

Capítulo 4

Importância do melhoramento genético de diferentes tipos de sorgo para as mesorregiões do Agreste, Sertão e afins do Semiárido Brasileiro

José Nildo Tabosa

Alexandre Hugo César Barros

Fernando Gomes da Silva

Ana Rita de Moraes Brandão Brito

Aluizio Low Simões

Fernando Lucas Torres de Mesquita

Marta Maria Amâncio do Nascimento

José Gomes da Silva Filho

José Geraldo Eugênio de França

Ademar Barros da Silva (*In memoriam*)

Ivan Ferraz

Eric Xavier de Carvalho

Antônio Luiz Cordeiro

Josimar Bento Simplício

1 INTRODUÇÃO

1.1 A Cultura do Sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) provavelmente foi “domesticado” na Etiópia, cerca de 5000 anos atrás, e em seguida foi cultivado na África Ocidental, desde o Sudão até o rio Niger. Esta “domesticação”, possivelmente, se processou cerca de 1.500 anos antes de serem desenvolvidos os primeiros arados de madeira (FERNANDES, 1981). É uma cultura relativamente nova nas Américas, tendo sido introduzido nos Estados Unidos em 1857. No Brasil, a sua introdução se atribui aos escravos e a cultura ficou conhecida como milho d’Angola (LIRA, 1981). Embora seja uma cultura antiga, foi somente no final do século XIX que apresentou importância dentre os cereais, chegando a ser o quinto do mundo em área cultivada, após o trigo, milho, arroz e cevada (OLIVETTI; CAMARGO, 1997; LIMA, 1998; FAO, 2008), conforme pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 – Os cinco cereais mais importantes do mundo em área cultivada, em 2008/10/16.

Cereal	Área (ha) 2008	Área (ha) 2010	Área (ha) 2016
Trigo	222.789.034	216.974.683	220.107.551
Milho	161.203.204	161.908.449	187.959.116
Arroz	157.654.474	153.652.007	159.807.722
Cevada	56.282.629	47.892.680	46.923.218
Sorgo	45.019.202	40.508.600	44.771.056

Fonte: FAO (2008; 2010; 2016).

A utilização do sorgo é multivariada, desde a alimentação humana e animal, até a produção largamente encontrada 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, é utilizado como substitutivo do milho na alimentação animal.

Além disso, a cultura tem uso na elaboração de xaropes, álcool e açúcar, particularmente na Itália, que configura-se como primeira em cultivo para este propósito. Outro aspecto de utilização da cultura é evidenciado quanto à produção de forragem armazenada, sob a forma de feno e silagem, merecendo a primeira, grande destaque nos Estados Unidos. Atualmente,

os maiores índices de produtividade de sorgo granífero do mundo são representados pelos Estados Unidos, México e Argentina, em decorrência do alto nível tecnológico empregado no manejo da cultura.

No Brasil, a cultura do sorgo começou a ser intensificada a partir da década de 70, onde tornou-se significativamente comercial, quando a área de plantio alcançou 80 mil hectares, concentrados principalmente no Rio Grande do Sul e São Paulo (LIRA, 1981). Por outro lado, vale salientar que, embora apresentando elevado nível de conhecimento tecnológico sobre a cultura por parte das entidades de pesquisa e da alta capacidade de produção das cultivares disponíveis no mercado, a área de cultivo e produtividade média nacional têm se mantido baixas, aquém do potencial genético da cultura. Neste âmbito, segundo Olivetti e Camargo (1997), vários fatores têm contribuído para esta situação: baixo grau de conhecimento e informação por parte da área técnica; baixa utilização de insumos e outros investimentos; falta de tratamento adequado à cultura por parte do produtor; dificuldade de transferência de conhecimento e das informações disponíveis; instabilidade na comercialização e na política de preços; falta de uma política oficial definida e de acesso à política oficial de comercialização; e pouco esclarecimento por parte dos agentes financeiros.

Além desses aspectos, evidenciam-se outros que interferem segundo Ribas (1992), no desenvolvimento da cultura (sorgo granífero e forrageiro), e são atribuídos a explorações mal sucedidas: teor de tanino, teor de HCN; despigmentação dos grãos; efeitos alelopáticos sobre culturas sucessoras, etc. Estes temas que polemizam as reuniões técnicas necessitam ser desmistificados e reduzidos à sua real dimensão técnico-científica, como acontece em todos os países produtores e consumidores de sorgo do mundo.

O sorgo consiste de planta típica de clima quente, de características xerófilas, que além da sua baixa exigência em termos de riqueza mineral do solo, apresenta tolerância/resistência aos fatores abióticos, tais como: estresse hídrico, salinidade e encharcamento (planta mais tolerante depois do arroz). Além disto, apresenta elevada eficiência de uso de água, sendo necessários, em média, 250 a 400g de água para produzir 1g de matéria seca. Nesta cultura, a eficiência de uso de água é superior à grande maioria das gramíneas tropicais (TABOSA et al., 1987). É uma cultura que pode ser adequadamente ajustada como alternativa para o semiárido brasileiro em face de características adaptativas à baixa precipitação e distribuição errática das chuvas, fator que interfere no desenvolvimento da maioria das

plantas forrageiras e produtoras de grãos cultivadas, principalmente nas regiões áridas e semiáridas do Brasil

A atividade agropecuária predominante no semiárido brasileiro em função do rigor do clima e da falta de tecnologia, normalmente é insuficiente para garantir a convivência do homem com o meio em que habita. Vale frisar que, além da produção de grãos e de produtos de outras culturas necessárias à manutenção e ao próprio sustento do agricultor, ele necessita ainda produzir alimento para o rebanho (caprinos, ovinos e bovinos), que constitui além da sua principal fonte de proteína alguma elevação na renda líquida, com o descarte de parte da produção animal. Neste contexto, o sorgo passa a ser uma das principais culturas utilizadas.

Porém, a distribuição errática das chuvas torna a agricultura da região uma atividade de alto risco, acarretando sucessivas frustrações de safra. Em última instância, o problema gera a morte do rebanho e o êxodo para as grandes cidades. A situação requer culturas que apresentem elevado grau de tolerância ou resistência às adversidades ambientais, principalmente ao déficit hídrico e à ocorrência de veranicos, frequentes no semiárido. Nesse âmbito, a cultura do sorgo poderá se constituir em alternativa viável. Além disso, não devem ser negligenciadas, ações eficientes de transferência de tecnologias e de assistência técnica.

Na região Nordeste do Brasil, pelas suas peculiaridades climáticas e a estrutura fundiária baseada em pequenas propriedades rurais, em torno de 70% com até 10 hectares, predomina a agricultura de subsistência, que tem no milho uma de suas principais culturas. Mas o rendimento da cultura do milho na região é muito baixo, o que pode ser facilmente notado nos dados da Conab, que mostram produtividade média de 1.495 kg/ha na safra 2007/2008. Também segundo a Conab – Safra 2011/2012, os níveis de produtividade da região ficam em torno de 1.700 a 1.900 kg/ha. Essa evolução se deu em face de áreas espacialmente zoneadas para o milho, principalmente no Estados de Sergipe (4.000 kg/ha) e Bahia (2.800 kg/ha). Além desses, convém registrar que os níveis de produtividade nos Estados do Maranhão e do Piauí aproximam-se do patamar de 2.000 kg/ha. Os demais estados apresentam níveis de produtividade da ordem de 650 a 850 kg/ha. Esta situação decorre das condições climáticas desfavoráveis e, segundo dados do IBGE, das poucas ações de assistência técnica, tanto pública quanto privada, que têm sido implementadas na região Nordeste e que tem dificultado a adoção e o uso de tecnologias. Toda essa problemática suscita a dinamização de utilização dos Zoneamentos, tais como os

agroecológicos e o zoneamento agrícola de risco climático (ZARC). Essas ferramentas localizam os ambientes adequadamente favoráveis a cultura do milho e sorgo, onde os riscos de ordem climática e edáfica são reduzidos, além de recomendação de cultivares e definição de épocas de plantio aliadas ao uso de tecnologia compatível.

Quando o sorgo foi introduzido no Nordeste, primeiramente se partiu da premissa de que era uma cultura produtora de grãos que iria substituir o milho em sua plenitude. Todavia, de acordo com Tabosa e Santiago (2004), os efeitos dessas ações/iniciativas não surtiram o efeito desejado, previamente preconizado pelos órgãos envolvidos (públicos, privados, agricultores, agropecuaristas, avicultores, etc.). Tal ato é justificado, partindo dos seguintes pontos:

- a. O milho consiste de um cereal tradicional e apresenta aspectos culturais e históricos na região;
- b. Do milho são produzidos pratos da nossa cozinha regional (pamonha, canjica, xerém, milho assado, cozido, etc.), de utilização direta na alimentação humana;
- c. É também evidente o aspecto religioso da cultura, pois é um preceito, o início do plantio no dia de São José (19 de março), para justamente ser colhido no período junino, na qualidade de milho verde, visando o atendimento à demanda das comidas regionais.

Neste âmbito, convém frisar que todos os pontos supramencionados são válidos, desde que a cultura se encontre espacialmente zoneada, isto é, recomendada somente para os ambientes onde provavelmente não ocorra a frustração de safras. Assim, exemplificando estes aspectos, a cultura pode ser recomendada para áreas que apresentem aptidão para o milho, como localidades topo-climáticas, zona da mata de alguns estados da Região Nordeste e bolsões de cultivo (como baixios úmidos, áreas sob regime de irrigação e em sistema de rotação/sucessão de culturas).

Além disso, o milho poderá também se comportar como cultura suplementar nos vales irrigados ou em áreas de solos profundos de elevada retenção de umidade. No que tange ao milho verde, evidencia-se sua importância nessas mencionadas zonas de aptidão, onde a cultura/produto é considerada uma das principais hortaliças (milho verde e feijão verde são considerados hortaliças).

Por outro lado, excetuando-se os aspectos mencionados, a porção Semiárida, distribuída na área física nos Estados do Nordeste, representa à

seguinte e atual configuração: Em 1995, o então Ministério da Integração Nacional, instituiu mais 102 novos municípios ao semiárido nordestino. Esses novos municípios foram enquadrados em critérios estabelecidos, como precipitação pluvial, índice de aridez e risco de seca. Assim, incluindo áreas dos Estados do Nordeste (excetuando o Estado do Maranhão), mais o Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais, uma porção do norte do Estado do Espírito Santo e outras regiões subúmidas secas, a área do semiárido nordestino agora denominado de Semiárido brasileiro ficou de 962.589,4 km² (CIRILO, 2008; SILVA, 2006). Com isso, essa região denominada de Semiárido brasileiro pode ser considerada o maior semiárido do mundo, tanto em extensão territorial quanto em população. Vale frisar que nesse âmbito, a porção semiárida do estado de Pernambuco aproxima-se de 90 % de sua área física.

Assim, neste contexto, a cultura recomendada é o sorgo. Esta espécie botânica apresenta características de adaptação às condições de estresse hídrico, possui uso multivariado na alimentação animal (o grão para a avicultura e o sorgo forrageiro para silagem e feno de utilização na pecuária bovina e caprina) e funciona como uma cultura alternativa e/ou estratégica para os diferentes ambientes agroecológicos do semiárido

O sorgo, quando comparado ao milho, é mais tolerante a altas temperaturas, mais eficiente na absorção de água e nutrientes do solo e suporta muito melhor situações de déficit hídrico. Em termos médios, o sorgo produz bem com 300-350 mm de chuva durante o ciclo da cultura enquanto o milho necessita 600 mm. Sob estresse hídrico o milho encurta seu ciclo e tem a produtividade reduzida; nessas mesmas condições, o sorgo paralisa seu desenvolvimento e aguarda condições favoráveis para retomar o crescimento (PAUL, 1990).

A qualidade nutricional dos grãos e da forragem do sorgo praticamente não difere do milho e os custos de produção normalmente são inferiores. Ainda assim, a cultura é pouco difundida na região. As secas frequentes que ocorrem no semiárido associadas à ausência de tecnologias adequadas que assegurem colheitas de um ano para o outro, tem-se apresentado como principal entrave na estabilização de culturas temporárias para produção de grãos e forragens. Não obstante, o fato da área plantada com sorgo ter diminuído nas últimas décadas. A partir de 2002 tem-se verificado um aumento da demanda no Estado pelo tipo granífero, pelo seu alto potencial de produção, sendo o melhor complemento do milho na composição de rações para avicultura que tem crescido vertiginosamente. No que diz respeito ao

sorgo forrageiro também tem avançado em área plantada, principalmente, nos ambientes onde a pecuária apresenta sustentabilidade.

Dentre os diferentes tipos de sorgo, surge também o sorgo sacarino, no universo do contexto dos biocombustíveis, que hoje apresentam-se como mais uma das alternativas do não uso de combustíveis fósseis. A demanda mundial por biocombustíveis favoreceu a retomada de pesquisas com o sorgo sacarino, na produção do etanol. A planta, que apresenta boas características para a produção do energético, tem como principal vantagem seu ciclo curto, permitindo sua utilização nos períodos de entressafra da cana-de-açúcar ou mesmo o seu cultivo no semiárido sob condições irrigadas (em lugar da cana-de-açúcar pela elevada exigência hídrica, cerca de nove vezes a do sorgo) ou mesmo de sequeiro em áreas espacialmente zoneadas. Além do ciclo curto, de cerca de 130 dias, apresenta vantagens por permitir a mecanização total de sua produção, além de demandar menos irrigação do que as culturas do milho e da cana-de-açúcar, por exemplo, sendo mais adaptável às áreas secas. Áreas marginais, onde a cana não é cultivada, podem receber plantações de sorgo. Outra vantagem é a geração de renda à agricultura familiar, pois os pequenos agricultores podem utilizar o sorgo sacarino em mini e microdestilarias para produção de etanol ou aguardente, em regiões com baixo índice de chuvas e solos ácidos, onde a cana não se desenvolve bem. Para a obtenção do álcool a partir do sorgo sacarino a estrutura utilizada é a mesma utilizada na cana-de-açúcar. É extraído um caldo semelhante ao da cana, que passa por um processo de fermentação e destilação. O bagaço, resultante do processo, possui boa qualidade e pode ser usado na alimentação animal. Ainda é ressaltado que o grão, não utilizado na produção do etanol, pode servir para a alimentação animal, além do bagaço gerado como resíduo da destilação. A utilização da cultura para obtenção do energético reduziria a ociosidade das usinas até o ciclo de cultivo da cana ser encerrado. Com relação aos níveis de produtividade, evidencia-se que, em cerca de 130 dias de ciclo, o sorgo sacarino poderá produzir até 60 t/ha de colmo, onde cada tonelada de colmo poderá ofertar cerca de 40 litros de etanol. No caso da cana-de-açúcar, cada tonelada pode produzir cerca de 100 litros de etanol, mas em um ciclo de no mínimo 12 meses (TABOSA et al., 2010).

Assim, objetiva-se nesse capítulo explicitar sobre a potencialidade dos diferentes tipos de sorgo obtidos e desenvolvidos para a região do semiárido brasileiro, a partir do programa de melhoramento de sorgo do IPA. Além disso, realizar uma descrição sobre o uso e a aplicabilidade desses diferen-

tes materiais de sorgo granífero, forrageiro, herbáceo e silageiro, enfatizando sua adaptação frente às principais adversidades climáticas ocorrentes na região, no âmbito das cadeias produtivas da bovino, caprino e ovinocultura. Por fim, avaliar também o potencial de cultivares de sorgo sacarino desenvolvidos para a região no contexto da produção da bioenergia.

2 A IMPORTÂNCIA LOCAL DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO DO SORGO

2.1 A Importância do Banco Ativo de Germoplasma de Sorgo (BAG) do IPA

Banco de germoplasma pode ser definido como o conjunto de genótipos de uma espécie, considerada em toda a sua amplitude. De uma forma mais simples, germoplasma é o conjunto de genótipos que podem doar genes para determinada espécie. Portanto, germoplasma é a fonte de variabilidade genética disponível para o melhoramento de plantas. Até recentemente, o germoplasma estava limitado pelas barreiras reprodutivas de uma espécie. Somente eram considerados como parte do germoplasma aqueles genótipos que tinham capacidade de transferir seus genes através de cruzamentos, mesmo que fossem cruzamentos interespecíficos. Atualmente, com o desenvolvimento das técnicas de biotecnologia, é possível isolar genes de qualquer espécie e transferi-los para a planta a ser melhorada. Uma das tarefas mais importantes dentro dos programas de melhoramento é a conservação do germoplasma. O germoplasma conservado serve como um reservatório de genes aos quais os melhoristas podem recorrer quando precisam resolver problemas específicos, tais como a resistência a uma doença ou tolerância a fatores ambientais adversos, como salinidade, acidez do solo e estresse hídrico (MONTALVAN; FARIA, 1999). Neste âmbito, ressalta-se a importância do BAG – Banco Ativo de Germoplasma, devidamente mantido, conservado e, sobretudo preservado.

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

- 86% do território pernambucano está na região semiárida, na qual se incluem grande parte da mesorregião do Agreste e a totalidade da mesor-

região do Sertão (CENSO AGROPECUÁRIO, 1996). Nestes ambientes, cerca de 70% das chuvas ocorrem no primeiro quadrimestre do ano.

- As temperaturas elevadas e a baixa umidade relativa do ar ocorrem durante a estação seca do ano. Tais fatos acarretam uma taxa de evapotranspiração potencial maior do que a disponibilidade de água, tornando o déficit hídrico o principal fator limitante ao desenvolvimento das plantas. A cultura do milho se sobressai como uma das mais sensíveis ao regime pluvial do semiárido, razão pela qual o sorgo se apresenta, com vantagem, como seu substituto, pelo fato de ser xerófila e produzir grãos em condições de substituir o do milho.
- Os rebanhos do semiárido estão sempre expostos à escassez de alimentos no período estival, seja de grãos ou de volumosos, dificuldades que impõem a importação de milho (principalmente para a avicultura) e de outros produtos e do exterior, onerando o processo produtivo.
- Paradoxalmente, desde os anos 1990 os períodos de seca têm se acentuado em Pernambuco – por extensão no Nordeste – enquanto a avicultura se apresenta em crescimento, aumentando a demanda de grãos, atualmente da ordem de 800 toneladas ao ano, sendo o estado maior importador e consumidor de grãos do Nordeste (AVIPE, 2005).

Neste contexto, fica definido como um dos principais problemas, a identificação ainda não consolidada de cultivares de sorgo tolerantes à seca, adaptadas à região semiárida. A expectativa é obter:

- Cultivares que possam sobreviver a um período de “stress” na fase de plântula e reiniciar seu desenvolvimento após a remoção do “stress” – fica ainda definido que além de tolerante/resistente ao “stress” estes materiais de sorgo terão de apresentar elevado potencial de produção;
- Cultivares com tolerância ao alumínio trocável, para condição dos ambientes de solos de elevada acidez;
- Materiais de sorgo não taninosos e de duplo propósito (produção de grão e de restolho);
- Avaliação de genótipos de sorgo sacarino para bioenergia;
- Manutenção do banco ativo de germoplasmas de sorgo (cultivares de elite, populações e linhas macho-estéreis) com vistas a fornecer material genético para pesquisa em função das adversidades multivariadas e necessidades de cada ambiente agroecológico.

Neste âmbito, persegue-se a geração de novos materiais de base genética ampla que serão analisados (além das variáveis convencionais utilizadas

no melhoramento de plantas) sob a ótica da análise de crescimento, eficiência de uso de água e qualidade de grão e de restolho.

Deste modo, constituirão ferramentas importantes para o desenvolvimento de novos materiais e utilização para fins de melhoramento da variabilidade genética existente mensurada através de análise dialélica, capacidade geral e específica de combinação, utilização de linhas macho estéreis, estimativas de coeficientes de variação genotípica, fenotípica, ambiental e de heterose, ganho genético e seleção e análise de trilha. Neste contexto de avaliação, serão levadas em consideração variáveis outras pertinentes aos seguintes aspectos: área foliar; área foliar específica; relação de área foliar; índice de área foliar; peso específico de folha, índice de esclerofília; relação folha/colmo; índice de colheita; taxa de crescimento relativo; taxa de crescimento absoluto; eficiência de uso de água.

2.2 O Banco Ativo de Germoplasmas de Sorgo do IPA

Na Tabela 2, encontra-se discriminado o quantitativo de acessos de sorgo do Banco de Germoplasma do IPA, tendo como indicadores a natureza do material, origem, ano de introdução ou de obtenção. O objetivo principal desse BAG é a sua provável utilização em programas de melhoramento para a região em foco.

Tabela 2 – Acessos de sorgo introduzidos e obtidos do Programa Melhoramento do IPA/PE e atualmente no Banco Ativo de Germoplasma, 2010/2011.

Natureza do Material	Origem	Nº de acessos	Ano
Introduzido (linhagens) ⁽¹⁾	<u>EUA</u>		
	Purdue	20	1973/74
	Texas A&M	15	1973/76
	Kansas	14	1973
	Fort Collins	9	1973
	USAID	11	1973/75
Linhagens ⁽¹⁾	<u>EMBRAPA</u> Via		
	ICRISAT		
	(Índia)	38	1974/86
	<u>ÁFRICA</u>		
	Uganda	13	1973
	Etiópia	17	1973
Variedades selecionadas/obtidas	Sudão	15	1974/86
	Nigéria	30	1974/86
	<u>IPA-PE</u>	130	1986/2006
Variedades em processo de seleção (Progênes) ⁽²⁾	<u>IPA-PE</u>	390	2007/2011
Total		702	

Fonte: elaborada pelos autores.

Notas:

(1) Materiais periodicamente multiplicados e armazenados em câmara fria.

(2) Método genealógico (Pedigree); ICRISAT – International Crop Research of semiarid Tropic.

A Tabela 3 reúne o quantitativo referente aos pares de linhas macho-estéreis de sorgo introduzidos, discriminados em função da origem.

Tabela 3 – Acessos introduzidos no Programa de Melhoramento do IPA - PE. Linhas Macho-estéreis de Sorgo - (LME).

LME ⁽¹⁾ - Pares	Origem	Quantitativo
A e B	A&M	15
	ICRISAT	10
	Kansas University	8
	Purdue University	12
Total		240

Fonte: elaborada pelos autores.

Nota: LME – Linhas Macho-Estéreis de sorgo

2.3 O Processo de Caracterização Molecular do BAG de Sorgo do IPA

O processo de erosão genética dos cultivos representa uma ameaça de grande magnitude ao desenvolvimento agrícola, principalmente das regiões menos favorecidas. Como decorrência disso, vale assinalar, nos últimos trinta anos (em face da simplificação exagerada dos sistemas agrícolas) os dados sobre a situação mundial da conservação de recursos genéticos são comprometedores. Nesse contexto, há a prevalência desmedida do processo contínuo e crescente de erosão genética. A variação encontrada em uma determinada espécie (variação fenotípica) pode ser de duas origens: variação devido ao ambiente e variação devido às diferenças genéticas. A existência de variação genética é um pré-requisito para o melhoramento de plantas. Com isso, há uma redução do número de espécies e de homogeneidade genética das variedades e raças locais empregadas atualmente na agricultura (SANTOS; CORLETT, 2002; CORDEIRO; MARCETTO, 1994).

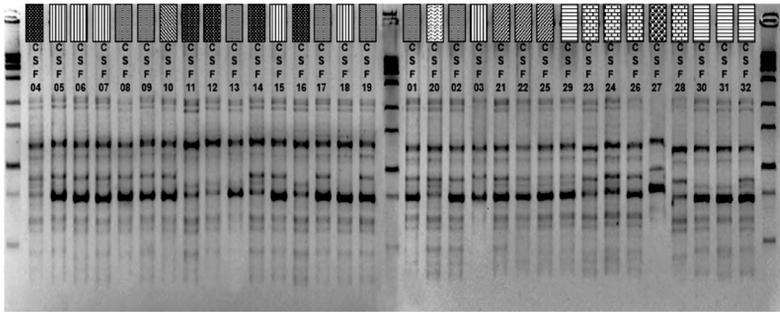
Como se pode constatar, o desenvolvimento das ações de pesquisa no contexto do BAG do IPA, não se restringe a um caráter repetitivo, ao contrário, se revela de importância dinâmica e fundamental para a obtenção, avaliação e recomendação de materiais para a região. Segundo Almeida et al. (1998), em sua quase totalidade, os melhoristas têm praticado seleção visando, fundamentalmente, ao incremento de produção. No trabalho decorrente do programa de melhoramento do IPA pode-se aplicar o conceito de “ideotipo”, que, embora simples, reúne o conhecimento de muitas áreas, tais como fisiologia, bioquímica, anatomia e de novas técnicas de auxílio ao estudo de variabilidade genética, como QTL (Quantitative Trait Loci –

Loci de Características Quantitativas), RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism – Polimorfismo dos Comprimentos dos Fragmentos de Restrição, tipo de PCR – Polymerase Chain Reaction – Reação em Cadeia pela Polimerase), microsátelite, entre outras.

Nas principais espécies cultivadas, o incremento de produção pode ocorrer através de um método de melhoramento conhecido como “modelo empírico”, no qual a seleção é feita, no caso de produção de grãos, geralmente em decorrência do aumento do índice de colheita. Em face disso, a maioria das espécies cultivadas apresenta produtividade próxima ao limite máximo, que se situa entre 45% e 50% de índice de colheita. O uso desta característica poderá ser limitado em programas de melhoramento que visem futuros incrementos de produtividade. No “modelo empírico” – além da característica índice de colheita, o melhorista deverá ter a ideia precisa do tipo da planta que pretende obter: altura, ciclo, fitomassa, crescimento inicial, tamanho da folha, tamanho e número de grãos, etc. Nesse contexto, embora as áreas de fisiologia, bioquímica e biologia molecular apresentem grande desenvolvimento nos últimos anos, esses conhecimentos ainda são pouco utilizados para delinear modelos de plantas. Cerca de 60% dos trabalhos com transformação genética de plantas foram realizados com o objetivo de eliminação de estresses bióticos e abióticos. Muito pouco foi realizado para a melhoria de ideotipo ou para criar um novo modelo de planta (ALMEIDA et al., 1998).

Nesse âmbito foi dado o início da caracterização molecular de parte do BAG de germoplasma de sorgo do IPA, tomando como base, aspectos ligados à recomendação para o semiárido. Assim, de acordo com Santos et al. (2010) esse trabalho foi realizado com o objetivo de verificar a diversidade genética na coleção de acessos de *Sorghum bicolor* (L. Moench) do IPA visando sua utilização em futuros trabalhos de seleção. Foram avaliados nessa fase, 32 acessos cultivados a partir de genótipos de sorgo gerados pelo IPA. A diversidade genética foi analisada por meio de marcadores do tipo RAPD. Com os 20 *primers* utilizados foram amplificadas um total de 737 bandas sendo 34 polimórficas e 10 monomórficas gerando 77% de genótipos polimórficos (Figura 1).

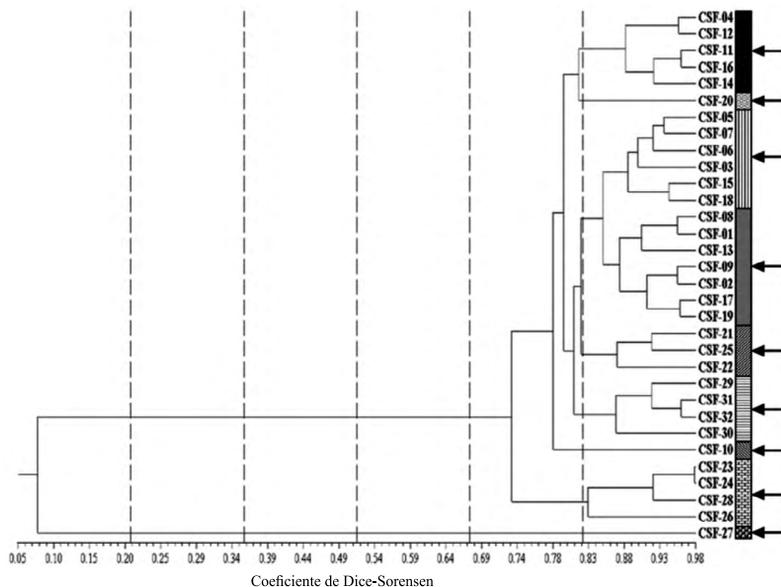
Figura 1 – Perfis eletroforéticos de RAPD para os 32 acessos de sorgo com o primer H09



Fonte: elaborada pelos autores.

Com base no método de agrupamento UPGMA estabeleceu-se um dendrograma onde se observa a divisão dos acessos em oito grupos distintos com um coeficiente de similaridade variando de 0,72 a 0,98, indicativo de alto nível de variação genética entre os genótipos estudados (Figura 2).

Figura 2 – Dendrograma dos 32 acessos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L. Moench) baseado no coeficiente de similaridade de Dice-Sorensen



Fonte: elaborada pelos autores.

Os marcadores RAPD foram suficientes para o agrupamento dos acessos estudados. Nos materiais agrupados ficou caracterizada a separação dos acessos de sorgo de aptidão para grão e para forragem, bem como os genótipos caracterizados como promissores para tolerância ao estresse hídrico e a fatores adversos do solo como salinidade e acidez. Os *primers* H09 e N15 foram decisivos para obtenção dos *fingerprints* genômicos dos acessos similares porque geraram um maior número de bandas polimórficas. O dendrograma gerado neste estudo oferece subsídios para futuros cruzamentos de gerações parentais contrastantes ou similares no melhoramento de sorgo.

2.4 Cultivares de Sorgo do IPA com registro no RNC – Registro nacional de Cultivares

O IPA é mantenedor de oito cultivares de sorgo com registro no RNC – MAPA¹.

Tabela 4 A – Materiais do IPA registrados pelo RNC – Registro Nacional de Cultivares do MAPA – Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Espécie - Sorghum bicolor	Cultivar	Nº registro RNC	Ano de Registro	Mantenedor
Sorgo 1	IPA 02-03-01	05001	2000	IPA
Sorgo2	IPA 467-4-2	01325	1998	IPA
Sorgo 3	IPA 1011	01324	1998	IPA/Di Solo Sementes
Sorgo 4	IPA 2502	04999	2000	IPA
Sorgo 5	IPA SF 25	05000	2000	IPA
Sorgo 6	IPA Sudan 4022	21446	2007	IPA
Sorgo 7	IPA SF 11	27714	2011	IPA
Sorgo 8	SF 15	27711	2011	IPA / SEAGRI

3 O SORGO NO CONTEXTO MUNDIAL, NACIONAL E REGIONAL

3.1 Potencialidades e Utilizações

A área de cultivo (Tabela 1) de sorgo granífero no planeta é de cerca de 44 milhões de hectares FAO (2008). Somente na África, cerca de 40 nações cultivam o produto, entretanto, apenas nove desses países são responsáveis por cerca de 50 % da produção mundial: Nigéria, Sudão, Etiópia, Burkina Faso, Camarões, Chad, Níger, Tanzânia e Mali (Tabela 4 B).

1 Ministério de Agricultura, pecuária e Abastecimento. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>.

Tabela 4 B – Área de cultivo de sorgo nos principais países produtores

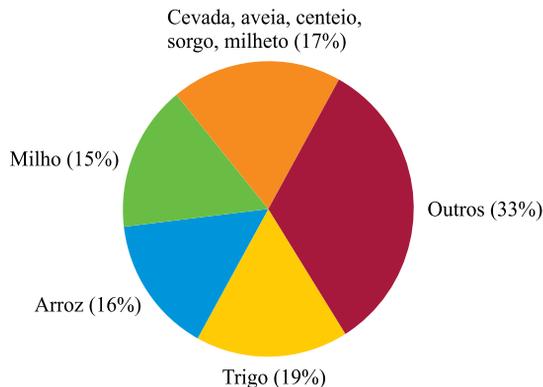
País Produtor	Área cultivada (ha)		Produtividade (kg/ha)	
	2008	2017	2008	2017
Índia	7.764.000	5.862.000	1.020	779
Nigéria	7.617.000	5.820.000	1.223	1.192
Sudão	6.619.330	5.411.500	584	691
Níger	3.055.250	3.820.696	429	509
Estados Unidos	2.942.500	2.041.660	4.075	1.017
Burkina Faso	1.901.780	1.667.193	985	819
México	1.838.130	1.427.801	3.596	3.399
Etiópia	1.533.540	1.840.018	1.510	2.617
Mali	990.995	1.585.986	1.036	878
Austrália	941.550	367.920	4.025	2.701
Tanzânia	897.912	782.717	959	1.017
Chad	873.295	1.147.470	784	824
Brasil	831.354	744.571	2.410	2.986
Argentina	618.625	541.955	4.747	4.662
Camarões	550.000	852.456	1.000	1.586
China	490.812	621.339	3.750	4.496
Yemen	442.819	428.156	850	661

Fonte: FAO (2008; 2017); De conformidade com APPS/Grupo Pró-Sorgo (2010), a área de cultivo no Brasil é de 1.036.200 ha.

Considerando estes países e mais o sudeste da Ásia, vale salientar que mais de 500 milhões de pessoas vivem neste contexto, dependendo do produto gerado sob baixos níveis de insumos, onde os níveis de produtividade da cultura atinge apenas a cerca de 945 kg/ha. Nesses países, o sorgo pode chegar a suprir em torno de 70% da ingestão calórica diária, representando assim, importância fundamental na segurança alimentar (DICKO et al., 2006). Por outro lado, em linhas gerais, é mostrado na Figura 3, a importância econômico-social dos cereais na alimentação da população mundial, em que os produtos correspondem a cerca de dois terços das calorias fornecidas. Deste modo, estando ausentes os cereais, seria insuficiente o estoque de alimentos para atender a crescente demanda populacional. Neste contexto, o sorgo, juntamente com a cevada, aveia, centeio e milho, correspondem a 17% no suprimento de calorias no mundo. A África e a Ásia são responsáveis por cerca de 100 % do total do sorgo utilizados como alimento no planeta (QUEIROZ et al., 2009). No Brasil, a área de cultivo de sorgo granífero fica em torno de 900 mil a um milhão de hectares, com níveis de produtividade praticamente o dobro dos números indianos e o triplo da

produtividade do Sudão (Tabela 4). Por outro lado, detalhando o perfil da cultura no Brasil, considerando a área de cultivo em função do quantitativo de sementes comercializadas e considerando a relação 10 kg de sementes para o plantio de 1 hectare, a sua posição atual em termos de área cultivada é 900 mil a um milhão de hectares. Todavia, vale salientar que estes dados foram fornecidos pela APPS – Associação dos Produtores de Sementes do Estado de São Paulo e pelo GPS - Grupo Pró-Sorgo (entidade que envolve técnicos e pesquisadores de empresas públicas e privadas), fundamentado no registro de sementes efetivamente comercializadas – materiais 100% híbridos (forrageiros e graníferos). Deste modo, para a presente estimativa, considerou-se que cada 10kg de sementes comercializadas atendem o quantitativo de plantio da área de um hectare. Deste modo, se for considerado apenas os dados fornecidos pela APPS e o GPS (materiais comerciais de híbridos de sorgo granífero e forrageiro tomando como base o quantitativo de sementes comercializadas pelas empresas filiadas à APPS), a cultura do sorgo representa em termos relativos, apenas 7% da área cultivada de milho no Brasil. Todavia, se for considerada a adição de mais 400 mil hectares referente às áreas cultivadas com variedades graníferas e forrageiras e os diferentes tipos locais, o percentual da área cultivada de sorgo no Brasil, poderá chegar ao valor de 10-15% da área de milho.

Figura 3 – Suprimento de calorias da população mundial em função dos cultivos



Fonte: Adaptado de WILKES (1993) e DICKO et al., (2006).

O sorgo é um cereal cultivado na maior parte das regiões tropicais e subtropicais do mundo, constituindo a maior fonte de alimento e de rações da África e Oriente Médio, especialmente na Nigéria, Etiópia e Índia, (MARCHESAN, 1987). Em muitas regiões da África, o sorgo constitui um alimento básico da dieta humana, suprimindo cerca de 70% da ingestão calórica diária. Já na Alemanha, o uso da silagem objetivando a produção de energia do biogás tem avançado nos últimos anos como forma de produção de energia limpa. Nos Estados Unidos e na Argentina, a farinha de sorgo é adicionada à farinha de trigo para fabricação de alguns produtos alimentícios como pães, biscoitos, mingaus, além do melaço obtido do caldo (OLIVEIRA, 1986). No caso da confecção de biscoitos e bolachas para consumo humano, a farinha de sorgo não taninoso pode substituir até 20% da farinha de trigo, sem que haja nenhuma alteração do produto final (TABOSA et al., 1993).

No Brasil, na safra (07/08), segundo dados da Conab, foram cultivados 829.000 ha de sorgo granífero, com uma produção de 1.912.400 ton e produtividade média de 2.307 kg/ha. Nesse contexto, os dados relatados pela APPS – Associação Paulista de Produtores de sementes e Grupo Pró Sorgo, referente a safra 2008/2009, a área cultivada de sorgo granífero no Brasil foi de 898.700 hectares e mais 413.668 de sorgo forrageiro. Para isso, foi levado em consideração que, para cada hectare plantado, decorrem 10 kh de sementes de material híbrido comercial. Além disso, para a safra 2010/2011, os dados também da APPS registrou 1.036.200 hectares para sorgo granífero e 329.411 para sorgo forrageiro, obedecendo os mesmos critérios de plantio acima já discriminados. Nesse levantamento, não é levado em consideração os materiais varietais regionais, fato esse que iria incrementar a área de cultivo da cultura, principalmente na região Nordeste. Nas Tabelas 5A e 5B constam os dados da área de cultivo de sorgo no Brasil, enfatizando as regiões geográficas e dentro dessas os principais estados produtores.

Tabela 5A – Área cultivada de sorgo granífero no Brasil – estatísticas do IBGE, 1996–2010. Principais estados produtores

UF	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Ceará	660	516	586	640	1.620	2.235	3.802	6.637	7.137
Rio Grande do Norte	1.694	517	-	-	-	-	-	6.330	13.151
Pernambuco	483	470	-	-	-	-	1.421	4.472	6.324
Bahia	23.087	21.812	22.500	23.391	24.512	23.355	29.606	59.021	61.471
Minas Gerais	33.267	30.210	39.717	49.686	48.786	41.359	63.492	93.698	97.029
Tocantins	-	-	-	-	-	-	-	1.260	9.900
Mato Grosso do Sul	4.700	8.130	25.660	46.175	84.361	67.686	43.325	79.086	98.826
Mato Grosso	38.672	55.544	54.145	54.664	111.600	109.885	73.070	149.073	183.561
Goiás	47.098	92.678	135.023	161.372	179.460	129.966	189.611	236.495	314.267
São Paulo	29.253	33.450	42.865	51.340	72.695	72.600	65.780	86.880	114.860
Paraná	-	-	-	-	1.560	2.200	3.597	11.578	7.225
Rio Grande do Sul	19.249	27.774	27.774	27.426	33.534	53.286	38.787	29.738	23.175
Brasil	198.937	349.547	349.547	416.443	561.121	508.410	515.643	787.937	939.371

Tabela 5B – Área cultivada de sorgo granífero no Brasil - estatísticas do IBGE, 1996-2010. Principais estados produtores

UF	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ceará	5.185	8.290	5.893	5.336	5.140	-
Rio Grande do Norte	11.452	11.618	11.715	10.277	9.650	-
Pernambuco	12.662	37.271	16.420	15.359	5.745	5.140
Bahia	57.920	48.105	46.470	66.060	87.110	27.026
Minas Gerais	95.835	78.373	73.231	90.028	91.923	135.554
Tocantins	9.350	24.207	9.650	19.690	28.800	7.375
Mato Grosso do Sul	69.147	71.263	70.824	79.183	95.046	76.889
Mato Grosso	122.048	114.178	98.263	162.349	119.340	65.188
Goiás	290.053	223.274	229.150	310.160	304.165	348.458
São Paulo	111.700	97.720	78.302	54.800	30.437	56.923
Paraná	3.511	3.297	3.396	2.487	1.605	2.515
Rio Grande do Sul	21.672	26.326	25.273	23.790	21.412	14.078
Brasil	814.457	730.534	671.500	844.662	808.333	1.036.200

Fonte: elaboradas pelos autores com base em IBGE (1996-2010).

Notas: Dados de Pernambuco 2006 a 2010 – Informações da Secretaria de Agricultura e do acervo do IPA; Brasil 2009 e 2010 – APPS/Grupo Pró-Sorgo, 2010.

Nesse âmbito, levou-se em consideração uma série histórica a partir de 1996. A produtividade média da cultura no Nordeste é baixa mas, apesar de baixo uso de tecnologia, ainda é superior à produtividade do milho na região: 1604 kg/ha na safra 2007/2008.

Com relação a área de cultivo de sorgo granífero no semiárido brasileiro, compreendendo o período de 2011 a 2017 (tabela 5 C), evidencia-se nesse contexto a evolução da área de plantio nos estados do Maranhão e do Piauí. Vale frisar que estas novas fronteiras para o sorgo granífero ficam no contexto da região delimitada como MATOPIBA em permanente cultivo rotacionado com a cultura da soja. A área de cultivo de sorgo nessa região variou de 8,4 a 22,7% da área total de de sorgo no Brasil. Vale frisar que a partir do ano de 2012 vêm ocorrendo eventos anuais de seca no semiárido.

Tabela 5 C – Área cultivada de sorgo granífero no semiárido brasileiro – estatísticas do IBGE, 2011 – 2017, principais estados produtores

UF	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
MA	-	-	-	-	11.170	11.319	91.830
PI	5.173	2.500	-	11.291	13.143	514	18.074
CE	2.110	950	580	690	400	-	-
RN	8.037	1.000	2.206	912	162	190	779
PE	2.761	-	-	-	-	-	-
BA	109.871	54.115	93.092	112.548	118.457	63.814	58.382
MG(1)	3.745	4.402	3.723	5.004	4.138	4.916	2.077
Semiárido brasileiro (SAB)	131.697	62.967	99.601	130.445	147.470	80.753	171.142
Brasil (BR)	757.410	687.952	792.838	840.093	732.281	558.189	744.571
% SAB / BR	17,4	9,2	12,6	15,5	20,1	14,5	23,0

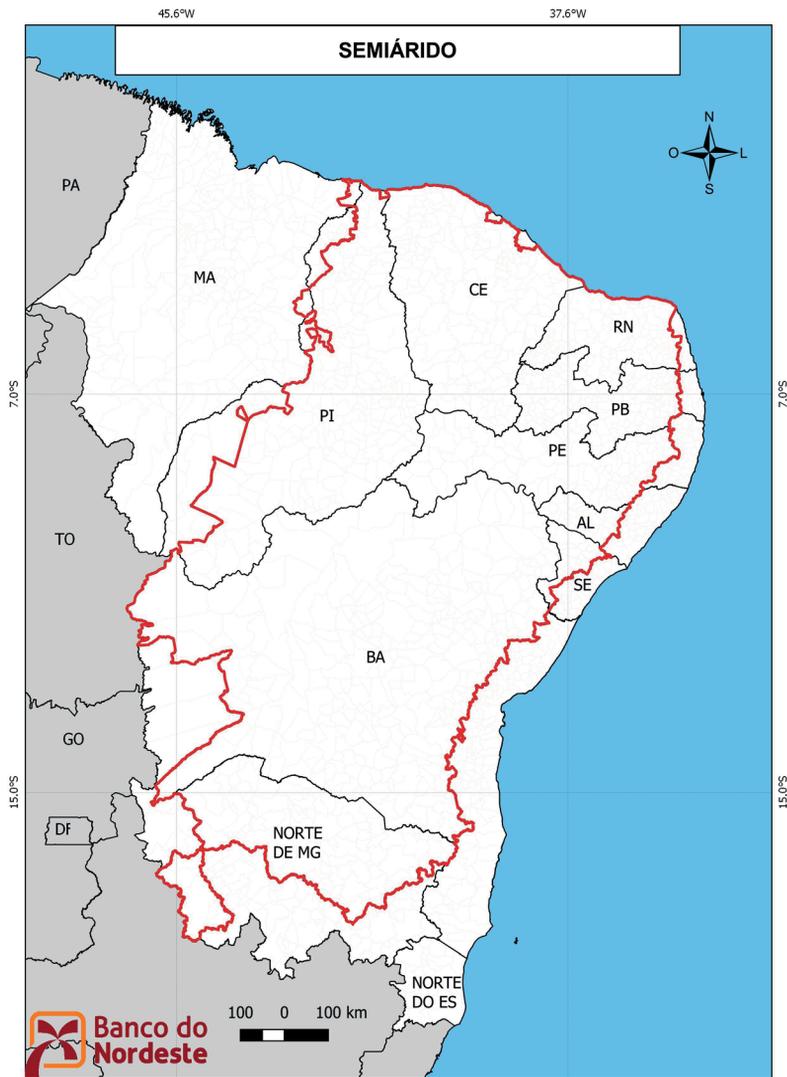
Nota: (1) Região semiárida de MG - Norte e Vale do Jequitinhonha.

3.2 O Semiárido brasileiro – Região de aptidão para o sorgo

Em adição, é importante salientar que a área delimitada pelo Semiárido brasileiro abrange a maior parte dos Estados da região Nordeste (excetuando o Maranhão) com um percentual de 86,48 %, abrange também a região setentrional do Estado de Minas Gerais com 11,01 % e uma porção do Estado do Espírito Santo com 2,51 %. A população que vive nesse espaço Semiárido (o maior semiárido do mundo) é de cerca de 18 milhões de habitantes, sendo cerca de 8 milhões na zona rural, conforme pode ser visualizado na Figura 4.

Por outro lado, a Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância - www.unicef.or.br/pt/caderno_completp.pdf) veicula que o Semiárido Brasileiro compreende 1.142.000 km² de área e reúne cerca de 1.500 municípios dos estados de 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, cerca 15,5% da população brasileira. Nesse caso, o Semiárido Brasileiro pode ser considerado o maior do mundo, tanto em extensão quanto em população.

Figura 4 – Delimitação do Semiárido



Fonte: IBGE, malha municipal digital 2015
Elaboração: BNB, ETENE.

Com relação ao clima, a região do Semiárido brasileiro é delimitada externamente pela isoietas de 800 mm anuais, sendo no seu interior, raras as chuvas de 300 mm. Geralmente, o período seco estende-se de seis a oito meses, podendo chegar até 11 meses nas zonas de aridez mais acentuadas (JACOMINE, 1996). Com relação aos aspectos geofísicos, Sá, Riché e Fotius (2004), identificaram 20 macrorregiões ou unidades de paisagem, compondo 172 unidades geoambientais.

Com relação à variabilidade de ambientes encontrados nessa região, Ab'Saber (1984) relata que estes provêm de diferentes combinações dos componentes abióticos, dentre os quais as condições termopluviométricas seguidas de propriedades litoestruturais, posicionamento topográfico e heranças paleoclimáticas.

No caso de Pernambuco, o espaço Semiárido ocupa 88,6 % do território, no qual estão localizados 122 dos 185 municípios, concentrando 42,7 % da população do Estado, o que corresponde a um contingente populacional de cerca de mais de 3 milhões de pessoas (ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO, 2009; LIRA et al., 1989, citado por AMARAL et al., 2003). Por sua vez, o trópico semiárido apresenta erraticidade da distribuição d'água para o complexo planta x animal x homem, tendo como consequência mais direta de algumas variáveis, a distribuição espaço temporal irregular das chuvas, a elevada evaporação e a baixa capacidade de retenção de umidade da grande maioria dos solos da região (TABOSA, 2002). Nesta área, a exploração dos solos com cultivo de lavoura de sequeiro é uma atividade extremamente arriscada, pois estudos em termos probabilísticos mostram que o sucesso na agricultura dependente de chuvas de três anos em cada dez, em uma região com média de 600 mm de precipitação e apenas um para dez, em uma região onde a precipitação média é de 400 mm anuais (FREIRE et al., 1982).

Nesse espaço, o rebanho bovino de Pernambuco possui mais de 1,8 milhões de cabeças, ou seja, cerca de 10% do total da região Nordeste (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE PERNAMBUCO, 2002). Porém, apesar da grande potencialidade para produção a baixo custo, a atividade pecuária apresenta no Nordeste índices muito baixos de produtividade, refletido pela baixa eficiência produtiva e reprodutiva (FARIAS et al., 1986).

Outro ponto importante é a importância da agricultura familiar, que atualmente representa no Brasil, segmentos de maior importância no campo. Os principais pontos são os seguintes: valor superior a 10% do PIB de US\$ 130 bilhões; 35% da área agricultável; 70 % da mão de obra do campo; 84% da produção da mandioca; 67% da produção do feijão; 58 % da produção de su-

ínos; 54% da produção da bovinocultura de leite; 49% da produção de aves e de ovos e 32% da soja, que é uma cultura considerada do agronegócio. Além disso, representa 84% dos 4,2 milhões de estabelecimentos rurais do País. No caso de Pernambuco, esse segmento é representado por 248 mil empreendimentos agropecuários, o que corresponde a 80% dos 308 mil empreendimentos existentes no Estado (IBGE, 2006; EVANGELISTA, 2000; AGRICULTURA FAMILIAR NO BRASIL E CENSO AGROPECUÁRIO, 2006).

É interessante lembrar que foi a própria integração produtiva agropecuária e industrial do Nordeste ao restante do setor produtivo nacional que criou e consolidou os polos, os complexos e as áreas dinâmicas dentro do contexto agroindustrial no semiárido. Enfim, apesar da enorme diversidade dos agroecossistemas nordestinos, o que mais importa neste momento é disponibilizar ao produtor desse bioma uma tecnologia que seja compatível à sua realidade em face da fragilidade social com que o mesmo se defronta no Nordeste, em especial no semiárido. Por ser uma gramínea xerófila, com alta capacidade de produção massa verde e grãos pode se constituir em uma alternativa na produção de caldo, objetivando a produção de etanol em todas as mesorregiões de baixo regime pluviométrico e em solos com condições físico-químicas adversas (LIMA, 1993).

Vários estudos sobre a cultura do sorgo na região Nordeste têm sido realizados. Já em 1986 se discutia a viabilidade da cultura em revista especializada (Informe Agropecuário). Schaffert e Ribas (2001) organizaram um seminário temático sobre a cultura do sorgo em que foram discutidos os principais entraves regionais. Empresas de pesquisa e assistência técnica regionais como o IPA de Pernambuco, que é pioneiro na pesquisa com sorgo no Nordeste, a Bahia, o Ceará, e o Rio Grande do Norte, reconhecendo as potencialidades do sorgo para o desenvolvimento regional, em parceria com instituições de fomento como o Banco do Nordeste (BNB), têm procurado incentivar a adoção da cultura pelos agricultores, mas ainda de forma localizada. Nos demais estados do Nordeste a produção é irrelevante.

A agricultura de sequeiro vem despertando atenção especial nas instituições de pesquisa. Apesar da otimização dos fatores de produção ligados a essa prática cultural, ela continua sendo uma atividade de alto risco para o produtor. Entretanto, alternativas como a exploração de culturas tolerantes ao estresse hídrico têm se efetivado como uma opção viável. Dessa forma, podem-se minimizar seus riscos mediante estratégias de sobrevivência apoiadas em conhecimentos empíricos oriundos de muitas pesquisas, de forma a minimizar os riscos de perdas e fracasso na produção.

O sorgo, quando comparado ao milho, é mais tolerante a altas temperaturas, mais eficiente na absorção de água e nutrientes do solo e suporta muito melhores situações de déficit hídrico. Em termos médios, o sorgo produz bem com 350 mm de chuva durante o ciclo da cultura enquanto o milho necessita 600 mm. Segundo Blum (1974), a produção e a resistência à seca são caracteres controlados por entidades genéticas separadas e individuais. A qualidade nutricional dos grãos e da forragem do sorgo praticamente não difere do milho e os custos de produção normalmente são inferiores. Na Tabela 6, constam 20 diferenças básicas entre as culturas do milho e do sorgo, notadamente quanto aos aspectos de adaptabilidade ao semiárido e de resistência à seca e demais fatores abióticos e bióticos.

Nesse ponto, o sorgo apresenta diferentes e múltiplas vantagens quando comparado ao milho, considerando as adversidades ambientais. Com isso, é importante frisar que o milho não deverá ser substituído totalmente pelo sorgo, como era voz corrente em anos anteriores. Para isso, existem as ferramentas de Zoneamento Agrícola, Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), que por sua vez, informam onde, o que, quando e como plantar. Para os estados do Nordeste já existem disponibilidade dessa tecnologia (definida pelo MAPA – Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento, juntamente com os órgãos de pesquisa e de extensão estaduais, Embrapa, etc.) para as culturas do milho e do sorgo (www.agricultura.gov.br/zoneamento). Porém, apesar dos benefícios agregados da cultura do sorgo para a região e das baixas produtividades conseguidas com o milho, o plantio de sorgo na região equivale a pouco mais de 5,5 % da área de milho, comprovando o desconhecimento da cultura.

Tabela 6 – Comparativo do milho com o sorgo - características fisiológicas, mecanismos de adaptação ao Semiárido, aspectos e fatores de produção e comercialização ⁽¹⁾

Discriminação	Cultura	
	Sorgo	Milho
Precipitação no ciclo da cultura	300 mm	600 mm
Duração de déficit hídrico crítico após o plantio sem eliminar a planta	40 dias	20 dias
Dormência sob baixas 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 de água/ 1kg de matéria seca (MS)	450 a 600 L de água / kg MS
Presença de cutina nas folhas (camada de cera que evita a transpiração)	Camada espessa de cutina	Camada fina de cutina
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 ao redor da planta, de menor transpiração (ambiente de umidade relativa maior que a umidade do ar)	Presente no sorgo	Ausente no milho
Expectativa de colheita	9 colheitas/cada 10 anos	2 colheitas/cada 10 anos
Parâmetros nutricionais	O sorgo é mais pobre que o milho Sorgo = 90 a 95% 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	R\$ 550,00	R\$ 1.200,00
Zoneamento de Risco Climático	SIM	SIM
Produtividade de grão - sequeiro	Até 3.000 kg/ha	Até 1.200 kg/ha
Profundidade do sistema radicular	> 1,0 m	superficial
Crescimento do sistema radicular	> 1,0 cm/dia	lento
Qualidade do restolho	maior	menor
“Stay Green”	presente	ausente
Susceptibilidade às pragas	menor	maior
Produtividade de biomassa total	maior	menor

Fonte: TABOSA et al., (1987); TABOSA et al., (2002); TABOSA et al. (2008); TABOSA et al., (1995); TABOSA et al., (1993).

Porém, apesar dos benefícios agregados da cultura do sorgo para a região e das baixas produtividades conseguidas com o milho, o plantio de sorgo na região equivale a pouco mais de 5,5% da área de milho, comprovando o desconhecimento da cultura.

Os programas de geração e desenvolvimento de tecnologia sob orientação governamental só serão eficazes quando a eles estiverem inseridos agentes dinâmicos (pesquisa, extensão, sindicatos, institutos, universidades e o produtor), sob um órgão controlador que seja o financiador, todos articulados sob um objetivo comum visando não somente o produtor, mas, visualizando um pacto de desenvolvimento sustentável.

O Estado do Rio Grande do Norte apresenta-se com 92% de sua área física geográfica dentro do polígono das secas. Por se tratar de uma gramínea de alta capacidade de produção de grãos e forragem e tolerante a períodos significativos de estiagem, o sorgo poderá se constituir em uma excelente forrageira nas mesorregiões tanto de baixo como de alto regime pluvial assim como, em solos com condições físico-químicas adversas desde que se empregue cultivares melhoradas com potencial de produção de grãos, forragens, boa capacidade de rebrota. Por outro lado, o Rio Grande do Norte tem na sua economia a pecuária (bovino, ovino e caprinocultura) além da avicultura, base sólida no contexto desenvolvimentista Estadual.

Em face do exposto, a cultura do sorgo apresenta potencial de produção para toda região do Semiárido brasileiro no contexto de todas as unidades federativas que compõem este espaço.

Por ser uma planta típica de clima quente, de características xerófilas, que além da sua pouca exigência nutricional, o sorgo apresenta tolerância aos fatores abióticos, tais como: estresse hídrico, salinidade e encharcamento (planta mais tolerante depois do arroz), apresentando elevada eficiência de uso de água, sendo necessários, em média, 250 a 400g de água.

4 TIPOS DE SORGO E SUA UTILIZAÇÃO

A escolha certa de qual tipo de sorgo (granífero, forrageiro ou sacarino) (híbridos ou variedade) a plantar é de fundamental importância para o produtor obter sucesso em sua lavoura. Sabe-se que o uso de variedades tem sido empregado por pequenos e médios produtores onde o cultivo em sequeiro é mais usual. No caso do cultivo de híbridos comerciais, basicamen-

te são demandados por produtores utilizam agricultura em grande escala ou grandes áreas onde o uso de insumos (fertilizante químico, herbicidas, inseticidas, matéria orgânica) e se for o caso, o uso de irrigação. Todos esses aspectos compõem um sistema tecnificado de produção. Na tabela 7, a seguir, encontram-se exemplificados os tipos de sorgo quanto à sua natureza e utilização. Basicamente são quatro: granífero, forrageiro, sacarino e vassoura. 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, o sorgo (de natureza herbácea) sudanense (*Sorghum sudanense*). Este pertence a outra espécie botânica, apresenta porte médio, baixo teor de HCN (ácido cianídrico), ciclo precoce e aptidão para feno e pastejo.

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. Nesse caso, para a alimentação de aves, os grãos não podem apresentar tanino.

Tabela 7 – Diferentes tipos de sorgo quanto à natureza e utilização⁽³⁾

Tipos de Sorgo	Produto	Utilização
Granífero ⁽¹⁾	Grão	Substituto do milho na alimentação animal - rações balanceadas (bovinos, suínos e aves), utilização do restolho. Alimentação humana - uso da farinha na industrialização de produtos. Amido, cera, cerveja, óleo, etc.
Forrageiro ⁽¹⁾	Biomassa	Corte, silagem e feno
Vassoura ⁽¹⁾	Panicula	Vassouras, escovas e ornamentação - tem uso restrito e localizado.
Sacarino ⁽¹⁾	Colmo	Glicose, frutose, sacarose e álcool
Herbáceo (Sudão ⁽²⁾)	Biomassa	Produção e confecção de feno

(1) *Sorghum bicolor*; (2) *Sorghum sudanense*;

(3) Fonte: Adaptado de Shimidt (1987); Olivetti; Camargo (1997) e Tabosa et al. (2002); Tabosa et al. (2013).

4.1 Sorgo Granífero

O grão é utilizado na alimentação animal na forma de farelo e também é utilizado em muitas regiões do mundo na alimentação humana. Nesse caso, para a alimentação humana e de aves, os grãos não podem apresentar tanino.

É o tipo de provavelmente maior importância econômica, quando comparado aos demais. Nas atuais condições brasileiras, o sorgo tem sido considerado uma viável alternativa para o milho na alimentação animal e aves por motivo do aumento da disponibilidade do grão no mercado nacional nos últimos anos, graças à sua composição bromatológica semelhante ao milho. Na Tabela 8, a seguir, pode-se observar que cerca de 70 a 80 % do milho produzido no Brasil, e até o importado, é utilizado e consumido pelo segmento “consumo animal”, principalmente pela avicultura. Há uma perspectiva de utilização do grão de sorgo na avicultura sem substituição ao milho e sem nenhum prejuízo a este segmento. Isso se deve ao fato de que na ração para aves, o milho e a soja representam cerca de 70%. Outro ponto importante é que de todo o milho produzido no Brasil, cerca de 70 % é destinado à alimentação animal.

Tabela 8 – Consumo de milho no Brasil – por segmento

Segmento	2005	2006	2007
1. Avicultura	19.309	20.022	20.515
2. Suinocultura	11.236	11.097	12.022
3. Pecuária	2.520	2.479	2.374
4. Outros animais	615	660	673
Total (1+2+3+4+5)	33.680 (85%)	34.258 (78%)	35.584 (77%)
5. Indústria	4.044	4.150	4.369
6. Consumo humano	690	700	705
7. Perdas	296	310	349
8. Exportação	869	4.327	5.000
Total Geral (1 a 8)	39.579 (100%)	43.754 (100%)	46.007 (100%)

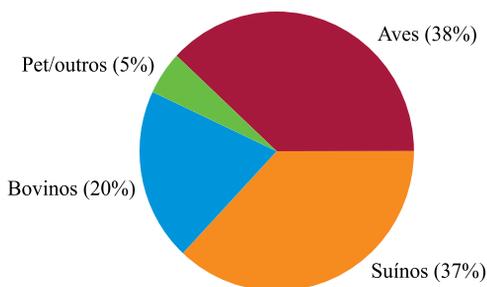
Fonte: Disponível em: <www.abimilho.com.br/estatísticas4.htm>.

Em face do exposto e da importância que a cultura do sorgo poderá representar para o Estado de Pernambuco, evidenciam-se os seguintes pontos a considerar: 1- O sorgo granífero, substitui 100% do milho como ingrediente nas formulações avícolas. No México, desde 1982, é proibido o uso do milho na alimentação animal e a matéria prima utilizada é o sorgo granífero. Nesse país, está a 2ª avicultura da América Latina, depois do Brasil; 2 - A cadeia produtiva da avicultura apresenta uma taxa de crescimento positiva ao ano, o que representa uma demanda progressiva de grãos.

Com estes fatos, há uma necessidade imperiosa de se proceder à redução de importação de milho e ao mesmo tempo, proporcionar a compensação desta, com o grão do sorgo, produzido na Região.

Na Figura 5 pode-se observar a utilização do sorgo granífero na alimentação animal, visto por partição dos diferentes segmentos. Com isto, pode-se inferir que o milho pode sem prejuízo ser substituído pelo sorgo na cadeia produtiva da pecuária e outras correlatas.

Figura 5 – Participação dos setores no consumo do sorgo - média aproximada dos últimos 5 anos



Fonte: Sindirações.

A área de cultivo de sorgo granífero no Brasil, representada basicamente por 12 estados da federação de acordo, exclusivamente, com as estatísticas do IBGE em 2008, pode ser observada na Tabela 4. Convém frisar que esses dados são oriundos de estimativas de sementes híbridas comercializadas, considerando que cada 10 kg de sementes equivalem ao plantio de um hectare. Nesse contexto, não são levados em consideração os materiais varietais locais. As variedades comercializadas não fazem parte dessas estatísticas. Desse modo, no caso do Estado de Pernambuco, se forem considerados só os dados da Tabela 2, a área de cultivo de sorgo granífero encontra-se aquém da realidade. Assim, os dados das áreas cultivadas de sorgo granífero em Pernambuco nos últimos quatro anos foram: 37.271 em 2006; 16.420 em 2007; 15.359 em 2008 e 18.700 em 2009. Esse levantamento vem sendo realizado e acompanhado anualmente pela Diretoria de Extensão Rural do IPA, juntamente com as secretarias de agricultura dos municípios produtores, a partir de áreas assistidas com e sem financiamento de crédito rural.

Estima-se por meio do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE), uma área em torno de 1.259.905,00 ha, com aptidão pedoclimática preferencial e regular para o plantio do Sorgo no estado de Pernambuco (SILVA, 2001).

4.1.1 Comportamento de Materiais de Sorgo Granífero na Região

Na Figura 6, pode ser observada a visualização de cultivares de sorgo granífero. Uma variedade local e um híbrido comercial. Na Figura 7 consta uma vista parcial da variedade IPA 2502 – sorgo de duplo propósito, para grãos e forragem.

Figura 6 – Vista parcial de cultivares de sorgo granífero: variedade local e híbrido comercial. Cultivares recomendadas pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC.



Na Tabela 9 constam os resultados médios de ensaios de avaliação de cultivares de sorgo sob condição de sequeiro e irrigado, em municípios do Rio Grande do Norte e Pernambuco. Esses dados refletem o potencial de variedades de sorgo granífero, cultivado com e sem irrigação. Na Tabela 9, são mostrados os dados de produção de híbridos comerciais de sorgo sob condição irrigada (Chapada do Apodi/RN) e de sequeiro (Município

de Touros /RN) em 2005/06. Foram obtidos resultados da ordem de 7.000 kg/ha de grãos.

Figura 7 – Vista parcial da variedade de sorgo de duplo propósito IPA 2502 no agreste semiárido de Pernambuco (2010)



Tabela 9 – Produção de grãos (kg/ha) em variedades de sorgo granífero em ambientes de Pernambuco e Rio Grande do Norte.

Cultivar	Araripina/2006	Touros/2005
IPA 8602564	3.937	3.727
D 71464	2.677	5.590
IPA 8602588	3.858	4.273
IPA 8602589	4.488	3.407
SC 689	4.488	5.930
(T X IS 6944) 18-2-3	4.016	5.507
(206 X Comp. Caruaru)	2.835	7.590
IPA 8602685	2.913	6.480
IPA 8602636	2.162	6.137
AF 28	1.969	5.927
IPA 8602693	3.150	6.003
IPA 7301011	3.617	7.760
Chuva no ciclo (mm)	616	Irrigado
Fertilização (kg/ha) (N – P – K)	90 – 90 - 60	90 – 90 - 60
Calcário (t/ha)	1,5	-

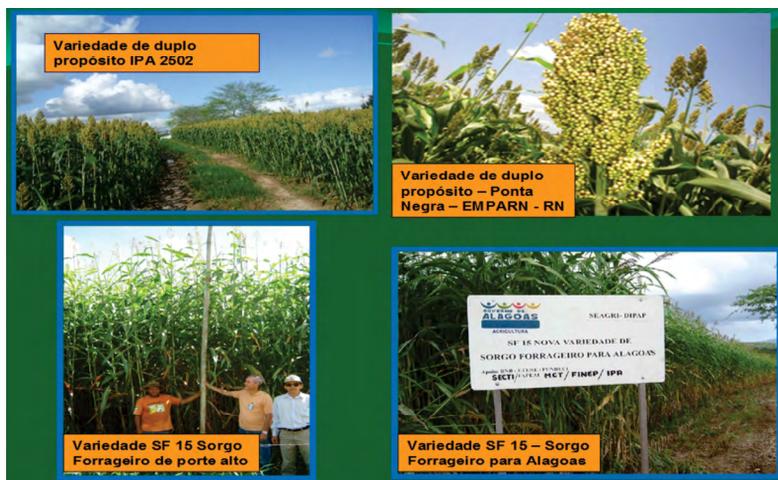
Fonte: Tabosa et al. (2008).

4.2 O Sorgo Forrageiro

O sorgo forrageiro é uma planta produtora de massa e grãos que pode ser comparada ao milho em relação ao seu valor agrônomico e nutritivo, justificando seu cultivo por ser uma cultura de fácil cultivo e mecanizável, não restringindo aos pequenos produtores, podendo ser operacionalizado com equipamentos manuais ou de tração animal. Sua aplicabilidade na alimentação dos ruminantes como forma de silagem tem nos últimos anos se tornado cada vez mais comum, como alternativa a fim de amenizar o problema de escassez de pastagem, no período de estiagem. As culturas do milho (*Zea mays* L.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) moench) apresentam-se como as mais indicadas ao processo de ensilagem, por sua facilidade de cultivo, alto rendimento e pela qualidade das silagens produzidas (ZAGO, 1992).

Outro fato observado é a grande flexibilidade que este tipo de sorgo oferece, podendo ser cultivado em diferentes sistemas de produção e objetivos, silagem, fenação, pastejo, consórcio com leguminosas e grão (duplo propósito). Nesse contexto, é importante frisar que em termos comparativos, o milho para forragem é mais rico nutricionalmente do que o sorgo. Todavia, o sorgo compensa essa desvantagem em apresentar maior produção. Além disso, pode ser cultivado sob condições de sequeiro em locais não aptos à cultura do milho e com menor risco de frustração de safra. A produção de um hectare de sorgo forrageiro da ordem de 15 t atende às necessidades de consumo em volumoso de 8 (oito) unidades animais (1 U.A. = 450 kg de peso vivo), consumindo 2,5% ao dia do seu peso vivo em matéria seca, por um período de 150 dias, equivalente a 5 (cinco) meses, período estival do ano. No caso de caprinos, o número de animais atendidos nessas mesmas condições será de 40. Na Figura 8 7 pode ser visualizada uma variedade de sorgo forrageiro (aptidão silagem e corte), recomendada para a região e mais outra variedade de duplo propósito.

Figura 8 – Variedades de sorgo: de duplo propósito e de porte alto



Fonte: crédito dos autores.

Na Tabela 10, são visualizados o comportamento produtivo e características agrônômicas de três variedades de sorgo recomendadas para o Semiárido. As variedades avaliadas foram desenvolvidas pelo IPA, visando o elevado potencial de produção para corte e forragem. A variedade IPA 467-4-2 apresenta aptidão para silagem e possui o colmo de natureza sacarina. A variedade IPA SF 25 apresenta colmo seco e é de ciclo precoce. A variedade SF 11 é de aptidão para silagem e é considerada dentre as demais a mais tolerante ao estresse hídrico. A variedade SF 15 foi desenvolvida pelo IPA conjuntamente com a Seagri – AL, para a bacia leiteira. É uma variedade silageira. Todas estas variedades são registradas no RNC – Registro Nacional de Cultivares do MAPA.

Tabela 10 – Resultados de produção de matéria verde e seca, % de matéria seca e altura de planta das variedades de sorgo forrageiro (1) IPA 467- 4- 2, (2) SF 25, (3) IPA SF 11 e (4) SF 15, em diferentes ambientes (localidades do Semiárido – sob estresse hídrico, irrigado, temperaturas elevadas, solos salinizados e solos ácidos). 2007/2008/2009

Variedade/Local	Variáveis observadas			
	matéria verde (t/ha)	matéria seca (t/ha)	Matéria seca (%)	Altura de planta (cm)
IPA 467-4-2 (estresse)	24,2	6,9	28	320
IPA SF 25 (estresse)	26,2	6,0	23	300
IPA SF 25 (250-350mm)	46,5	14,4	31	410
IPA 467-4-2 (250-350mm)	25,7	8,3	32	260
IPA SF 11 (250-350mm)	45,9	12,8	28	370
SF 15 (250-350mm)	42,3	14,8	34	460
SF 15 (250-350mm)	50,4	14,6	29	400
IPA SF 11 (250-350mm)	39,8	11,2	28	420
IPA SF 25 (250-350mm)	26,6	10,8	40	380
IPA SF 11 (250-350mm)	48,9	16,6	34	360
IPA 467-2-2 (sertão)	31,0	9,2	30	310
IPA 467-4-2 (agreste)	32,0	10,2	32	300
SF 15 (Irrigado)	70,8	21,9	31	380

Fonte: IPA/PE.

4.3 O Sorgo Sacarino

Depois de um período sem se dar importância às alternativas no que concerne às diversas matérias primas renováveis disponíveis para produção de álcool carburante, a crise energética que se apresenta, e a preocupação que vem se dando ao meio ambiente, levaram à procura por materiais que possam suprir essa demanda. Nesse cenário, o sorgo sacarino, pela rapidez do seu ciclo de produção se assemelha à cana-de-açúcar além de fornecer boa quantidade de bagaço que pode ser direcionado tanto para geração de vapor para operação de caldeiras, como na utilização para formulação de rações para ruminantes. Entretanto, ele difere da cana-de-açúcar pelo fato de ser cultivado a partir de sementes, facilitando a obtenção e manejo e apresenta um ciclo vegetativo/reprodutivo bem mais curto, entre 120 a 130 dias. Por outro lado, o sorgo sacarino disponibiliza ainda grãos, que podem ser aproveitados em

um sistema integrado de exploração como fonte energética para alimentação de animais e aves na propriedade rural, objetivando a autossuficiência de energia, aliada a outras atividades voltadas à produção agropecuária.

O cultivo do sorgo sacarino pode ser uma alternativa técnica e economicamente viável para o fornecimento da matéria-prima à microdestilarias, evitando o corte antecipado da cana-de-açúcar. Contudo, o que realmente se propõe neste trabalho é provar que o sorgo cultivado nas regiões em que chove pouco ou com chuvas são mal distribuídas, poderá se tornar uma alternativa para a produção de álcool.

Nas regiões produtoras de álcool no nordeste, normalmente os meses de dezembro a abril são utilizados para os necessários reparos nas instalações e equipamentos. Quando se trata de microdestilarias, que normalmente são dotadas de instalações simples, e a maioria dos trabalhadores fica sem trabalho. Preenchendo esse tempo com a ocupação da mão-de- familiar ou mesmo através do médio produtor rural, esses segmentos poderiam, por meio do cultivo do sorgo sacarino disponibilizar a matéria prima (colmo) do sorgo, contribuindo assim, de forma efetiva não só na geração de emprego e renda, como também para o equilíbrio do preço do produto. Na Tabela 11 a seguir, pode ser observada uma comparação entre o sorgo sacarino, a cana-de-açúcar e o milho, para efeito de produção de etanol, considerando todas as partes da planta, ciclo e produção de biomassa. Nesse âmbito, vale salientar que o sorgo sacarino é quem menos produz emissões de carbono para atmosfera, quando comparado com a maioria dos cultivos. Pode ser considerado como planta de produção limpa de energia (ICRISAT, 2008).

Tabela 11 – Comparativo entre o sorgo sacarino, cana-de-açúcar e milho para produção de etanol

Parâmetro	Sorgo Sacarino	Cana-de-açúcar	Milho
Ciclo	4 meses	12 meses	4 meses
Requerimento hídrico	4.000 m ³	36.000 m ³	8.000 m ³
Produção de grãos	2 t/ha	-	3,5 t/ha
Etanol do grão	760 L	-	1.400 L
Produção de colmos	35-45 t/ha	75-85 t/ha	20-30 t/ha
Etanol do colmo	1.400 L	5.600 L	-
Etanol do resíduo	1.000 L/ha	3.325 L/ha	1.816 L/ha
Etanol total	3.160 L/ha	8.925 L/ha	3.216 L/ha
Óleo	-	-	140 L/ha
Vinhaça / restolho	4 t/ha	13 t/ha	8 t/ha

Fonte: ICRISAT (2008).

Na Figura 8, pode ser observada uma vista parcial de uma área de sorgo sacarino, variedade IPA 467-4-2 (Variedade sacarina, comercialmente utilizada como forrageira, cultivada sob irrigação e fertilizada orgânica e quimicamente, com produção de até 100 t/ha de biomassa) e IPA 2502 (material de duplo propósito de colmo sacarino cultivado na região).

Figura 9 – Variedades de sorgo sacarino em cultivo na Região Nordeste



Fonte: crédito dos autores.

4.3.1 O Comportamento do Sorgo Sacarino em diferentes Ambientes do Semiárido

Na Tabela 12 constam os locais onde as avaliações foram realizadas, no ambiente semiárido, em diferentes municípios. Na Tabela 13 podem ser observados os dados de produção de biomassa nos diferentes ambientes de avaliação. Em Araripina, Semiárido de Pernambuco, as variedades sacarinas tradicionais (rio, roma e ramada) exibiram níveis de produtividade (12,2 a 17,1 t/ha) de biomassa equivalente a praticamente a metade do que produziu cada uma das variedades recomendadas para a região, a SF 15 e a IPA 467-4-2 (29,5 t/ha de biomassa). Esse comportamento também foi verificado em Canguaretama, Apodi e Ipanguaçu, no Estado do Rio Grande do Norte. Esse fato é possivelmente atribuído a problemas ligados ao foto-

período e também a diferenças de comportamento varietal, em função dos aspectos climáticos e exigências da cultura.

Destacam-se nesses resultados de produção de biomassa, os níveis de produtividade obtidos no ambiente de Canindé do São Francisco, sob condições irrigadas. Todas as seis variedades observadas apresentaram produção acima de 120 t/ha de biomassa. Nesse contexto, a variedade SF 15 alcançou o patamar de 194 t/ha de matéria verde em um único corte, sob condições de pleno atendimento de fertilização química e orgânica, além da aplicação de uma lâmina de 7 mm de água no período, distribuída de modo que atendesse a 855 mm no ciclo da variedade. Com relação aos resultados médios obtidos, considerando os cinco ambientes de avaliação, os materiais em destaque foram o SF 15 e o IPA 467-4-2 com 85,9 e 76,5 , ultrapassando a variedade sacarina de maior produção (Theis, com 60,3 t/ha) em 42 e 27 %, respectivamente. Com relação aos resultados médios obtidos de matéria seca, todas as variedades apresentaram níveis de produção superiores a 10 t/ha. Nesse âmbito merece destaque as variedades SF 15 e 467-4-2, com 27 e 24 t/ha, respectivamente (Tabela 14).

Os resultados de produção de colmo, componente importante para exploração dos materiais sacarinos, apresentaram de uma maneira geral, valores de 65 a 75 % das produções da matéria verde total, independentemente das variedades avaliadas. Considerando um valor médio dos cinco ambientes analisados, a variedade SF 15 produziu 60 t/ha de colmo. Na estimativa da produção de caldo em 1.000 Litros/ha, é diretamente considerado a produção despalhada de colmos. No caso da variedade SF 15 que apresentou uma produção média de colmos de 60 t/ha, gerou também um rendimento de caldo da ordem de 24.200 litros/ha, conforme consta na Tabela 15.

Esse valor representa uma eficiência de extração de caldo da ordem de 40,3%, que não diferiu significativamente da variedade de sorgo sacarino Theis, com 53%. Os destaques para rendimento de caldo foram obtidos no ambiente de Canindé do São Francisco, para as variedades SF 15, IPA 467-4-2, THEIS e Roma, com valores de 74, 54, 81 e 48 mil litros/ha, respectivamente. Vale frisar que os resultados obtidos de extração de caldo nos ambientes de Canguaretama, Apodi e Ipanguaçu (RN), foram prejudicados em face do baixo rendimento de moenda.

Na Tabela 17 constam os resultados obtidos para 50% de florescimento nas variedades avaliadas. No ambiente de Araripina/PE, as variedades SF 15 e IPA 467-4-2 apresentaram comportamento tardio (115 e 114 dias), comparativamente às variedades sacarinas tradicionais. Esse fato também foi observado nos ambientes de Apodi e Canguaretama, sendo que com uma antecipação

no florescimento em todos os materiais avaliados, mantendo-se as diferenças entre a SF 15 e IPA 467-4-2 com relação às demais. No ambiente de Canindé do São Francisco, pelo fato da ação de pesquisa ter sido conduzida no período mais quente do ano e sob condições irrigadas e elevada exposição à luz, possivelmente antecipou o florescimento dos materiais avaliados (56 a 66 dias).

Os resultados obtidos de altura média de planta são mostrados na Tabela 19. Na maioria dos ambientes avaliados, as variedades que apresentaram os maiores valores de altura de planta foram o SF 15, o IPA 267-4-2 e Theis. Os maiores valores médios, considerando os cinco ambientes avaliados, variaram de 307 a 319 cm. Todos os materiais apresentaram brix superior a 14 %.

Na Tabela 16 são mostrados os resultados obtidos de eficiência de uso de água com relação às variedades avaliadas. Os valores médios obtidos, considerando os cinco ambientes avaliados, variaram de 310 a 909 kg de água por kg de matéria seca produzida. De acordo com Monteiro (1998) e Tabosa et al. (1987), valores entre 250 a 350 kg de água/kg de matéria seca produzida (kg água/kg MS) exibem elevada eficiência de uso de água, para cultivares produtivas de sorgo forrageiro. No caso vertente, a variedade SF 15 consumiu 310 e a variedade Ramada consumiu 909 kg de água para produzirem a mesma quantidade de matéria seca. Essa informação é considerada valiosa, em face da possibilidade de irrigação em grandes áreas de sorgo sacarino para produção de etanol no Semiárido do Brasil e regiões similares, com o provável advento da transposição do rio São Francisco.

A variedade de sorgo SF 15 apresentou rendimento de biomassa (produção de matéria verde total e de colmo) superiores às variedades sacarinas tradicionais e a variedade IPA 467-4-2 (variedade sacarina comercialmente difundida na região como material de uso forrageiro), podendo ser recomendada para toda região Semiárida e áreas similares.

Tabela 12 – Ambientes/localidades de condução das ações de pesquisa nos estados de Pernambuco, Rio grande do Norte e Sergipe, 2008 e 2009

Ambiente/localidade	Plantio (data)	Colheita (data)	Chuva no ciclo (mm)
Araripina/PE	04/02/2009	04/06/2009	703
Canindé/SE	17/09/2008	16/01/2009	855 *
Ipangaçu/RN	04/09/2009	13/12/2009	752 *
Canguaretama/RN	06/05/2009	23/07/2009	903
Apodi/RN	23/06/2009	12/09/2009	237

* Sob regime de irrigação – lâmina aplicada de 7 mm a cada três dias.

Tabela 13 – Resultados obtidos de Matéria verde – MV (t/ha) nas seis variedades de sorgo sacarino em ambientes de Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe, 2008/2009

Matéria Verde						
Cultivar	Araripina 2009	Canindé 2008	Ipanguaçu 2009	Apodi 2009	Canguaetama 2009	Média
SF15	29,5 a	194,3a	131,6a	45,0a	29,1a	85,9a
IPA-467	29,5 a	168,0abc	105,0a	50,3a	29,7a	76,5ab
Theis	17,1b	186,0ab	59,3b	28,3b	11,3c	60,3b
Roma	14,7b	150,6abc	19,3b	25,0b	10,3c	44,0bc
Rio	13,1b	131,0bc	38,0b	26,6b	18,6b	45,4bc
Ramada	12,2 b	121,0c	26,0b	25,3b	9,6c	38,8c
Cv%	17,6	12,7	22,6	10,2	8,8	19,2

Tabela 14 – Resultados obtidos de Matéria seca – MS (t/ha) nas seis variedades de sorgo sacarino em ambientes de Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe, 2008/2009

Matéria Seca						
Cultivar	Araripina 2009	Canindé 2008	Ipanguaçu 2009	Apodi 2009	Canguaetama 2009	Média
SF15	9,6a	58,3a	43,0a	14,8a	9,6a	27,0a
IPA-467	9,8a	50,0abc	34,1a	16,6	9,8a	24,0ab
Theis	5,6b	55,6ab	18,0b	9,3b	3,7c	18,4abc
Roma	4,8b	45,0abc	7,3b	8,2b	3,4c	13,7bc
Rio	4,1b	39,3bc	11,6b	8,8b	6,1b	14,0bc
Ramada	3,8b	36,3c	8,0b	8,3b	3,1c	11,9c
cv%	19,1	12,8	21,2	10,2	8,8	18,7

Tabela 15 – Resultados obtidos de Peso Verde do Colmo - PVC (t/ha) em variedades de sorgo sacarino em ambientes de Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe, 2008/2009

Peso Verde de Colmo						
Cultivar	Araripina 2009	Canindé 2008	Ipanguaçu 2009	Apodi 2009	Canguaetama 2009	Média
SF15	21,7a	147,3ab	104,8a	23,6b	2,8bc	60,0a
IPA-467	21,4a	134,3abc	80,9a	35,0a	5,8a	55,5ab
Theis	13,8b	153,0a	42,9b	16,0cd	1,3cd	45,4ab
Roma	11,5b	106,6abc	13,1c	13,0de	1,2d	29,1ab
Rio	10,7b	97,0bc	29,3cb	18,2c	3,1b	31,7ab
Ramada	9,3 b	88,0c	18,6cb	10,5e	1,9bcd	25,6b
cv%	17,7	14,6	21,6	8,8	19,8	22,6

Tabela 16 – Resultados obtidos de Eficiência do Uso de Água – EUA (kgH₂O/kgMS produzida) em variedades de sorgo sacarino em ambientes de Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe, 2008/2009

Eficiência de Uso de Água - EUA						
Cultivar	Araripina 2009	Canindé 2008	Ipangaçu 2009	Apodi 2009	Canguaetama 2009	Média
SF15	506b	104b	124c	118b	696b	310b
IPA-467	518b	120ab	156c	102b	685b	316b
Theis	893ab	109b	344bc	182a	1813a	668ab
Roma	1035ab	134ab	773a	207a	1969a	824ab
Rio	1207a	159ab	456abc	196a	1093b	622ab
Ramada	1358a	167a	665ab	209a	2145a	909a
cv%	21,3	14,9	31,3	8,8	13,8	22,5

Tabela 17 – Resultados obtidos de floração – 50% florescimento (nº dias) em variedades de sorgo sacarino em ambientes de Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe, 2008/2009

50 % de Floração (Nº Dias)						
Cultivar	Araripina 2009	Canindé 2008	Ipangaçu 2009	Apodi 2009	Canguaetama 2009	Média
SF15	115a	56c	62b	75 a	88a	79a
IPA-467	114a	58b	67a	69b	76a	76ab
Theis	75b	58b	60b	47d	54b	58bc
Roma	79b	58b	53c	48d	50b	57c
Rio	77b	66a	60b	55	59b	63abc
Ramada	63 c	58b	53c	49d	50b	54c
cv%	3,4	2,2	1,9	1,3	7,2	3,2

Tabela 18 – Resultados obtidos para extração de caldo (1.000 L/ha) em cultivares de sorgo sacarino em ambientes do Rio Grande do Norte e de Sergipe, 2008/2009

Extração de Caldo					
Cultivar	Canindé/2008	Ipangaçu/2009	Apodi/2009	Canguaretama/2009	Média
SF15	74,3a	11,0a	8,5b	2,9bc	24,2a
IPA-467	54,0ab	9,0ab	15,6a	5,9a	21,1a
Theis	81,6a	5,9abc	7,3b	1,3c	24,0a
Roma	48,0ab	1,1c	2,4c	1,2	13,2a
Rio	25,6b	1,5bc	6,5b	3,1b	9,2a
Ramada	27,3b	1,7bc	13,3a	1,9bc	11,0a
cv%	28,8	54,7	11,5	21,1	44,4

Tabela 19 – Resultados obtidos para altura média de planta (cm) em cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes de Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe, 2008/2009

Cultivar	Altura média de plantas (cm)				
	Araripina/2009	Canindé/2008	Ipanguaçu/2009	Canguaretama/2009	Média
SF15	220bc	342a	353a	362a	319a
IPA-467	320a	335a	284b	290b	307a
Theis	190cd	352a	229c	188c	239ab
Roma	170d	234b	182d	183c	192b
Rio	240b	241b	235c	262b	244ab
Ramada	160d	228b	173d	190c	188b
CV%	5,1	9,4	6,2	9,5	8,1

5 O ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO PARA O SORGO GRANÍFERO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

De conformidade com o MAPA – Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, as Portarias de Zoneamento Agrícola de Risco Climático para cada Unidade da Federação, compreende o resultado de análises e modelagem de dados climáticos e de observações de ordem fenológica e das exigências mínimas de cada cultura a ser zoneada *per si*. Esse estudo envolve diferentes instituições (Embrapa, Empresas Estaduais de Pesquisa Agropecuária, como o IPA/PE, Seagri/AL, Emparn/RN, etc.) além de consultorias especializadas, indo desde monitoramento por satélite, considerações dos especialistas de cada cultura envolvida até as considerações e observações locais por aparte dos produtores.

Assim, os estudos e as séries históricas climáticas diárias de no mínimo 15 anos são levados em consideração e elaborado um calendário de plantio por tipo de solo e por cultivar, em cada município. O produto final é publicado em portarias no Diário Oficial da União.

Todavia, para a incriminação do cultivo do sorgo, vem sendo levado em consideração o ZONEAMENTO da cultura para cada um dos Estados do Nordeste. Neste âmbito, vale frisar que a região Semiárida apresenta condições agroecológicas distintas, com variações em termos de clima, vegetação, solo, recursos hídricos, etc., possibilitando o aparecimento de ambientes com diferentes potencialidades de exploração agrosilvipastoril. Assim, os conhecimentos destas variações e a organização dos dados são de fun-

damental importância quando se pretende implantar uma estratégia de desenvolvimento rural/industrial em bases sustentáveis com suas respectivas aptidões para a cultura do sorgo. Além disso, são levados em consideração, os registros históricos de comportamento da cultura no ambiente semiárido.

Vale salientar que todas essas ferramentas acima descritas, são utilizadas para subsidiar e elaborar o Zoneamento de Risco Climático para a cultura do Sorgo. Além de tudo o que foi colocado, são levados em consideração os dados históricos, locais e obtidos pela rede de postos meteorológicos, organizados pela Embrapa Informática Agropecuária através do Sistema de Processamento de Informações Georreferenciais, desenvolvido pelo Inpe (precipitação pluvial diária, evapotranspiração de referência, coeficientes culturais, disponibilidade e balanço hídrico, modelagem e simulação de época de plantio etc.).

O principal objetivo do zoneamento de risco climático é o de caracterizar as áreas de menor risco para a cultura em tela, além de definir as melhores épocas de plantio para o Estado. Deste modo, conhecendo os fatores de risco, será possível viabilizar a redução das perdas e proporcionar maiores rendimentos.

Este zoneamento é anualmente reajustado, quando for o caso, incluindo ou excluindo alguma área de cultivo ou mesmo aumentando os prazos para plantio da cultura do sorgo em casos pontuais. É publicado anualmente em portaria do Diário Oficial da União. Para a safra de 2017/2018², encontram-se zoneados para a cultura do sorgo granífero, municípios de todos os estados que compõem o semiárido brasileiro, com exceção do estado do Espírito Santo, conforme é mostrado na Tabela 20 a seguir. A relação das cultivares de sorgo indicadas para todos os municípios das diferentes unidades federativas encontram-se publicadas nas respectivas portarias. Vale ressaltar que essas cultivares recomendadas foram objeto de testes e de ensaios experimentais, em diferentes locais e anos, na região em estudo.

2 Veja mais em: <www.agricultura.gov.br>.

Tabela 20 – Portarias do Zoneamento de Risco Climático – Municípios zoneados a partir das variáveis de avaliação para cada unidade Federativa, 2010/2011 – região do Semiárido Brasileiro.

Variáveis/UF	AL	BA	CE	MA	MG	PB	PE	PI	RN	SE
Mensuração da Precipitação pluvial: (nº estações)	-	156	190	126	438	99	483	155	165	-
Estimativa da Evapotranspiração potencial (ETp): Método de Penman/Monteith (nº estações)	-	40	13	14	-	3	7	6	5	-
Coefficientes culturais (Kc): Obtidos de dados experimentais	SIM									
Recomendação por ciclo das cultivares: G1 – 110 dias, G2 – 110-120 dias, G3 – >120 dias	SIM									

Variáveis/UF	AL	BA	CE	MA	MG	PB	PE	PI	RN	SE
Recomendação por disponibilidade máxima de água no solo: Tipo 1 - 30 mm, Tipo 2 - 50 mm, Tipo 3 - 70 mm	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Recomendação por ISNA (índice de satisfação de necessidade de água) = $E/Tr/E/Im$ ($\geq 0,50$ em 20% do território e em 80% dos anos avaliados)	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Número e nomes dos municípios zoneados (vide portarias do MAPA)	17/11 DOU: 241/11 DOU: 26/01/11	20/07/11	385/11 DOU: 19/10/11	239/11 DOU: 20/07/11	242/11 DOU: 20/07/11	386/11 DOU: 19/10/11	382/11 DOU: 19/10/11	240/11 DOU: 20/07/11	384/11 DOU: 19/10/11	18/11 DOU: 26/01/11

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A expansão da cultura de sorgo no semiárido brasileiro está diretamente correlacionada com as políticas públicas governamentais associadas aos programas de pesquisa, no que diz respeito ao melhoramento vegetal e manejo cultural;
- A opção de cultivo do sorgo está ligada a atividade agrícola desenvolvida no extrato rural, a partir de cultivares desenvolvidas para a região;
- A decisão de adotar ou não o sistema de produção de sorgo é determinada pela educação dos produtores, acesso à assistência técnica, participação em associações ou cooperativas e acesso ao crédito;
- Avanços técnicos ainda precisam ser atingidos no que diz respeito a cursos dirigidos para produtores de forma que, a cultura do sorgo seja mais conhecida em todos seus aspectos técnicos e econômicos, quebrando assim, paradigmas no manejo cultural;
- Cerca de 35 % dos solos agricultáveis existentes no espaço denominado de SEMIÁRIDO BRASILEIRO apresentam aptidão plena e regular para a cultura do sorgo;

O Zoneamento de Risco Climático constitui uma ferramenta de capital importância na definição das áreas, dos períodos de plantio e recomendação de cultivares, evitando com isto o risco de frustração de safra.

A cultivares sacarinas de sorgo apresentam potencial para serem exploradas na entressafra da cana-de-açúcar, nas zonas canavieiras, nos brejos de altitude e no espaço irrigado onde é recomendada para a cultura canavieira, pelo fato do sorgo sacarino ser considerado uma planta de elevada economia hídrica.

Os programas de melhoramento de sorgo apresentam importância no desenvolvimento de cultivares, desde que direcionadas e adaptadas às adversidades ocorrentes na região do Semiárido Brasileiro.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem de forma ampla ao apoio inestimável ao projeto do BNB – Banco do Nordeste do Brasil, financiado pelo Fundeci – Fundo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico / Etene – Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste.

REFERÊNCIAS

AB’SABER, A. N. **O domínio morfoclimático semiárido das caatingas brasileiras**. Terezina: UFPI, 1984.

ABIMILHO. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MILHO. **Estatísticas**. 2009. Disponível em: <[www.abimilho.com.br/estatisticas4 htm](http://www.abimilho.com.br/estatisticas4.htm)>. Acesso em: nov. 2009.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE PERNAMBUCO. IBGE, 2002.

ASA BRASIL. ARTICULAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. Disponível em: <www.asabrasil.org.br>. Acesso em: nov. 2009.

APPS. ASSOCIAÇÃO PAULISTA DOS PRODUTORES DE SEMENTES E MUDAS. Grupo Pró-Sorgo: **Evolução da área e produção do sorgo no Brasil** – Atualização em 14/10/2011. Campinas, 2011. Disponível em: <[http:// www.apps.agr.br/ dado-estatisticos/](http://www.apps.agr.br/dado-estatisticos/)>. Acesso em: 14 out. 2011.

BARROS, A. H. C.; TABOSA, J. N.; SILVA, A. A. G. da; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SANTOS, J. C. P. dos; AMARAL, J. A. B. do; LACERDA, F. F.; ASSAD, E. D.; SIMÕES, R. Zoneamento de risco climático para o sorgo no Estado de Pernambuco. IN: CBMET, XIII, Fortaleza/ CE, 2004. **Anais...**, Fortaleza, 2004. CD-ROM.

BLUM, A. Genotypic responses in sorghum to drought stress; I. response to soil moisture stress. **Crop Science**, Madison, v. 14, p. 361-364, 1974.

CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o Semiárido. **Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo – USP**, v. 22, n. 63, p. 61-82, 2008.

- CONAB. COMPANHIA BRASILEIRA DE ARMAZENAMENTO. Acompanhamento da safra brasileira: grãos safra 2010/2011: quarto levantamento. Brasília, DF: CONAB, jan. 2011. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Aces' em: 30 out. 2011.
- DICKO, M .H.; GRUPPEN, H.; THAORÉ, A. S.; VORAGEN, A. J.; BERKEL, W. Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 5, p. 384-395, 2006.
- EVANGELISTA, F. R. **A agricultura familiar no Brasil e no Nordeste**. BNB/Etene, 2000.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT 2008/10. Disponível em: <www.faostat.org/site/567/>. Acesso em: 30 out. 2011.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT 2016. Disponível em: <www.faostat.org/site/567/>. Acesso em: 23 ago. 2018.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT 2017. Disponível em: <www.faostat.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 22 mai. 2019.
- FARIAS, I.; LIRA, M. de A.; SANTOS, D. C. dos; FERNANDES, A. de P. M.; FRANÇA, M. P. O consórcio de sorgo granífero com palma forrageira. **Caderno Ômega** - UFRPE, v. 2. p.131-145, 1986.
- FREIRE, L. C.; ALBUQUERQUE, S. Q.; SOARES, J. G. G.; SALVIANO, L.M.C.; OLIVEIRA, M. C. de; GUIMARÃES FILHO, C. **Alguns aspectos econômicos sobre a implantação e utilização do capim buffel em área de caatinga**. Circular técnica 9. Petrolina, Embrapa - CPATSA, 1982.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola municipal** - Rio de Janeiro: IBGE - Sistema IBGE de recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: nov. 2009.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola municipal** - Rio de Janeiro: IBGE - Sistema IBGE de recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: nov. 2017.

ICRISAT - INTERNATIONAL CROPS RESEARCH FOR THE SEMI-ARID TROPIC. Sweet sorghum: Food, feed, and fuel crop. **An-dhra Pradesh**, India, 2008. Disponível em: <www.icrisat.or>. Acesso em: nov. 2009.

INFORME AGROPECUÁRIO. **Sorgo**: uma opção agrícola. Epamig, Belo Horizonte, MG. Ano 12, n. 144, 1986.

JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatingas – características e uso agrícola. In: ALVAREZ, V. V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa – MG: SBSCS/UFV/DPS, 1996. p.95-111.

LIMA, G. S. de. **Estudo comparativo de resistência à seca no sorgo forrageiro (Sorghum bicolor (L) Moench) em diferentes estádios de desenvolvimento**. 123p. Dissertação (Mestrado). Recife: UFRPE, 1998.

LIMA, J. M. P. de; TABOSA, J.N.; LIMA, M.L.; DANTAS, J.A.; CINHA, E. E.; OLIVEIRA, J.G.A.; CASTRO, O.P. da C.M. de. Avaliação de cultivares de sorgo forrageiro sob cultivo de sequeiro e irrigado na chapada do Apodi/RN. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27, Londrina, PR, 2008. **Anais...**, Londrina, 2008. CD ROM, resumo expandido.

LIMA, J. M. P. de; LIRA, M. A.; DANTAS, J. A.; OLIVEIRA, J. S. F. de; LIMA, J. G. A. BRS Ponta Negra – variedade de sorgo de dupla finalidade para o Semiárido nordestino. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27, Londrina, PR, 2008. **Anais...**, Londrina, 2008. CD ROM, resumo expandido.

LIRA, M. de A.; ARAÚJO, M. R. A. de; MACIAL, G.A.; FREITAS, E. V. de; ARCOVERDE, A. S. S.; LEIMIG, G. Comportamento de novas progênes de sorgo forrageiro para o semiárido pernambucano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 11, p. 1.239-1.246, nov. 1986.

MDA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Agricultura familiar no Brasil e o Censo Agropecuário**. 2006. Disponível em: <www.mda.gov.br/portal/index>. Acesso em: nov. 2009.

- MONTEIRO, M. C. D. **Obtenção e avaliação de híbridos forrageiros de Sorghum bicolor (L) Moench x Sorghum sudanense** (Piper Stapf para o Semiárido de Pernambuco. 1999, 79f. Dissertação (Mestrado) – UFRPE, 1999.
- MORRISON, F. B. **Alimentos e alimentação de animais**. 2.ed. Rio de Janeiro: USAID, 1966.
- NASCIMENTO, M. M. A. do; TABOSA, J. N.; SIMPLÍCIO, J. B.; BRITO, A. R. de M. B.; REIS, O. V. dos; CARVALHO, H. W. L. de; SILVA, F. G. da. 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, 2006, CD-ROM.
- PAUL, C. L. Agronomia del sorgo. Comisión latinoamericana de investigadores en sorgo (CLAIS), ICRISAT.
- PATANCHERU, P. O. **Andhra Pradesh**, Índia, 1990.
- QUEIROZ, V.A.V.; VIZZOTO, M.; CARVALHO, C.W.P.; MARTINO, H.S.D. **O sorgo na alimentação humana**. Circular Técnica n. 33, 2009. Embapa Milho e Sorgo, 2009
- RELATÓRIO IPA - EMPRESA PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Programa de Sorgo Granífero de Pernambuco**. SARA/IPA, Recife-PE, 2008. s/d. n/p.
- SÁ, I. B.; RICÉ, G. R.; FOTIUS, G. A. As paisagens e o processo de degradação do semiárido nordestino. In: **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: MMA-UFPE, 2004. p.17-36.
- SANTOS, I. L. V. L.; SILVA, P. G.; LIMA JÚNIOR, S. F.; SOUZA, P. R. E.; TABOSA, J. N.; MAIA, M. D. Utilização de RAPD na caracterização molecular de acessos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. (Moench.) recomendados para Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n. 1, p. 60-66, 2010.
- SCHAFFERT, R. E., RIBAS, P. M. **Seminário temático sobre sorgo: pesquisa, desenvolvimento e agronegócio**. 16 a 17 de julho de 2001, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. 52 p., 2001. (Documento 14).

SILVA FILHO, J. G. da; FIGUEIREDO, R. C. de; BOMFIM, A. O. R.; SILVA, F. G. da; PRUDENTE, C. A.; SIMPLÍCIO, J. B.; TABOSA, J. N.; REIS, O. V. dos. Potencial máximo de produção de biomassa sob irrigação - cultivar de sorgo forrageiro IPA 467-4-2 (seleção 2000) no sertão sergipano. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26., Belo Horizonte, 2006. Embrapa Milho e Sorgo. **Anais...**, Belo Horizonte, 2006. CD - ROM.

SILVA, R. M. A. da. **Entre o combate à seca e a convivência com o Semiárido**: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. Tese (Doutorado). Brasília, 2006. UNB, 2006.

SIMPLÍCIO, J. B.; TABOSA, J. N.; LIMA, G. S. Avaliação potencial de sorgo forrageiro, na alimentação animal, no Estado de Pernambuco, **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.11, n. especial, p.89-99, 1999.

SIMPLÍCIO, J. B.; TABOSA, J. N.; LIMA, G. S. de; MONTEIRO, M. C. D. Avaliação potencial do sorgo granífero em Pernambuco na alimentação animal. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 2000, Uberlândia. **Anais...**, Associação Brasileira de Milho e Sorgo, Uberlândia, 2000.

SIMPLÍCIO, J. B.; TABOSA, J. N.; LIMA, G. S. Avaliação potencial do sorgo granífero na alimentação animal, no estado de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. ESP, n. 11, p. 89-99, 1999.

SILVA, F. B. R.; SANTOS, J. C. P.; SILVA, A. B.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B.; BURGOS, N.; PARAHYBA, R. B. V.; OLIVEIRA NETO, M. B.; SOUSA NETO, N. C.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LOPES, O. F.; LUZ, L. R. P. P.; LEITE, A. P.; SOUZA, L. G. M. C.; SILVA, C. P.; VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. **Zonamento agroecológico do estado de Pernambuco**. Recife, PE: Embrapa Solos – UEP Recife, 2001. 1 CD ROM. (Embrapa Solos. Documentos, 35).

TABOSA, J. N.; ANDREWS, J. D.; TAVARES FILHJO, J. J.; Cultivares de milheto forrageiro no agreste pernambucano – Comparativo de produção x qualidade com sorgo forrageiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23, 2000. Uberlândia. **Anais...**, Uberlândia, 2000, CD-ROM.

TABOSA, J. N.; BRITO, A. R. M. B.; CARVALHO, G. de S.; REIS, O. V. dos; TAVARES FILHO, J. J.; SANTOS, M. do C. S.; SANTOS, V. F.; SIMÕES, A. L.; NASCIMENTO, M. M. A.; AZEVEDO NETO, A. D. de. Yield stability of forage *Sorghum* in semiarid Pernambuco, Brazil.

International Sorghum and Millets Newsletter, Andhra Pradesh, n. 40, p.1-2, 1999.

TABOSA, J.N.; REIS, O. V. dos; BRITO, A. R. de M. B.; MONTEIRO, M. C. D.; SIMPLÍCIO, 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. **Rev. Bras. milho e sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 2, p. 47-58, 2002.

TABOSA, J. N.; SIMPLÍCIO, J. B.; NASCIMENTO, M. M. A. do; REIS, O. V. dos; SILVA, F. G. da; LIMA, J. M. P. de. Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes ambientes do semiárido nordestino. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008. Londrina. **Anais...**, Londrina, 2008, CD-ROM.

TABOSA, J. N.; TAVARES FILHO, J. J.; ARAÚJO, M. R. A. de; ENCARNÇÃO, C. R. F. da; BURITY, H. A. Water use efficiency in sorghum and corn cultivars under field conditions. **Sorghum Newsletter**, Tucson, Arizona, v. 30, p. 91-92, 1987.

TABOSA, J. N.; TAVARES, J. A.; REIS, O.V. dos; SIMPLÍCIO, J. B.; LIMA, J. M. P. de; CARVALHO, H. W. L. de; NASCIMENTO, M. M. A. do. Potencial do sorgo granífero em Pernambuco e no rio grande do Norte – Resultados obtidos com e sem irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27, Londrina, PR, 2008. **Anais...**, Londrina, 2008. CD ROM, resumo expandido.

TABOSA, J. N.; TAVARES, J. J.; REIS, O. V. dos; SIMPLÍCIO, J. B.; CARVALHO, H.W.L.de; NASCIMENTO, M. M. A. do; MERGULHÃO, A. C. do E.S. Variedades de sorgo para o Sertão do Araripe - produção de grãos e palhada. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26, 2006. Belo Horizonte. **Anais...**, Belo Horizonte, 2006. CD-ROM.

TABOSA, J. N.; ARAÚJO, M. R. A.; SANTOS, M. C. S.; LIRA, M. A.; SIMPLÍCIO, J. B.; FRANÇA, J. G. E.; LIMA, M. M. A. Obtenção e avaliação de novas cultivares de sorgo forrageiro para o semiárido de Pernambuco. In: XVII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 1992, Porto Alegre. **Anais...**, Porto Alegre: ABMS, 1992.

TABOSA, J. N.; BRITO, A. R. de M. B.; LIMA, G. S. de; AZEVEDO NETO, A. D. de; SIMPLÍCIO, J. B.; MACIEL, G. A.; LIRA, M. de A.; GALINDO, F A T. **Prospects for pearl millet in Brazil-Northeast**. In: Embrapa-CPAC. (Org.). INTERNATIONAL PEARL MILLET WORKSHOP. BRASÍLIA, 1999, v. 1, p. 163-179.

TABOSA, J. N.; BRITO, A. R. de M. B.; LIMA, G. S. de; AZEVEDO NETO, A. D. de; SIMPLÍCIO, J. B.; LIRA, M. de A.; MACIEL, G. A.; GALINDO, F A T. Perspectivas do milheto no Brasil, região Nordeste. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Brasília. **Anais...**, Embrapa, 1999. p. 169-185.

TABOSA, J. N.; BRITO, A. R. M. B.; LIRA, M. de A.; MACIEL, G. A.; MELO, P. C. S. de; SANTOS, V. F. dos; SIMPLÍCIO, J. B. AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS COMERCIAIS DE SORGO GRANÍFERO NO SEMI-ÁRIDO DE PERNAMBUCO. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 9, n. ESP, p. 53-60, 1996.

TABOSA, J. N.; LIRA, M. de A.; TAVARES FILHO, J. J.; BRITO, A. R. de M. B.; NASCIMENTO, M. M. A. Do; SILVA, F. G. da; OLIVEIRA, J. A. C. de; SIMPLÍCIO, J. B.; AZEVEDO NETO, A. D. de; DIAS, F. M.; LIMA, L. E. de; REIS, O. V. dos; FREITAS, E. V. de. Sorgo forrageiro CSF-11. In: RODRIGUES, E. G. (Org.). **Cultivares recomendadas pelo IPA**. Recife, 2002, v. 27, p. 51-52.

TABOSA, J. N.; REIS, O. V. dos; BRITO, A. R. de M. B.; MONTEIRO, M. C. D.; SIMPLÍCIO, 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 - MG, v. 1, n. 2, 2002.

TABOSA, J. N.; SIMPLÍCIO, J. B.; SANTOS, J. P. O.; LIMA, G. S. de. Sorghum genotypes for dual purpose productivity in the semi-arid environment of Pernambuco, Brazil. **International Sorghum and Millets Newsletter Ismn**, Georgia, USA, p. 97-98, 1995.

TABOSA, J. N.; SIMPLÍCIO, J. B.; SANTOS, J. P. O.; LIMA, G. S. de. Evaluation of sorghum genotypes for dual purpose productivity in the semiarid environments of Pernambuco, Brazil. **International Sorghum and Millets Newsletter**, v. 36, p. 97-98, 1995.

TABOSA, J. N.; FRANÇA, G. E.; SANTOS, J. P. O.; MACIEL, G. A.; LIRA, M. A.; ARAÚJO, M. R. A.; GUERRA, N. B. Teste em linhas de sorgo no semi-árido de pernambuco para consumo humano. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 28, n. 12, p. 1.385-1.359, dez. 1993.

TABOSA, J. N.; ANDREWS, J. D.; TAVARES FILHJO, J. J.; Cultivares de milheto forrageiro no agreste pernambucano – Comparativo de produção x qualidade com sorgo forrageiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23, 2000. Uberlândia. **Anais...**, Uberlândia, 2000, CD-ROM.

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, 2013. p. 133–162.

UNICEF – FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA INFÂNCIA. **O semiárido brasileiro e a segurança alimentar e nutricional de crianças e adolescentes**. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/pt/caderno_completo.pdf>. Acesso em: 30 out. 2011.

ZAGO, C. P. **Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. In: **Manejo cultural do sorgo para forragem**. Embrapa-CNPMS. Circular técnica, 17. Sete Lagoas, MG: 1992. p. 9-26.