

A ação pública de adaptação da agricultura à mudança climática no Nordeste semiárido brasileiro

organizadores

ERIC SABOURIN | LUCIA MARIZY RIBEIRO OLIVEIRA

FRÉDÉRIC GOULET | EDUARDO SÁVIO MARTINS



Este livro examina vários instrumentos de política pública e iniciativas de ação pública em matéria de adaptação da agricultura diante do aumento da variabilidade climática, e em particular da seca no Nordeste semiárido brasileiro.

São apresentadas treze contribuições. Dez instrumentos ou dispositivos de ação pública de adaptação da agricultura às secas são considerados, alguns deles são tratados dentro de vários capítulos. Essas ações e políticas públicas, desenvolvidas a partir dos níveis estaduais ou federal, são as seguintes: Adapta Araripe, Crédito PRONAF e Agroamigo para agricultura familiar, Garantia Safra, Cisternas 2a Água do MDS, Programas de Sementes Locais no Ceará, Política Nacional de Bioinsumos, Política de ATER Agroecológica, Extensão Universitária em Pernambuco, Política Estadual de Agroecologia e Produção Orgânica (PEAPO) no estado de Sergipe.

Propõe-se uma caracterização dessas políticas e dos arranjos em matéria de governança da ação coletiva e dos instrumentos públicos de adaptação.



RED POLÍTICAS PÚBLICAS
Y DESARROLLO RURAL EN
AMÉRICA LATINA

A ação pública de adaptação da agricultura à mudança climática no Nordeste semiárido brasileiro

organizadores

ERIC SABOURIN | LUCIA MARIZY RIBEIRO OLIVEIRA
FRÉDÉRIC GOULET | EDUARDO SÁVIO MARTINS



RED POLÍTICAS PÚBLICAS
Y DESARROLLO RURAL EN
AMÉRICA LATINA

Rio de Janeiro, 2021

 e-papers

© Eric Sabourin, Lucia Marizy Ribeiro Oliveira, Frédéric Goulet e Eduardo Sávio Martins/E-papers Serviços Editoriais Ltda., 2021.

Todos os direitos reservados a Eric Sabourin, Lucia Marizy Ribeiro Oliveira, Frédéric Goulet e Eduardo Sávio Martins/E-papers Serviços Editoriais Ltda.

ISBN 978-65-87065-25-0

Rede Franco-Brasileira pelo Desenvolvimento Sustentável no Semiárido do Nordeste (ReFBN)

Rede Políticas Públicas e Desenvolvimento Rural na América Latina (PP-AL)

Ministério Francês de Relações Exteriores – Instituto Francês no Brasil

Revisão

Nancy Soares

Diagramação

Michelly Batista

Imagem de capa

Brasil2/IStockPhoto

Uma publicação da Editora E-papers

<http://www.e-papers.com.br>

E-papers Serviços Editoriais Ltda.

Av. das Américas, 3200, bl. 1, sala 138

Barra da Tijuca – Rio de Janeiro

CEP 22640-102

Rio de Janeiro, Brasil

CIP-Brasil. Catalogação na fonte
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ

A153

A ação pública de adaptação da agricultura à mudança climática no nordeste semiárido brasileiro / organização Eric Sabourin ... [et al.]. - 1. ed. - Rio de Janeiro : E-papers, 2021.

282 p. : il. ; 23 cm.

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-87065-25-0

1. Agricultura de regiões áridas - Brasil, Nordeste. 2. Mudanças climáticas - Aspectos ambientais. 3. Climatologia agrícola - Brasil. 4. Agricultura e Estado - Brasil. 5. Desenvolvimento rural - Brasil. I. Sabourin, Eric.

21-73200

CDD: 338.18813

CDU: 338.43.02(812/813)

Camila Donis Hartmann - Bibliotecária - CRB-7/6472

CAPÍTULO 4

Agricultura sustentável como medida de adaptação para o Polo Gesseiro do Araripe

Francislene Angelotti, Anderson Ramos de Oliveira, Vanderlise Giongo, Juliane Rafacele Alves Barros, Miguel Júlio Machado Guimarães

Introdução

O Polo Gesseiro do Araripe, localizado no Semiárido brasileiro, é responsável pela produção de 97% do gesso consumido no Brasil, considerado o de melhor qualidade no mundo devido ao alto teor de pureza da gipsita (BARBOSA et al., 2014). Todavia, a matriz energética das fábricas envolvidas no processo de produção do gesso da região do Araripe é caracterizada pelo uso da lenha proveniente da Caa-tinga, que, na maioria das vezes, é resultante de desmatamento ilegal. Além disso, os sistemas de monocultivos, comumente praticados pela agricultura tradicional da região, caracterizam-se pelo extrativismo predatório dos recursos naturais de solo e de vegetação e pela consequente supersimplificação da rede alimentar, perdendo a resiliência ou plasticidade ambiental do ecossistema.

O agricultor familiar do Polo Gesseiro, cujo módulo agrário é reduzido, necessita produzir alimentos em sua propriedade (agrícola ou pecuário) para garantir sua segurança alimentar. A falta de tecnologias compatíveis com a conservação do ambiente e as condições adversas de clima contribuem para a intensificação do uso da terra a patamares além de sua capacidade de recuperação, comprometendo a sustentabilidade socioeconômica do Araripe. Desta maneira, entende-se que, aliada à fragilidade da matriz energética, a produção de alimentos por meio de cultivos tradicionais pode ter impactos negativos diante dos cenários de mudanças climáticas. Modelos de cultivos consorciados e resilientes às mudanças climáticas poderão garantir a segurança alimentar e energética para o Polo Gesseiro do Araripe. Assim, a proposição de sistemas de cultivo com abordagem múltipla e integrada pode reduzir a vulnerabilidade dos sistemas rurais e contribuir para o desenvolvimento social, econômico e ambiental do Polo Gesseiro.

Polo Gesseiro do Araripe

A base da agricultura do Semiárido é de cunho familiar, com pequenos estabelecimentos. Nesta região se encontra o Arranjo Produtivo Local do Gesso, denominado como Polo Gesseiro do Araripe (BRASIL, 2018a, AD DIPER, 2020), composto pelos municípios de Araripina, Bodocó, Cedro, Dormentes, Exu, Granito, Ipubi, Moreilândia, Ouricuri, Parnamirim, Santa Cruz, Santa Filomena, Serrita, Terra Nova e Trindade (Figura 1).

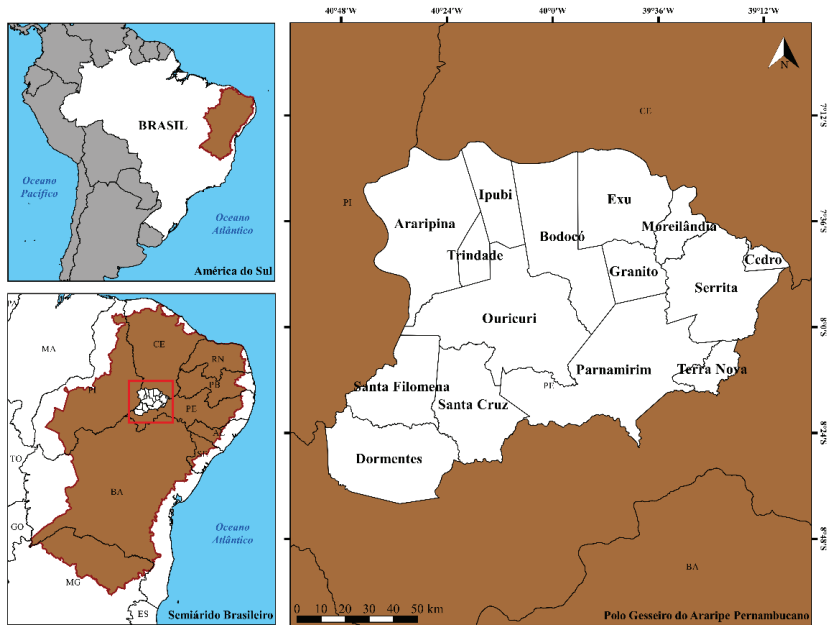


Figura 1. Municípios que compõem a Região do Araripe no Semiárido brasileiro.

De acordo com Barbosa et al. (2014), o gesso produzido no Polo Gesseiro do Araripe apresenta elevado teor de pureza da gipsita (80% a 95%), destacando-se mundialmente em função de sua qualidade. A importância deste Polo Gesseiro para a região e para todo o País, além da relevância na produção, é demonstrada pelo número de empregos diretos e indiretos e pela movimentação da cadeia produtiva. No Polo Gesseiro do Araripe são gerados cerca de 40 mil empregos, resultantes de 150 indústrias de calcinação, 35 mineradoras e cerca de 400 empresas fabricantes de produtos pré-moldados de gesso (BRASIL, 2018a; SITÔNIO, 2019; AD DIPER, 2020). A extração e o processamento da gipsita são as atividades econômicas mais relevantes do Sertão do Araripe, movimentando mais de

R\$ 70 milhões ano⁻¹ (AD DIPER, 2020), e toda a cadeia produtiva movimentada, aproximadamente, R\$ 1,4 bilhão ano⁻¹ (SINDUSGESSO, 2014). No ano de 2017, o Polo Gesseiro produziu 1,68 milhão de toneladas brutas de gipsita, tendo sido beneficiadas 741 mil toneladas (BRASIL, 2018b).

A matriz energética das fábricas envolvidas no processo de produção do gesso da região do Araripe é a lenha da mata nativa (Caatinga), cuja obtenção é realizada, em grande parte, sem a devida observação da legislação vigente. Em Webinar realizado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) de Pernambuco, em agosto de 2020, a presidente do Sindicato da Indústria do Gesso do Estado de Pernambuco (Sindusgesso) reforçou a necessidade da determinação de uma matriz energética mais apropriada para uso nos fornos de calcinação e a implementação de projetos ambientais para a sustentabilidade da região (SEBRAE-PE, 2020). De acordo com o Sindusgesso (2014), as indústrias apresentam demanda energética de 54.390 m³ de lenha por mês.

Alternativas para suprir essa demanda já foram apresentadas, entre elas o planejamento florestal sustentável da Caatinga. Contudo, considerando que a produção média das áreas exploradas sob manejo é de 46,5 m³ ha⁻¹, após 15 anos de rotação, estima-se que para atender à demanda de lenha combustível do parque industrial do Araripe são necessários 14.036 ha ano⁻¹ explorados com planos de manejo sustentado da vegetação. Isso implica em uma área total de 219.541,94 ha de vegetação nativa em regime de manejo (SINDUSGESSO, 2014). Assim, a pressão sobre a mata nativa é muito elevada, o que tem levado ao processo de desmatamento e desertificação de áreas, uma vez que as condições edáficas e climáticas não favorecem uma rápida regeneração da vegetação (CAMPELLO, 2013) e não tem capacidade de suprir a demanda das empresas gesseiras (GRANJA et al., 2017).

Por outro lado, quando se analisa a segurança alimentar dos agricultores do Polo Gesseiro, verifica-se que os principais cultivos praticados na região são o feijão (*Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* L.), a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e o milho (*Zea mays* L.). Essas três culturas representam mais de 90% de toda a produção agrícola da região do Polo Gesseiro do Araripe (IBGE, 2021), sendo o município de Exu o maior produtor de feijão e milho, e o de Araripina responsável pela maior produção de mandioca (Tabela 1).

Tabela 1. Principais cultivos agrícolas dos municípios da Região do Araripe.

Município	Feijão				Mandioca				Milho			
	Área plantada (ha)	Produção (ton)	Prod. média (kg/ha)	R\$ (Mil reais)	Área plantada (ha)	Produção (ton)	Prod. média (kg/ha)	R\$ (Mil reais)	Área plantada (ha)	Produção (ton)	Prod. média (kg/ha)	R\$ (Mil reais)
Araripina (PE)	6.000	756	180	1.512	11.000	98.000	8.909	15.680	10.000	630	180	523
Bodocó (PE)	2.500	500	250	1.500	3.100	24.800	11.810	3.546	5.000	660	300	330
Cedro (PE)	400	130	1.111	325	-	-	-	-	1.150	438	1.485	913
Dormentes (PE)	3.000	96	160	255	-	-	-	-	4.500	36	80	24
Exu (PE)	6.000	2.400	400	4.800	3.600	41.600	11.556	6.656	7.500	4.440	600	3.129
Granito (PE)	200	28	280	84	-	-	-	-	600	75	300	53
Ipubi (PE)	5.000	480	200	1.440	3.700	21.500	7.167	6.450	6.500	1.120	400	963
Ouricuri (PE)	8.000	288	180	893	250	1.625	6.500	231	12.000	360	180	310
Parnamirim (PE)	1.200	29	242	78	-	-	-	-	1.200	18	300	15
Santa Cruz (PE)	3.000	252	180	504	-	-	-	-	4.000	96	120	55
Santa Filomena (PE)	3.500	72	60	180	3.000	6.250	2.500	944	5.000	120	60	76
Serrita (PE)	1.200	29	121	81	-	-	-	-	1.600	13	102	10
Moreilândia (PE)	640	12	98	30	100	860	8.600	172	800	130	542	111
Terra Nova (PE)	300	4	133	11	-	-	-	-	300	5	333	4
Trindade (PE)	1.600	60	125	177	100	250	5.000	41	1.200	48	400	41
Total	42.540	5.136	3.720	11.870	24.850	194.885	62.042	33.720	61.350	8.189	5.382	6.557

Fonte: IBGE, 2021.

Impactos das alterações climáticas no Polo Gesseiro do Araripe

As projeções globais indicam que a demanda por água doce, energia e alimentos aumentará significativamente nas próximas décadas sob a pressão do crescimento populacional, desenvolvimento econômico e, alterações climáticas, entre outros fatores. Por isso, tecnologias que promovam o desenvolvimento sustentável e a segurança alimentar, por meio do uso de energia limpa e eficiência hídrica, garantindo a produção de alimentos básicos, são imperativas para o Polo Gesseiro do Araripe. Segundo o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), os cenários climáticos para a região semiárida apontam para um aumento na temperatura média de até 4,5 °C e diminuição na distribuição da precipitação pluviométrica em até 50%, considerando as últimas décadas deste século, o que provocará aumento na ocorrência de eventos extremos, como secas e estiagens prolongadas (AMBRIZZI; ARAÚJO, 2013). Cenários regionalizados confirmam as tendências de aumento da temperatura do ar para o município de Araripina (LACERDA et al., 2016).

Como apresentado anteriormente, o feijão, a mandioca e o milho, são as principais culturas agrícolas cultivadas na região do Polo Gesseiro do Araripe, as quais possuem grande importância para a segurança alimentar e econômica da região (Tabela 1). Esses cultivos têm importância socioeconômica, principalmente para pequenos produtores, sendo utilizadas tanto na alimentação humana, como também na alimentação animal. Além disso, representam fontes importantes de matéria-prima para produtos agroindustrializados (ARAÚJO; ARRUDA JUNIOR, 2013; EMBRAPA, 2011; SILVA et al., 2016).

Devido à relação direta do clima com a produção agrícola, impactos no cultivo do feijão, mandioca e milho poderão ser diagnosticados diante dos cenários climáticos. O aumento da temperatura pode prolongar o ciclo de cultivo de algumas cultivares de feijão-caupi, além de promover o aumento significativo na porcentagem de flores abortadas, reduzindo a produção final da cultura (ANGELOTTI et al., 2020; BARROS et al., 2021a). Além da temperatura, alterações no padrão de precipitação também podem afetar negativamente a produção desse grão (BARROS et al., 2021b).

Para a cultura do milho, temperaturas noturnas acima de 24 °C aumentam a taxa respiratória, reduzindo os fotoassimilados o que promove a queda na produção (SANS et al., 2001). Em relação ao déficit hídrico, assim como o feijão-caupi, o milho também é sensível ao estresse durante a fase reprodutiva da cultura, impedindo-o de atingir o seu potencial de crescimento e produção (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

A mandioca, por sua vez, é uma espécie adaptada a regiões de clima tropical, podendo ser cultivada em locais com faixa de temperatura entre 18 °C e 35 °C (JARVIS et al., 2012; NWAIWU et al., 2014). Entretanto, a faixa entre 25 °C e 27 °C é considerada ótima para a atividade vegetativa das plantas (JARVIS et al., 2012; NWAIWU et al., 2014). Para esse cultivo, o déficit hídrico prolongado leva a planta de mandioca a um período de dormência ou de repouso (ALVES, 2006), e temperaturas superiores a 37 °C paralisam a brotação das gemas na maniva (GABRIEL et al., 2014), resultando na redução da produção.

Assim, depreende-se que o problema real enfrentado pelos produtores/agricultores da região do Polo Gesseiro do Araripe é a atual fragilidade energética (matriz energética) e alimentar (cultivos tradicionais), que pode ser agravada por cenários de mudanças climáticas.

Medidas de adaptação para agricultura sustentável no Polo Gesseiro do Araripe

O agricultor familiar do Polo Gesseiro tem necessidade de produzir alimentos em sua propriedade rural, quer sejam cultivos alimentares ou a criação de animais, notadamente ovinocaprinos para garantir sua segurança alimentar. Além disso, ele utiliza-se da lenha proveniente da Caatinga tanto para atender à indústria gesseira quanto como fonte de energia primária para a queima em suas atividades cotidianas (JALIL et al., 2017; BARROS JÚNIOR et al., 2018; GIODA, 2019). Diante dessa problemática, os modelos de cultivos consorciados surgem como uma alternativa para garantir a segurança energética e alimentar da região. Nesse contexto, os sistemas de cultivo devem incluir a eficiência econômica, de recursos e meios de subsistência aprimorados para o desenvolvimento da região do Araripe.

Para a indicação de cultivos consorciados, destacamos algumas etapas iniciais importantes, como o *screening* de cultivares tolerantes ao aumento da temperatura e ao déficit hídrico. O uso de materiais tolerantes possibilita o aumento da capacidade adaptativa e a resiliência dos cultivos, garantindo o desenvolvimento sustentável e a segurança alimentar. A partir do diagnóstico das cultivares tolerantes, vislumbra-se que os cultivos propostos devam ter como base o uso de consórcios de culturas alimentares (alimentação humana e animal) e energéticas. Para atender ao aspecto energético, a alternativa seria investir esforços no uso de cultivos que apresentem resiliência, alta produtividade e que possam ser aproveitados pela indústria gesseira, como é o caso do cultivo do sorgo biomassa (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Com isso, espera-se oferecer, para a região, opções que garantam a segurança alimentar, energética e, também, hídrica (Figura 2), posto

que tais culturas devem ser selecionadas tomando-se por base suas características adaptativas à região semiárida. Para garantir a segurança hídrica, além de genótipos com tolerância ao déficit hídrico, alternativas de manejo que promovam o uso eficiente da água e a captação e armazenamento da água da chuva precisam ser implantadas (RIBEIRO; OLIVEIRA, 2019). Outras tecnologias, como o uso de bactérias fixadoras de nitrogênio, cobertura morta e sistemas agroflorestais, podem integrar os sistemas de cultivo (Figura 2).

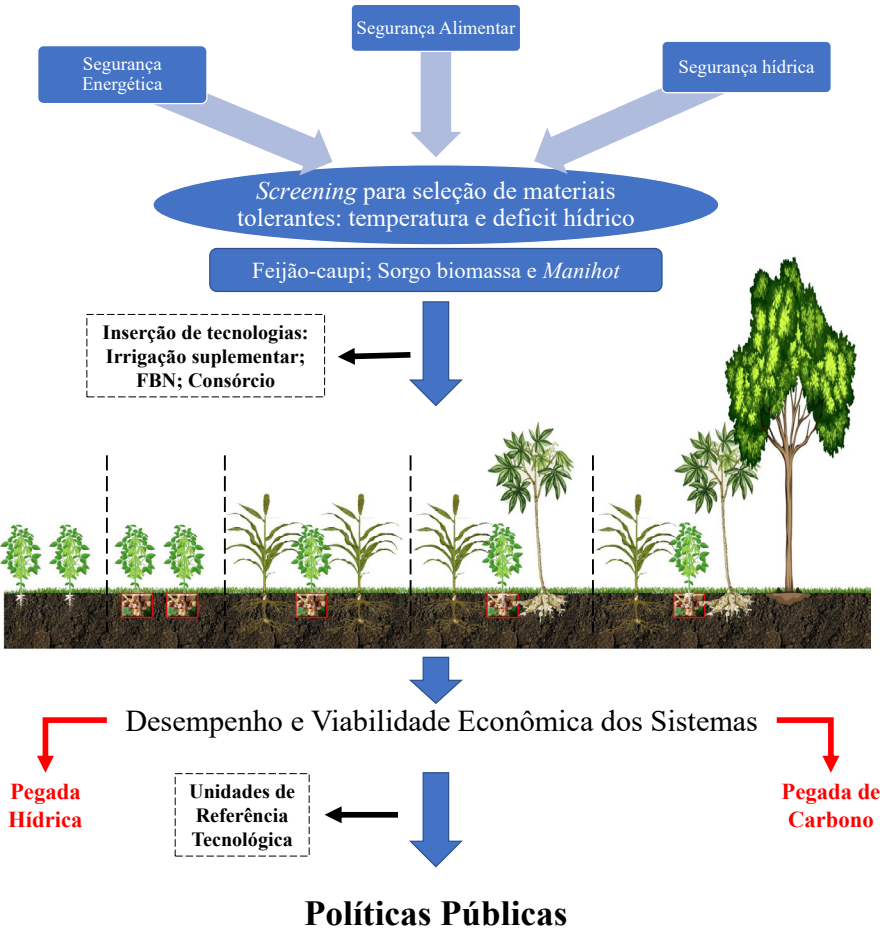


Figura 2. Estratégias para o desenvolvimento sustentável da agricultura no Polo Gesseiro do Araripe, Brasil.

A implantação de monocultivos se caracteriza pela supersimplificação do sistema de cultivo, comprometendo a renovação natural e a manutenção da fertilidade do solo. A partir disso, buscam-se meios externos para a reposição de

nutrientes às culturas, por via de fertilizantes artificiais oriundos, quase sempre, de fontes não renováveis. Isso acarreta a redução da resiliência ou plasticidade do sistema, que consiste na capacidade dos organismos de lidar com as adversidades climáticas, adaptar-se às mudanças ou resistir à pressão de situações adversas, diminuindo sua estabilidade ante as variações dos fatores do meio. Isso, por sua vez, aumenta a vulnerabilidade devido aos desequilíbrios ecológicos e à necessidade de intervenção externa para níveis adequados de produção. Todos esses fatores comprometem a sustentabilidade do sistema produtivo.

Para alcançar a sustentabilidade, a proposição de agroecossistemas fundamenta-se no uso limitado de energia e de recursos externos, buscando restabelecer as cadeias alimentares, mantendo, tanto quanto possível, fechados os ciclos biogeoquímicos. Daí, o interesse em sistemas integrados por meio de consórcios de cultivos. Na adoção de cultivos em consórcio, busca-se minimizar a fragilidade dos sistemas de produção tradicionais e o efeito da retirada total de árvores nas áreas de cultivo da região, aumentando a resiliência. Ressalta-se o uso dos sistemas agroflorestais, onde a biomassa proveniente da poda periódica das árvores ou arbustos pode ser incorporada ao solo; com isso, ocorre transferência de nutrientes das árvores para as culturas anuais (NAIR, 1993) e diminuição de competição por luz, água e nutrientes dentro do sistema (MARTINS et al., 2013). Um ponto de destaque nos agroecossistemas são as interações do solo, do animal e das espécies vegetais em todos os sentidos e em diferentes magnitudes, o que representa potencial para a obtenção de benefícios econômicos e ambientais para os produtores e para a sociedade. São sistemas multifuncionais em que existe a possibilidade de intensificar a produção pelo manejo integrado dos recursos naturais, evitando sua degradação e promovendo a recuperação de sua capacidade produtiva (SILVA, 2004), além de constituírem uma medida de mitigação e adaptação aos impactos das mudanças climáticas, atribuindo maior resiliência, segurança alimentar, energética e hídrica. Assim, o desenvolvimento de agroecossistemas multifuncionais é uma opção altamente viável para a região do Araripe.

Dentro desses sistemas, a seleção de cultivos alimentares tradicionais da região semiárida, como o feijão-caupi e a mandioca, tem fundamental importância devido ao valor socioeconômico para o Nordeste, e, principalmente, por constituírem um componente alimentar básico das populações e serem fontes proteicas e de carboidratos, sendo ricos também em minerais e fibras (FUKUDA, 2001; FREIRE et al., 2011). Além disso, o feijão-caupi e a mandioca podem ser utilizados como forragem, feno, ensilagem, farinha para alimentação animal e, ainda, como adubação verde e proteção do solo. Segundo Freire Filho et al. (2011), o feijão-caupi apresenta ciclo curto, baixa exigência hídrica e rusticidade. Outra característica importante dessa cultura é ser uma planta fixadora

de nitrogênio por meio da simbiose com bactérias, que lhe compete a vantagem de se desenvolver em solos de baixa fertilidade. Em ambientes tropicais, como o Semiárido, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é muito importante, pois os solos possuem baixa fertilidade e o nitrogênio é pouco disponível devido às perdas deste nutriente no sistema solo-planta (MARINHO et al., 2014). Por sua vez, a mandioca é extensivamente utilizada na alimentação humana por desempenhar importante papel social como fonte de carboidratos, por sua ampla adaptação às diferentes condições ecológicas e por seu potencial produtivo. Como alternativa, pode-se optar pelo consórcio com a maniçoba (*Manihot pseudoglaziovii* Pax & K. Hoffm). A maniçoba é espécie nativa da Caatinga, ecologicamente adaptada ao Semiárido e que apresenta características de tolerância à seca.

O cultivo de espécies nativas da Caatinga é uma importante alternativa para aumentar a oferta de forragem, valorizando a biodiversidade regional. Essas plantas se destacam como forrageiras devido ao alto grau de palatabilidade. Além dessas características, a maniçoba possui um bom teor de proteína e também boa digestibilidade (SANTANA et al., 2008), atendendo às necessidades alimentares dos rebanhos. Inserido como opção para o consórcio, o sorgo biomassa surge como uma alternativa viável para a ampliação de fontes energéticas para agricultores da região do Araripe, pois produz biomassa de alta qualidade. Além disso, o sorgo apresenta um processo fotossintético muito eficaz, semelhante ou mesmo superior ao da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e do capim-elefante (*Penisetum purpureum* Schum.). A capacidade de adaptação a climas tropicais e temperados, sua elevada eficiência na utilização da água, sua tolerância à estiagem e sua capacidade potencial de produzir grandes quantidades de biomassa lignocelulósica são alguns dos numerosos pontos fortes dessa espécie (PARRELLA, 2013).

O sorgo biomassa é uma tecnologia mais promissora do que os capins e mesmo o eucalipto, uma vez que a espécie pode atingir produtividades de 150 t ha⁻¹ de massa fresca (50 t ha⁻¹ de matéria seca) em um ciclo de apenas cinco meses. Adicionalmente, o sorgo biomassa pode ser propagado por sementes, gerando um custo operacional menor. Outro ponto positivo do sorgo biomassa está voltado para as características químicas da matéria-prima, desejáveis nos processos de combustão no que se refere ao poder calorífico, teores de carbono fixo e volátil, teor de cinzas e teores de metais alcalinos. Como nos últimos anos o desmatamento na região do Araripe tem se intensificado, uma alternativa energética como esta tem impacto positivo para a sustentabilidade da região, gerando renda ao agricultor familiar e evitando o desmatamento. É importante ressaltar que o sorgo biomassa entra como mais um componente energético, com o intuito principal de reduzir a utilização de lenha proveniente da Caatinga, pois a matéria seca do sorgo apresenta baixa densidade em relação à lenha, o que poderá ser resolvido

com a utilização de produtos densificados como briquetes e *pellets* (SIMEONE et al., 2018).

As pesquisas com sorgo biomassa se iniciaram nos estados de Minas Gerais e São Paulo, devido à localização da Embrapa Milho e Sorgo, contudo, atualmente a pesquisa e a utilização desta gramínea como fonte de energia primária tem ganhado expressão e adesão de produtores no Mato Grosso e em outros estados das Região Centro-Oeste e Sudeste. A possibilidade de sua adoção na região semiárida, notadamente na região do Araripe, é de grande relevância ao se considerar as questões de conservação do Bioma Caatinga.

Outra alternativa seria a fixação biológica de nitrogênio (FBN), em que a bactéria fixa o nitrogênio atmosférico em compostos orgânicos que são utilizados pelas plantas, diminuindo a necessidade de uso de adubos nitrogenados e melhorando a absorção de água e nutrientes. Assim, o uso dessa técnica permite maior produção das plantas e aumento na capacidade de suportar estresses ambientais, podendo ser uma ferramenta a mais na integração de tecnologias para a agricultura familiar, incrementando o potencial produtivo da atividade agrícola. Alguns trabalhos já publicados indicam o potencial uso desta associação para leguminosas (SUAREZ et al., 2008; NEUMANN; GEORGE, 2009). Para o feijão-caupi, quatro estirpes de *Bradyrhizobium* sp. são atualmente autorizadas para a produção de inoculantes no Brasil (BRASIL, 2011), sendo a mais difundida delas a estirpe BR 3267, originária de solos de Petrolina (MARTINS et al., 2003), demonstrando o potencial da região como fonte de micro-organismos eficientes. Ademais, os genótipos vegetais cultivados na região semiárida apresentam responsividade variável à inoculação das bactérias utilizadas nos inoculantes comerciais (MARI-NHO et al., 2014), o que reforça a necessidade da constante prospecção de novos isolados de rizóbio. Assim, a seleção de novos isolados de rizóbio para o feijão-caupi cultivado sob condições de estresses ambientais, pode ser uma iniciativa importante para a obtenção de novas bactérias para esta cultura, visto que estudos para selecionar novas bactérias no Semiárido brasileiro ainda são escassos e dados de seleção de bactéria a partir de condições combinadas de elevada temperatura, deficit hídrico são inexistentes.

Neste capítulo, as informações sistematizadas sobre os principais impactos das mudanças climáticas na região do Araripe estão apresentadas na Tabela 2. Nota-se que, a partir deste diagnóstico, medidas de adaptação podem ser adotadas a fim de reduzir os efeitos negativos previstos nos cenários futuros (Tabela 2).

Escolhas públicas assertivas devem ser buscadas para promover com eficácia o desenvolvimento sustentável. Assim, a proposição de políticas públicas que apoiem a adoção de medidas de adaptação deve ser desenvolvida de acordo com a realidade do local, permitindo a exploração de oportunidades econômicas

e sociais (ROMERO; ZUGMAN, 2010). A implementação de medidas viáveis, tanto economicamente quanto em termos de manejo, é de suma importância, uma vez que, para seu uso efetivo, os produtores precisam estar dispostos a adotá-las (MAGALHÃES, 2017).

Tabela 2. Opções de Medidas de Adaptação diante dos impactos causados pelas mudanças no clima.

	Impactos	Medidas de adaptação	Referências
Aumento da temperatura do ar	Prolongamento no ciclo das culturas; Aumento no abortamento de flores; Paralisa a brotação de gemas; desvio de fotoassimilados, comprometendo seriamente o rendimento dos grãos; Aumenta a severidade do deficit hídrico; Perda da biodiversidade, redução na produção agrícola.	Seleção de cultivares tolerantes; Alteração da época de plantio; Sistema de plantio direto na palha; Uso de coquetel vegetal; Policultivos; Conservação e o uso de recursos genéticos de espécies cultivadas e nativas; Integração de cultivos; Políticas públicas.	ANGELOTTI; GIONGO (2019); BARROS et al., 2021a PAUL et al., 2017 MAGALHÃES, 2017 SANS et al., 2001
Alterações no padrão de precipitação	Redução da abertura estomática, queda da fotossíntese; Aumento da temperatura foliar, afetando assim a respiração; Queda da produção; Redução do crescimento e da matéria seca.	Tecnologias de captação de água da chuva (cisternas, barragens subterrâneas); Fixação biológica de nitrogênio; Rizobactérias promotoras de crescimento em plantas Políticas públicas.	CESANO et al., 2012 BRITO et al., 2012 MARINHO et al., 2014
Matriz Energética	Desmatamento; Desertificação; Perda da biodiversidade.	Fontes energéticas alternativas para queima; Florestas energéticas; Políticas públicas.	PARRELA, 2013 OLIVEIRA et al., 2018

As medidas de adaptação aqui propostas são fruto da constatação de que os sistemas produtivos para os agricultores familiares devem ser bem mais estruturados e complexos, buscando-se a integração de tecnologias, a fim de atender às demandas alimentares, hídricas e energéticas, onde não só a sobrevivência dos agricultores seja considerada, mas também a qualidade de vida. Todavia, todas as ações devem ser pautadas na sustentabilidade dos sistemas e na conservação e preservação do Bioma Caatinga. Ações desse tipo são pautadas por meio da multidisciplinaridade buscando visualizar a transversalidade necessária em sistemas complexos, a fim de que o todo seja considerado no momento de propor ao produtor uma intervenção ou um modelo de sistema produtivo. Assim, vislumbra-se

uma grande oportunidade e, ao mesmo tempo, um desafio, sendo fundamental para consolidar a estruturação de unidades de produção e promover o desenvolvimento sustentável para a agricultura familiar para o Polo Gesseiro do Araripe.

Considerações finais

O papel socioeconômico do gesso nas comunidades que vivem na região Semiárida do Araripe será mantido nas próximas décadas. Os esforços devem ser intensificados para melhorar o desempenho energético da cadeia produtiva do gesso e desenvolver opções simples e econômicas para promover a sustentabilidade de uma agricultura de base diversa. A desertificação, a seca e o aquecimento global justificam a necessidade de uma reflexão séria sobre o estabelecimento de novas estratégias tanto para a produção do gesso como para a agricultura, visando à melhoria da produção de alimentos e geração de renda sem efeitos prejudiciais ao ambiente. Portanto, os objetivos de desenvolvimento da região devem se mover para a conservação e manejo sustentável de recursos naturais, enquanto concentra-se esforços para otimizar de forma sustentável a produção de gesso e produtos agrícolas, incluindo a pecuária. No entanto, também devem ser traçadas estratégias para a ampla transferência e adoção dessas opções para as comunidades locais, associações de agricultores, ONGs etc. Instrumentalizar os formuladores de políticas com dados técnicos e cenários prospectivos também é estratégia para impulsionar o desenvolvimento sustentável da região.

A projeção de agroecossistemas multifuncionais deve ser o foco da proposição de sistemas resilientes incorporando tecnologias que vêm sendo desenvolvidas ao longo dos anos, com destaque para a seleção de espécies de plantas tolerantes ao estresse salino, hídrico e térmico, uso de inoculantes rizobiais para benefício econômico e ambiental das leguminosas e das culturas cultivadas em consórcio, adoção de sistemas de plantio direto, plantio de espécies arbóreas nativas e tecnologias para coleta, armazenamento e utilização da chuva com alta eficiência e produtividade.

Os modelos dos agroecossistemas funcionais, sustentáveis, intensivos utilizam níveis de complexidade crescentes das inter e intrarrelações de seus múltiplos componentes como estratégias para aumentar a resiliência e a segurança hídrica, alimentar e energética. Assim, os resultados da implantação de sistemas de cultivo que integrem culturas alimentares e energéticas, utilizando materiais eficientes no uso da água, podem ser a base para a formulação de políticas públicas que contribuam para a difusão e incorporação dessas estratégias em outras regiões, comunidades e organizações governamentais. A proposição desses sistemas de cultivo apoiará as políticas de segurança energética e nutricional para o enfrentamento das mudanças climáticas, fortalecendo a agricultura sustentável.

Referências

- AD DIPER. **Agência de Desenvolvimento Econômico de Pernambuco**. Relatório de atividades 1o trimestre de 2020. Recife: AD DIPER, 2020.
- ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p.138-169.
- AMBRIZZI, T.; ARAÚJO, M. **Sumário executivo: base científica das mudanças climáticas**. Rio de Janeiro: Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2013. p. 23.
- ANGELOTTI, F.; BARROS, J. R.; BARBOSA, L. G.; SANTOS, C. A. F. Cowpea development under different temperatures and carbon dioxide concentrations. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, n. 1, p. 1-7, 2020.
- ANGELOTTI, F.; GIONGO, V. Ações de mitigação e adaptação frente às mudanças climáticas. In: MELO, R. F.; VOLTOLINI, T. V. (Orgs.). **Agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido**, 2019. p. 445-467.
- ARAÚJO, R. M.; ARRUDA JUNIOR, S. Cultura da mandioca: estudo de caso no agreste potiguar à luz dos relacionamentos Inter atores. **Holos**, v. 6, n. 1, p. 52-72, 2013.
- BARBOSA, A. A.; FERRAZ, A. V.; SANTOS, G. A. Caracterização química, mecânica e morfológica do gesso obtido do pólo do Araripe. **Cerâmica**, v. 60, n. 356, p. 501-508, 2014.
- BARROS JÚNIOR, A. P.; SOUZA, W. M.; ARAÚJO, M. S. B. Vulnerabilidades, trabalhadores e casas de farinha: cenário de riscos no agreste de Pernambuco. **Gaia Scientia**, v. 12, n. 3, p. 94-108, 2018.
- BARROS, J. R. A.; GUIMARÃES, M. J. M.; SILVA, R. M.; RÊGO, M. T. C.; MELO, N. F.; CHAVES, A. R. M.; ANGELOTTI, F. Selection of cowpea cultivars for high temperature tolerance: physiological, biochemical and yield aspects. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 27, n. 1, p. 1-10, 2021a.
- BARROS, J. R. A.; GUIMARÃES, M. J. M.; SIMÓES, W. L.; MELO, N. F.; ANGELOTTI, F. Water restriction in different phenological stages and increased temperature affect cowpea production. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, n. 1, p. 1-12, 2021b.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RSAscar, 2014. p. 85.
- BRASIL. **Ministério de Minas e Energia. Anuário estatístico do setor de transformação de não metálicos: 2018**. Brasília: Ministério de Minas e Energia – Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Departamento de Transformação e Tecnologia Mineral, 2018a. p. 86.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário mineral estadual – Pernambuco: 2018**. Brasília: DNPM, 2018b. p. 18.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa no 13, de 24 de março de 2011**. Aprovar as normas sobre especificações, garantias, registro, embalagem e rotulagem dos inoculantes destinados à agricultura, bem como as relações dos micro-organismos autorizados e recomendados para produção de inoculantes no Brasil, na forma dos Anexos I, II e III, desta Instrução, 2011. p. 3-7.
- BRITO, L. T. L.; CAVALCANTI, N. B.; SILVA, A. S.; PEREIRA, L. A. Produtividade de água de chuva em culturas de subsistência no semiárido pernambucano. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 1, p. 102-109, 2012.

- CAMPELLO, F. C. B. O consumo específico de lenha como índice técnico para o ordenamento florestal no Araripe em Pernambuco. **Revista dos Mestrados Profissionais**, v. 2, n. 1, p. 23-43, 2013.
- CESANO, D.; ROVERE, E. L. L.; MARTIN, O.; CORRAL, T.; SANTOS, L.; COELHO, N. S.; NEVES, C. G. As experiências da coalizão adaptam Sertão na disseminação de tecnologias e estratégias de adaptação à mudança climática para o agricultor familiar do Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 1, p. 1336-1350, 2012.
- EMBRAPA. Produção de Milho na Agricultura Familiar. **Circular técnica**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. p. 42.
- FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S. R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. p. 84.
- FUKUDA, W. M. G.; SAAD, N. **Pesquisa participativa em melhoramento de mandioca com agricultores do Nordeste do Brasil**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2001. p. 48.
- GABRIEL, L. F.; STRECK, N. A.; OHLMANN, L. O.; SILVA, M. R.; SILVA, S. D. Mudança climática e seus efeitos na cultura da mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 90-98, 2014.
- GIODA, A. Características e procedência da lenha usada na cocção no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 33, n. 95, p. 133-150, 2019.
- GRANJA, C. V. A.; CAVALCANTE, E. P.; CAFFÉ FILHO, H. P.; SIQUEIRA, M. S.; NASCIMENTO, W. Degradação ambiental: exploração de gipsita no Polo Gesseiro do Araripe. Id On Line. **Revista de Psicologia**, v. 11, n. 36, p. 1-29, 2017.
- IBGE – Sistema IBGE de Recuperação Automática – **SIDRA**. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <https://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 jan, 2021.
- JALIL, L.; CAVALCANTE, M. C.; VEJA, G. C.; XENOFONTE, G.; MARTINS, G. Território Sertão do Araripe. In: LONDRE, F.; PETERSEN, P.; MARTINS, G. **Olhares agroecológicos: análise econômico-ecológica de agroecossistemas em sete territórios brasileiros**. 1. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2017. Cap. 3, p. 60-91.
- JARVIS, A.; RAMIREZ-VILLEGAS, J.; HERRERA CAMPO, B. V.; NAVARRO-RACINES, C. E. Is Cassava the Answer to African Climate Change Adaptation? **Tropical Plant Biology**, v. 5, n. 1, p. 9-29, 2012.
- LACERDA, F. F.; NOBRA, P.; SOBRAL, M. C.; MAGELLA, G.; ASSAD, E. Tendência do clima do Semiárido frente às perspectivas das mudanças climáticas globais: o caso de Araripina, Pernambuco. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 31, n. 1, p. 132-141, 2016.
- LINDOSO, D.; EIRÓ, F.; ROCHA, J. D. Desenvolvimento Sustentável, Adaptação e Vulnerabilidade à Mudança Climática no Semiárido Nordestino: Um estudo de caso no Sertão do São Francisco. **Revista Econômica do Nordeste**, v., n. 1, p. 301-332, 2013.
- MAGALHÃES, B. G. **Simulação de estratégias de manejo da cultura do milho para mitigar efeitos de mudanças climáticas**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências. Universidade Federal de São João del-Rei, 2017.
- MARINHO, R. C. N.; NÓBREGA, R. S. A.; ZILLI, J. E.; XAVIER, G. R.; SANTOS, C. A. F.; AIDAR, S. T.; MARTINS, L. M. V.; FERNANDES JÚNIOR, P. I. Field performance of new cowpea cultivars inoculated with efficient nitrogen-fixing rhizobial strains in the Brazilian Semi-arid. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 1, p. 395-402, 2014.

- MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; RANGEL, F. W.; RIBEIRO, J. R. A.; NEVES, M. C. P.; MOR-GADO, L. B.; RUMJANEK, N. G. Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the semi-arid region of Brazil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 38, n. 1, p. 333-339, 2003.
- MARTINS, J. C. R.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SANTOS, A. F.; NAGAI, M. A. Produti-vidade de biomassa em sistemas agroflorestais e tradicionais no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 581-587, 2013.
- MAY, A.; SILVA, D. D.; SANTOS, F. C. (Eds.). **Cultivo do sorgo biomassa para a cogeração de energia elétrica**. Embrapa Milho e Sorgo, 2013. p. 65.
- NAIR, P. K. R. **Introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 499.
- NWAIWU, I. U. O.; OREBIYI, J. S.; OHAJIANYA, D. O.; IBEKWE, U. C.; ONYEAGOGCHA, S. U. O.; HENRI-UKOHA, A.; OSUJI, M. N.; TASIE, C. M. The Effects of Climate Change on Agricultural Sustainability in Southeast Nigeria — Implications for Food Security. **Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology**, v. 3, n. 1, p. 23-36, 2014.
- OLIVEIRA, A. F.; PELLEGRINO, G. Q.; CUADRA, S. V.; BARIONI, L. G.; VICTORIA, D. C. Políticas, planos e estratégias nacionais para combate às mudanças climáticas. In: CUADRA, S. V.; HEINEMANN, A. B.; BARIONI, L. G.; MOZZER, G. B.; BERGIER, I. (Eds.). **Ação contra a mudança global do clima: contribuições da Embrapa**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Cap. 4. p. 49-58.
- PARRELLA, R. A. C. Cultivares. In: MAY, A.; SILVA, D. D.; SANTOS, F. C. **Cultivo do sorgo bio-massa para cogeração de energia elétrica**. Embrapa Milho e Sorgo, 2013. p. 65.
- PAUL, C.; WEBER, M.; KNOKE, T. Agroforestry versus farm mosaic systems – Comparing land-use efficiency, economic returns and risks under climate change effects. **Science of The Total Environ-ment**, v. 587-588, n. 1, p. 22-35, 2017.
- RIBEIRO, C. S.; OLIVEIRA, G. G. A questão hídrica no semiárido baiano: conflitos pelo uso da água e as tecnologias sociais de aproveitamento de água de chuva. **Del CESLA. International Latin American Studies Review**, v. 23, n. 1, p. 355-381, 2019.
- ROMERO, V.; ZUGMAN, F. Princípios, metas e governança nas políticas públicas de mudanças climáticas no Brasil. In: RAMOS, D. P.; LÁZARO, L. L. B. **Políticas Públicas para Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas: Financiando a Transição para uma Economia de Baixo Carbono**, 2010. p. 166.
- SANS, L. M. A.; ASSAD, E. D.; GUIMARÃES, D. P.; AVELLAR, G. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de milho na Região Centro Oeste do Brasil e para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 527-535, 2001.
- SANTANA, A. F.; LIMA, M. C.; SOUZA, E. C. A. Valor nutritivo da mandioca brava (*Manihot* sp.). **PUBVET**, v. 2, n. 13, p. 1-8, 2008.
- SEBRAE-PE. Webinar: **Diálogos com o setor mineral: soluções ambientais para a sustentabili-dade da matriz energética dos APL de base mineral**. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2R58S1HcVB0&feature=youtu.be>. Acesso em: 8 out. 2020.
- SILVA, V. P. **Sistemas Silvopastoris Embrapa Florestas**. Centro Nacional de Pesquisa de Flores-tas. Colombo, PR, Brasil, 2004. Disponível em: www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/safs/index.htm. Acesso em: 15 set. 2017.

SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. M.; MENEZES JÚNIOR, J. A. N. Socioeconomia. In: BASTOS (Coord.). **A cultura do feijão-caupi**. Embrapa Meio Norte, 2016. p. 71.

SIMEONE, M. L. E.; PARRELLA, R. A. C.; MAY, A.; SCHAFFERT, R. E. Produção e caracterização de pellets de sorgo biomassa. **Brazilian Applied Science Review**, v. 2, n. 5, p. 1682-1695, 2018.

SINDUSGESSO. **Potencialidades do Polo Gesseiro do Araripe: Simpósio Polo Gesseiro do Araripe: potencialidades, problemas e soluções**. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco, 2014. p. 22.

SITÔNIO, R. **MPT e OIT apresentam no TRT projeto para a promoção do trabalho decente no Polo Gesseiro**. 2019. Disponível em: <http://www.prt6.mpt.mp.br/informe-se/noticias-do-mpt-go/1426-mpt-e-oit-apresentam-no-trt-projeto-para-a-promocao-do-trabalho-decente-no-polo-gesseiro>. Acesso em: 15 jul. 2019.

SUAREZ, R.; WONG, A.; RAMIREZ, M.; BARRAZA, A.; OROZCOMDEL, C.; CEVALLOS, M. A.; LARA, M.; HERNANDEZ, G.; ITURRIAGA, G. Improvement of drought tolerance and grain yield in common bean by overexpressing trehalose-6-phosphate synthase in rhizobia. **Molecular Plant-Microbe Interactions Journal**, v. 21, n. 1, p. 958-966, 2008.