes do uso da cobertura morta	58
8 POTENCIAL DO SORGO PARA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	63
8.1. Importância e diversidade do sorgo para o semiárido	63
8.2. Composição química	63
8.3. Grão de sorgo	63
8.4. Silagem de sorgo	64
8.5. Desempenho animal	66
8.5.1. Vacas leiteiras	67
8.5.2. Desempenho de vacas leiteiras alimentadas como associação de silagem de sorgo com palma forrageira	67
8.5.3. Bovino de corte	68
8.5.4. Desempenho de bovinos alimentados com grãos de sorgo	68
8.6. Considerações finais	69
9 POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DA BIOMASSA DE SORGO SACARINO	71
9.1. Aspectos gerais da biomassa de sorgo sacarino	71
9.2. Composição química da biomassa de sorgo sacarino	72
9.3. Produção de etanol a partir do caldo do sorgo sacarino	72
9.4. Produção de etanol a partir dos grãos do sorgo sacarino	73
9.5. Produção de etanol a partir do bagaço e das folhas do sorgo sacarino	73
9.6. Biomassa de sorgo como matéria-prima para biorrefinarias	73
9.7. Considerações finais	73
REFERÊNCIAS	75



CAPÍTULO 1

HISTÓRICO E IMPORTÂNCIA DO SORGO

José Nildo Tabosa - Pesquisador do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA

Ana Rita de Moraes Brandão Brito - Pesquisador do IPA

Luiz Evandro de Lima - Pesquisador do IPA

José Geraldo Eugênio de França - Pesquisador do IPA

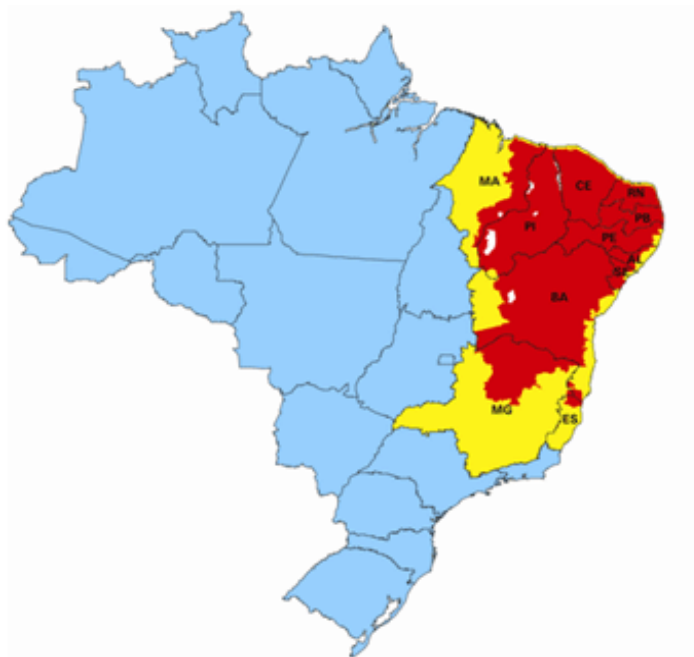
Eric Xavier de Carvalho - Pesquisador do IPA

Josimar Bento Simplicio - Professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE –
Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UAST

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é uma planta de origem tropical, adaptada às regiões secas, de clima semiárido e em alguns casos a ambientes caracterizados como de clima árido. É uma cultura considerada resistente à períodos secos, notadamente em regiões do semiárido brasileiro. É importante salientar que é nesse espaço em face de limitações de ordem climática para a grande maioria das culturas anuais, que o sorgo poderá ocupar papel importante. Assim, é conveniente caracterizar esta região antes de detalhar propriamente a cultura foco desse estudo. O semiárido brasileiro abrange a maior parte dos Estados da Região Nordeste com um percentual de 86,48%, ocupando também a região setentrional do Estado de Minas Gerais com 11,01% e uma porção do Estado do Espírito Santo com 2,51% (ASA BRASIL, 2009; FETRAECE 2012). Neste âmbito é veiculado que o semiárido brasileiro compreende 1.142.000 km² de área e reúne cerca de 1.500 municípios dos seguintes Estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe. Possui uma população de 26,4 milhões de habitantes, 15,5% da população brasileira (UNICEF, [s.d.]). Além disso, estudos indicam que no estado do Maranhão existem 46 municípios considerados de clima semiárido, definidos pelos critérios de semiaridez, segundo Lemos [s.d.].

O Semiárido brasileiro pode ser considerado o maior do mundo em extensão territorial, ficando somente abaixo em população, quando comparado com regiões da Índia e da China. O período seco nessa região estende-se de seis a oito meses, podendo chegar até 11 meses (JACOMINE, 1996). Com relação aos aspectos geofísicos, Sá; Riché; Fotius (2004), identificaram 20 macrorregiões ou unidades de paisagem, compondo 172 unidades geoambientais. Nesta região, a variabilidade de ambientes observados, de acordo com Ab'saber (1984), provém de diferentes combinações dos componentes abióticos, como as condições termopluiométricas, seguidas de propriedades litoestruturais, posicionamento topográfico e heranças paleoclimáticas. Em face do exposto, a expressão “semiárido brasileiro” poderá substituir a expressão semiárido do Nordeste que por sua vez representa maior dimensão e escopo. As classes de solos dessa região (EMBRAPA, 2001) que possuem aptidão plena e regular para a cultura do sorgo compreendem 21% de Latossolo Vermelho e Vermelho-Amarelo e 15% de Argissolo, totalizando assim, 36% do território. Na figura 1 abaixo, pode ser visualizada a delimitação dessa região denominada de semiárido brasileiro.

Figura 1. Mapa da delimitação do semiárido brasileiro.



Fonte: (UNICEF, [s.d.]).

Vale salientar que as estatísticas com relação à cultura do sorgo que são veiculadas pelo IBGE, CONAB e pela FAO, correspondem exclusivamente a cultura do sorgo granífero, unicamente para produção de grãos caracterizando-a como uma cultura industrial (é o quinto cereal mais importante do mundo em área cultivada com cerca de 40 milhões de hectares, somente atrás do trigo, milho arroz e cevada (FAO, 2016)). Nesses dados divulgados, não são contempladas as estatísticas dos demais tipos de sorgo: o forrageiro, sacarino, de duplo propósito, herbáceo, biomassa e sorgo vassoura (TABOSA et al., 2013a).

As estimativas de área cultivada desses outros tipos de sorgo são computadas pelo quantitativo de sementes comercializadas: para 10 kg de sementes vendidas há uma correspondência de um hectare plantado. No Brasil hoje, segundo a APPS (Associação Paulista dos produtores de sementes e mudas), 2018, a área cultivada de sorgo granífero e forrageiro são de 808.198 e 367.275 hectares, respectivamente. Por sua vez, os Estados produtores de sorgo granífero que compõem o semiárido brasileiro (MA, PI, CE, RN, PE, BA, ES e MG) possuem área média de cultivo de 150 a 195 mil hectares, no quadriênio de 2007 a 2010 (IBGE, 2010) e de 95 a 182 mil hectares no triênio de 2015 a 2017. Isto representa de 17 a 24% de todo sorgo granífero produzido no Brasil (IBGE, 2017). O mais importante é que neste último período, destacaram-se os estados do Maranhão, Piauí e Bahia e que todas estas áreas colhidas de sorgo granífero, encontravam-se no contexto da maior seca prolongada ocorrida na região, notadamente de 2012 a 2017. Com relação ao sorgo forrageiro e de duplo propósito, não há disponibilidade de dados oficiais sobre suas respectivas áreas de cultivo. É sabido que estas são importantes e representam suporte forrageiro para a pecuária regional. Essas estatísticas estão diluídas no âmbito de plantas forrageiras.

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) provavelmente foi “domesticado” na Etiópia, cerca de 5.000 anos atrás, e em seguida cultivado na África Ocidental, desde o Sudão até o rio Niger (FERNANDES, 1981). É uma cultura relativamente nova nas Américas, tendo sido introduzido nos Estados Unidos em 1857. No Brasil, sua introdução se atribui aos escravos, onde a cultura ficou conhecida como milho d’Angola (LIRA, 1981; LIRA et al., 1986).

Em Pernambuco, consta como primeiro registro de produção e pesquisa, dados de plantio de uma variedade forrageira para produção de feno, denominada de grohoma. Esse fato ocorreu no município de Limoeiro (agreste de Pernambuco), na unidade do DPA (Diretoria de Produção Animal da Secretaria de Agricultura) na gestão do engenheiro agrônomo Antônio Correia de Souza, técnico deste órgão em 1938 (MIRANDA et al., 1972). Todavia, Lima e Mafra (1963) relatam que o primeiro registro da cultura do sorgo, em Pernambuco, data de 1930 em Surubim, localizado na também do agreste, envolvendo uma atividade de fomento com a cultura do algodão, sob responsabilidade da Secretaria de Agricultura. Essa atividade consistia na separação de campos de algodão por fileiras de sorgo. Segundo ainda esses autores, outras variedades eram também cultivadas na região. Dentre estas, uma denominada de vira-cacho conhecida como milho d’Angola, que era consumida na forma de

pipoca. Além disso, consta ainda nesse relato que nas décadas de 1920 a 1940, grãos de sorgo eram comercializados nas feiras livres das cidades do interior, dentre elas na feira de Caruaru. Todavia, os trabalhos experimentais com essa cultura tiveram início em 1958, a partir de introduções de coleções de variedades dos Estados Unidos (Forth Collins), de coleções do continente africano e de outros materiais genéticos do IAC – Instituto Agrônomo de Campinas – SP. Vale salientar que essas ações/atividades de melhoramento, foram realizadas com os esforços de Mário Coelho de Andrade Lima (através da então Secretaria de Agricultura de Pernambuco) e Gilberto Pessoa de Souza (Pesquisador do IPEANE – Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Nordeste).

Dando continuidade a esses esforços, o Programa de Sorgo e Milheto (PSM) na região Nordeste, foi iniciado em 1973, com apoio da Fundação Ford, SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste) e BNB (Banco do Nordeste) com recursos do FUNDECI (Fundo de Desenvolvimento Econômico, Científico, Tecnológico e de Inovação). Este programa ficou a cargo do IPA (Instituto Agrônomo de Pernambuco até o final de 1979. Em prosseguimento ao desenvolvimento das pesquisas, apenas o BNB e Sudene apresentaram expressivo apoio financeiro até o início de 1990. A partir daí (além de recursos do Tesouro do Estado), outras fontes como FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), FACEPE (Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco) e convênios com a UFRPE (Universidade Federal Rural de Pernambuco) ofereceram apoio logístico e financeiro ao Programa de Sorgo em Pernambuco.

A utilização do sorgo é multivariada, desde a alimentação animal, até a produção de outros produtos, utilizados largamente na alimentação humana sob a forma de farinha na Índia, China, Sudão, Etiópia, Nigéria e outros países da África. No Ocidente, onde a cultura foi introduzida em meados do século passado, o sorgo granífero é utilizado como substituto do milho na alimentação animal. Já o sorgo sacarino, utilizado desde 1857 nos Estados Unidos na elaboração de xaropes, álcool e açúcar, tecnologia já em uso na Itália, considerada o principal produtor de sorgo sacarino para este propósito. Contudo, sua maior importância é como sorgo granífero, considerando a produção mundial dos principais cereais cultivados.

1.1. Características importantes do sorgo no semiárido

Basicamente os tipos de sorgo são: granífero, forrageiro, sacarino e vassoura. Além destes, ocorrem as combinações de exploração da planta quanto a natureza, os chamados de duplo propósito ou dupla finalidade. Vale ressaltar que o sorgo sacarino pode ser dependendo do caso, utilizado como sorgo forrageiro, desde que apresente elevada produção de biomassa. Ainda existe um quinto tipo de sorgo (de natureza herbácea) o sudanense (*Sorghum sudanense*). Esse pertence a outra espécie botânica, apresenta porte médio, baixo teor de HCN (ácido cianídrico), ciclo precoce e aptidão para feno e pastejo.

Na Tabela 1, constam 20 diferenças básicas entre as culturas do milho e do sorgo granífero/sorgo de duplo propósito, notadamente quanto aos aspectos de adaptabilidade ao semiárido, resistência à seca e demais fatores abióticos e bióticos. Com relação ao sorgo granífero evidencia-se que o seu produto (grão) é utilizado na alimentação animal na forma de farelo e também é utilizado em muitas regiões do mundo na alimentação humana. Para isto, os grãos não podem apresentar tanino, pelo fato de ser um metabólito secundário e ter efeito antinutricional (MAGALHÃES; RODRIGUES; DURÃES, 1997), não sendo recomendado para a alimentação de monogástricos (suínos e aves).

A presença de tanino não tem relação com a cor externa do grão de sorgo. O tanino está presente na camada intermediária após o pericarpo denominada de testa. Não confundir tanino com HCN (ácido cianídrico) o mesmo encontrado na mandioca. Este último, presente no sorgo, o heteroglucosídeo cianogênico, denominado de durrina ($C_{14}H_{17}O_7N$), quando ingerido, encontra no rúmen condições para ser transformado em ácido cianídrico, sob ação de uma enzima, a emulsina.

Dependendo do nível de HCN formado, poderá haver a morte do animal por asfixia. Tudo isso ocorre em plantas juvenis de sorgo, principalmente até 30 cm de altura, caso o animal consuma grande quantidade e rapidamente da biomassa verde e de forma exclusiva. Pode ocorrer intoxicação, na rebrota juvenil do sorgo. A partir de um metro de altura, praticamente não existe mais fator de toxidez letal. Níveis entre 75 a 100mg de HCN/100g de Matéria seca são considerados altos (DEMARCHI; BOIN; BRAUN, 1995; TABOSA et al., 2013a).

Tabela 1 - Comparativo do milho com o sorgo granífero/duplo propósito (cultivares de ciclo precoce ou médio): características fisiológicas, aspectos e fatores de produção observados no semiárido ⁽¹⁾

Parâmetros	Cultura	
	Sorgo	Milho
Exigência hídrica no ciclo	300 mm	600 mm
Duração média de déficit hídrico crítico	40 dias	20 dias
Dormência sob baixa umidade do solo	Retoma o crescimento com o retorno da umidade	Não apresenta dormência e não retoma o crescimento.
Eficiência de uso de água	150 a 300 L água kg ⁻¹ matéria seca (MS)	450 a 600 L água kg ⁻¹ MS
Presença de cutina nas folhas reduzindo a transpiração	Camada espessa	Camada fina
Área foliar	55 % da área foliar do milho, o que reflete em menor transpiração	Transpira quase o dobro do sorgo, consumindo assim, quase o dobro da água
Enrolamento das folhas sob condições de estresse, formando um ambiente de menor transpiração (ambiente de umidade relativa maior que a umidade do ar)	Presente	Ausente
Expectativa de colheita - Probabilidade	9 colheitas em cada 10 anos O sorgo é mais pobre que o milho	2 colheitas em cada 10 anos
Parâmetros nutricionais	Sorgo = 90% do milho	Milho = 100 %
Utilização na ração de aves	100 %	100 %
Ciclo da cultura	90 a 110 dias	120 a 150 dias
Custo por hectare	menor	maior
Definição de Zoneamento de Risco Climático para a cultura	Sim	Sim
Produtividade de grão sob condição de sequeiro no semiárido – média tecnologia	Até 3.000 kg ha ⁻¹	Até 1.200 kg ha ⁻¹
Profundidade do sistema radicular	Até 1,5 m	Maior parte das raízes nos primeiros 30 cm
Volume de raízes secundárias	O dobro do milho	50 % do sorgo
Perfilhamento e rebrota "Stay Green"	presente presente	ausente ausente
Principais pragas de importância econômica no semiárido	Formiga e lagarta elasmó na (fase juvenil)	Várias
Produtividade média de MS restolho	3,0 - 5,0 t.ha ⁻¹	2,0 - 3,0 t.ha ⁻¹

Tabosa et al.(1987); Tabosa et al. (2002); Tabosa et al.(2008); Tabosa et al. (1995); Tabosa et al. (1993); Lima (1998); Monteiro (1999); Lacerda et al.(2003); Magalhães, Durães e Rodrigues (2007); Nascimento et al. (2006); www.sistemadeproducao.cnpia.embrapa.br; MS: matéria seca.

1.2. O sorgo em ambiente do semiárido brasileiro

Em primeiro plano, ressalte-se a importância de cultivares de sorgo de ciclo curto e médio para produção intensiva de forragem sob condições de baixo suprimento hídrico. Na Figura 2, pode ser observado o contraste entre o sorgo e o milho sob condições adversas de suprimento hídrico em ambiente do semiárido.

Figura 2 - Sorgo variedade SF 15 x milho variedade catingueiro



Fonte: José Nildo Tabosa.

Outro ponto importante é a exploração de forragem de sorgo com a ocupação imediata, nos leitos das áreas em processo de secamento dos reservatórios (açudes e barragens) do semiárido, aproveitando a umidade remanescente. Uma vez implantado e com o conseqüente aprofundamento do sistema radicular, a cultura escapa da salinidade do solo concentrada na superfície do solo. Nas Figuras 3, 4 e 5 pode ser observado este fato no reservatório açude do sacco, na unidade do IPA de Serra Talhada nesses anos de severo estresse hídrico e solo salinizado.

Figura 3 - Sorgo forrageiro / sacarino implantado na área seca do açude do sacco – Serra Talhada – PE, 2015



Fonte: José Nildo Tabosa.

Figura 4 - Sorgo sudão em área salinizada do leito seco do açude do sacco. Serra Talhada – PE, 2001



Fonte: José Nildo Tabosa.

Figura 5 – Sorgo rebrota em área salinizada no leite seco do açude do saco, Serra Talhada – PE, 2016



Fonte: José Nildo Tabosa.

Outro ponto importante nesses anos secos é a possibilidade limitada da irrigação com água comprometida pela salinidade, desde que se desenvolvam procedimentos de subsolagem, drenagem adequada e rotação de cultivo (sorgo-leguminosa-sorgo). Nas Figuras 6 e 7 abaixo pode ser observado esse tipo de cultivo.

Figura 6 – Sorgo SF 15, fase juvenil, cultivado com água salinizada (C2S3) de poço às margens do Rio Moxotó, Ibimirim – PE, 2016



Fonte: José Nildo Tabosa.

Figura 7 - Sorgo variedade Ponta Negra, fase de colheita, cultivado com água (C2S3) de poço às margens do Rio Moxotó, Ibimirim – PE, 2016



Fonte: José Nildo Tabosa.

Diante destas afirmativas e tendo como foco o sorgo no ambiente semiárido com vistas à produção de grãos, forragem e produtos, a partir do sorgo forrageiro, herbáceo e sacarino, ressaltam-se os seguintes pontos:

- Na região semiárida, cerca de 70% das chuvas ocorrem no primeiro quadrimestre do ano;
- Os períodos de seca tem se acentuado drasticamente na região a partir de 2012.

Em face do sorgo se comportar como uma planta de elevada economia hídrica, junto à palma forrageira, configura-se como um ponto de fundamental importância para o planejamento de convivência com a seca - fenômeno de ocorrência normal na região. Nesse contexto da cultura do sorgo no semiárido, evidenciam-se os estudos de zoneamento, que trata do que, quando e onde plantar e conduzir o sorgo:

De conformidade com o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), as Portarias de Zoneamento Agrícola de Risco Climático e no caso particular de Pernambuco pode-se optar pelo Zoneamento Agroecológico para o estado de Pernambuco (EMBRAPA, 2001), objetivando assim, delinear quando, como e onde recomendar quais tipos de sorgo, para os diferentes ambientes fisiográficos do estado.



CLIMA

Alexandre Hugo Cézár Barros - Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRAPA Solos – UEP Recife

Ademar Barros da Silva - Pesquisador da EMBRAPA Solos – UEP Recife

A cultura do sorgo apresentou expressiva expansão nos últimos anos agrícolas. Do ponto de vista agrônomo, este crescimento é explicado, principalmente, pelo alto potencial de produção de grãos e matéria seca da cultura, além da sua extraordinária capacidade de suportar estresses ambientais.

A cultura, com características xerófilas, é considerada tolerante a períodos secos, notadamente em regiões do Nordeste do Brasil. A maioria dos materiais genéticos de sorgo, requerem temperaturas superiores a 21°C para um bom crescimento e desenvolvimento. A planta de sorgo tolera mais a escassez de água e o excesso de umidade no solo do que a maioria dos outros cereais. Além disso, o sorgo forrageiro, granífero e o sacarino são espécimes que podem ser cultivadas numa ampla faixa de condições de solo e de clima (TABOSA et al., 2013b).

Essa cultura se desenvolve nas regiões de precipitações pluviais irregulares e temperaturas ambientais relativamente altas. Possui boa rusticidade, aclimatando-se às mais variadas altitudes e latitudes. Apresenta um ciclo fenológico médio de quatro meses. Desenvolve-se melhor à temperatura média de 26 °C e requer durante o seu ciclo uma precipitação pluvial de cerca de 550 mm. Segundo Sans, Morais e Guimarães (2003), o consumo de água pelo sorgo varia entre 380 mm e 600 mm durante o ciclo, dependendo principalmente das condições ambientais (climáticas) dominantes.

O sorgo é uma cultura tolerante, ainda, a diversas condições de fertilidade natural, podendo ser cultivado em solos que variam de textura argilosa a ligeiramente arenosa (LANDAU; SANS, 2009). Algumas variedades são relativamente tolerantes à salinidade (condutividade elétrica do extrato de saturação do solo – CE_s – até 8,0 dS m⁻¹). Por outro lado, não tolera solos ácidos, notadamente com teores de Al³⁺ elevado – com caráter aluminico ou alítico – além daqueles mal drenados. A cultura é principalmente exigente nos elementos nitrogênio e potássio (BARROS et al., 2017).

Nos últimos anos, o semiárido brasileiro tem enfrentado estiagens agrícolas de forma generalizada, tornando as espécies de elevada tolerância à seca como as únicas opções ao plantio de sequeiro.

Para entender melhor os ambientes do semiárido brasileiro, em especial o seu potencial produtivo. Para a cultura do sorgo, torna-se imprescindível a associação de informações disponíveis sobre o potencial da cultura, quanto ao solo e ao clima, conforme as suas exigências e, assim, subsidiar e auxiliar no planejamento de uso das terras com base em princípios de conservação dos recursos naturais.

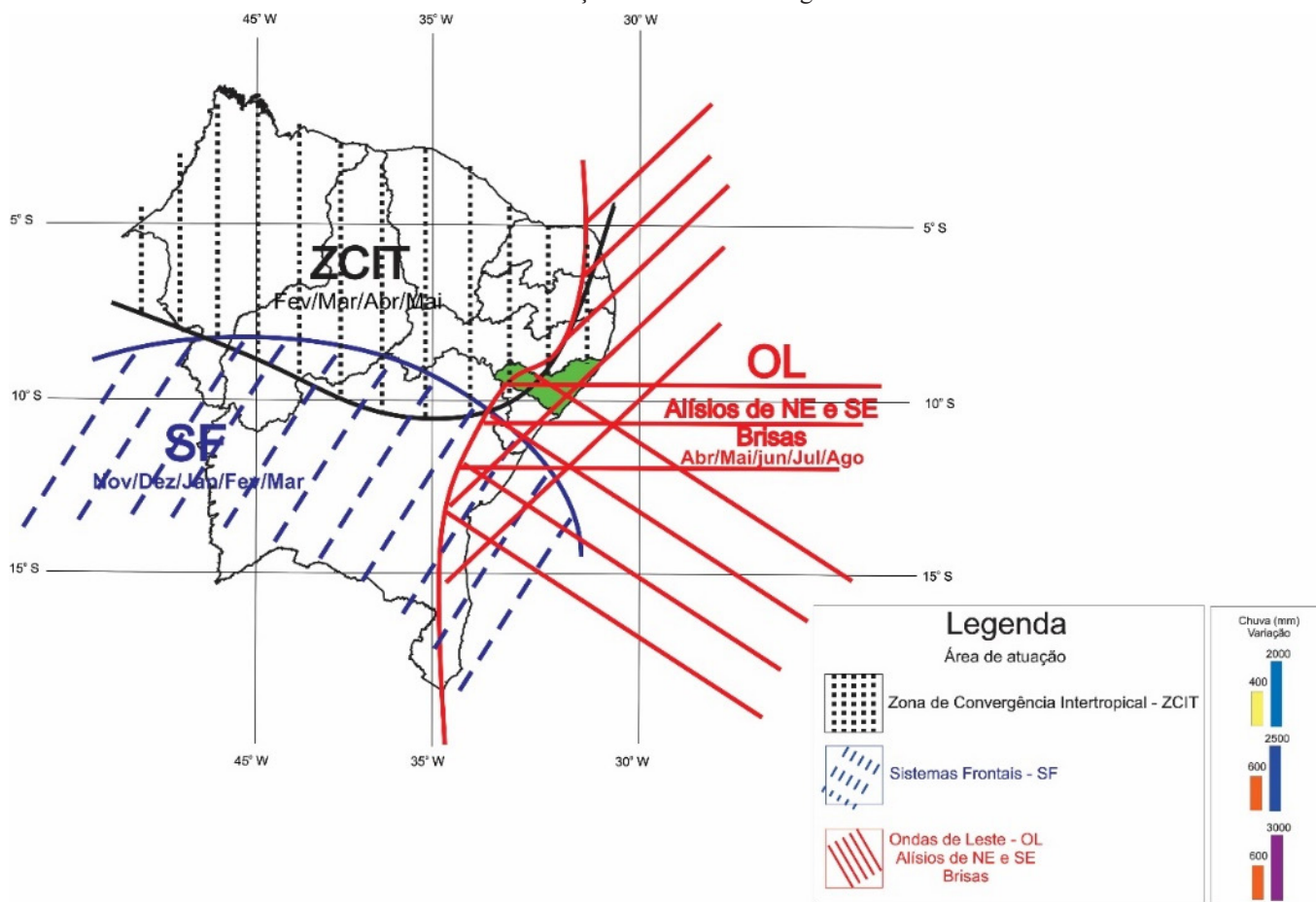
2.1. Balanço hídrico

Esse ambiente de clima semiárido é associado a uma vegetação xerófila em cerca de 50% do seu território. A região tem como principais características climáticas as irregularidades da precipitação pluviométrica e a pouca variação sazonal da radiação solar, do fotoperíodo e da temperatura do ar. A proximidade da linha do Equador é um fator que condiciona um número elevado de horas de incidência de sol por ano e índices acentuados de evapotranspiração.

O regime de chuvas na região semiárida está diretamente relacionado com as configurações da circulação atmosférica e oceânica em grande escala sobre os trópicos, mas também fica submetida à influência de sistemas de mesoescala, tais como os

complexos convectivos e as brisas marítimas e terrestres que influenciam todas as sub-regiões, além das circulações orográficas e pequenas células convectivas que constituem os fenômenos de microescala (Figura 8).

Figura 8 - Sistemas meteorológicos que provocam chuvas na região semiárida do Nordeste. Detalhe em verde representa a delimitação do Estado de Alagoas



Fonte: Adaptado de Nobre e Molion (1986); Molion e Bernardo (2002).

Com relação ao balanço hídrico da região, se observa dois períodos distintos: um período chuvoso de 3 a 5 meses, denominado de “inverno”, e um longo período seco, chamado de “verão”, com duração de aproximadamente 7 a 9 meses, ocasionando um balanço hídrico negativo na maioria dos meses do ano, e que pode, ainda, alongar-se nos anos secos. Na figura 8 pode ser observado uma série de balanços hídricos das principais regiões do Nordeste: Cerrados, que compreendem parte das regiões do Oeste Baiano e Sul do Maranhão e Piauí, Norte do Maranhão, com regime de precipitação pré-amazônico, a Zona da Mata que se encontra a Leste da região, em contato com o litoral; o Agreste que é uma região de transição entre a zona úmida e seca e o Sertão que corresponde às superfícies com características climáticas áridas e semiáridas, com isoietas de 800 mm anuais e, que no seu interior, podem chegar a valores inferiores a 600 mm por ano.

A temperatura ótima para crescimento e desenvolvimento do sorgo varia entre 29 °C e 33 °C. Em temperaturas superiores a 38 °C e inferiores de 16 °C, a produtividade é severamente diminuída. Tanto o desenvolvimento floral e a fertilização dos grãos podem ocorrer com temperaturas em torno de 40 °C a 43 °C, desde que haja umidade disponível no solo, o que confere a cultura do sorgo também, uma ótima adaptação às temperaturas do semiárido.

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) (ALLEN et al., 1998), os valores de Kc para o sorgo são:

Clima padrão - subsumido (umidade relativa mínima do ar em torno de 45% e velocidade do vento a 2 m de altura em torno de 2 m/s), com um valor médio de 0,75.

Fase I: 0,35 a 0,45;

Fase II: o valor varia linearmente entre os valores das fases I e III;

Fase III: 1,10; e

Fase IV: 0,5

Afastando-se dessa condição climática deve-se corrigir os valores de K_c na fase III de acordo com a equação:

$K_c = 1,10 + [0,04*(u_2 - 2) - 0,004*(UR_{min} - 45)] *(h/3)^{0,3}$; em que u_2 é a velocidade do vento a 2 m de altura ($m.s^{-1}$), UR_{min} é a média da umidade relativa mínima (%) e h é a altura da planta na fase III (m).

De acordo com (Pereira Filho e Rodrigues, 2015) a região do Apodi os coeficientes foram determinados para fase I – 0,40; fase II – 0,68; fase III – 1,14; fase IV – 1,10.

Existe um grande número de cultivares de sorgo com índices de produtividade e adaptação influenciados pelas condições edafoclimáticas. Para que a produção de forragens, seja a mais eficiente possível, o estudo dos fatores condicionantes dessa potencialidade: aspectos climáticos, indicadores de fertilidade, características dos solos e os mecanismos de interação da planta ao déficit hídrico. O sorgo, devido sua eficiência na acumulação de matéria seca nestas condições climáticas, apresenta-se como uma das opções de maior viabilidade para o semiárido brasileiro.



CAPÍTULO 3

SISTEMA DE PRODUÇÃO

José Nildo Tabosa - Pesquisador do IPA

José Alves Tavares - Pesquisador do IPA

Marta Maria Amâncio do Nascimento - Pesquisador do IPA

Ivan Ferraz - Pesquisador do IPA

Luiz Rodrigues de Oliveira - Pesquisador do IPA

Flavio Marcos Dias - Pesquisador do IPA

Josimar Bento Simplicio - Professor da UFRPE/UAST

José Jorge Tavares Filho - Pesquisador do IPA

Emmanuelle Rodrigues Araújo – Pesquisadora do IPA/
Bolsista Cooperação Técnica - BCT - FACEPE

Amadeu Regitano Neto - Pesquisador da EMBRAPA Semiárido

3.1. A cultura do Sorgo (*Sorghum bicolor*)

Apresenta características de resistência à seca e é utilizada na alimentação animal (bovinos, ovinos e caprinos), na forma de corte, silagem e feno (Sorgo forrageiro). Do grão do sorgo (sorgo granífero e ausente de tanino), além de atender à alimentação animal monogástricos (aves e suínos), também se obtém uma farinha proteinizada que poderá ser utilizada na alimentação humana. Na Ásia e África, o sorgo granífero atende as necessidades alimentares de cerca de 500 milhões de pessoas (FAO, 2017).

3.1.1. Tipos de sorgo e utilização

Quanto à natureza são caracterizados em seis tipos de sorgo: granífero, forrageiro, sacarino, sudanense (herbáceo), biomassa e vassoura. Existem ainda os chamados de sorgos de duplo propósito, quando da mesma planta é explorada mais de um produto.

3.1.1.1. Sorgo granífero

Apresenta porte baixo, altura média de planta até 170 cm, que produz, na extremidade superior, uma panícula (cacho), onde se localizam os grãos (principal produto deste tipo de sorgo). Após a colheita do grão, o resto da planta ainda encontra-se verde (subproduto denominado de restolho), podendo ser usado como feno ou pastejo. Na Figura 9 pode ser observada uma área de sorgo granífero/duplo propósito no agreste semiárido de Pernambuco.

Figura 9 - Área de sorgo granífero / duplo propósito – IPA 1011 seleção 2000. No detalhe: grãos secos e biomassa ainda verde. No caso vertente a exploração é para grãos seguida do restolho para feno. Caruaru, 2011



Fonte: José Nildo Tabosa.

Na Figura 10, pode ser observada uma área de sorgo granífero para produção de grãos e aproveitamento de restolho. No ponto de colheita do grão, observa-se que o restolho continua verde, caracterizando o “staygreen” da cultivar. Pode também ser explorada para silagem, desde que colhida na fase de grãos leitosos/pastosos. Em face disso, essa variedade é considerada de duplo propósito. Pode ainda de acordo com Tabosa et al. (2013a), após a colheita dos grãos maduros (secos), colocar animais para pastejo direto visando a exploração do restolho.

Figura 10 - Vista parcial de um campo de produção de grão e de restolho da variedade de sorgo IPA 1011



Fonte: Acervo do IPA.

3.1.1.2. Sorgo forrageiro

O sorgo forrageiro tradicional ou silageiro é de porte alto, altura de planta superior a três metros, ciclo de médio a tardio, elevada produção de forragem e adaptado ao semiárido e regiões similares. Já o tipo

forageiro de porte médio, de ciclo precoce de altura de até 2,50 m, apresenta panícula compacta bem granada que pode ser colhida na fase leitosa/pastosa para uma silagem enriquecida (Figura 11).

Figura 11 - Vista parcial de uma área de sorgo forrageiro/silageiro tradicional, tardio e de porte alto – SF 15. No detalhe o sorgo de porte baixo é o forrageiro precoce para silagem com grão enriquecido – IPA 2564. Agreste de Pernambuco, 2011



Fonte: José Nildo Tabosa.

Nas Figura 12A, 12B e 12C, pode ser visto uma área de sorgo forrageiro de duplo propósito precoce para colheita de silagem enriquecida com os grãos na fase leitosa/pastosa.

Figura 12A - Vista parcial de uma área de sorgo forrageiro precoce de porte médio – IPA 2502. São José do Egito, 2010



Fonte: José Nildo Tabosa.

Figura 12B - Área de sorgo duplo propósito BRS Ponta Negra, destinado a colheita para forragem. Agreste de Alagoas, 2011



Fonte: José Nildo Tabosa.

Figura 12C - Vista parcial da variedade de sorgo de duplo propósito IPA 2502 no agreste e semiárido de Pernambuco, 2010



Fonte: José Nildo Tabosa.

3.1.1.2. Sorgo sacarino

Com altura de planta superior a três metros é caracterizado principalmente, por apresentar colmo doce e succulento, como o da cana-de-açúcar. A panícula é aberta e produz poucos grãos (sementes). A exploração desse tipo de sorgo é destinada a obtenção de etanol carburante. Pode também ser cultivado em sucessão às áreas de plantio, de renovação e de entressafra da cana-de-açúcar, nas agroindústrias produtoras de etanol. No semiárido, pode ser utilizado como forrageiro, na forma de silagem e de corte. Toda cultivar de sorgo sacarino pode também ser utilizado como forrageiro. O sorgo sacarino está para a cana-de-açúcar como o granífero está para o milho. De fácil manejo, apresenta um ciclo vegetativo/reprodutivo entre 120 a 130 dias. Difere também do sorgo forrageiro tradicional pelo fato de possuir o colmo succulento e rico em açúcar (Figura 13A e 13B).

Figura 13 - Vista parcial de colmo de sorgo forrageiro apresentando colmo isoporizado (A) e colmo de sorgo sacarino com aspecto suculento (B)



Fonte: José Nildo Tabosa.

Nas figuras 14 e 15 pode ser observada uma área de sorgo sacarino para forragem.

Figura 14 - Vista parcial de área de sorgo sacarino IPA 467, de 5,0 m de altura de exploração para silagem. Cultivo de sequeiro no sertão alagoano – Localidade de Pão de Açúcar, 2013



Fonte: Acervo do IPA.

Figura 15 - Variedade IPA 467-4-2 de sorgo sacarino de aptidão forrageira em cultivo na região do semiárido brasileiro (Canindé do São Francisco)



Fonte: Acervo do IPA.

3.1.1.3. Sorgo sudanense

O sorgo sudanense – *Sorghum sudanense* (também denominado de sorgo sudão, capim sudão e sorgo sudan, é de outra espécie de sorgo, é um tipo herbáceo de perfilhamento vigoroso e alto poder de rebrota, diferente da espécie *Sorghum bicolor*) é caracterizado por apresentar ciclo precoce, é colhido a intervalos de 40-50 dias, porte médio, elevado valor nutritivo de forragem, tolerância à salinidade e aptidão principal para feno. Pode oportunamente ser utilizado também para silagem.

Na Figura 16 pode ser vista uma área de sorgo sudão para exploração e de feno.

Figura 16 - Vista parcial de uma área de sorgo sudão IPA 4202 para de corte e de feno. No detalhe: Fase de colheita para feno com intenso perfilhamento e fase de florescimento. Agreste de Pernambuco, 2013



Fonte: José Nildo Tabosa.

3.1.1.4. Sorgo para biomassa

Estudos realizados pela Embrapa Milho e Sorgo colocam que este tipo de sorgo pode atingir uma altura de até seis metros em apenas 180 dias e se constitui em uma alternativa para a geração de energia. Apresenta rápido crescimento e alto potencial produtivo e qualidade com poder calorífico similar ao da cana-de-açúcar, do eucalipto e do capim-elefante. O material pode ser utilizado em usinas termelétricas, como também em indústrias que utilizam caldeiras e geram energia para consumo próprio.

Já foram desenvolvidas cultivares como a BRS 716, para cogeração de energia por meio da queima de biomassa, apresenta alta produtividade, em média, de 120 a 150 toneladas de matéria verde por hectare. Tem ciclo de seis meses, e porte entre cinco e seis metros de altura e possui resistência ao acamamento e adaptação ampla, podendo ser cultivada em diferentes regiões do Brasil. O que caracteriza ainda esses materiais para biomassa é o alto teor de fibra (entre 22 a 28 %) e o baixo teor de umidade (em torno de 50 %) na fase de colheita, o que é exigido pelas termoelétricas em que as caldeiras foram projetadas para realizar a queima com esse percentual, que é similar ao do bagaço da cana-de-açúcar. Pela elevada produção de biomassa e também de demais características esses materiais desenvolvidos para biomassa podem também serem utilizados como forrageiros (LANZA, 2017). Na Figura 17 a seguir, uma área de cultivo de sorgo biomassa.

Figura 17 - Vista parcial de uma área de sorgo biomassa – variedade na Nexsteppe – USA, sob condição de sequeiro no agreste de Pernambuco, 2011



Fonte: José Nildo Tabosa.

3.1.1.5. Sorgo vassoura

É um tipo de sorgo que apresenta, como característica principal, a panícula na forma de vassoura. Não é plantado na região Nordeste. Tem importância regionalizada, principalmente na Região Sul do Brasil e no interior de São Paulo onde é usado na fabricação de vassouras e também como produto artesanal.

Na Figura 18, pode ser visualizada uma planta de sorgo vassoura com a panícula característica dessa forma. O IAC dispõe de coleção desse tipo de sorgo.

Figura 18 - Planta de sorgo vassoura



Fonte: www.hr.lovethteam.com/other/82725-kak-svyazat-venik-iz-Sorgo.html

Na Figura 19 abaixo, pode ser visualizada uma foto de uma vassoura produto de um conjunto de panículas de sorgo para esse fim. Material artesanal adquirido em feira de artesanato na região sul do Brasil.

Figura 19 - Vista do produto artesanal vassoura de sorgo. Confeccionada com várias panículas de sorgo desprovidas de palha e de sementes. Adquirida em feira livre na região sul do Brasil



Fonte: Acervo do IPA.

3.2. Plantio

O sorgo pode ser plantado de duas maneiras: manual ou na plantadeira. É importante que antes do plantio o terreno esteja bem preparado e limpo. Convém salientar que caso a área destinada ao plantio apresente grande ocorrência de espécies infestantes do gênero *Cynodon* (grama-de-burro ou sililar) e *Cyperus* (tiririca ou similar) proceder a aplicação prévia de herbicida específico para exterminá-las ou outro meio eficaz.

3.2.1. Plantio manual

É feito em covas rasas, distantes uma da outra 20cm, dentro de cada linha ou fileira. A distância entre as fileiras deverá ser entre 60 a 80cm. Pode ser realizado usando a matraca, estando esta regulada de modo que caia três sementes em cada cova.

3.2.2. Uso de plantadeira

Na plantadeira à tração motorizada (trator), devidamente regulada e deixando cair 20 sementes em cada metro de sulco (para assegurar uma densidade de plantio de 10 a 15 plantas por metro linear). Esta operação poderá também ser realizada através da matraca ou da plantadeira à tração animal. Para todos os casos, o espaçamento usual é 80 cm entre as filas, usando o sorgo forrageiro e de duplo propósito. No caso do sorgo sudão para produção de feno, utilizar espaçamento de 0,50 m entre fileiras e deixar uma densidade de plantio de 30 plantas por metro linear. Para cultivares de porte baixo (se for o caso), os híbridos modernos, de porte baixo (inferior a 1,3 m), recomenda-se o espaçamento de 50 m entre fileiras, deixando-se 8 plantas/metro linear.

3.2.3. Consumo de sementes de sorgo para o plantio de um hectare

Considerando a qualidade da semente com seu respectivo índice de germinação, tipo de plantio e eficiência da plantadeira, o consumo pode variar de 5,0 a 8,0 kg.

3.2.4. Época de plantio

Sob condições de sequeiro, o sorgo deverá ser plantado no início da estação chuvosa de cada região. Um ponto importante nesse contexto é seguir as recomendações do ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO para a cultura do sorgo, disponível em www.agricultura.gov.br. Além desse para o estado de Pernambuco existe o ZAPE (Zoneamento Agroecológico para o Estado de Pernambuco). Essas ferramentas fornecem subsídios de o que plantar, quando e onde e quais materiais são recomendados, com a definição do espaço de aptidão plena e regular para o plantio do sorgo em Pernambuco.

3.2.5. Herbicida no plantio

Em regime de pré-emergência recomenda-se a aplicação de atrazina, na superfície da área de plantio na dose de 3-5 litros por hectare, dependendo da natureza da textura do solo.

3.2.6. Calagem e adubação

A calagem e a adubação química são realizadas mediante recomendação da análise de fertilidade do solo. Caso necessite de calcário, realizar a aplicação na dose recomendada pela análise de solo antes de se realizar a fertilização química. Após a reação do calcário no solo com a água (de chuva ou de irrigação) por um período de 20-30 dias é que se procede a adubação. Em fundação, aplicar todo o fósforo e o potássio e mais um terço do nitrogênio. Após 30 dias do plantio realizar a adubação de cobertura com os 2/3 restantes do nitrogênio. Na adubação orgânica, pode-se aplicar (dependendo da disponibilidade) de 10 a 15 toneladas por hectare de estrume de curral, que deverão ser incorporadas à área de cultivo antes do plantio.

3.3. Pragas e doenças do sorgo no semiárido e seu controle

3.3.1. Pragas

Basicamente as principais pragas que ocorrem na cultura do sorgo no semiárido são bem mais reduzidas quando comparadas com as demais regiões do país. As de importância econômica mais relevantes são a formiga cortadeira, lagarta elasmó e algumas outras espécies de lagartas. As demais pragas ocorrentes nas demais regiões do país e que apresentam danos elevados, praticamente não se verificam no semiárido nesses graus de intensidades.

3.3.1.1. Formiga cortadeira ou formiga de roça

A formiga cortadeira (*Atta* sp.) é uma das 2.000 espécies de formigas existentes no território brasileiro. É considerada uma das piores pragas da lavoura, apesar da função importante que têm na natureza como as demais formigas. É originária do continente americano há aproximadamente 320 milhões de anos. É a praga mais importante da cultura do sorgo no ambiente semiárido. O controle pode ser realizado com iscas granuladas à base de sulfluramida ou fipronil, que são princípios ativos de baixa toxicidade. Após dois dias da aplicação, correspondente a 10 gramas do produto pela trilha das formigas, inicia-se a paralisia das formigas que ingeriram o produto. No entanto, é importante destacar que não se deve colocar as iscas diretamente dentro do formigueiro e tocá-las com os dedos para não alterar a percepção desse inseto. Evite ainda aplicá-las em dias com chuva, o que acarreta o esfrelamento do produto. Siga sempre a dosagem e as instruções fornecidas pelo fabricante.

No caso da aplicação diretamente no formigueiro, o controle deve ser iniciado antes do plantio, prolongando-se até 40 dias após (dentro do campo e nos arredores). No caso de utilizar formicida em pó seco, por meio de bombas insufladoras de pó (polvilhadeiras) e uma mangueira introduz-se o produto diretamente no formigueiro. O principal ponto a considerar sobre o ataque dessa praga à cultura do sorgo é que a ocorrência, geralmente, desta só vai até 30 dias após a emergência das plantas.

3.3.1.2. Lagarta elasmó

É uma praga que só ataca plantas jovens, até 30 dias após o plantio. Só aparece se neste período ocorrer um veranico. O controle é feito realizando-se o tratamento das sementes. Para isso, recomenda-se preventivamente,

inseticidas recomendados para tratamento de sementes. Pode ser utilizado o uso do tiametoxan 350 (nome comercial do cruiser 350 FS). Este tratamento é realizado antes das sementes serem plantadas e seguir a recomendação do fabricante.

3.3.1.3. Broca da cana-de-açúcar

Em menor ocorrência também aparece atacando o sorgo uma praga específica da cana-de-açúcar, a broca do colmo (*Diatraea* spp.). O ataque dessa praga consiste na construção de galerias no interior do colmo. Pode ser controlada utilizando-se pulverização com os produtos triflumuron, lufenuron ou fipronil, direcionada para a região do ponto de crescimento.

3.3.1.4. Lagarta do cartucho e da espiga

Essas pragas do milho causam também dano no sorgo, mas em bem menor escala. O controle químico pode ser realizado de forma preventiva ou mesmo quando for detectada plantas no início da infestação. Pode utilizar os agroquímicos registrados de formulação granulada clorpirifosetil (Lorsban 15G), fonofos (Dyfonate 10G), metomil (Lannate 5G), diazinon (Basudin 14G), decamethrin (Decis 0,1 G) e carbofuran (Furadan 5G) seguindo a recomendação do fabricante. Os inseticidas permetrina (Pounce) e metomil (Lannate 90PS) por via líquida são também recomendados.

3.3.2. Doenças do sorgo

A cultura do sorgo apresenta susceptibilidade a várias doenças que podem ser imitantes à sua produção, dependendo das condições ambientais e do grau de resistência da cultivar. Em função de vários fatores (ano, região, situações de estresse ambiental, etc.) pode ocorrer o ataque de patógenos causadores de doenças foliares, da panícula, doenças sistêmicas, além de fungos de solo causadores de podridões radiculares e viroses. As doenças que afetam a cultura, no Brasil, podem ser citadas como mais importantes as seguintes: antracnose (*Colletotrichum sublineolum*), míldio (*Peronosclerospora sorghi*), helmintosporiose (*Exserohilum turcicum*), ferrugem (*Puccinia purpurea*), ergot ou doença açucarada (*Claviceps africana*) e a podridão seca (*Macrophomina phaseolina*).

Todavia, no semiárido fica basicamente restrita a ocorrência de doenças foliares em baixa incidência, como a ferrugem, antracnose e cercosporiose. Em alguns casos, pode afetar a produção da cultura quando em localidades de elevada umidade relativa no período próximo colheita. No geral não apresentam importância econômica. Além dessas já foram detectados casos isolados de macrofomina e de podridão açucarada, porém sem causar danos de importância econômica.

3.4. Colheita

3.4.1. Sorgo forrageiro de duplo propósito e sudanense

Para pequenos plantios pode ser feita manualmente, colhendo-se a planta inteira e, dependendo do caso, passar na forrageira (para consumo direto dos animais) ou na ensiladeira (para enchimento do silo). Para grandes plantios poderá ser utilizada a colheitadeira acoplada ao trator, onde o destino final do material colhido é o silo. Para o sorgo de duplo propósito para silagem, o procedimento de colheita é da mesma forma do sorgo forrageiro. Já no caso do sorgo sudanense (*Sorghum sudanense*), a colheita é realizada normalmente do mesmo modo do sorgo forrageiro, só que no estágio de pré-floração. A aptidão principal deste material é a confecção de feno.

3.4.2. Sorgo granífero

Em plantios comerciais, utiliza-se a colheitadeira automotriz (A pequena propriedade poderá ter acesso a esta máquina através de associações de produtores, cooperativas, sindicatos, etc.). O procedimento adequado é a colheita da panícula, que é processada através da máquina, separando o grão das demais partes. O restolho que fica no campo, poderá ser aproveitado como pastejo e feno. Além destes aspectos, o restolho poderá ser colhido para ser utilizado como cama de aviário, em lugar da palhada de arroz.

3.4.3. Época de colheita

As cultivares forrageiras, de colmo seco – colhe-se a partir da fase fenológica do florescimento. As cultivares de colmo suculento pode-se realizar a colheita quando os grãos estiverem na fase leitosa. Esse ponto indica que a biomassa está acima de 25 % de matéria seca. As cultivares de sorgo de dupla finalidade a colheita deverá ser procedida quando os grãos estiverem na fase de grão leitoso.

3.5. Cultivares recomendadas

- Cultivares forrageiras, sacarinas e de sorgo sudanense - As variedades forrageiras desenvolvidas para a região sinalizam para materiais de porte alto, acima de 3,0m e de elevada produtividade. A maioria das cultivares de sorgo forrageiro originados do Leste e do Centro Sul, não apresentam bom desenvolvimento no semiárido. Este fato é decorrente de problemas relacionados ao fotoperíodo, acarretando assim, uma diminuição do porte e redução drástica da produção de forragem. Todavia tem hoje muitas cultivares que não apresentam sensibilidade ao fotoperíodo e são recomendadas também para o semiárido.
- Cultivares graníferas - podem ser recomendadas todas as variedades e híbridos comerciais que foram bem avaliados no semiárido e que apresentaram bom resultado de produção de grãos e ausência de restolho. Ao contrário dos materiais forrageiros, as cultivares do leste e do centro sul, não apresentam problemas de fotoperíodo quando cultivados no semiárido. A principal exigência para a recomendação de cultivares de sorgo granífero no semiárido, é que eles não apresentem tanino no grão (principalmente monogástricos). Para poligástricos, este fato não é exigido.

3.6. Produção esperada

Cultivares forrageiras, sacarina e de duplo propósito - Poderá alcançar de 10 a 15 toneladas por hectare de matéria seca. Esta produção atende às necessidades de consumo de 6 a 8 animais bovinos adultos ou de 50 animais caprinos ou ovinos durante um período de cinco meses. Uma boa silagem de sorgo tem condições de garantir uma produção de 7 litros de leite por vaca/dia, sem necessidade de fornecer concentrado.

3.7. Observações importantes

- Em plantas jovens de sorgo ou mesmo na soca (plantas com até 1,0m de altura (ou antes do emborrachamento), ocorre a presença do ácido cianídrico (HCN). Nesta fase, evitar o contato dos animais em face a problemas de intoxicação que poderá levar até a morte
- Ter o cuidado de não elaborar rações à base de sorgo granífero taninoso para monogástricos, principalmente para a avicultura. O tanino é um polifenol que confere um sabor adstringente ao grão e por consequência inibindo o consumo para os animais monogástricos, como aves e suínos. O sorgo taninoso poderá ser administrado sem problemas para os animais poligástricos, principalmente para bovinos.



IRRIGAÇÃO

Ênio Farias de França e Silva - Professor da UFRPE

Daniel da Costa Dantas - Bolsista PNPd-CAPES - UFRPE

4.1. Importância da irrigação para a produção no semiárido

A região semiárida é caracterizada por baixas precipitações pluviométricas (em média 600 mm) e elevadas temperaturas, que condicionam a elevadas taxas de evaporação e transpiração das culturas, impondo baixos índices de produtividade e até perdas completas de safras à agricultura de sequeiro. Considerando que a água é um fator essencial para a produção agrícola, sua disponibilidade e distribuição podem definir a viabilidade de qualquer atividade agropecuária (FAGGION; OLIVEIRA; CHISTOFIDIS, 2009). Assim, a irrigação que consiste na técnica de aplicação artificial de água ao solo, visando proporcionar a umidade adequada ao desenvolvimento potencial das plantas, a fim de suprir a falta ou a má distribuição das chuvas, é uma forma de garantir a estabilidade da produção e da renda dos agricultores.

A irrigação tem como objetivo maximizar a relação benefício/custo com o aumento da produtividade ou qualidade do produto, ou incorporar à agricultura áreas que, sem o uso da técnica não poderiam ser cultivadas; adicionalmente também existem situações em que os aspectos sociais são tão relevantes quanto os financeiros, como é o caso de projetos públicos de desenvolvimento regional, que visam à segurança alimentar, a fixação do homem no campo, melhoria das condições de comunidades rurais (FRIZZONE, 2007).

Sendo assim, a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) por apresentar boa resposta à irrigação, com aumento significativo da produção de biomassa, torna-se uma alternativa de utilização na região semiárida (SILVA et al., 2014a; SOUSA et al., 2017).

4.2. Critérios para a seleção do método de irrigação

Vários métodos de irrigação podem ser utilizados na cultura do sorgo, a seleção de qual método é mais apropriado depende das características edafoclimáticas e socioeconômicas locais, de forma a maximizar a eficiência, minimizando os custos de investimento e operação, ao mesmo tempo, mantendo as condições favoráveis ao desenvolvimento da cultura. Entre os critérios mais utilizados, destacam-se: a topografia do terreno, propriedades do solo, quantidade e qualidade da água disponível, vento, umidade relativa do ar, mão de obra disponível e considerações econômicas (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). A seguir estão apresentados os métodos de irrigação mais adaptados à cultura do sorgo.

4.3. Métodos de irrigação

4.3.1. Irrigação por superfície

A irrigação por superfície destaca-se entre os pequenos produtores na região semiárida devido ao menor custo de implantação, este compreende o método no qual a condução da água do sistema de distribuição (canais e tubulações) até qualquer ponto de infiltração no solo é realizado por meio da superfície do solo.

Na prática a irrigação por sulcos é a mais utilizada para a irrigação do sorgo, dentre as opções de irrigação por superfície, nela a distribuição da água é feita através de sulcos paralelos às fileiras das plantas (Figura 20).

Figura 20. Irrigação por sulcos



Fonte: Revista Planeta Arroz.

A água é derivada no início do sulco, por gravidade, a partir de um canal por meio de sifões, comportas ou tubos janelados. Os canais podem ser revestidos ou não. A forma geométrica do sulco normalmente apresenta largura variando de 20 a 30 cm e profundidade de 15 a 25 cm. Conforme a água vai avançando pelo sulco, ela vai infiltrando no solo. A vazão varia em função das características do solo, de 0,5 a 2 L/s. A vazão no início do sulco é maior que a vazão no final, por isso a vazão derivada deve ser tal que não exceda a vazão máxima erosiva, mas que seja suficiente para chegar às plantas no final do sulco. A irrigação por sulcos molha de 30 a 80% da superfície do solo, demandando grande volume de água e em regiões semiáridas deve se dá atenção especial ao manejo e à qualidade da água para evitar problemas de salinização do solo.

Esse método apresenta algumas vantagens destacáveis como: não sofre interferência do vento; menos gasto de energia; não há molhamento da parte aérea e com isso diminui a incidência de doenças; não há problemas por entupimento devido a sedimentos na água. Como desvantagens pode-se citar: demanda maior quantidade de água; requer mais mão de obra; é limitado pela declividade do terreno; variabilidade das condições de infiltração ao longo do sulco ocasionam desuniformidade de distribuição da água ao longo da linha de plantio; em solos com solos com elevadas taxas de infiltração, a água demora muito para chegar ao final do sulco; há muita perda por percolação; o excesso de sedimentos na água pode causar assoreamento nos sulcos exigindo maior manutenção.

4.3.2. Irrigação por aspersão

Na aspersão a água é conduzida em tubulações sob pressão e liberada pelos aspersores em jatos de água que são fracionados pela resistência com o ar em gotas simulando uma chuva. Esse tipo de irrigação sofre muita interferência do vento, da umidade relativa do ar e temperatura, onde as perdas podem chegar a 25%. A seleção de um aspersor envolve vários fatores: bocal, superposição, pressão, vento, intensidade de precipitação, grau de pulverização e temperatura.

Um sistema por aspersão geralmente é constituído por tubulações, aspersores, conjunto motobomba e acessórios (joelhos, curvas, manômetros, registros, engates rápidos, tubo de subida com tripé, tampão entre outras coisas).

A irrigação por aspersão convencional pode ser realizada por meio de sistemas fixos, semiportáteis e portáteis. Nos sistemas portáteis o transporte dos componentes é feito manualmente havendo o deslocamento da linha principal e lateral. Isso resulta em menor investimento inicial, mas há maior necessidade de mão de obra. No sistema semiportátil a linha principal é fixa e há o deslocamento apenas da linha lateral, diminuindo o risco de danos ao sistema. No sistema convencional fixo, tanto a linha principal com a lateral é fixa, proporcionando economia de mão-de-obra para manuseio do sistema de irrigação e requer maior investimento inicial.

Na irrigação por aspersão o sistema pode ser automatizado, como exemplo tem-se o pivô central (Figura 21), no qual a linha lateral se movimenta de forma circular, girando a uma velocidade constante e prefixada, sendo indicado para grandes áreas cultivadas com sorgo. É constituído, fundamentalmente, por uma estrutura metálica

que suporta a tubulação com os emissores, dotada de um mecanismo de avanço automático e uma alimentação de água contínua, o que permite irrigar durante o avanço. A estrutura gira ao redor de um extremo fixo, por onde recebe a água e a energia elétrica e onde se situam os componentes de controle.

Figura 21 - Irrigação por aspersão



Fonte: Arquivo do Núcleo de Comunicação Organizacional da Embrapa Milho e Sorgo.

4.3.3. Irrigação localizada

O gotejamento é o método em que a água é aplicada diretamente sobre a região radicular, com pequena intensidade e alta frequência (Figura 22 e 23). Os gotejadores apresentam vazões pequenas, de 2 a 10 L/h. Os emissores podem ser encontrados na forma de botão, que é inserido sobre a linha lateral; em linha, quando a linha lateral é seccionada e o emissor é inserido; e intruso, quando o emissor é introduzido dentro da mangueira no seu processo de fabricação.

Uma prática mais recente no Brasil consiste em utilizar as mangueiras gotejadoras enterradas, evitando que o bulbo molhado fique exposto, com isso reduz as perdas de água por evaporação. A profundidade de instalação deve ser tal que o sistema radicular da cultura fique na região do bulbo molhado.

De forma geral, os componentes do sistema de irrigação localizada são: a) motobomba; b) cabeçal de controle (medidores de pressão e vazão, filtros, registros e injetores de produtos químicos); c) válvulas; e) linha principal ou de recalque; f) linha de derivação; g) linha lateral; h) emissores. As principais vantagens em relação aos demais métodos são: alta eficiência de aplicação de água; redução da incidência de pragas e doenças e de plantas daninhas; facilidade de distribuição e maior parcelamento de fertilizantes e outros produtos químicos via água de irrigação; possibilidade de uso de águas salinas e servidas; Por outro lado, tem-se como desvantagens: alto custo inicial; elevado potencial de entupimento dos emissores; necessidade de sistema de filtragem; manutenção com maior frequência.

Figura 22 - Irrigação por gotejamento



Fonte: Daniel Dantas.

Figura 23 – Sorgo irrigado por gotejamento



Fonte: Daniel Feitosa.

4.4. Manejo da irrigação

A quantidade de água necessária para o pleno desenvolvimento de uma cultura é equivalente a sua evapotranspiração, que é a combinação de dois processos: evaporação da água do solo e transpiração das plantas. Na prática, cada cultura apresenta um valor de evapotranspiração que depende das características biométricas e fisiológicas que apresentam. Dessa forma pode-se inferir que a evapotranspiração de uma cultura (ET_c) se relaciona diretamente com a evapotranspiração de uma cultura de referência (ET_o), que é a grama-batatais, ou uma cultura hipotética, com uma altura uniforme de 12 cm, resistência do dossel da cultura de 70 s/m e albedo de 0,23, em pleno crescimento e sem deficiência de água, de modo que simplifique o processo de estimar a ET_c, que pode ser obtida pela expressão:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura do sorgo (mm);

K_c = coeficiente da cultura do sorgo (adimensional);

ET_o = evapotranspiração da cultura de referência (mm).

Vale salientar que o coeficiente que relaciona a evapotranspiração de referência e a evapotranspiração da cultura depende do estágio de desenvolvimento (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios do coeficiente K_c para o sorgo

Cultura	Estádios de Desenvolvimento da Cultura					Período Total de Crescimento
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	
Sorgo	0,30 – 0,40	0,70 – 0,75	1,00 – 1,15	0,75 – 0,80	0,50 – 0,55	0,75 – 0,85

Primeiro número: UR > 70% e velocidade do vento < 5 m s⁻¹

Segundo número: UR < 20% e velocidade do vento > 5 m s⁻¹

Caracterização dos estádios:

- Estádio I – emergência até 10% do desenvolvimento vegetativo (DV)

- Estádio II – 10% do DV até 80% do DV

- Estádio III – 80% do DV até 100% do DV (inclusive frutos formados)

- Estádio IV – maturação

- Estádio V – colheita

Fonte: Doorenbos e Kassam (1994).

Com base em dados meteorológicos coletados próximos a área de plantio, pode-se calcular a lâmina de irrigação a partir da ET_o estimada pelo método do tanque classe A (Figura 24) ou por modelos empíricos como: Penman-Monteith, Blaney-Criddle, Hargreaves, entre outros. O modelo mais recomendado pela FAO é a equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998).

Para o tanque Classe A:

$$ET_o = ECA \times K_p$$

Em que,

ECA = Lâmina evaporada no tanque Classe A (mm);

K_p = Coeficiente de tanque (determinado a partir de condições do vento, umidade relativa do ar e tamanho da bordadura (adimensional)).

Pelo modelo de Penman-Monteith:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_2 + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

Em que,

R_n = radiação líquida na superfície da cultura, MJ m⁻² dia⁻¹;

G = densidade de fluxo de calor no solo, MJ m⁻² dia⁻¹;

T_2 = temperatura do ar a 2 m de altura, °C;

u_2 = velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹;

e_s = pressão de vapor de saturação, kPa;

e_a = pressão atual de vapor, kPa;

Δ = declividade da curva de pressão vapor de saturação versus temperatura, kPa °C⁻¹;

γ = constante psicrométrica, kPa °C⁻¹.

Figura 24 - Tanque evaporímetro Classe A



Fonte: Clênio Araújo.

Caso o agricultor utilize o método de irrigação localizada deve-se fazer uma correção com base no coeficiente de localização (KL), que é função da área sombreada (KELLER, 1978).

$$KL = S + 0,15 \times (1-S)$$

Em que: S = percentual de área sombreada da planta ao meio dia. Para o cálculo final do evapotranspiração da cultura (ETc) em mm: ETc = ET_o x K_c x KL.

4.5. Manejo via solo

O solo é um sistema poroso constituído por partículas sólidas e volumes vazios que podem ser preenchidos por ar e água. Essa porosidade que permite por meio das forças de adesão e coesão reterem a umidade no solo. Assim, quando o solo está saturado os poros estão preenchidos por água e à medida que ocorre a evapotranspiração, a umidade do solo diminui, elevando-se as forças de atração entre as moléculas de água e solo, sendo maior o esforço da planta para absorver essa água contida no solo. Assim, é necessário quantificar o volume de água que o solo é capaz de reter e contabilizar quanto desta água pode ser extraída ou aproveitada pela cultura. Alguns conceitos técnicos são importantes para se compreender o manejo e fazê-lo de forma mais eficiente. Umidade da capacidade de campo (θ_{cc}): representa a

quantidade de água retida pelo solo no campo contra a força da gravidade, corresponde a uma tensão de -10 a -30kPa, se o solo é arenoso ou argiloso respectivamente; Umidade do ponto de murcha permanente (Θ_{PMP}), representa o limite inferior de armazenamento de água no solo, equivale ao equilíbrio entre as forças de atração da matriz solo e a força de sucção exercida pelas raízes das plantas, ou seja, a planta não consegue absorver água, não restabelece a turgidez, equivale a -1500 kPa. Portanto, a água disponível compreende ao conteúdo de água que o solo pode reter entre a Θ_{cc} e a Θ_{PMP} . Dessa forma, a lâmina de irrigação a se aplicar pode ser obtida a partir da equação:

$$IRN = \frac{(\Theta_{cc} - \Theta_{PMP})}{10} \times d \times s \times f \times Z$$

Em que,

IRN = irrigação real necessária, mm

Θ_{cc} = Umidade da capacidade de campo, %

Θ_{PMP} = Umidade do ponto de murcha permanente, %

ds = densidade do solo, g cm³

f = fator de disponibilidade de água que para o sorgo é 0,7

Z = profundidade efetiva do sistema radicular, em cm

Portanto, o manejo via solo visa restaurar o teor de umidade do solo ao estado de melhor disponibilidade de água para as plantas, mantendo aeração. Várias formas podem ser utilizadas para determinar a umidade do solo sendo os mais utilizados entre eles: o gravimétrico, o método speedy, o uso de tensiômetros (Figura 25), o uso da TDR, entre outros. A coleta de solo os equipamentos devem ser instalados na profundidade efetiva do sistema radicular da cultura.

Figura 25 - Tensiômetros



Fonte: José Moraes.

Um equipamento muito prático utilizado para medir a umidade de forma indireta a nível de campo é o tensiômetro (Figura 24). Este equipamento mede a tensão com que a água está retida no solo e cada tensão corresponde a um teor de umidade. Portanto, é necessário a obtenção da curva característica de retenção de água no solo, curva essa obtida em laboratório onde o solo saturado vai sendo submetido a tensões conhecidas e em seguida determina-se os respectivos teores de umidade da amostra de solo.

4.6. A qualidade de água para irrigação

De maneira geral, a água de maior qualidade, ou seja, as mais nobres são destinadas a ingestão humana e paralelamente a irrigação é realizada com águas tipicamente mais concentrada em sais.

Tal fato, pode promover o acúmulo desses sais no solo, processo denominado salinização e por consequência ocorre uma redução do potencial osmótico que dificulta as plantas absorverem a solução do solo, composta por água e nutrientes, reduzindo a produtividade dos cultivos num primeiro estágio e até mesmo podendo tornar estéreis os solos irrigados. O sorgo é uma planta de tolerância moderada ao estresse salino, entretanto, para que os sais no solo sejam mantidos a níveis aceitáveis é preciso implementar técnicas de manejo específicas para garantir a sustentabilidade do cultivo irrigado com águas salobras. Dentre as técnicas mais importantes pode-se citar: avaliação da qualidade da água de irrigação, aplicação de frações de lixiviação (excedente hídrico aplicado à lâmina de irrigação para promover a retirada dos sais da zona radicular), uso de técnicas de cultivo e cultivares mais tolerantes além do monitoramento da salinidade do solo (AYERS; WESTCOT, 1991).

UTILIZAÇÃO DO SORGO NA PRODUÇÃO DE AVES E SUÍNOS

Marco Aurélio Carneiro de Holanda - Professor da UFRPE - UAST

Mônica Calixto Ribeiro de Holanda - Professor da UFRPE - UAST

A nutrição de aves e suínos no Brasil está pautada no fornecimento de milho e farelo de soja como fontes básicas para suprimento das necessidades em energia e proteína, respectivamente, e acrescenta-se a isso, que as dietas fornecidas a estas espécies de animais não ruminantes são elaboradas com base no conceito de proteína ideal, cujo princípio é atender as exigências nutricionais. Assim, valendo-se do fornecimento de aminoácidos essenciais digestíveis, expressos em taxas ideais ou em porcentagem de um aminoácido de referência, no caso a lisina, para reduzir os níveis de proteína bruta da dieta, de maneira que não aumente os custos de produção, não provoque impactos fisiológicos, tais como, sobrecarga hepática e renal e ainda diminua a eliminação de elementos minerais como, fósforo e nitrogênio, prevenindo à poluição ambiental. Assim, tanto a avicultura quanto a suinocultura atingiram patamares de eficiência, que as transformaram em referências mundiais pelos rígidos padrões de segurança e qualidade alcançados.

Apesar da vocação do Brasil como produtor de alimentos, especialmente milho e soja, o impacto econômico da utilização destes dois ingredientes na dieta de aves e suínos ainda ultrapassa em média 70% do custo total de produção, principalmente pelo fator armazenamento e transporte (basicamente rodoviário) destes produtos para regiões não produtoras destes grãos.

Dentre os sorgos cultivados no Brasil, o granífero é o mais utilizado na nutrição de animais não ruminantes como fonte de energia, em substituição total ou parcial à energia fornecida pelo milho, por sua menor quantidade de compostos fenólicos (defesa vegetal contra ataques de pássaros, patógenos e competidores). Por sua vez, o tanino condensado complexa-se com proteínas, diminuindo a digestibilidade do nutriente e reduzindo a palatabilidade da ração (FIALHO, 2009). A tendência tem sido de considerar sorgo com ou sem tanino, uma vez que os compostos fenólicos dependem da constituição genética do material, visto que o tanino é um caráter, qualitativo e dominante, controlado por dois pares de genes (SCHEUERMANN, 1998).

Além do uso na nutrição, a palhada do sorgo desidratada pode ser utilizada no manejo produtivo de frangos de corte como material inerte para provisão de lastro nos galpões de frango de corte, especificamente, como mais uma fonte substitutiva de materiais usados como “cama”.

Com os avanços tecnológicos conhecidos e já bem estabelecidos sobre o cultivo do sorgo, em especial no Semiárido, e sua constatada possibilidade em substituir totalmente a energia disponibilizada pelo milho, pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de reduzir os custos das dietas de não ruminantes e, ao mesmo tempo, manter o atendimento às exigências nutricionais dessas espécies de maneira a garantir maior desempenho zootécnico, normalmente validado pelo ganho em peso, conversão alimentar, redução de dias para o abate e rendimento e qualidade de carcaça no caso de frangos de corte e da qualidade de ovos em se tratando de aves poedeiras. Destarte, apresenta-se uma exposição atualizada de conhecimentos acerca da utilização do grão de sorgo sem tanino na nutrição de aves e suínos, e de sua palhada para outros usos, principalmente como cama.

Desta forma, nestas atividades pecuárias de grande impacto no Produto Interno Bruto (PIB) do País, busca-se incessantemente a substituição total ou em parte, do milho e do farelo de soja por ingredientes que promovam a redução nos custos de produção e o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), especialmente o granífero sem tanino tem se apresentado como importante opção.

5.1. Utilização do sorgo na produção de aves

Por apresentar valores nutricionais bastante elevados o sorgo se apresenta como alternativa substitutiva ao grão de milho tanto nas fases de cria e recria de aves para reposição, assim como em aves de produção de carne ou de ovos. (ROSTAGNO, 2017) descrevem a composição química e os valores energéticos de dois materiais de sorgo em função dos teores de taninos neles contidos (embora utilize a terminologia de alto e baixo tanino) com base em pesquisas científicas realizadas nas condições brasileiras (Tabela 3) e disponíveis no mercado para uso pelos nutricionistas visando a formulação de dietas especificamente para animais não ruminantes.

Tabela 3 - Composição química e valores energéticos de sorgo em função da presença de tanino e do milho em grão, para aves e suínos

Item	Sorgo		Milho
	Com tanino	Sem tanino	
Matéria seca (%)	85,90	87,10	88,9
Proteína bruta (%)	8,97	8,75	7,86
Amido (%)	56,80	66,60	63,4
Fibra bruta (%)	2,78	2,89	1,73
Fibra em detergente neutro (%)	9,80	11,20	13,8
Fibra em detergente ácido (%)	4,60	5,24	3,16
Extrato não nitrogenado (%)	69,90	70,70	74,4
Matéria mineral (%)	1,86	1,38	1,11
Energia bruta (kcal/kg)	3.860	3.988	3.901
Energia metabolizável para aves (kcal/kg)	2.956	3.204	3.364
Energia metabolizável para galinhas (kcal/kg)	2.993	3.234	3.394
Energia digestível para suínos (kcal/kg)	3.081	3.410	3.360
Lisina (%)	0,20	0,20	0,23
Metionina (%)	0,15	0,15	0,16

Fonte: Adaptado de Rostagno (2017).

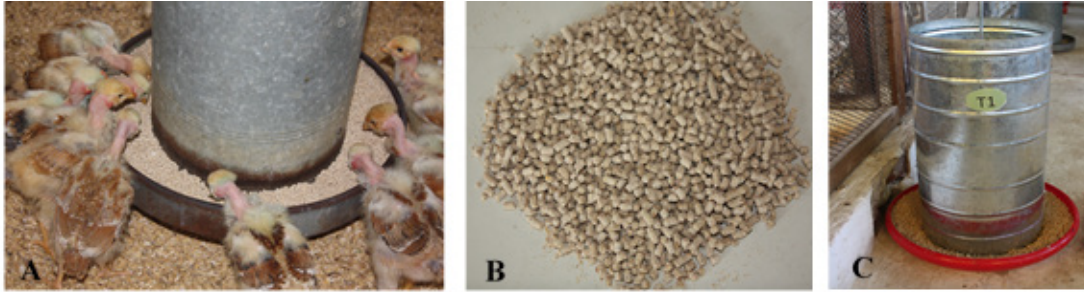
É possível perceber que o material de sorgo sem tanino, disponibilizado no mercado brasileiro, apresenta-se com níveis de energia metabolizável bem próximos aos do milho, tanto para aves quanto para suínos, o que é desejável do ponto de vista nutricional e econômico, visto que, por possuir matriz nutricional equivalente a do milho (grão), o sorgo é incluído nas dietas destas espécies prioritariamente como fonte de energia, tornando-o um ingrediente de excelência para auxiliar no abastecimento do mercado de grãos quando a necessidade primária na produção animal é reduzir custos de produção, sem alterar o desempenho zootécnico dos animais.

Por análises laboratoriais, determinou-se que percentuais de compostos abaixo de 0,7% no grão de sorgo são devido a presença de outros fenóis que não o tanino condensado e, portanto, não são prejudiciais para aves e suínos podendo ser incluídos em suas dietas (MAGALHÃES, RODRIGUES e DURÃES, 1997). Assim, é considerado sem tanino o sorgo cujos percentuais estão abaixo do valor de referência de 0,7%.

Metabolicamente falando, o tanino é responsável pela inibição de algumas enzimas presentes no sistema digestivo dos animais não ruminantes, provocando a diminuição da absorção de nutrientes pelos enterócitos (célula epitelial da camada superficial do intestino delgado), especialmente os aminoácidos essenciais. Assim, a interferência metabólica sobre a ação enzimática digestiva faz com que a disponibilidade dos nutrientes presentes no grão do sorgo esteja na dependência da concentração de taninos nos mesmos, determinando valor nutricional de 95% em relação ao grão do milho (FIALHO, 2009). Isto se torna ainda mais relevante diante da necessidade de se formular as dietas para estas espécies com base em aminoácidos essenciais digestíveis (proteína ideal) e não no teor de proteína bruta como no caso de animais ruminantes.

Outro ponto relevante com relação à utilização do grão do sorgo na dieta de aves e suínos está na baixa presença de carotenoides xantofílicos, responsáveis pela pigmentação amarela alaranjada na pele dos frangos e na gema do ovo, quando comparado ao milho (rico em xantofilas luteína e zeaxantina), o que resulta em pigmentação insuficiente da gema deixando-a muito clara (CARNEIRO, 2013), conforme se pode constatar na Figura 26 A e B.

Figura 26 - Rações peletizadas para frangos de corte, elaboradas com sorgo (a, b) e milho (c)



Fonte: Marco A. C. Holanda.

Pinto et al. (2005) observaram diminuição na pigmentação da gema dos ovos à medida em que se aumentou o nível substituição do milho pelo sorgo (0, 25, 50, 75 e 100%), embora não tenham verificado comprometimento no desempenho zootécnico e na qualidade dos ovos de poedeiras, evidenciando a necessidade da inclusão de uma fonte de carotenoides.

A inclusão de pigmentantes de fontes naturais tais como: cenoura (*Daucus carota* L.), urucum (*Bixa orellana* L.), açafraão (*Curcuma longa* L.), páprica (*Capsicum annum* L.), extrato de pétala de marigold (*Tagetes erecta*), extratos industriais de tomate (*Lycopersicum* sp.) e de pimentão (*Capsicum annum* L.), entre outros, ou não naturais (pigmentantes sintéticos, tais como etil-ester-beta-apo-8-caroteno – apocaroteno e β - β '-carotene-4,4'-dione – cantaxantina, já proibidos na União Europeia (FAO, 2004) na dieta das aves tem sido, portanto, suficiente para corrigir esta deficiência do grão do sorgo.

Apesar da classificação da cor da gema se constituir em um dos parâmetros utilizados na avaliação da qualidade física do ovo, e não nutricional, também é considerada característica sensorial de relevância econômica por ser senso comum entre os consumidores brasileiros atribuir maior valor nutricional aos ovos com gema de coloração mais intensa e ou associando estes ovos de gemas mais escuras (alaranjadas) a um tipo específico de aves de posturas (tipo caipiras), muito embora o valor nutricional dos ovos de galinha e codorna não tenha correlação com a coloração da gema. Várias pesquisas foram realizadas visando substituir em dietas de não ruminantes a energia fornecida pelo milho utilizando-se da matriz nutricional do sorgo sem tanino (CARVALHO et al., 2015; FAGUNDES, 2016).

O sorgo também pode substituir totalmente o milho em rações contendo pigmentantes para codornas japonesas em postura, sem interferência no desempenho (MOURA et al., 2010) nem na qualidade dos ovos (MOURA et al., 2011) e em poedeiras comerciais também sem impacto sobre o desempenho zootécnico, alteração do consumo de ração (g/ave/dia), conversão alimentar (kg/kg), produção de ovos (%); peso do ovo (g); massa de ovos (g), nem a qualidade dos ovos analisada através da porcentagem de casca (%), gravidade específica (g/cm³), espessura de casca (mm) e dos valores de unidade Haugh (ASSUENA et al., 2008), obtida pela fórmula:

$$[HU = 100 \times \log (H - 1,7W^{0,37} + 7,6)]$$

Onde,

HU – Unidade de Haugh

H – altura da clara (mm)

W – Peso do ovo (g)

Como já visto, a pequena quantidade de carotenoides contida no sorgo produz carne de coloração mais pálida, mesmo mantendo inalteradas a composição química da carne de peito e pernas ou da carcaça, e as características sensoriais da carne, exceto pela maior mastigabilidade impressa, propriedade da carne mais apreciada pelos painelistas durante a avaliação (CAROLINO et al., 2014).

A utilização do sorgo em galos reprodutores também foi avaliada sem reduzir o peso corporal e o consumo diário das aves, constituindo-se em uma alternativa viável à substituição de milho em suas dietas, sem que haja prejuízo sobre os parâmetros reprodutivos dos mesmos (FORGIARINI, 2015).

Outro aspecto importante sobre a utilização de sorgo em frangos de corte e que merece destaque, é que aves alimentadas com dietas contendo 100% de sorgo apresentaram menor deposição de gordura abdominal, resultando em maior rendimento de carcaça, podendo trazer benefícios para a indústria de carnes de frango e seus subprodutos (ADAMU et al., 2012). E ainda que a

substituição total do milho por sorgo moído não alterou o peso nem o comprimento de segmentos do trato digestório, tais como, proventrículo, moela, intestino delgado e cecos (SILVA et al., 2014b), indicando que seu uso na forma moída é mais eficiente que quando fornecido na forma de grão inteiro. Silva et al. (2014b) também não observaram alterações na altura e largura de vilos, profundidade de cripta nem na área de absorção do duodeno, jejuno e íleo tanto das aves aos sete dias e quanto em frangos aos 42 dias de idade, propondo que além de não interferir negativamente sobre o desempenho zootécnico, igualmente, não provoca alterações fisiológicas que afete a saúde das aves, demonstrando que a utilização de grãos moídos não provoca alterações nas características do sistema digestório.

A granulometria dos grãos também foi motivo de vários estudos Liu, Truong e Selle, (2015) por interferir na energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) e na taxa de passagem do alimento pelo trato gastrintestinal, indicando que a longo prazo não há efeitos adversos sobre o desempenho do animal e digestibilidade dos nutrientes e que este ingrediente pode ter efeitos benéficos sobre a EMAn, tamanho de moela e cecos. Mais recentemente, Fagundes (2016) concluiu que, apesar de não alterar o desempenho, o epitélio intestinal nem a metabolizabilidade das rações, o uso de sorgo provocou alterações na microbiota intestinal de frangos de corte como favorecendo a diminuição dos gêneros *Clostridium*, *Weissella* e *Bacillus* e aumento do gênero *Alkaliphilus* no intestino delgado e nos cecos, o aumento de *Lactobacillus* e diminuição de *Desulfotomaculum*.

Conclui-se, portanto, que o uso do sorgo moído para aves de postura e para frangos de corte é viável a partir do primeiro dia de vida, sem alterar o desempenho zootécnico, a qualidade dos ovos, características sensoriais da carne nem alterações em nível metabólico e ou fisiológicos, além de não provocar alterações na saúde das aves.

Além da utilização na nutrição animal, as palhadas de culturas em geral (gramíneas) podem ser empregadas (trituradas ou na forma de feno) na produção de aves como substrato usado sobre o piso dos aviários para absorção da água, excretas, penas e descamações da pele e de restos de ração dos comedouros derramados pelas aves durante a alimentação. A finalidade é evitar o contato direto das aves com o piso, absorvendo a umidade do ambiente proporcionando um leito sobre o qual as aves possam permanecer, contribuindo para redução das oscilações de temperatura no aviário melhorando o nível de bem-estar animal e, enfim, reduzir os casos de calosidades no peito, joelho e coxim plantar, bastante comuns na avicultura tecnificada quando não se dá a devida atenção e importância ao material utilizado como lastro nos galpões.

Enfim, os materiais utilizados atualmente são os mais variados, desde os de origem inorgânica como areia (aliás, bastante utilizada), aos orgânicos provenientes de vegetais nas suas mais diversas formas: do caule, a maravalha ou cepilho de madeira; dos grãos, as cascas; da parte aérea, as palhadas trituradas ou na forma de feno e os resíduos de agroindústrias como o bagaço de cana e polpa de citros peletizada (VIEIRA, 2011; VIRTUOSO et al., 2015), sendo a palhada de sorgo mais uma alternativa viável para uso na produção de não ruminantes.

5.2. Utilização do sorgo na produção de suínos

O milho (*Zea mays*) é o principal ingrediente usado na formulação de rações de não ruminantes, com participação média de 65% na dieta das aves e de 75% na de suínos. Depois do milho o sorgo é o segundo cereal de importância para a alimentação de suínos no Brasil e seu valor de equivalência de preços está entre 85 e 90% do preço do milho praticado no mercado brasileiro (LUDKE et al., 2016).

Várias pesquisas têm sido realizadas para avaliar a inclusão do sorgo granífero na nutrição de suínos (BASTOS-LEITE; ESPÍNDOLA; FONTINELLE, 2016; LUDKE et al., 2016) visando reduzir custos e proporcionar menor incremento calórico originário da digestão e metabolização dos nutrientes e, consequentemente, maximizar o ganho em peso, mantendo a produtividade.

De acordo com Scheuermann (1998) e Ludke et al. (2016) o endosperma do sorgo é composto por 27% de amilose e 73% de amilopectina (amido, grânulos simples) e a proteína que envolve este amido está mais fortemente aderida no sorgo do que no milho, promovendo uma liberação mais lenta e constante dos componentes energéticos, o que é desejável no caso de não ruminantes, demonstrando as vantagens em termos nutricionais do uso do sorgo na alimentação de suínos. Antunes et al. (2007) expõem que a dinâmica da digestão dos nutrientes do grão de sorgo é exclusiva e única, pois a estrutura de ligação entre as fontes de carboidratos e de proteínas e a armazenagem destes complexos, sendo diferente da do milho.

O melhoramento genético do sorgo proporcionou grandes avanços na qualidade nutricional do grão pelo aumento da solubilidade de sua proteína e, portanto, disponibilizando maior energia metabolizável para suínos (Tabela 3).

A maioria dos trabalhos na área de nutrição animal utilizando sorgo granífero nas dietas de não ruminantes não evidenciam o material genético utilizado, mas apenas discriminam a sua matriz ou composição nutricional. Embora o genótipo mais utilizado seja o IPA 730-1011, considerado de baixo teor de tanino, descrito por (TABOSA et al., 2013a).

Moreira et al. (2014b), analisaram a substituição do milho pelo sorgo IPA 730-1011 em 25 e 50%, relataram um ganho de peso médio diário de 785 e 770 g/dia, respectivamente, em suínos machos castrados nas fases de crescimento e terminação (60 aos 147 dias de idade), sem afetar o consumo diário de ração, conversão alimentar e espessura de toucinho. Da mesma forma não evidenciaram alterações significativas sobre as características de carcaça, tais como: pesos (kg) e rendimentos de carcaça (%) quente e fria; pH da carcaça aos 45 minutos e 24 após o abate; comprimento de carcaça (cm) e pesos (kg) e rendimentos de cortes nobres (%) como pernil, paleta e costela.

Além disso, Moreira et al. (2014b) também realizaram uma avaliação bioeconômica das rações confirmando o decréscimo do custo médio da ração consumida e do quilo da carne suína produzida à medida que aumentou o nível de substituição do milho pelo sorgo nas dietas.

De acordo com Oliveira et al. (2004) há de se considerar que a busca incessante por alimentos alternativos com o intuito de reduzir custos, necessita que haja também conhecimentos acerca da digestibilidade de seus nutrientes visto que o custo da inclusão do ingrediente está atrelado ao seu valor nutricional. Fialho et al. (2002) e Marques et al. (2007) verificaram que não há aumento da excreção fecal, demonstrando que os constituintes presentes no sorgo sem tanino não interferem na metabolização dos demais nutrientes que compõem a ração, entretanto, Miranda (2009) concluiu que dietas formuladas com sorgo induziram maiores excreções de fezes (24,7% mais matéria seca na fase crescimento), demonstrando a importância em se considerar os possíveis impactos ambientais quando se opta pela substituição de ingredientes em dietas de animais de produção.

Assim, o grão de sorgo pode constar das dietas de suínos desde a mais tenra idade (desmamados aos 35 dias, em até 30%) sem a necessidade de utilização de palatabilizante (CABRAL et al., 2011) pode substituir o milho em 100% em suínos na fase de crescimento (FIALHO et al., 2002); em 50% em fêmeas prenhes sem interferir no peso e na espessura de toucinho nos demais estágios de gestação, exceto aos 90 dias de gestação (MOREIRA et al., 2013); em 50% em dietas de matrizes primíparas em lactação sem influenciar na composição química do leite (proteína, gordura, lactose, cinzas e umidade) e no desenvolvimento dos leitões e também no período pós-desmame (MOREIRA et al., 2014a) e, enfim, pode substituir totalmente o milho sem afetar a saúde de leitões desmamados com base nos indicadores do metabolismo do nitrogênio e no nível de cortisol sanguíneo (BASTOS-LEITE; ESPÍNDOLA; FONTINELLE, 2016).

O desenvolvimento da nutrição de aves e suínos utilizando conceitos modernos de proteína ideal para a formulação de rações e aplicando os conhecimentos relacionados ao metabolismo e a avaliação nutricional dos ingredientes, possibilitam a disponibilização de dietas mais adequadas e eficientes na utilização dos nutrientes, resultando em melhor desempenho destas espécies e na menor excreção de nutrientes para o meio, reduzindo o impacto ambiental. Apesar do conhecimento já alcançado em torno da utilização do sorgo na nutrição de animais não ruminantes, ainda há espaço para a realização de outras pesquisas científicas testando os genótipos de sorgo granífero melhorados, principalmente em ambientes semiáridos onde o estresse hídrico penaliza a produção de milho em escala comercial e eleva os custos de produção.



A AGRICULTURA DE VAZANTE NA PRODUÇÃO DE SORGO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Mauricio Luiz de Mello Vieira Leite - Professor da UFRPE – UAST

Eduardo Soares de Souza - Professor da UFRPE – UAST

José Nildo Tabosa - Pesquisador do IPA

Eduardo José Bezerra da Costa - Engenheiro Agrônomo – Iniciativa Privada

A agricultura na região semiárida do Brasil é limitada devido à grande variabilidade das chuvas e a alta demanda atmosférica, que configuram uma região com déficit hídrico na maior parte do ano. Esse regime hidrológico característico constitui um dos principais fatores que afetam a produtividade nessa região. Diante desse cenário, uma das alternativas para a prática da agricultura de pequena escala consiste na chamada agricultura de vazante.

A agricultura de vazante surgiu no Egito, por volta de 4.000 a.C. (MAZOYER; ROUDART, 2002) e que até hoje persiste, principalmente no Sertão Pernambucano (ANTONINO; AUDRY, 2001). Consiste na utilização dos solos potencialmente agricultáveis nas margens dos açudes, rios e lagos que ficam cobertos pelas águas na época chuvosa (DUQUE, 1973; GUERRA, 1975). O agricultor vai plantando nas margens dos açudes à proporção que o reservatório de água vai secando. No Semiárido brasileiro, as áreas dos vales, baixios, e as áreas planas ou suavemente onduladas, são as que têm maior potencial de produção agrícola, em função de uma maior disponibilidade hídrica. Para elas, convergem as águas das bacias, seja na forma dos riachos intermitentes, do escoamento subterrâneo ou dos açudes.

É uma prática de cultivo de baixo custo, que independe de sistemas de irrigação, caracterizado pela baixa utilização de insumos químicos, onde os trabalhos são, normalmente, realizados por mão de obra familiar e em pequenas áreas (FARIAS FILHO; FERRAZ JÚNIOR, 2009), permitindo a produção de alimentos mesmo em condições irregulares de chuvas. A existência de açudes públicos e privados distribuídos pela região Nordeste do Brasil permite a sobrevivência de muitas pessoas, mesmo nos anos de secas intensas, através da exploração de suas vazantes (GUERRA, 1975).

O funcionamento da agricultura de vazante baseia-se na ascensão capilar da água (subida da água pelos diminutos poros do solo) até as raízes das plantas. As margens dos açudes proporcionam a formação de um lençol freático como prolongamento do reservatório de água. À medida que o nível do açude vai baixando, o nível do lençol também decresce. Assim o açude alimenta o aquífero freático (lençol de água) que se forma sob o solo da vazante. A agricultura de vazante consiste em cultivar nestas bordas ou margens, em declive suave, à medida que a água vai baixando. A cultura utiliza apenas a água presente no solo para realizar o seu ciclo e produzir em plena época de estiagem. O sucesso da agricultura de vazante no Semiárido brasileiro se deve a capacidade do solo armazenar água por período de tempo satisfatório à finalização do ciclo da cultura, associado à capacidade da planta suportar o estresse hídrico.

Figura 27 - Cultivo de sorgo em vazante, Serra Talhada-PE. Etapas 1, 2: o sorgo utiliza a água do lençol freático, que alimenta, por ascensão capilar, a zona explorada pelo sistema radicular. Etapa 3: o sorgo utiliza apenas a água armazenada na zona explorada pelo sistema radicular



Fonte: Acervo do IPA.

Neste contexto, o sorgo apresenta-se com elevado potencial para ser utilizado na agricultura de vazante, pois é capaz de produzir grãos e forragens no momento mais crítico da vazante (Etapa 3, Figura 27), quando o suprimento de água diminui e a salinidade aumenta. O seu sistema radicular profundo e ramificado torna-o eficiente na extração de água no solo, tolerante ao estresse hídrico e capaz de recuperar-se quando o estresse é interrompido (MAGALHÃES; DURÃES; RODRIGUES, 2007). A agricultura de vazante é, sem dúvida, uma das técnicas mais baratas de produção de sorgo.

Devido sua tolerância ao estresse hídrico, o sorgo pode abranger áreas onde a cultura do milho não apresenta desempenho satisfatório (Figura 28). É uma cultura com elevado rendimento forrageiro, eficiente capacidade de rebrota e alta eficiência no uso de água.

Figura 28 - Cultivo de sorgo e milho em área de vazante, Serra Talhada-PE



Fonte: Acervo do IPA.

O sorgo demonstra, também, tolerância moderada ao estresse salino procedentes do solo ou da água (TABOSA et al., 2007), dispondo de capacidade adaptativa diferenciada de outras culturas e mantendo níveis de produção adequados. Esta característica de adaptação é extremamente útil e permite o uso dessa espécie com rendimentos economicamente aceitáveis, sobremaneira quando o cultivo em condições salinas é inevitável, o que ocorre em parte considerável do Semiárido do Brasil. Embora os solos funcionem como um excelente reservatório de água para a agricultura de vazante existe um desperdício muito grande através da evaporação de água desses solos. Essa evaporação é mais acentuada quando ocorre o período de seca. A utilização de palhadas como cobertura morta contribui para retenção da umidade no solo e reduz a taxa de evapotranspiração das culturas, garantido produção mais regular das plantas cultivadas na agricultura de vazante.

Costa et al. (2015) analisaram o comportamento de quatro cultivares de sorgo (IPA 2502, IPA 4202, IPA 467-4-2 e IPA SF 25) com ausência e presença de cobertura morta, em sistema de vazante no açude Saco, em Serra Talhada, Sertão do Pajeú.

Os autores verificaram produções de matéria seca de 19,97t ha⁻¹ corte⁻¹ para a cultivar SF 15, ocorrendo um incremento de 62% na produção de fitomassa do sorgo, com o uso de cobertura morta.

Figura 29 - Maturação de grãos de sorgo em cultivo de vazante, açude Saco, Serra Talhada, PE



Fonte: Acervo do IPA.

Elias et al. (2016) avaliaram a eficiência de uso da chuva no sorgo, em condições de campo, em Serra Talhada-PE, e constataram 82,52 kg de matéria seca por hectare por milímetro de chuva (MS/ha/mm), com um acumulado de chuvas de 73,4 mm. A eficiência de uso da chuva é representada pela produção de fitomassa em relação à precipitação pluvial durante o período de cultivo. Neste caso, o sorgo produziu 82,52 kg de matéria seca para cada milímetro de chuva precipitado, o que é altamente relevante para as condições semiáridas. Salienta-se que o acumulado de chuvas (73,4 mm) durante o período experimental desta pesquisa (10 de março a 10 de junho de 2012), representou 16,6% dos dados históricos (441,3 mm) para o mesmo período. Ressalta-se, ainda, a importância do uso da cobertura morta adotado nesta pesquisa, na retenção de água no solo, favorecendo o aproveitamento pela planta, consequentemente melhorando a eficiência de uso da chuva.

Perazzo et al. (2013) encontraram valores entre 94,23 e 126,25 kg de MS/ha/mm, com um acumulado de chuva de 115 mm e adubação nitrogenada de 100 kg.ha⁻¹. Neste caso, é provável que a adição do nitrogênio tenha incrementado a produção de fitomassa do sorgo e, consequentemente, a eficiência de uso da chuva.

O sorgo, assim como qualquer vegetal, está sujeito a uma série de fatores ambientais que direta ou indiretamente podem influenciar no seu desempenho. Desse modo, estes resultados demonstram a capacidade produtiva do sorgo nas condições semiáridas, notadamente em anos de estiagem quando a produção de outras plantas forrageiras destinadas à ensilagem, como o milho, é muito baixa ou nula (Figura 29).

Assim, é importante ressaltar a importância do uso da cobertura morta e do cultivo de vazante na cultura do sorgo, principalmente das cultivares mais adaptadas, para aumentar a disponibilidade de grãos e forragem no ambiente semiárido.



USO DA COBERTURA MORTA NA CULTURA DO SORGO EM CULTIVO DE VAZANTE NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO

Josimar Bento Simplício - Professor da UFRPE – UAST

José Nildo Tabosa - Pesquisador do IPA

Maurício Luiz de Mello Vieira Leite - Professor da UFRPE – UAST

Marco Aurélio Carneiro de Holanda - Professor da UFRPE – UAST

As incertezas com o calendário agrícola em função das mudanças climáticas em todo planeta terra tem sido motivo de preocupação principalmente, em função da elevação da média de temperatura e dos volumes de chuvas no tempo e no espaço (quando e quanto vai chover), que trazem consigo outros fatores que podem causar estresses, comprometendo o potencial produtivo das plantas cultivadas. Neste enfoque, a comunidade científica agrônoma tem focado seus estudos em plantas que podem expressar características fundamentais para convivência com tais estresses, a exemplo do sorgo. No semiárido brasileiro a cultura do sorgo tem sido foco desses estudos através, principalmente, do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, da Embrapa Milho e Sorgo e da Embrapa Semiárido com resultados expressivos em termos de tolerância a estresses ambientais e a repercussão destes na produtividade.

Vale ressaltar ainda que a região semiárida do nordeste brasileiro por estar situada em um percentual considerável de sua área agricultável, em solo cristalino, apresenta solos rasos e presença de sais, principalmente o sódio, comprometendo o desenvolvimento da maioria das plantas de interesse comercial.

Uma dessas tecnologias que vêm sendo implementadas e, com resultados expressivos, é o uso de cobertura morta em solo de vazante, desenvolvida na Estação Experimental de Serra Talhada (EEST) e na Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST/UFRPE (SIMPLÍCIO et al., 2018).

A técnica do uso de cobertura morta nestas áreas experimentais já é amplamente utilizada nos grandes centros produtores com denominação de Plantio Direto na Palha (PDP), uma tecnologia que vislumbrou, inicialmente, o controle da erosão e que atualmente tem foco na sustentabilidade, com benefícios para a conservação do solo e da água e maior conforto para as plantas, fatores favorecidos pelo menor uso de máquinas e implementos, cobertura permanente do solo e rotação de culturas.

Tais estudos têm sido fundamentais para ofertar aos produtores materiais genéticos de sorgo com potencial produtivo de grãos e forragem para atender as regiões do Brasil, mapeadas pelo Zoneamento Agroclimáticos como é o caso dos materiais supracitados que têm apresentado produtividades surpreendentes quando avaliados em outras regiões do Brasil, vale destacar as cultivares do IPA (SF 15, IPA1011) e da Embrapa (BRS Ponta Negra e BR 506). Neste cenário, por apresentar características múltiplas de tolerância a estresses bióticos e abióticos o sorgo responde com elevado rendimento forrageiro e capacidade de rebrota, se adaptando favoravelmente às situações adversas.

Assim, a cultura do sorgo tem ocupado, cada vez mais, áreas onde a cultura do milho não apresenta desempenho satisfatório. Portanto, de acordo com Simplício et al. (2016) que observaram o comportamento de 12 materiais genéticos de sorgo forrageiro, verificaram valores superiores de eficiência do uso de chuva (EUC) sob condições pluviométricas menos

favoráveis, (73,4 mm de chuva) no período experimental para produzir 82,52 kg/ha/mm de massa seca (MS). Entretanto, Perazzo et al. (2013) encontraram valores superiores de EUC, entre 94,23 e 126,25 kg de MS/ha/mm, com um acumulado de chuva de 115 mm e adubação nitrogenada de 100 Kg/ha. Neste caso, é possível que a adição do nitrogênio tenha incrementado a produção de fitomassa do sorgo, haja vista a maior umidade do solo.

No contexto da sustentabilidade, é fato que o plantio direto na palha (PDP) se apresenta como um sistema de conservação de solo e água resultando em diversas vantagens, garantindo a produção mais regular das plantas cultivadas, devendo portanto, ser prática importante, principalmente nas regiões semiáridas, onde a demanda evapotranspirativa das plantas aumenta em decorrência de temperatura e incidência de radiação solar elevadas e da baixa umidade do ar, concorrendo para maior demanda hídrica (SANTOS et al., 2012).

O sistema PDP, ao diminuir consideravelmente os índices de evapotranspiração, favorece o desenvolvimento das plantas nas regiões de clima quente, entretanto as informações sobre a adoção do plantio direto na cultura do sorgo, no Semiárido de Pernambuco ainda carece de mais estudos para sua consolidação.

Com base nesta proposta, sugere-se que para o estabelecimento de um sistema de produção de sorgo, além da necessidade da escolha de cultivares adaptadas às diferentes condições de cultivo, a utilização de práticas culturais adequadas é fundamental. Desse modo, é importante apresentar resultados sobre características agrônômicas de cultivares de sorgo ressaltando o comportamento de adaptação aos estresses bióticos e abióticos (temperatura elevada, chuvas irregulares, elevada evapotranspiração, elevada condutividade do solo e da água, elevada intensidade luminosa, etc.) sob duas condições de cultivo – com e sem a utilização de cobertura morta, no Semiárido pernambucano.

7.1. Aspectos importantes do uso da cobertura morta

Utilizando-se de uma definição simples pode-se dizer que esta prática agrícola consiste na aplicação de uma camada de restos vegetais, de preferência secos, na superfície do solo. Podendo ser de qualquer tipo sejam folhas, caules, raízes, restos de frutas, verduras e legumes, serragem de madeira ou qualquer outro material orgânico.

Vale ressaltar que deve ser observada a relação C/N (carbono/nitrogênio) que consiste no tempo de degradação pelos microrganismos, e que essa cobertura deve ter uma distribuição uniforme, de forma que possa cobrir toda a superfície de cultivo.

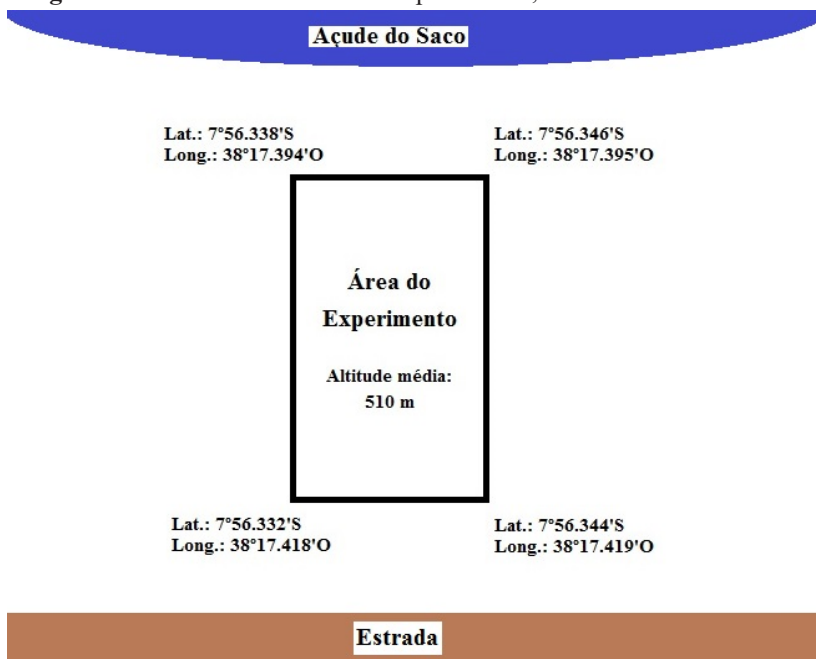
No sistema plantio direto, por exemplo, se recomenda iniciar com aproximadamente 6,0 t.ha⁻¹ (BASF, 2000), no entanto, pela dificuldade de produção ou obtenção de volume considerável de palhada sugere-se iniciar esse processo com volume menor. Ficando ciente de que quanto maior a cobertura do solo, resultados mais satisfatórios serão obtidos.

Se for bem manejada, a cobertura morta apresenta as seguintes vantagens:

- Impede o impacto direto no solo das gotas de chuva quebrando a energia cinética da chuva e, com isso, diminui consideravelmente a erosão do solo, especialmente, em terrenos com maior declividade e, em consequência, protegendo as fontes de água de assoreamento e contaminações e, o mais importante, diminui os riscos de enchentes e enxurradas;
- Mantém a umidade do solo, diminuindo as perdas por evaporação, podendo reduzir a necessidade de irrigação de salvação;
- Aumenta a infiltração de água no solo em função da diminuição do escoamento superficial;
- Adiciona matéria orgânica ao solo auxiliando na sua fertilidade através da reciclagem de nutrientes, favorecendo os cultivos posteriores;
- Proporciona melhor estruturação do solo, atuando tanto na fertilidade quanto em seu condicionamento físico, tornando os solos argilosos mais “leves” e soltos e, os arenosos com maior retenção de umidade;
- Controla a emergência das plantas daninhas através da menor entrada de luz;
- Reduz a temperatura do solo, nas horas mais quentes do dia com redução de até 30 °C abaixo da palhada, em relação ao solo desprotegido, e regula o calor residual nas horas mais frias.

Enfatizando a importância da cobertura morta para minimizar os efeitos das mudanças climáticas no semiárido brasileiro, vem sendo realizados estudos com cobertura morta em área de vazante, na Estação Experimental de Serra Talhada, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco, localizada na microrregião do Sertão do Pajeú (Figura 30) e na Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST, unidade descentralizada da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE.

Figura 30 - Coordenadas da área experimental, Serra Talhada - PE 2017



Nesse estudo, verificaram-se três situações distintas de temperatura no mês 11 de 2016. A Figura 31A representa a temperatura média de 36,9 graus Celsius (36,9 °C), com máxima de 40,3 °C no solo úmido, sem a presença da camada de sal.

A Figura 31B representa a temperatura média de 45,2 °C, com máxima de 48,3 °C no solo úmido com a presença da camada de sal.

Na Figura 31C observa-se a temperatura média de 40,5 °C, com máxima de 47,5 °C na superfície foliar de uma planta de sorgo forrageiro em solo coberto com palhada. Enquanto que na Figura 31D, pode ser observada a diferença de desenvolvimento de plantas de sorgo com e sem cobertura morta em solo salino de vazante.

Nas aferições registradas no intervalo entre 16h:00min e 16h:30min, visualiza-se perfeitamente um aumento no desenvolvimento das plantas e um estande mais regular, indicando que a cobertura morta regula os efeitos maléficos da temperatura e dos cristais de sódio.

Figura 31 - Temperaturas no solo úmido sem a presença da camada de sal (A); T °C sobre o solo com camada de sal (B); T °C na superfície foliar de sorgo forrageiro em solo coberto com palhada (C); Desenvolvimento do sorgo com e sem cobertura morta em solo salino de vazante (D) as 16h: 30min. Serra Talhada, PE. 2016



Fonte: Josimar Bento Simplício.

Nestas condições é possível observar que, mesmo ao final do dia a temperatura do ar ainda continua elevada (36,8 °C a 45,2 °C, Figuras 31 A, 31B e 31C) para muitas culturas, principalmente quando existe a presença de sal no solo. No entanto, as plantas de sorgo não apresentaram sintomas de estresse pela salinidade e pelas elevadas temperaturas. Provavelmente a umidade do solo foi beneficiada pela cobertura morta que minimizou o efeito salino para as plantas de sorgo.

No que se refere à Figura 32 verificam-se seis situações distintas de temperaturas aferidas em graus Celsius (T °C) em solo coberto, em solo desnudo (sem cobertura) e na superfície foliar de uma gramínea (família Poaceae) cultivada em solo salino de vazante do açude do sacco, Serra Talhada – PE, no intervalo entre 11h:00min., e 12h:00min.

Figura 32 - Temperaturas na superfície do solo sem cobertura (A); T °C sobre a cobertura morta (B); T °C na superfície foliar (C); T °C sobre solo salino de vazante vegetado (D); T °C sobre solo salino de vazante (E) e T °C a 10 cm da superfície em solo salino de vazante (F). Serra Talhada, PE. 2017



Fonte: Josimar Bento Simplicio.

Na Figura 32B pode-se observar a temperatura de 60,9 °C (máxima de 61,6 °C) aferida em solo com cobertura morta. Na Figura 32C a temperatura de 39,9 °C (máxima de 41,4 °C) foi verificada na lâmina foliar de uma planta de sorgo em solo de vazante com cobertura morta.

Apesar da elevada temperatura e do horário próximo do meio-dia, não foi verificada a presença de sintomas de murchamento nas plantas de sorgo. Isso reforça os relatos da literatura sugerindo a tolerância dessa cultura ao estresse hídrico em elevadas temperaturas e enfatiza a importância da cobertura morta para manter a umidade do solo por mais tempo e minimizar os efeitos da evapotranspiração em função das altas temperaturas e intensidade luminosa. Essa proteção do solo contribui ainda para manter a temperatura da solução do solo em condições adequadas para uma disponibilidade efetiva de nutrientes para as plantas.

As temperaturas observadas nas Figuras 32D; 32E e 32F, foram aferidas a, aproximadamente, cinco metros do espelho d'água do açude do saco (IPA – Serra Talhada). No que se refere à Figura 32D, verificou-se a temperatura de 29,6 °C (máxima de 31,7 °C) na lâmina foliar de uma gramínea estabelecida em solo de vazante.

Já no caso das Figuras 32E e 32F, as temperaturas foram 34,3 °C e 29,8 °C (máximas de 35,1 °C e 30,5 °C, respectivamente), com a vegetação afastada deixando o solo exposto e as aferições realizadas na superfície e a 10 centímetros da superfície do solo, respectivamente. Esses resultados, possivelmente, indicam que em solo coberto, à medida que se aprofunda no perfil do solo, a umidade permanece por mais tempo e a temperatura diminui, favorecendo o melhor desenvolvimento da cultura, mesmo em condições de estresse salino.

Ainda no contexto da importância da cobertura do solo, o confronto entre as Figuras 32B (temperatura de 60,9 °C; máxima de 61,6°C) e 32F (temperatura de 29,8 °C; máxima de 35,1 °C), que foram aferidas em solo com cobertura morta e a, aproximadamente, 10 centímetros da superfície do solo, respectivamente, é possível concluir que a presença de cobertura no solo permite maior controle da temperatura e da evaporação, mantendo a umidade por mais tempo neste ambiente.

Deste modo, o uso da cobertura morta para proteção do solo, aliada ao uso de culturas adaptadas ao semiárido, a exemplo do sorgo, resultaram na seguinte indicação: Em trabalho de campo desenvolvido no biênio 2015/2016, na Estação Experimental do IPA em Serra Talhada – PE, em área de vazante e irrigado com água salina C3S4 com o uso da cobertura morta, promove a realização de colheitas sucessivas: planta, soca e segunda soca.

Neste caso, após suspender a irrigação, verifica-se que nas parcelas que receberam cobertura morta, após mais de 50 dias sem chuva e sem irrigação, algumas plantas de sorgo se mantiveram vivas. Indicando que a cobertura morta proporciona um ambiente menos desfavorável à essa espécie de planta mantendo a umidade do solo por muito mais tempo, comparado ao solo sem proteção e, minimizando os efeitos danosos dos cristais de sódio. Reforçando a tese de que essa cultura está perfeitamente adaptada ao ambiente semiárido, podendo ser utilizada como boa produtora de forragem, mesmo em condições adversas de salinidade. Basta manejá-la adequadamente que para este caso, utilizou-se a cobertura morta como proteção do solo.

Todavia, é importante chamar a atenção para o tipo de material a ser usado (relação C/N), se é de degradação mais rápida ou mais lenta e se essa camada for muito espessa pode servir de abrigo para pragas e doenças, principalmente fúngicas em ambientes mais úmidos.



POTENCIAL DO SORGO PARA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Gláucia Sabrine de Oliveira Moraes - Doutoranda em Zootecnia – UFRPE

Luciano Patto Novaes - Professor visitante da UFRN

Marcelo de Andrade Ferreira - Professor da UFRPE

A intensificação dos sistemas de produção de leite e corte, nas últimas décadas aumentou a demanda por alimentos volumosos, o que fez os produtores exigirem materiais genéticos de sorgo com maior produção de nutrientes por unidade área. Isto favoreceu ao surgimento de vários genótipos de sorgo de acordo com o porte da planta (alto, médio ou baixo), ciclo vegetativo precoce ou tardio e aptidão para forragem, duplo propósito e granífero (DHALBERG, 2000) e cultivares com e sem tanino. Essas características influenciam o valor nutricional da silagem produzida (CANDIDO et al., 2002).

Em se tratando de produção de bovinos na região semiárida o desafio para os produtores é a produção de forragem em quantidade necessária à alimentação dos animais durante o período seco do ano, que em algumas áreas do NE em anos com chuvas normais se estende por dez ou onze meses (SANTOS et al., 2013). Dessa forma, destaca-se a importância do sorgo na região semiárida para a produção de silagem e o uso do grão de sorgo na alimentação sem, entretanto, enfatizar o cultivo para esse tipo de produção.

A produtividade do sorgo para silagem em regiões semiáridas pode ser considerada baixa, quando comparada àquela verificada em condições onde a pluviosidade é alta. Porém, ainda é superior à produtividade do milho e outras culturas na região (TABOSA et al., 2013a). Dados na literatura mostraram a superioridade do sorgo cultivado no semiárido, quando comparado ao milho, 32,82 vs 26,51 t MS/ha (DIAS et al., 2001).

Com relação ao valor nutricional, pesquisas mostraram a similaridade no desempenho produtivo de bovinos de leite e corte quando alimentados com silagens de sorgo ou milho (BERNARD; TAO, 2015; NEUMANN; RESTLE; BRONDANI, 2004). Do exposto, conclui-se que o cultivo do sorgo para silagem no NE pode ser considerado fator de produção importante para sustentabilidade de sistemas pecuários do semiárido.

8.1. Importância e diversidade do sorgo para o semiárido

A produtividade de forragem do sorgo é influenciada por fatores agrônômicos, incluindo tipo de solo, temperatura e irrigação, neste caso, no Nordeste, da disponibilidade de água para irrigação.

8.2. Composição química

A composição química varia de acordo com as cultivares, estágio de desenvolvimento no momento da colheita, condições de manejo da cultura e do objetivo se grão, duplo propósito ou forragem. A variabilidade genética da espécie é alta, tendo em vista o grande número de híbridos e de variedades submetidos constantemente a testes de avaliação, sendo frequentemente disponibilizadas no mercado/território nacional.

8.3. Grão de sorgo

O grão do sorgo é utilizado na alimentação de bovinos na forma de farelo. Nos últimos anos tem sido considerado o cereal com elevada importância nutricional e econômica, devido sua composição química ser semelhante à do milho (TABOSA

et al., 2013a). Apesar da similaridade na composição químico-bromatológica, o milho apresenta maior teor de energia (85,07 vs 79,82% de NDT), provavelmente porque o sorgo apresenta maiores teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e tanino (Tabela 4). Contudo, já tem disponível no mercado variedades de sorgo sem tanino que estão constantemente sendo avaliadas na dieta de ruminantes.

Tabela 4 - Composição químico-bromatológica das gramíneas forrageiras

Item %	Fubá de milho	Sorgo Grão
Matéria seca	87,94	88,03
Proteína Bruta	9,04	9,68
Extrato Etéreo	4,04	2,91
FDN	13,97	14,67
FDA	3,88	5,86
Lignina	1,30	1,88
Carboidratos totais	84,64	84,36
CNF	71,21	73,44
NDT	85,73	79,89
DIVMS	85,07	79,82
Tanino	-	0,43

DIVMS-Digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Fonte: Camila Guedes Valadares (2016).

8.4. Silagem de sorgo

O uso da cultura de sorgo para silagem, no Brasil, surgiu a partir da introdução de variedades de porte alto, com alta produção de massa verde. Era preocupação a redução do custo da tonelada de matéria verde de silagem produzida, sem considerar a qualidade deste material. Entretanto, com o passar do tempo, os produtores passaram a exigir um material com maior produção de nutrientes por unidade de área. Embora não haja relatos de aceitação e adoção, por parte de produtores do semiárido, foram relatadas preferência de utilização do sorgo de duplo propósito. Tanto os produtores de grande escala quanto de pequena consideraram o rendimento de grãos e biomassa como principais características de importância em cultivares de sorgo duplo propósito. Isso é importante em qualquer programa de melhoramento, pois os agricultores são os usuários das variedades, independentemente das opiniões dos pesquisadores (CHIKUTA et al., 2014). Assim, com o desenvolvimento de machos estéreis de sorgo, permitiu-se a produção de híbridos mais apropriados para a confecção de silagem, não apenas com boa produtividade de matéria seca, mas também com alto valor nutritivo (SOUZA et al., 2003).

Na Tabela 5 pode ser observada uma compilação de dados sobre a composição química de silagens de sorgo avaliadas em diferentes regiões, tendo-se como referência a silagem de milho. Percebe-se que mesmo em diferentes regiões geográficas e em condições de clima distintos, a composição da silagem de sorgo é pouco variável, o que garante aos produtores segurança alimentar para seus animais.

Tabela 5 - Compilação de dados sobre a composição (%) das silagens de milho e sorgo

Autor	Cultura	MS	PB	FDN	FDA	LIG	pH	Local/clima
Aydin, Grant e O'rear (1999)	Mi	39,7	7,4	41,0	26,4	4,4	3,8	EUA - Continental
	SF	30,6	6,8	51,7	34,7	9,5	3,8	
	SF	31,2	7,3	50,4	36,5	7,5	3,9	
	BMR							
Molina et al. (2002)	SF	38,3	7,5	41,2	23,8	3,9	3,8	Brasil - Tropical
	SG	30,7	5,9	49,4	29,9	4,7	3,8	
	DP	34,4	6,0	50,5	31,5	4,5	3,8	
Neumann, Restle e Brondani (2004)	SDP	34,5	8,9	--	--	--	--	Brasil - Subtropical úmido
	Mi	36,4	6,6	--	--	--	--	
Oliver et al. (2004)	SF	30,6	7,3	58,1	--	8,8	4,1	EUA - Continental
	SF	34,1	7,8	48,2	--	6,2	3,3	
	BMR							
	Mi	34,4	8,4	46,1	--	5,5	2,7	
Miron et al. (2007)	Mi	34,1	6,3	50,7	--	5,9	3,9	Israel - Árido
	SF	27,6	4,1	61,2	--	7,8	3,7	
	SF	25,7	5,6	59,6	--	6,2	3,8	
	BMR							
Dann et al. (2008)	SF	28,2	10,8	66,2	41,6	4,6	4,2	EUA - Continental
	BMR							
Nascimento et al. (2008)	Mi	37,7	7,2	36,8	21,0	3,2	4,1	França - Temperado
	SG	35,2	7,7	38,2	18,9	2,1	4,0	
Boyd et al. (2008)	SG	45,9	4,4	47,4	24,2	3,5	4,6	EUA - Subtropical úmido
Boyd et al. (2008)	SF	30,1	7,9	51,9	35,2	--	4,0	EUA - Subtropical úmido
Amer, Seguin e mustafa (2012)	SF	24,9	6,7	61,4	39,2	3,8	3,8	Canadá - Continental úmido
Restle et al. (2012)	SF	30,2	6,4	57,1	33,1	--	--	Brasil - Tropical seco
	SDP	33,4	7,2	52,5	28,9	--	--	
Bernard e Tao (2015)	Mi	29,6	8,5	38,3	24,0	2,8	5,9	EUA - Subtropical úmido
	SF	46,6	8,0	39,0	24,5	3,6	5,1	
Tolentino et al. (2016)	BRM							Brasil - Subtropical úmido
Tolentino et al. (2016)	SF	38,9	8,3	52,9	31,1	6,32	3,9	Brasil - Subtropical úmido
Anjos et al. (2018)	SF	26,4	8,3	60,1	33,8	4,1	3,9	Brasil - Tropical
Araújo et al. (2018)	SF	28,3	4,2	69,3	36,2	--	--	Brasil - Tropical
Médias								
	Mi	35,3	7,4	41,8	22,9	4,0	4,0	
	SF	31,4	7,2	55,2	33,6	6,0	3,9	
	SG	38,3	5,2	48,4	27,1	4,2	4,2	
	SDP	34,1	7,4	51,5	30,2	4,5	3,8	
	Sorgo Geral	34,6	6,6	51,7	30,3	4,9	3,9	

Mi- milho; SF- Sorgo forrageiro; SG- Sorgo granífero; SDP- Sorgo de duplo propósito; BMR- Brown-midrib.

A qualidade da silagem depende da proporção de colmo:folha:panícula e também do estágio vegetativo da planta no momento da colheita da planta para ensilagem. Esse acréscimo na proporção de panícula é desejável, pois além de elevar o conteúdo de matéria seca, apresenta a fração de maior valor nutritivo, devido ao aumento dos carboidratos não fibrosos (BUSO et al., 2011).

O estágio de maturação do grão de sorgo influencia na qualidade de fermentação e no valor nutritivo da silagem, dessa forma no momento do corte da forragem, o teor ideal de matéria seca deve ser entre 28 a 35%. O sorgo ensilado no estágio pastoso ou farináceo apresenta baixa digestibilidade e elevadas perdas de grãos nas fezes, por isso pode-se recomendar ensilá-lo quando apresentar grãos no estágio leitoso a pastoso (Tabela 6).

Tabela 6 - Porcentagem de grãos na forragem ensilada, (% GRFO) e nas fezes (% GRFEZ), produção, perdas e aproveitamento de grãos em silagem de sorgo, em função da época de colheita

Estádio de maturação dos grãos	%GRFO	%GRFEZ	Produção grãos (kg/MS/ha)	Perdas de grãos (kg/MS/ha)	Grãos digeridos (kg/MS/ha)
Leitoso	35,10	2,94	3,878	144	3,734
Pastoso	45,15	9,84	4,381	431	3,950
Pastoso/Farináceo	48,94	13,10	5,696	746	4,950
Farináceo	51,33	14,70	5,691	839	4,852
Duro	47,42	13,30	5,206	692	4,513

Fonte: Adaptado de Denarchi (1993).

De maneira geral, a composição química não varia muito com o estágio de maturação entre o leitoso e pastoso, bem como a digestibilidade da matéria seca, uma das características mais importante para o desempenho animal, também não se altera com o estágio de maturidade da planta (Tabela 7). Dados mostram que o consumo de matéria seca e digestibilidade *in vivo* em ruminantes não foram influenciadas pelo estágio de maturação do sorgo do emborrachamento ao leitoso e leitoso ao farináceo (MACHADO et al., 2011).

Sabe-se que quanto maior a maturidade da planta maior será sua produção de MS/área. Com isso, não se justificar colher o sorgo precocemente, apesar de, nas condições do semiárido, em algumas situações, essa colheita ser economicamente viável.

Tabela 7 - Composição de silagem (%) colhida em diferentes estágios de maturação

Estádio de maturação do grão	MS	PB	FDN	pH	DIVMS
Leitoso	26,02	6,51	60,81	3,80	52,73
Leitoso/pastoso	30,56	6,89	58,33	3,72	53,46
Pastoso	32,96	6,57	57,58	3,93	52,90
Pastoso/Farináceo	27,59	6,24	53,14	4,00	53,05
Farináceo	37,83	6,00	58,27	4,04	51,08
Duro	40,80	6,52	63,69	4,04	46,89
Seco	47,31	6,27	58,43	4,50	49,75

MS- Matéria seca; PB- Proteína bruta; FDN- Fibra em detergente neutro; DIVMS- Digestibilidade *in vitro* da matéria seca, SF-Sorgo forrageiro.

Fonte: Adaptado de Araújo et al. (2007); Faria Júnior et al. (2011); Machado et al. (2012).

8.5. Desempenho animal

O teor de lignina de uma forrageira é o principal fator limitante da digestibilidade, por limitar a degradabilidade da parede celular. Dessa forma, a lignificação altera a taxa e a extensão da digestão das forrageiras (SOEST, 1994) O melhoramento genético contribuiu para formação do sorgo forrageiro híbrido, que contém substancialmente menos lignina quando comparado ao sorgo forrageiro padrão/convencional e, conseqüentemente, tem maior potencial como fonte de fibra digestível para vacas leiteiras em lactação (AYDIN, GRANT e O'REAR, 1999). De forma geral, os dados na literatura indicam que a silagem de sorgo forrageiro híbrido é superior à silagem de sorgo padrão/convencional, e devido às suas características agrônômicas e nutricionais, o sorgo tem o potencial de substituir a silagem de milho em dietas para vacas leiteiras (Tabela 8).

Para obter a mesma produção de leite utilizando silagem de sorgo padrão/convencional deve-se aumentar a quantidade de concentrado, pois dietas com silagem de sorgo convencional apresentam menos energia disponível no rúmen para converter em proteína microbiana, logo uma suplementação com uma fonte de amido se faz necessário para maximizar o desempenho de vacas leiteiras (COLOMBINI et al., 2012). Na Tabela 7, verifica-se que, para vacas de leite, a silagem de sorgo proporcionou o mesmo desempenho proporcionado pela silagem de milho.

Tabela 8 - Desempenho de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho e sorgo

Autor	Silagem	VOL	SIL	CON	CMS kg/d	PL kg/d	PLCG	G%
Aydin, Grant e O'rear (1999)	Milho	0	65	35	25,30a	29,50a	29,00a	3,8
	SF	0	65	35	21,50a	21,50c	20,70c	3,7
	SF BMR	0	65	35	22,70a	24,30b	23,70b	3,7
Martins et al. (2011)	SF	0	77	23	17,49a	13,9a	20,3a	--
	Milho	0	42	58	20,0	25,4a	25,6	4,1
Colombini et al. (2010)	SG	0	37	63	20,0	24,6ab	25,8	4,3
	SF	0	28	72	18,2	23,6b	24,1	4,2
Bernard e Tao (2015)	Milho	0	39	61	23,1	33,4	--	2,9
	SF	0	39	61	21,4	32,2	--	3,2
Bernard e Tao (2017)	Milho	3,3	41,7	55	24,4	34,9	--	3,5
	SF BMR	3,3	41,7	55	22,7	33,0	--	3,8

SF-Sorgo forrageiro; SG-Sorgo Granífero; BMR- Brown-midrib; VOL-outro volumoso; SIL-proporção de Silagem; CON-concentrado; CMS-consumo de matéria seca; PL-produção de leite; PLCG-corrigida para gordura; %G-gordura do leite.

8.5.1. Vacas leiteiras

A região semiárida conta com uma fonte forrageira de grande aceitação pelos produtores de bovinos leiteiros, a palma forrageira. Por suas características morfofisiológicas, é uma planta adaptada às condições do semiárido com altas produções de matéria seca por unidade de área, altos teores de carboidratos não fibrosos (CNF) e elevado coeficiente de digestibilidade da matéria seca (FERREIRA et al., 2009). Porém, a palma forrageira possui baixos teores de fibra em detergente neutro (FDN), sendo necessária a associação com uma fonte fibrosa. Dessa forma a associação da palma forrageira com a silagem de sorgo propicia um volumoso de boa qualidade que tem apresentado bons resultados no desempenho de vacas em lactação (Tabela 9).

Tabela 9 - Consumo de matéria seca e energia (kg/d) e produção de leite (kg/d) de vacas alimentadas com palma forrageira e silagem de sorgo

Autor	Proporção			CMS	CNDT	PL	PLCG	%G
	Pal	SS	Con					
Wanderley et al., (2002)*	17,0	40,0	43,0	20,18	-	25,01	26,97	4,07
Melo et al. (2003)	31,9	30,4	37,6	19,42	13,30	19,36	18,81	3,41
Silva et al. (2007)	48,4	25,6	26,0	18,77	12,46	17,61	18,36	3,78
Wanderley et al. (2012)	59,0	34,4	6,6	13,29	9,00	10,67	10,71	4,03
Ramos et al. (2015)	51,5	35,7	12,7	13,87	7,58	9,27	9,88	4,43

*Andrade et al., (2002) sugerem a inclusão de 17% de palma, pois níveis acima de 17% reduz a digestibilidade dos nutrientes. Pal-palma; SS-Silagem de sorgo; Con-concentrado; CMS-consumo de matéria seca; CNDT-consumo de nutrientes digestíveis totais; PL-produção de leite; PLCG-corrigida para gordura; %G-gordura do leite.

8.5.2. Desempenho de vacas leiteiras alimentadas como associação de silagem de sorgo com palma forrageira

A região semiárida conta com uma fonte forrageira de grande aceitação pelos produtores de bovinos leiteiros, a palma forrageira. Por suas características morfofisiológicas, é uma planta adaptada às condições do semiárido com altas produções de matéria seca por unidade de área, altos teores de carboidratos não fibrosos (CNF) e elevado coeficiente de digestibilidade da matéria seca (FERREIRA et al., 2009). Porém, a palma forrageira possui baixos teores de fibra em detergente neutro (FDN), sendo necessária a associação com uma fonte fibrosa. Dessa forma a associação da palma forrageira com a silagem de sorgo propicia um volumoso de boa qualidade que tem apresentado bons resultados no desempenho de vacas em lactação (Tabela 10).

Tabela 10 - Consumo de matéria seca e energia (kg/d) e produção de leite (kg/d) de vacas alimentadas com palma forrageira e silagem de sorgo

Autor	Proporção			CMS	CNDT	PL	PLCG	%G
	Pal	SS	Con					
Wanderleyet al., (2002)*	17,0	40,0	43,0	20,18	-	25,01	26,97	4,07
Melo et al. (2003)	31,9	30,4	37,6	19,42	13,30	19,36	18,81	3,41
Silva et al. (2007)	48,4	25,6	26,0	18,77	12,46	17,61	18,36	3,78
Wanderleyet al. (2012)	59,0	34,4	6,6	13,29	9,00	10,67	10,71	4,03
Ramos et al. (2015)	51,5	35,7	12,7	13,87	7,58	9,27	9,88	4,43

*Andrade et al., (2002) sugerem a inclusão de 17% de palma, pois níveis acima de 17% reduzem a digestibilidade dos nutrientes. Pal-palma; SS-Silagem de sorgo; Con-concentrado; CMS-consumo de matéria seca; CNDT-consumo de nutrientes digestíveis totais; PL-produção de leite; PLCG-corrigida para gordura; %G-gordura do leite.

8.5.3. Bovino de corte

A busca dos produtores de maximizar o ganho de peso é constante, o que impulsionou o mercado a lançar novos híbridos de sorgo de alto valor nutricional (DALLA CHIEZA et al., 2008). Dados na literatura indicam que em dietas de bovinos confinados, a silagem de sorgo pode ser usada como uma porção substancial da dieta. Contudo, vale salientar que os retornos obtidos dependem da qualidade da silagem. Dessa forma, a principal característica que se deseja nas silagens é a elevada concentração de energia, em que o grão é principal componente responsável pela concentração energética da silagem.

Apesar dos híbridos de sorgo forrageiro ter valores nutricionais superiores aos convencionais, os sorgos de duplo propósito apresentam maior valor nutritivo, devido a maior porcentagem de panícula na estrutura da planta, o que promove maior teor de energia às silagens (NEUMANN et al., 2002). Dados na literatura mostram que o desempenho de novilhos foi semelhante quando alimentados com silagem de sorgo, independente da função e também da silagem de milho. É importante destacar a alta quantidade de concentrado nessas dietas o que favorece aos resultados encontrados (Tabela 11).

Tabela 11 - Desempenho de bovinos machos alimentados com silagem de sorgo ou milho

Autor	V:C	Silage m	SI L	CMS kg/d	Pi kg	Pf kg	GMD kg/d	CA
Neumann, Restle e Brondani (2004)	55:45	SDP	55	7,65	208,00	--	1,30	5,88
	55:45	Milho	55	7,31	208,00	--	1,28	5,74
Pereira et al. (2006)	80:20	SDP	80	9,94	438,67	521,33	1,31	7,36
	65:35		65	10,67	436,50	515,00	1,25	8,70
	50:50		50	11,73	437,00	534,50	1,54	7,37
	35:65		35	11,36	427,00	521,50	1,50	7,75
Dalla Chieza et al. (2008)								10,1
	0:50	SF	50	10,52a	247,49	379,0	1,26b	8
	0:50	SG	50	10,61a	231,13	396,3	1,42a	8,98
Restle et al. (2012)	50:50	SDP	50	9,49b	243,95	360,9	1,32ab	9,22
	75:25	SF	--	9,09	322,00	418,0	1,00	9,20
	75:25	SDP	--	9,58	322,00	432,4	1,15	8,20

SF-Sorgo forrageiro; SG-Sorgo Granífero; SDP-Sorgo duplo propósito. SIL-proporção de silagem; Pi-peso inicial; Pf-peso final; GMD-ganho médio diário; CA-conversão alimentar;

8.5.4. Desempenho de bovinos alimentados com grãos de sorgo

Em sistemas de confinamento, o milho é a principal fonte energética utilizada nas rações. Entretanto, a utilização do sorgo em rações de confinamento tem crescido nos últimos anos, devido principalmente a crescente oferta a preços aproximadamente 25% inferiores ao milho, bem como aos seus benefícios agrônômicos em locais de adversidade climática. De forma geral, percebe-se que independente do grão utilizado, milho ou sorgo, os resultados de desempenho animal foram semelhantes (Tabela 14).

Tabela 12 - Desempenho de bovinos alimentados com sorgo grão

Autor	Consumo de ganho de peso								
	Grão	V:C	%GO	%GS	CMS kg/d	Pi kg	Pf kg	GMD kg/dia	CA
Almeida Júnior et al. (2008)	MGM	0:100	79,5	0	--	77,24	170,86	0,97	4,5
	SGM	0:100	0	81,4	--	80,04	172,2	0,96	4,48
Restle et al. (2004)	SGM	60:40	0	32,81	8,83	307,1	416,3b	1,04b	8,49a
	CS	60:40	34,0	0	8,69	310,8	437,6a	1,20a	7,20b
Clarindo et al. (2008)	MGM	20:80	75,4	0	9,22	418,00	542,80	1,26	--
	SGM	20:80	0	75,9	8,89	418,00	525,50	1,19	--
Igarasi et al. (2008)	MGU	28:72	44,0	0	--	299,69	482,54	1,41	--
	SGU	28:72	0	45	--	293,69	486,81	1,43	--
Moro (2015)	MGI	0:100	0	85	8,63b	238	373,86	1,62	4,67b
	MGM	0:100	0	85	8,05b	238	367,86	1,55	4,64b
	SIG	0:100	0	85	10,70a	238	360,84	1,46	6,16a
	SGM	0:100	0	85	7,81b	238	342,14	1,24	5,48ab
Consumo e produção de leite									
	Grão	V:C	%GO	%GS	CMS kg/d	PL kg/d	PLCG kg/d	%G	
Oliveira et al. (1995)	MGM	23:77	42,9	0	22,8	28,7	25,8	2,9	--
	SGM	23:77	0	42,9	22,8	27,9	26,6	3,27	--
Nikkhah, Alikhani e Amanlou (2004)	CGM	46:54	--	20,38	19,1	22,6a	24,1a	3,55ab	--
	CGM+SGM	46:54	--	20,4	19,7	21,4b	22,2b	3,37b	--
	SGM	46:54	--	19,44	19,1	21,2b	22,1b	3,44b	--

MGM-milho grão moído; SGM-sorgo grão moído; MGI-milho grão inteiro; CS-casca de soja; MGU-milho grão úmido; SGU-sorgo grão úmido; CGM- cevada grão moído; %GO-outro grão; %GS-grão de sorgo; Pi-peso inicial; Pf-peso final; GMD-ganho médio diário; CA-conversão alimentar; CMS-consumo de matéria seca; PL-produção de leite; PLCG-corrigida para gordura; %G-gordura do leite.

8.6. Considerações finais

Diante do que foi exposto, percebe-se que o sorgo é uma forrageira de alto potencial de utilização, principalmente, por apresentar menores riscos de cultivo em relação a outras culturas, bem como pela sua boa produtividade e qualidade nutricional. Além disso, o uso de sorgo na alimentação de bovinos apresentou resultados de desempenho semelhantes àqueles com milho. Logo, a utilização de sorgo como volumoso, seja exclusivo ou associado à outra fonte, confere uma confiabilidade ao sistema de produção em regiões semiáridas. No entanto, para a região NE vale recomendar o uso para silagem o uso de duplo propósito, forrageiro e por último o granífero.



POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DA BIOMASSA DE SORGO SACARINO

Rômulo Simões Cezar Menezes - Professor da UFPE – DEN

Bárbara Ribeiro Alves Alencar - Professor da UFPE – DEN

Emmanuel Damilano Dutra - Professor da UFPE – DEN

José Nildo Tabosa - Pesquisador do IPA

O crescimento mundial da produção de biocombustíveis é motivado pela diminuição da disponibilidade de combustíveis fósseis, bem como pela ação destrutiva, proveniente da queima desses combustíveis, no meio ambiente (GAURAVet al., 2017). A escolha da matéria-prima para a produção do biocombustível depende das condições ambientais da região. No Brasil, em relação ao etanol, predomina-se o cultivo da cana-de-açúcar. Porém, em algumas regiões do país a limitação hídrica afeta diretamente a viabilidade dessa cultura. A limitação hídrica atual, bem como o cenário de possíveis reduções das precipitações, como consequência de mudanças climáticas, além da redução nas produtividades das culturas energéticas, exige estudos com biomassas de elevada produtividade e menor exigência hídrica. Nesse sentido, apresenta-se como alternativa o sorgo sacarino (ROONEY et al., 2007).

O sorgo sacarino é uma cultura tradicionalmente utilizada como forragem, ração e fibras (MURRAY et al., 2008; REDDY et al., 2005). Como principais características, destacam-se a eficiência no uso de água (1/3 da cana-de-açúcar e 1/2 do milho) e bom desenvolvimento em diferentes condições edafoclimáticas. Em geral, o sorgo sacarino produz 2 t ha⁻¹ de grãos rico em amido e 50 t ha⁻¹ de colmos rico em açúcares solúveis como sacarose, glicose e frutose (WU et al., 2010) no caldo e carboidratos insolúveis (celulose e hemicelulose) no bagaço gerado após extração do caldo. Devido a essas características, o sorgo sacarino é relatado como uma opção a produção de bioetanol (ALMODARES; HADI, 2009; VASILAKOGLU et al., 2011).

De uma forma geral, essa produção, a partir do caldo, situa-se em aproximadamente 3.450 L.ha⁻¹ (PRASAD et al., 2007), do amido em 800 L.ha⁻¹ e da fração celulósica e hemicelulósica do bagaço em 5400 L.ha⁻¹ (ZHAO et al., 2009).

Dessa forma, é importante no contexto do semiárido brasileiro reunir informações referentes à utilização da biomassa do sorgo sacarino como matéria-prima para a produção de etanol, a partir das diferentes frações da biomassa. Além disso, discutir as principais dificuldades da implantação desta cultura e as novas perspectivas do em relação às biorrefinarias.

9.1. Aspectos gerais da biomassa de sorgo sacarino

Na mesorregião semiárida, dados de cultivares sacarina apontam baixas produtividades influenciadas por fatores edafoclimáticos. Mas, quando manejado adequadamente, com adubação química e orgânica, e sob regime de irrigação, durante o ciclo de cultivo, a cultivar SF 15 pode atingir níveis de produtividade experimental de 194 t.ha⁻¹ sob excepcionais condições de fertilidade e de irrigação (TABOSA et al., 2013a).

Apesar da grande variabilidade para a produção de biomassa, o aproveitamento da biomassa de sorgo sacarino para produção de etanol está centrada em três tecnologias principais: 1) fermentação direta dos açúcares presentes no caldo dos colmos; 2) hidrólise enzimática do amido presente nas panículas e fermentação dos hidrolisados e 3) aproveitamento do material lignocelulósico presente no bagaço, após pré-tratamento, hidrólise e fermentação dos açúcares liberados para a produção de etanol.

9.2. Composição química da biomassa de sorgo sacarino

As partes vegetais de sorgo sacarino, com potencial para a produção de biocombustíveis, são o colmo, cuja é a maior fração, as folhas, o caldo e os grãos. O caldo é rico em glicose, frutose e sacarose, os quais são passíveis de fermentação pela principal levedura da indústria alcooleira: a *S. cerevisiae*. Em algumas cultivares de sorgo sacarino também é relatado pequenas frações de amido (BARCELOS, 2012). A composição dos açúcares pode variar fortemente dependendo do tipo de cultivar avaliada além do local de cultivo e a época de colheita dos colmos (TEETOR et al., 2011).

O teor de carboidratos presente no caldo classifica a cultivar de sorgo para a produção de açúcar ou exclusivamente para a produção de biocombustíveis. Dessa forma, é importante salientar a lacuna atual de informações agroindustriais em relação às cultivares, tais como grau de pureza, pol, pol% e fibra, os quais são parâmetros utilizados na indústria sucroalcooleira para determinar a qualidade da matéria-prima (COSTA et al., 2011). Além dos teores de açúcares, o caldo possui macro e micronutrientes que são essenciais para a viabilidade do processo de bioconversão dos açúcares em biocombustíveis. Além do caldo, o grão de sorgo é uma fração importante da planta. Essa porção apresenta composição química semelhante à do grão de milho, com teores de amido entre 60 a 80%. Além do amido, o grão também possui lipídeos e proteínas. O percentual de cinzas é geralmente baixo, com valores entre 1-2%, assim como os teores de fibra bruta (1,4%). Algumas cultivares de sorgo apresentam elevados teores de taninos, o que dificulta a conversão enzimática e, conseqüentemente, a produção de etanol.

Além do caldo e do grão de sorgo sacarino, o bagaço e as folhas são materiais lignocelulósicos, com grande variação em sua composição. O percentual de celulose é de 32 a 45%, o de hemicelulose entre 16 a 27% e o de lignina varia de 14 a 20%, sendo os teores de lignina mais elevado nas folhas que no bagaço (KIM et al., 2012).

9.3. Produção de etanol a partir do caldo do sorgo sacarino

A produção de etanol, a partir do caldo do sorgo sacarino, é realizada de forma semelhante à produção a partir do caldo da cana-de-açúcar. Após moagem dos colmos, o caldo é purificado e submetido à fermentação com leveduras industriais. A eficiência da etapa fermentativa apresenta valores entre 85 – 90 % de conversões dos açúcares em etanol para caldos com 120 g.L⁻¹ de açúcares redutores total inicial (LAOPAIBOON et al., 2007). Um importante parâmetro tecnológico de produção é a eficiência de extração de caldo dos colmos, com valores aceitáveis entre 50 a 70% de eficiência de extração (EGGLESTON, COLE; ANDRZEJEWSKI, 2013).

Estima-se que o sorgo sacarino possa produzir cerca de 2500 a 4000 litros de etanol por hectare, a partir do caldo do colmo (ALMODARES; HADI, 2009). Por se tratar de uma cultura de ciclo curto, pode-se ocorrer mais de um ciclo por ano, dependendo das condições ambientais, aumentando, dessa forma, a produção de etanol por unidade de área. O caldo é composto principalmente por açúcares, sacarose, glicose e frutose, prontamente fermentescíveis pelas leveduras industriais (WU et al., 2010). Uma desvantagem em relação à cultura da cana-de-açúcar é a rápida decomposição dos açúcares presentes no caldo do sorgo sacarino. Esta observação é crítica quando se postula a introdução do sorgo sacarino como matéria-prima na região Nordeste do Brasil, uma vez que são observadas altas temperaturas ambientais que podem maximizar a decomposição dos açúcares presentes no caldo.

Grande parte dos estudos com a fração do caldo de sorgo sacarino busca novas cultivares com potencial de produção de etanol. Em recente estudo conduzido na região Nordeste do Brasil (DUTRA et al., 2013) avaliaram oito cultivares de sorgo sacarino quanto à concentração de açúcares redutores no caldo para a produção de etanol. Os resultados indicaram diferenças significativas entre as cultivares avaliadas (64 g.L⁻¹ a 164,8 g.L⁻¹), sendo as mais promissoras para a produção de etanol a BR 506 (59,07 ± 1,3 g.L⁻¹), Willey (64,77 ± 4,4 g.L⁻¹), Wray (59,07 ± 1,3 g.L⁻¹) e IPA 467-4-2 (52,10 ± 0,7 g.L⁻¹). Para o conjunto dos dados experimentais, a eficiência de conversão dos açúcares presentes nos caldos para etanol foi, teoricamente, 88,4 %. Os maiores potenciais de produção de etanol por hectare foram observados nas cultivares BR 506 e SF 15.

Objetivando formas de diminuir a decomposição dos carboidratos no caldo de sorgo sacarino, Laopaiboon et al. (2007) investigaram a produção de etanol a partir do caldo da variedade keller, na Tailândia, em sistemas em batelada e batelada alimentada com a levedura *S. cerevisiae*. No sistema operado em batelada, com concentração inicial celular de 1x10⁸ células mL⁻¹ e sólidos solúveis totais (SST) de 24 °Brix, a concentração de etanol (P), rendimento (Yp/s) e produtividade (Qp) foram 100 g L⁻¹, 0,42 g g⁻¹ e 1,67 g L⁻¹ h⁻¹, respectivamente. No sistema em batelada alimentada, os autores sugeriram uma única alimentação como a melhor estratégia, com o teor de sólidos solúveis inicial de 24 °Brix, com resultados para os parâmetros cinéticos P, Yp/s e Qp de 120 g L⁻¹, 0,48 g g⁻¹ e 1,11 g L⁻¹ h⁻¹, respectivamente. Alternativas como fermentações com altas concentrações de açúcares iniciais (>270 g.L⁻¹) são avaliadas como modo de diminuir os custos energéticos do processo, já

que produzem, por conseguinte, altas concentrações de etanol (LAOPAIBOON et al., 2007). Porém, uma das limitações destas condições são as baixas produtividades volumétricas obtidas, devido ao elevado tempo de processo (40 - 120h), além de afetar a viabilidade celular.

Na abordagem com altas concentrações iniciais de açúcares, esforços são realizados para melhorar a eficiência de fermentação. Um estudo com fermentação de caldo de sorgo sacarino, avaliando as influências de Zn, Mg, Mn e de extrato de levedura como fonte de nitrogênio no processo, indicou que o extrato de levedura é o que mais influencia positivamente, seguido do Mn^{+2} , Zn^{+2} e Mg^{+2} (DEESUTH et al., 2012).

9.4. Produção de etanol a partir dos grãos do sorgo sacarino

O processo de produção de etanol, a partir dos grãos de sorgo sacarino está baseado na transformação do amido em glicose, através de hidrólise enzimática, com α -amilase e glucoamilase e posterior fermentação dos hidrolisados com leveduras. No entanto, ainda são escassas as publicações sobre o uso dos grãos de sorgo para produção de etanol, principalmente devido ao aproveitamento alimentício dos grãos. A produção de grãos de sorgo granífero e sacarino situa-se entre 2 a 3 t ha⁻¹. A concentração média de amido nos grãos de sorgo é bastante variável e depende da cultivar e do local de produção. Em média, pode-se produzir aproximadamente 815 L de etanol por hectare (ZHAO et al., 2009).

9.5. Produção de etanol a partir do bagaço e das folhas do sorgo sacarino

Estudos com a fração lignocelulósica do bagaço do sorgo sacarino são fundamentais para aumentar a produção de etanol por unidade de área plantada e tornar o balanço energético mais positivo. Estima-se que a produção de etanol a partir do bagaço seja de aproximadamente 2.423 litros de etanol por hectare (PRASAD et al., 2007).

Para transformar os polissacarídeos insolúveis constituintes do bagaço e das folhas, geralmente são necessárias etapas de pré-tratamento e hidrólise, enzimática ou ácida. Em relação à produção de etanol, a partir da palhada (colmos e folhas) de sorgo forrageiro, avaliou-se a cultivar BRS 655, desenvolvida pela Embrapa, com três tipos de pré-tratamento (alcalino com NaOH, ácido com H₂SO₄ e H₂SO₄ seguido de NaOH) e dois tempos de reação (15 e 30 min). Observou-se melhoras significativas na etapa de hidrólise enzimática, com eficiências acima de 90% de conversão de celulose em glicose (CARDOSO et al., 2013).

Otimizações na etapa de hidrólise enzimática são fundamentais para viabilizar a tecnologia de conversão pela rota bioquímica. Neste cenário, os estudos com hidrólise enzimática da biomassa de sorgo, que inicialmente eram desenvolvidos para baixas concentrações de biomassa (20 a 100 g.L⁻¹), Shen et al., 2012), já utilizam cargas de sólidos > 250 g.L⁻¹, obtendo, dessa forma, maiores concentrações de etanol (WANG et al., 2013).

9.6. Biomassa de sorgo como matéria-prima para biorrefinarias

O conceito recente de biorrefinaria refere-se a um sistema integrado de instalações e equipamentos desenvolvidos para conversão da biomassa, por rota termoquímica ou bioquímica, com o objetivo de produzir combustíveis, energia e produtos químicos (PATRICK et al., 2010). Neste cenário, o sorgo sacarino é avaliado como matéria-prima para o desenvolvimento de biorrefinarias, em diversas rotas de aproveitamento integral da biomassa, pois apresenta características como elevada produção de biomassa, com menor consumo de água e insumos (XIN; WANG, 2011). O balanço geral para a produção de etanol a partir de 1 ton de biomassa de sorgo foi de 59 kg de etanol (KIM et al., 2012).

Na região Nordeste do Brasil, ainda não foi implantado estudos que integrem as diferentes fases de produção de biomassa (agronômica) com processamento (engenharias, química), desta biomassa, para a produção de biocombustíveis, energia e produtos de alto valor agregado, o que indica um alto nicho de aproveitamento.

9.7. Considerações finais

A região litorânea do Nordeste do Brasil é uma área de tradição no cultivo de cana-de-açúcar para a produção de açúcar e etanol. Esta região abrange uma pequena fração da área total do Nordeste e, em algumas partes, o gradiente de precipitação se reduz e inviabiliza o cultivo desta cultura energética. É neste contexto que o cultivo do sorgo sacarino pode ser inserido, atuando como matéria-prima complementar à produção de combustíveis, energia e produtos de alto valor agregado.

Como uso potencial, no semiárido brasileiro, apresenta-se as áreas irrigáveis para produção de energia e do subproduto (bagaço) para a alimentação animal.

Para o aproveitamento da biomassa de sorgo sacarino, ainda são necessários vários esforços em diferentes áreas de pesquisa: 1) Melhoramento vegetal de cultivares de sorgo sacarino; 2) Melhora nas eficiências dos processos fermentativos, a partir do caldo; 3) Viabilidade de produção de etanol, a partir dos grãos de cultivares de sorgo, sem interferir, ou interferindo minimamente, na oferta de alimentos; 4) Design de processos de pré-tratamentos, hidrólise enzimática ou ácida, e fermentação de hidrolisados competitivos; 5) Integração das diferentes abordagens na produção de etanol, a partir da biomassa de sorgo sacarino e aproveitamento dos seus resíduos para geração de energia e outros produtos; e 6) Levantamento dos custos de produção de etanol a partir da biomassa de sorgo sacarino.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **O domínio morfoclimático semiárido das caatingas brasileiras**. Teresina: UFPI, 1984.
- ADAMU, M. S.; KUBKOMAWA, H. I.; DOMA, U. D.; DUDUWA, A. T. Carcass and gut characteristics of broilers fed diets containing yellow sorghum (*Sorghum bicolor*) variety in place of maize. **International Journal of Sustainable Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 8–11, 2012.
- ALLEN, R. G.; FERREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALMEIDA JÚNIOR, G. A. de; COSTA, C.; CARVALHO, S. M. R. de; PERSICHETTI JÚNIOR, P.; PANICHI, A. Desempenho de bezerros holandeses alimentados após o desaleitamento com silagem de grãos úmidos ou grãos secos de milho ou sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 148–156, 2008.
- ALMODARES, A.; HADI, M. R. Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 9, p. 772–780, 2009.
- AMER, S.; SEGUIN, P.; MUSTAFA, A. F. Effects of feeding sweet sorghum silage on milk production of lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 95, p. 859–863, 2012.
- ANDRADE, D. K. B. de; FERREIRA, M. D. A.; VÉRAS, A. S. C.; WANDERLEY, W. L.; SILVA, L. E. da; CARVALHO, F. F. R. de; ALVES, K. S.; MELO, W. S. de. Digestibilidade e absorção aparentes em vacas da raça holandesa alimentadas com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 2088–2097, 2002.
- ANJOS, G. V. S.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; KELLER, K. M.; COELHO, M. M.; MICHEL, P. H. F.; OTTONI, D.; JAYME, D. G. Effect of re-ensiling on the quality of sorghum silage. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 7, p. 6047–6054, 2018.
- ANTONINO, A. C. D.; AUDRY, P. **Utilização de água no cultivo de vazante no semi-árido do Nordeste do Brasil**. In: **Tópicos especiais em recursos hídricos e tecnologia ambiental**. Paris - France: Institut de Recherche Pour le Developpement - IRD/UFPE, 2001. p. 110.
- ANTUNES, R.C.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Composição bromatológica e parâmetros físicos de grãos de sorgo com diferentes texturas de endospermas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, p. 1351- 1354, 2007.
- ARAÚJO, S. A. C.; BICALHO, G. P.; ROCHA, N. S.; BENTO, C. B. P.; ORTÊNCIO, O. Sorghum silage supplemented with crambe meal improves dry matter intake and milk production in crossbred Holstein cows. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 50, n. 1, p. 143–148, 2018.
- 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 de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 1, p. 168–174, 2007.
- ASA BRASIL. **Articulação no semiárido brasileiro**. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br>. Acesso em: 14 nov. 2009.
- ASSUENA, V.; FILARDI, R. da S.; JUNQUEIRA, O. M.; CASARTELLI, E. M.; LAURENTIZ, A. C. de; DUARTE, K. F. Substituição do milho pelo sorgo em rações para poedeiras comerciais formuladas com diferentes critérios de atendimento das exigências em aminoácidos. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 9, n. 1, p. 93 - 99, 2008.
- AYDIN, G.; GRANT, R. J.; O'REAR, J. Brown midrib sorghum in diets for lactation cows. **Journal Dairy Science**, v. 82, p. 2127–2135, 1999.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1).
- BARCELOS, C. **Aproveitamento das frações sacarínea, amilácea e lignocelulósica do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para produção de bioetanol**. 2012. Tese (Doutorado em Tecnologias de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- BARROS, A. H. C.; PARAHYBA, R. da B. V.; TABOSA, J. N.; MARQUES, F. A.; AMARAL, A. J. do; GOMES, E. C.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; SILVA, A. B. da; SANTOS, J. C. P. dos. **Potencial pedoclimático dos estados de Alagoas para a cultura do sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]**. Rio de Janeiro-RJ: [s.n.]. 2017.
- BASF - Badische Anilin und Soda Fabrik. **Guia para plantio direto**. Ludwigshafen am Rhein, 2000.
- BASTOS-LEITE, S. C.; ESPÍNDOLA, G. B.; FONTINELLE, G. S. P. Indicadores do metabolismo de nitrogênio e cortisol sérico de leitões alimentados com dietas contendo sorgo, caseína e lactose. **Essentia**, Sobral, v. 17, n. 1, p. 249–266, 2016.
- BERNARD, J. K.; TAO, S. Short communication: production response of lactating dairy cows to brachytic forage sorghum silage compared with corn silage from first or second harvest. **Journal Dairy Science**, v. 98, p. 8994–9000, 2015.
- BERNARD, J. K.; TAO, S. Effect of brachytic dwarf forage sorghum or corn silage harvested in the summer or fall and supplemented with soybean meal or mechanically pressed cottonseed meal on performance of lactating dairy cows. **The Professional Animal Scientist**, v. 33, p. 342–348, 2017.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed., Viçosa: UFV, 2006.
- BOYD, J. A.; BERNARD PAS, J. K.; WEST, J. W.; PARKS, A. H. Performance of lactating dairy cows fed diets based on sorghum and ryegrass silage and different energy supplements. **The Professional Animal Scientist**, v. 24, p. 349–354, 2008.
- BUSO, W. H. D.; MORGADO, H. S.; SILVA, L. B. E.; FRANÇA, A. F. de S. Utilização do sorgo forrageiro na alimentação animal. **Revista Pubvet**, Maringá, v. 5, n. 23, p. 1145, 2011.

- CABRAL, N. de O.; PROCESSI, E. F.; VALE, P. de A. C. B. do; RAFAELE, R. M. da; N., S. R. da T. R. Utilização de baunilha em rações contendo sorgo para leitões. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., 2011, **Anais [...]**. Vale do Paraíba: UNIVAP - Universidade do Vale do Paraíba, 2011. p.1-4.
- CANDIDO, M. J. D.; OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; QUEIROZ, A. C. de; PAULINO, M. F.; GONTIJO NETO, M. M. Características fermentativas e potencial biológico de silagens de híbridos de sorgo cultivados com doses crescentes de adubação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 49, n. 282, p. 151–167, 2002.
- CARDOSO, W. S.; TARDIN, F. D.; TAVARES, G. P.; QUEIROZ, P. V.; MOTA, S. S.; KASUYA, M. C. M.; QUEIROZ, J. H. de. Use of sorghum straw (*Sorghum bicolor*) for second generation ethanol production: Pretreatment and enzymatic hydrolysis. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 5, p. 623–627, 2013.
- CARNEIRO, J. de S. **Pigmentantes de gema: novo método de avaliação de cor e caracterização da produtividade e saúde das poedeiras**. 2013. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2013.
- CAROLINO, A. C. X. G.; SILVA, M. C. A.; LITZ, F. H.; FAGUNDES, N. S.; FERNANDES, E. de A. Performance and carcass composition of broiler chickens fed diets containing whole grain sorghum. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 1139–1148, 2014.
- CARVALHO, L. S. S.; FAGUNDES, N. S.; LITZ, F. H.; SAAR, A. G. L.; FERNANDES, E. de A. Sorgo inteiro ou moído em substituição ao milho em rações de frangos de corte. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 11, n. 21, p. 1757–1765, 2015.
- CHIKUTA, S.; ODONG, T.; KABI, F.; MWALA, M.; RUBAIHAYO, P. Farmers perceptions on dual-purpose sorghum and it's potential in Zambia. **International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology**, Bangladesh, v. 4, n. 2, p. 76–81, 2014.
- CLARINDO, R. L.; SANTOS, F. A. P.; BITTAR, C. M. M.; IMAIZUMI, H.; LIMA, N. V. dos A.; PEREIRA, E. M. Avaliação de fontes energéticas e protéicas na dieta bovinos confinados em fase de terminação. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 9, n. 4, p. 902–910, 2008.
- COLOMBINI, S.; GALASSI, G.; CROVETTO, G. M.; RAPETTI, L. Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silage in the dairy cow. **Journal Dairy Science**, v. 95, n. 8, p. 4457–4467, 2012.
- COLOMBINI, S.; RAPETTI, L.; COLOMBO, D.; GALASSI, G.; CROVETTO, G. M. Brown midrib forage sorghum silage for the dairy cow: Nutritive value and comparison with corn silage in the diet. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna, v. 9, n. 3, p. 273–277, 2010.
- COSTA, C. T. S.; FERREIRA, V. M.; ENDRES, L.; FERREIRA, D. T. D. R. G.; GONÇALVES, E. R. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 56–63, 2011.
- COSTA, E. J. B. da; SOUZA, E. S. de; BARROS JUNIOR, G.; NUNES FILHO, J.; SOUZA, J. R. de; TABOSA, J. N.; LEITE, M. L. D. M. V. Growing sorghum in flood recession agriculture with and without mulching. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 2, p. 182–195, 2015.
- DALLA CHIEZA, E.; ARBOITTE, M. Z.; BRONDANI, I. L.; MENEZES, F. G. de; RESTLE, J.; SANTI, M. A. M. Aspectos agrônômicos de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) no desempenho e economicidade de novilhos confinados. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 67–73, 2008.
- DANN, H. M.; GRANT, R. J.; COTANCH, K. W.; THOMAS, E. D.; BALLARD, C. S.; RICE, R. Comparison of brown midrib sorghum-sudangrass with corn silage on lactational performance and nutrient digestibility in holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 2, p. 663–672, 2008.
- DEESUTH, O.; LAOPAIBOON, P.; JAISIL, P.; LAOPAIBOON, L. Optimization of nitrogen and metal ions supplementation for very high gravity bioethanol fermentation from sweet sorghum juice using an orthogonal array design. **Energies**, Paris, v. 5, n. 9, p. 3178–3197, 2012.
- DEMARCHI, J. J. A. A. **Produção, valor nutritivo e características do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), colhido em cinco estádios de maturação, e de suas silagens**. 1993. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1993.
- DEMARCHI, J. J. A. A.; BOIN, C.; BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagens de alta qualidade. **Zootecnia**, Nova Odessa, v. 33, n. 3, p. 111–136, 1995.
- DHALBERG, J. A. Classification and characterization of sorghum. In: SIMTH, C. W.; FREDERIKSEN, R. A. (Eds.). **Sorghum: origin, history, technology, and production**. [s.l.]: John Wiley & Sons, Inc., 2000. p. 99–130.
- DIAS, M. A. A.; BATISTA, M. Â.; FERREIRA, M. de; LIRA, M. DE A.; SAMPAIO, I. B. M. Efeito do estádio vegetativo do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sobre a composição química da silagem, consumo, produção e teor de gordura do leite para vacas em lactação, em comparação à silagem de milho (*Zea mays* (L.)). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 2086–2092, 2001.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (FAO. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- DUQUE, J. G. Algumas questões da exploração de açudes públicos. In: DUQUE, J. G. (ed.). **Solo e água no polígono das secas**. 4. ed. Fortaleza: DNOCS, 1973. p. 126–156. (DNOCS. Publicação, 154).
- DUTRA, E. D.; BARBOSA NETO, A. G.; SOUZA, R. B. de; MORAIS JUNIOR, M. A. TABOSA, J. N.; MENEZES, R. S. C. Ethanol production from the stem juice of different sweet sorghum cultivars in the state of Pernambuco. **Sugar Technology**, v. 15, p. 316–321, 2013.
- EGGLESTON, G.; COLE, M.; ANDRZEJEWSKI, B. New commercially viable processing technologies for the production of sugars feedstocks from sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) for manufacture of biofuels and bioproducts. **Sugar Technology**, v. 15, p. 232–249, 2013.
- ELIAS, O. F. A. E. S.; LEITE, M. L. de M. V.; AZEVEDO, J. M.; SILVA, J. P. S. de S.; NASCIMENTO, G. F. do; SIMPLÍCIO, J. B. Características agrônômicas de cultivares de sorgo em sistema de plantio direto no semiárido de Pernambuco. **Ciência Agrícola**, Maceió, v. 14, n. 1, p. 29–36, 2016.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Zoneamento agroecológico do Estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos, 2001. 1 CD-ROM.
- FAGGION, F.; OLIVEIRA, C. A. S.; CHISTOFIDIS, D. Uso eficiente da água: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 2, n. 1, p. 187–190, 2009.

- FAGUNDES, N. S. **Diferentes estratégias do uso de sorgo para frangos de corte: desempenho e saúde intestinal**. 2016. Tese (Doutorado em Ciências Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2016.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Evaluation of certain food additives and contaminants**. Rome: FAO/WHO, 2004. 83p. (FAO. Technical Report Series, 925).
- FAO - Food Agriculture Organization. **Faostat 2016**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat>. Acesso em: 26 fev. 2017.
- FAO - Food Agriculture Organization. **Faostat 2017**. Disponível em: www.fao.org/faostat/site/567/. Acesso em: 30 out. 2017.
- FARIA JÚNIOR, W. G.; GONÇALVES, L. C.; RIBEIRO JÚNIOR, G. O.; CARVALHO, W. T. V.; MAURÍCIO, R. M.; RODRIGUES, J. A. S.; FARIA, W. G.; SALIBA, E. O. S.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, A. L. C. C. Effect of grain maturity stage on the quality of sorghum BRS-610 silages. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, n. 5, p. 1215–1223, 2011.
- FARIAS FILHO, M. S.; FERRAZ JÚNIOR, A. S. de L. A cultura do Arroz em sistema de vazante na baixada maranhense, periferia do Sudeste da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 82–91, 2009.
- FERNANDES, C. S. Sorgo - fertilidade do solo e nutrição de plantas. In: CURSO DE EXTENSÃO SOBRE A CULTURA DO SORGO. 1980, Vitória de Santo Antão, PE. **Curso [...]**. Brasília: EMBRAPA-DID/ IPA, 1981. p.7-12. (IPA. Série Documentos, 1).
- FERREIRA, M. de A.; SILVA, F. M. da; BISPO, S. V.; AZEVEDO, M. de. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 1 Suplemento, p. 322–329, 2009.
- FETRAECE - Federação dos Trabalhadores Rurais Agricultores e Agricultoras Familiares do Estado do Ceará. **Semiárido brasileiro**. Disponível em: www.fetraece.org.br. Acesso em: 6 jun. 2012.
- FIALHO, E. T. **Alimentos alternativos para suínos**. Lavras: Editora UFLA - Universidade Federal de Lavras, 2009. 232 p.
- FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. F. de; OLIVEIRA, V. de; SILVA, H. O. Substituição do milho pelo sorgo sem tanino em rações de leitões: digestibilidade dos nutrientes e desempenho animal. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 105–111, 2002.
- FORGIARINI, J. **Cantaxantina em dietas com milho ou sorgo sobre os parâmetros reprodutivos de galos**. 2015. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- FRIZZONE, J. A. Planejamento da irrigação com uso de técnicas de otimização. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Sobral, v. 1, n. 1, p. 24–49, 2007.
- GAURAV, N.; SIVASANKARI, S.; KIRAN, G. S.; NINAWA, A.; SELVIN, J. Utilization of bioresources for sustainable biofuels: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 73, p. 205–214, 2017.
- GUERRA, P. B. Agricultura de vazante – um modelo agrônômico nordestino. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 3., 1975, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: MINTER-DNOCS/ABID, 1975. p. 325-333.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal-2010**. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 11 nov. 2018.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal - 2017**. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 2 nov. 2018.
- IGARASI, M. S.; ARRIGONI, M. D. B.; SOUZA, A. A. de; SILVEIRA, A. C.; MARTINS, C. L.; OLIVEIRA, H. N. de. Desempenho de bovinos jovens alimentados com dietas contendo grão úmido de milho ou sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 513–519, 2008.
- JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatingas: características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V.V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M. P. F. (ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS/UFV/DPS, 1996. p. 95–111.
- KELLER, J. **Trickle irrigation**. Washington: Conservation Service National Engineering, 1978. 129 p.
- KIM, M.; HAN, K. J.; JEONG, Y.; DAY, D. F. Utilization of whole sweet sorghum containing juice, leaves, and bagasse for bio-ethanol production. **Food Science and Biotechnology**, v. 21, n. 4, p. 1075–1080, 2012.
- LACERDA, C. F. de; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, Imsford, v. 49, p. 107–120, 2003.
- LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. Clima. In: RODRIGUES, J. A. S. (ed.). **Cultivo do Sorgo**. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. p. 1-2.
- LANZA, A. L. L. **Avaliação forrageira do sorgo biomassa (BRS 716) em diferentes épocas de corte e estratégias de adubação em cobertura**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2017.
- LAOPAIBOON, L.; THANONKEO, P.; JAISIL, P.; LAOPAIBOON, P. Ethanol production from sweet sorghum juice in batch and fed-batch fermentations by *Saccharomyces cerevisiae*. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v. 23, n. 10, p. 1497–1501, 2007.
- LEMOS, J. de J. S. **Inserção do Maranhão no semi-árido do Brasil**. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/5789/1/2007_eve_jjslemos.pdf. Acesso em: 25 jan. 2019.
- LIMA, G. S. **Estudo comparativo de resistência à seca no sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L) Moench) em diferentes estádios de desenvolvimento**. 1998. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1998.
- LIMA, M. C. de A.; MAFRA, R. C. Comments on sorghum in Northeast Brazil. **Sorghum Newsletter**, Patancheru, v. 6, p. 5–7, 1963.

- LIRA, M. A. Considerações sobre o potencial do sorgo em Pernambuco. *In: Curso Extensão sobre a Cultura do Sorgo*. 1980. Vitória de Santo Antão, PE. **Curso** [...]. Brasília: EMBRAPA-DID, 1981. p. 87-88. (IPA. Série Documentos, 1).
- LIRA, M. A.; ARAÚJO, M. R. A.; MACIAL, G. A.; FREITAS, E. V.; ARCOVERDE, A. S. S.; LEIMIG, G. Comportamento de novas progênes de sorgo forrageiro para o semi-árido pernambucano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 11, p. 1239–1246, 1986.
- LIU, S. Y.; TRUONG, H. H.; SELLE, P. H. Whole-grain feeding for chicken-meat production : Possible mechanisms driving enhanced energy utilization and feed conversion animal. **Animal Production Science**, v. 55, Jan., p. 559–572, 2015.
- LUDKE, J. V.; SCHEUERMANN, G. N.; BERTOL, T. M.; ZANOTTO, D. L. Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar. *In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo*, 31., 2016. **Anais** [...]. Bento Gonçalves-RS: ABMS, 125-145, 2016.
- MACHADO, F. S.; RODRIGUES, N. M.; RODRIGUES, J. A. S.; RIBAS, M. N.; TEIXEIRA, A. M.; JÚNIOR, R.; VELASCO, F. O.; GONÇALVES, L. C.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PEREIRA, L. G. R. Qualidade da silagem de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 64, n. 3, p. 711–720, 2012.
- MACHADO, F. S.; RODRÍGUEZ, N. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; RIBAS, M. N.; PÔSSAS, F. P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; JAYME, D. G.; PEREIRA, L. G. R. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, n. 6, p. 1470–1478, 2011.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia. *In: RODRIGUES, J. A. S. (ed.). Cultivo do sorgo*. 3. ed. Sete Lagoas: Embrapa - CNPMS, 2007.
- MAGALHÃES, P. C.; RODRIGUES, W. A.; DURÃES, F. O. M. **Tanino no grão de sorgo: fases fisiológicas e métodos de determinação**. Sete Lagoas: EMBRAPA - CNPMS, 1997. (EMBRAPA - CNPMS. Circular Técnica, 27).
- MARQUES, B. M. F. P. P.; ROSA, G. B.; HAUSCHILD, L.; CARVALHO, A. D'A.; LOVATTO, P. A. Substituição de milho por sorgo baixo tanino em dietas para suínos: digestibilidade e metabolismo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 3, p. 767–772, 2007.
- MARTINS, S. C. dos S. G.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CALDEIRA, L. A.; PIRES, D. A. de A.; BARROS, I. C.; SALES, E. C. J. de; SANTOS, C. C. R. dos; AGUIAR, A. C. R. de; OLIVEIRA, C. R. de. Consumo, digestibilidade, produção de leite e análise econômica de dietas com diferentes volumosos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 12, n. 3, p. 691–708, 2011.
- MAZOYER, M.; ROUDART, L. **Historie des agriculteurs du monde: du néolithique à la crise contemporaine**. Paris- France: [s.n.], 2002, 705p.
- MELO, A. A. S. de; FERREIRA, M. de A.; VERÁS, A. S. C.; LIRA, M. de A.; LIMA, L. E. de; VILELA, M. da S.; MELO, E. O. S. de; ARAÚJO, P. R. B. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 727–736, 2003.
- MIRANDA, A. P. **Suínos em diferentes fases de crescimento alimentados com milho ou sorgo, digestibilidade e efeitos na biodigestão**. 2009. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2009.
- MIRANDA, P.; CALDAS, G. C.; BARROS, E. C.; DANTAS, A. P. Comportamento do sorgo no Estado de Pernambuco. *In: Simpósio Interamericano de Sorgo*, 1., 1972, Brasília. **Anais** [...]. Brasília: Ministério da Agricultura-DNPA, 7-23, 1972.
- MIRON, J.; ZUCKERMAN, E.; ADIN, G.; SOLOMON, R.; SHOSHANI, E. NIKBACHAT, M.; YOSEF, E.; ZENOU, A.; WEINBERG, Z. G.; CHEN, Y.; HALACHMI, I.; BEN-GHEDALIA, D. Comparison of two forage sorghum varieties with corn and the effect of feeding their silages on eating behavior and lactation performance of dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 139, n. 1–2, p. 23–39, 2007.
- MOLINA, L. R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J.; CASTRO NETO, A. G. Qualidade das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 54, n. 2, p. 159–168, 2002.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. de O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 17, n. 1, p. 1–10, 2002.
- MONTEIRO, M. C. D. **Obtenção e avaliação de híbridos forrageiros de *Sorghum bicolor* (L.) Moench x *Sorghum sudanense* para o semiárido de Pernambuco**. 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1999. 79p.
- MOREIRA, F. R. C.; COSTA, A. N.; MARTINS, T. D. D.; SILVA, J. H. V.; CRUZ, G. R. B.; PASCOAL, L. A. F. Substituição parcial do milho por sorgo granífero na alimentação de matrizes suínas primíparas nos períodos de puberdade e gestação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 65, n. 3, p. 902–908, 2013.
- MOREIRA, F. R. C.; COSTA, A. N.; MARTINS, T. D. D.; SILVA, J. H. V.; PASCOAL, L. A. F.; CRUZ, G. R. B. Substituição parcial do milho por sorgo granífero na alimentação de matrizes suínas primíparas durante a lactação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 66, n. 4, p. 1189–1196, 2014a.
- MOREIRA, F. R. da E.; COSTA, A. N.; MARTINS, T. D. D.; SILVA, J. H. V. da; MEDEIROS, H. R. de; CRUZ, G. R. B. da. Substituição parcial do milho por sorgo granífero na alimentação de suínos nas fases de creche, crescimento e terminação. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v. 15, n. 1, p. 94–107, 2014b.
- MORO, G. **Processamento do milho ou sorgo em dieta de alto grão, na terminação de bovinos mestiços leiteiros**. 2015. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.
- MOURA, A. M. A. de; FONSECA, J. B.; RABELLO, C. B. V.; TAKATA, F. N.; OLIVEIRA, N. T. E. de. Desempenho e qualidade do ovo de codornas japonesas alimentadas com rações contendo sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 12, p. 2697–2702, 2010.
- MOURA, A. M. A. de; TAKATA, F. N.; NASCIMENTO, G. R. do; SILVA, A. F. da; MELO, T. V.; CECON, P. R. Pigmentantes naturais em rações à base de sorgo para codornas japonesas em postura Natural. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 11, p. 2443–2449, 2011.

- MURRAY, S. C.; SHARMA, A.; ROONEY, W. L.; KLEIN, P. E.; MULLET, J. E.; MITCHELL, S. E.; KRESOVICH, S. Genetic improvement of sorghum as a biofuel feedstock : I. QTL for stem sugar and grain nonstructural carbohydrates. **Crop Science**, Madison, v. 48, p. 2165–2179, 2008.
- NASCIMENTO, M. M. A.; TABOSA, J. N.; SIMPLÍCIO, J. B.; BRITO, A. R. M. B.; REIS, O. V.; CARVALHO, H. W. L.; SILVA, F. G. Desempenho de variedades de sorgo forrageiro em diferentes ambientes agroecológicos de Pernambuco, Alagoas e Sergipe na produção de biomassa. *In*: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 26., 2006, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Belo Horizonte: EMBRAPA-CNPMS, 2006. 1 CD.
- NASCIMENTO, W. G. do; PRADO, I. N. do; JOBIM, C. C.; EMILE, J. C.; SURAUULT, F.; HUYGHE, C. Nutritive value of corn and sorghum silages and its influence on dairy cow performance. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 896–904, 2008.
- 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**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 293–301, 2002.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L. Avaliação de silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) ou milho (*Zea mays*, L.) na produção de novilho super precoce. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 438–452, 2004.
- NIKKHAH, A.; ALIKHANI, M.; AMANLOU, H. Effects of feeding ground or steam-flaked broom sorghum and ground barley on performance of dairy cows in midlactation. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 1, p. 122–130, 2004.
- NOBRE, C. A.; MOLION, L. C. Boletim de monitoramento e análise climática - climanálise. **Climanálise**, São José dos Campos, n. especial, p. 125, 1986.
- OLIVEIRA, J. S.; HUBER, J. T.; SIMAS, J. M.; THEURER, C. B.; SWINGLE, R. S. Nutrition, feeding and calves: effect of sorghum grain processing on site and extent of digestion of starch in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 6, p. 1318–1327, 1995.
- OLIVEIRA, R. P. de; FURLAN, A. C.; MOREIRA, I.; FRAGA, A. L.; BASTOS, A. O. Valor nutritivo e desempenho de leitões alimentados com rações contendo silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 146–156, 2004.
- OLIVER, A. L.; GRANT, R. J.; PEDERSEN, J. F.; O'REAR, J. Comparison of brown midrib-6 and -18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 3, p. 637–644, 2004.
- PATRICK, M. F.; CHAMPAGNE, P.; CUNNING, M. F.; WHITNEY, R. A. A biorefinery processing perspective: treatment of lignocellulosic materials for the production of value-added products. **Bioresource Technology**, Essex, v. 101, n. 23, p. 8915–8922, 2010.
- PERAZZO, A. F.; SANTOS, E. M.; PINHO, R. M. A.; CAMPOS, F. S.; RAMOS, J. P. de F.; AQUINO, M. M. de; SILVA, T. C. da; BEZERRA, H. F. C. Características agrônomicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 10, p. 1771–1776, 2013.
- PEREIRA, D. H.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. de 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 de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 282–291, 2006.
- PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S. **Sorgo: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2015. (Embrapa Milho e Sorgo. Coleção, 5).
- PINTO, M.; SILVA, J. D. T.; DIAS, L. T. S.; RIZZO, P. V.; CARVALHO, M. R. B. Uso do sorgo na alimentação de poedeiras. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, n. 7, p. 101, 2005.
- PRASAD, S.; SINGH, A.; JAIN, N.; JOSHI, H. C. Ethanol production from sweet sorghum syrup for utilization as automotive fuel in India. **Energy and Fuels**, Washington, v. 21, p. 2415–2420, 2007.
- RAMOS, A. O.; FERREIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; VERAS, A. S. C.; CONCEIÇÃO, M. G.; SILVA, E. C.; SOUZA, A. E. D. L.; SALLA, L. E. Associação de palma forrageira com feno de maniçoba ou silagem de sorgo e duas proporções de concentrado na dieta de vacas em lactação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 67, n. 1, p. 189–197, 2015.
- REDDY, B. V. S.; RAMESH, S.; REDDY, P. S.; RAMAIAH, B.; SALIMATH, P. M.; KACHAPUR, R. Sweet sorghum — A potential alternate raw material for bio-ethanol and bio-energy. **International Sorghum and Millets Newsletter**, Patancheru, v. 46, p. 79–86, 2005.
- RESTLE, J.; MISSIO, R. L.; RESENDE, P. L. P.; SILVA, N. L. Q.; VAZ, F. N.; BRONDANI, I. L.; ALVES FILHO, D. C.; KUSS, F. Silagem de híbridos de sorgo associado a percentagens de concentrado no desempenho de novilhos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 64, n. 5, p. 1239–1245, 2012.
- RESTLE, J.; PACHECO, P. S.; PÁDUA, J. T.; GOMES, M.; VAZ, Z.; EIFERT, C.; MOLETTA, J. L.; FREITAS, A. K. DE. Eficiência biológica de vacas de dois grupos genéticos amamentando bezerros puros ou F1, mantidas em diferentes condições de alimentação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1822–1832, 2004.
- ROONEY, W. L.; BLUMENTHAL, J.; BEAN, B.; MULLET, J. E. Revisão: Designing sorghum as a dedicated bioenergy feedstock. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, Chichester, v. 1, p. 147–157, 2007.
- ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa-MG: UFV- DZO, 2017.
- SÁ, I. B.; RICHÉ, G. R.; FOTIUS, G. A. As paisagens e o processo de degradação do semi-árido nordestino. *In*: SÁ, I. B.; RICHÉ, G. R.; FOTIUS, G. A. **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2004. p. 17–36.
- SANS, L. M. A.; MORAIS, A. V. de C.; GUIMARÃES, D. P. **Época de plantio de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 4p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 80).
- SANTOS, A. P. S. DOS; PEREZ-MARIN, A. M.; FORERO, L. F. U.; MOREIRA, J. M.; MEDEIROS, A. M. de L.; LIMA, R. C. S. A.; BEZERRA, H. A.; BEZERRA, B. G.; SILVA, L. L. da. **O semiárido brasileiro: riquezas, diversidades e saberes**. Campina Grande: INSA/MCTI, 2013. 73 p. (INSA. Coleção Reconhecendo o Semiárido, 1).
- SANTOS, S. dos; ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; LEAL, M. A. de A.; RIBEIRO, R. de L. D. Produção de cebola orgânica em função do uso de cobertura morta e torta de mamona. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 549–552, 2012.

- SCHEUERMANN, G. N. **Utilização do sorgo em rações de frangos de corte**. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 1998. 3 p. (Embrapa Suínos e Aves. Instrução Técnica para o Avicultor, 9).
- SHEN, F.; HU, J.; ZHONG, Y.; LIU, M.L.Y.; SADDLER, J. N.; LIU, R. Ethanol production from steam-pretreated sweet sorghum bagasse with high substrate consistency enzymatic hydrolysis. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 41, p. 157–164, 2012.
- SILVA, J. L. D. A.; MEDEIROS, J. F. de; ALVES, S. S. V.; OLIVEIRA, F. D. A. de; SILVA JUNIOR, M. J. da; NASCIMENTO, I. B. do. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. Suplemento, p. 566–572, 2014a.
- SILVA, M. C. A.; CAROLINO, A. C. X. G.; LITZ, F. H.; FAGUNDES, N. S.; FERNANDES, E. de A. Sorgo grão inteiro na ração pré-inicial de pintinhos de corte e os efeitos sobre o desenvolvimento corporal e do tubo gastrointestinal. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 2769–2782, 2014b.
- SILVA, R. R. da; FERREIRA, M. DE A.; VÉRAS, A. S. C.; RAMOS, A. O.; MELO, A. A. S. de; GUIMARÃES, A. V. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) Mill) associada a diferentes volumosos em dietas para vacas da raça holandesa em lactação. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 317–324, 2007.
- SIMPLÍCIO, J. B.; TABOSA, J. N.; LEITE, M. L. M. V.; RODRIGUES, J. A. S.; MESQUITA, F. L. T. de M.; JARDIM, A. M. R. F. Comportamento de materiais genéticos de sorgo forrageiro, em solo de vazante, sob duas condições de cultivo, no Sertão do Pajeú. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 32., 2018, Sete Lagoas. **Resumos [...] Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo-ABMS**, 2018. p.156.
- SIMPLÍCIO, J. B.; TABOSA, J. N.; SILVA, F. G. da; LEITE, M. L. de M. V.; JARDIM, A. M. da F.; CARVALHO, E. XAVIER de. Avaliação de diferentes cultivares de sorgo irrigado submetidos a quatro cortes sucessivos no semiárido alagoano In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. **Anais [...] Bento Gonçalves: Associação Brasileira de Milho e Sorgo-ABMS**, p. 59-63, 2016.
- VALADARES, C.G. et al. Determinação da energia metabolizável do farelo residual do milho com e sem enzima em dietas para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 68, n. 3, p. 748-754, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8729>.
- VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. 2. ed. Ithaca, New York: Cornell University Pres, 1994. 476p.
- SOUSA, P. G. R. de; VIANA, T. V. de A.; CARVALHO, C. M. de; AZEVEDO, B. M. de; SOUSA, J. P. F. de; CAMPELO, D. de H. Características agrônômicas do sorgo forrageiro submetido à lâminas de irrigação e cobertura morta no semiárido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Sobral, v. 11, n. 8, p. 2239–2248, 2017.
- SOUZA, V. G. de; PEREIRA, O. G.; MORAES, S. A. de; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S. de C.; ZAGO, C. P.; FREITAS, E. V. V. Valor nutritivo de silagens de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 753–759, 2003.
- TABOSA, J. N.; REIS, O. V. DOS; BRITO, A. R. de M. B.; MONTEIRO, M. C. D.; SIMPLICIO, J. B.; OLIVEIRA, J. A. C. de; SILVA, F. G. da; AZEVEDO NETO, A. D. de; DIAS, F. M.; LIRA, M. de A.; TAVARES FILHO, J. J.; NASCIMENTO, M. M. A. do; LIMA, L. E. de; CARVALHO, H. W. L. de; OLIVEIRA, L. R. de. Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes ambientes agroecológicos dos Estados de Pernambuco e Alagoas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 2, p. 47–58, 2002.
- TABOSA, J. N.; BARROS, A. H. C.; BRITO, A. R. de M. B.; SIMPLÍCIO, J. B. Cultivo do sorgo no semiárido brasileiro: potencialidades e utilizações. In: FIGUEIREDO, M. do V. B.; SILVA, D. M. P. da; TABOSA, J. N. BRITO, J. Z. de; FRANÇA, J. G. E. de; WANDERLEY, M. de B.; SANTOS FILHO, A. S. dos; GOMES, E. W. F.; LOPES, G. M. B.; OLIVEIRA, J. de P.; SANTIAGO, A. D.; SILVA, F. G. da; PACHECO, M. I. N.; SILVA, C. C. F. da. (eds.). **Tecnologias potenciais para uma agricultura sustentável**. Recife: IPA/EMATER/SEAGRI-AL, 2013a. p. 133–162.
- TABOSA, J. N.; COLAÇO, W.; REIS, O. V. dos; SIMPLÍCIO, J. B.; CARVALHO, H. W. L. de; DIAS, F. M. Sorghum genotypes evaluation under salinity levels and gamma ray doses. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 3, p. 339–350, 2007.
- TABOSA, J. N.; FRANÇA, G. E. de; SANTOS, J. P. O.; MACIEL, G. A.; LIRA, M. de A.; ARAÚJO, M. R. A. de; GUERRA, N. B. Teste em linhas de sorgo no semi-árido de Pernambuco para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 12, p. 1385–1390, 1993.
- TABOSA, J. N.; SILVA, F. G.; NASCIMENTO, M. M. A.; AZEVEDO NETO, A. D.; BRITO, A. R. M. B.; SIMPLÍCIO, J. B.; MESQUITA, F. L. T.; SANTANA, J. A. Genótipos de sorgo forrageiro e sacarino no semiárido - estimativas de parâmetros genéticos de variáveis de produção em Alagoas e Pernambuco. **Revista Magistra**, v. 25, p. 328–329, 2013b.
- TABOSA, J. N.; SIMPLÍCIO, J. B.; NASCIMENTO, M. M. A.; REIS, O.V.; SILVA, F. G.; LIMA, J. M. Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes ambientes do semiárido nordestino. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 27., 2008, Londrina. **Anais [...] Londrina: EMBRAPA-CNPMS**, 2008. 1 CD.
- TABOSA, J. N.; SIMPLÍCIO, J. B.; SANTOS, J. P. O.; LIMA, G. S. Sorghum genotypes for dual purpose productivity in the semi-arid environment of Pernambuco. **International Sorghum and Millets Newsletter**, v. 36, p. 97–98, 1995.
- TABOSA, J. N.; TAVARES FILHO, J. J.; ARAÚJO, M. R. A.; ENCARNÇÃO, C. R. F.; BURITY, H. A. Water use efficiency in sorghum and corn cultivars under field conditions. **Sorghum Newsletter**, Patancheru, v. 30, p. 91–92, 1987.
- TEETOR, V. H.; DUCHOS, D. V.; WITTENBERG, E. T.; YOUNG, K. M.; CHAWHUAYMAK, J. C.; RILEY, M. R.; RAY, D. T. Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. **Industrial Crops and Products**, v. 34, p. 1293–1300, 2011.
- TOLENTINO, D. C.; AVELINO, J.; RODRIGUES, S.; ASSIS, D. A. de. The quality of silage of different sorghum genotypes. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 38, n. 2, p. 143–149, 2016.
- UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância. **Semiárido**. Disponível em: www.unicef.org/brazil/pt/where_9429.html. Acesso em: 28 jan. 2019.
- VALADARES FILHO, S. C.; MACHADO, P. A. S.; CHIZZOTTI, M. L. **CQBAL 3.0. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Disponível em: <http://www.ufv.br/cqbal>. Acesso em: 30 ago. 2018.
- VASILAKOGLU, I.; DHIMA, K.; KARAGIANNIDIS, N.; GATSIS, T. Sweet sorghum productivity for biofuels under increased soil salinity and reduced irrigation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 120, p. 38 - 46, 2011.

- VIEIRA, M. de F. A. Caracterização e análise da qualidade sanitária de camas de frango de diferentes materiais reutilizados sequencialmente. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- VIRTUOSO, M. C. da S.; OLIVEIRA, D. G. de; DIAS, L. N. de S.; FAGUNDES, P. S. de F.; LEITE, P. R. de S. C. Reuse of bed of chicken. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 12, n. 2, p. 3964–3979, 2015.
- WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. D. A.; ANDRADE, D.; KARLA, B. de; VÉRAS, A. S. C.; FARIAS, I.; LIMA, L. E. de; DIAS, A. M. de A. Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 273–281, 2002.
- WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. de A.; BATISTA, Â. M. V.; VÉRAS, A. S. C.; SANTOS, D. C. dos; URBANO, S. A.; BISPO, S. V. Silagens e fenos em associação à palma forrageira para vacas em lactação. Consumo, digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 3, p. 745–754, 2012.
- WANG, W.; ZHUANG, X.; YUAN, Z.; YU, Q.; QI, W.; WANG, Q.; TAN, X. High consistency enzymatic saccharification of sweet sorghum bagasse pretreated with liquid hot water. **Bioresource Technology**, Essex, v. 108, p. 252–257, 2013.
- WU, X.; STAGGENBORG, S.; PROPHTER, J. L.; ROONEY, W. L. Features of sweet sorghum juice and their performance in ethanol fermentation. **Industrial Crops and Products**, v. 31, p. 164–170, 2010.
- XIN, Z.; WANG, M. L. Sorghum as a versatile feedstock for bioenergy production: review. **Biofuels**, v.2, p. 577–588, 2011.
- ZHAO, Y. L.; DOLAT, A.; STEINBERGER, Y.; WANG, X.; OSMAN, A.; XIE, G. H. Biomass yield and changes in chemical composition of sweet sorghum cultivars grown for biofuel. **Fields Crops Research**, Amsterdam, v. 111, p. 55–64, 2009.

REALIZAÇÃO:



CREA-PE
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Pernambuco



**INTEGRAÇÃO &
FORTALECIMENTO**
DO LITORAL AO SERTÃO, UMA SÓ GESTÃO!



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO



UNIVERSIDADE
FEDERAL RURAL
DE PERNAMBUCO



APOIO:



Academia Pernambucana
de Ciência Agronômica



Os cadernos estão disponíveis online, através do site:
<http://www.creape.org.br/cadernos-do-semiarido-riquezas-e-oportunidades/>

CONSTRUIR E CONSERVAR

Toda obra para ser construída passa por diversas fases, e que em todas elas, identificamos companheiros com habilidades especiais para participar de cada uma destas importantes e imprescindíveis fases.

Da ideia, de um importante, competente profissional e Rotariano, Mário de Oliveira Antonino, foi possível agregar alguns outros companheiros para arquitetar toda essa construção, com um propósito nobre, tendo o quesito mais importante que é o do estudo sobre a terra, o clima, as ações voluntárias e involuntárias do homem e as soluções que podem ser aplicadas nesta região.

Em seguida, juntando-se a outros competentes e dedicados profissionais, veio o trabalho para a criação deste Caderno que envolvia decisões de diversas ordens, e que mais uma vez, foi conquistado, ficando consolidados alguns pilares essenciais como se segue: Que o semiárido é extremamente importante, que há necessidade de se dar total atenção ao mesmo e que as edições foram viabilizadas.

Nesta nova fase, com as bases prontas, surgiu a necessidade de aumentar a base científica, convidando diversos profissionais para se juntarem a este trabalho, que iriam contribuir divulgando seus conhecimentos e mostrando o melhor caminho para as soluções necessárias.

Uma vez, consolidado o trabalho do Caderno do Semiárido, desta feita, o do nº 16, que trata sobre sorgo, com uma equipe de pessoas dedicadas, cada um com suas especialidades e habilidades, estamos sendo brindados por termos a oportunidade de conhecer os problemas e soluções, através deste trabalho que em cada momento teve a participação de muitos profissionais, exceto um que participou de todas as fases e continua incansavelmente lutando com seu ideal de servir, o Companheiro Mário de Oliveira Antonino.



Carlos Valle

Governador do Distrito 4500 do Rotary International

