

Capítulo 13

Ações de mitigação e adaptação frente às mudanças climáticas

*Francislene Angelotti
Vanderlise Giongo*

A agricultura é extremamente dependente das variações atmosféricas, como quantidade de chuvas, temperatura, umidade do ar e outros elementos climáticos, de maneira que o clima interfere diretamente na produção agropecuária. A ameaça da mudança climática global¹ pode afetar a produção agrícola de todo o mundo por alterar os regimes de temperaturas e chuvas, comprometendo a segurança alimentar tanto local quanto mundial. Embora os impactos sobre a agricultura ainda sejam silenciosos e lentos, nem por isso são menos importantes, principalmente no que diz respeito à agricultura familiar. Nesse sentido, como exemplo da interação entre os elementos climáticos e as condições edafoambientais no Semiárido, podem-se destacar os processos de degradação ambiental por meio da erosão, salinização, desertificação e incidência de pragas e doenças.

Assim, nos cenários² de mudanças climáticas, as perdas de solos por meio da erosão podem aumentar por serem diretamente associadas às

¹ Qualquer mudança do clima ao longo do tempo que resulta da variabilidade natural ou da atividade humana.

² Histórico evolutivo de diversos fatores (como emissão e concentração de gases de efeito estufa, tipo de cobertura terrestre) que baseia as projeções do que ocorreria com o planeta, variando do otimista ao pessimista. São os chamados caminhos representativos de concentração (ou *representative concentration pathways* – RCP, em inglês).

condições locais do clima e ao manejo nos sistemas produtivos. A salinização, associada a um componente pedogenético, pode ser drasticamente acentuada pelo processo de antropização e pelas mudanças climáticas. O aumento de temperatura e a tendência à estiagem no Nordeste intensificam a aridez na região semiárida, o que tem impacto direto no processo de desertificação. A incidência de pragas e doenças, que também estão associadas aos efeitos do aquecimento global, pode repercutir no comportamento das populações de organismos que coabitam nos sistemas agrícolas, causando desequilíbrio e, quando as populações ultrapassam o limite aceitável, podem comprometer a produtividade ou a qualidade do que é produzido.

Ao longo do tempo, a agricultura familiar no Semiárido brasileiro vem lidando com condições adversas de clima, já que, nessa região, o clima é caracterizado por temperaturas elevadas (média anual entre 26 °C e 28 °C) e precipitação média anual de 541 mm, por meio de chuvas irregulares e escassas (Azevedo et al., 2003). Os cenários climáticos para essa região sugerem um aumento de até 4,5 °C na temperatura média e redução de até 50% na distribuição das chuvas para o fim do século (2071–2100) (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013).

A agricultura familiar tem um papel importantíssimo no desenvolvimento sustentável da região, disponibilizando alimento em escala local, além de ser responsável pela conservação dos recursos naturais e da agrobiodiversidade. Como o clima é considerado um fator fundamental para a produção agrícola, as mudanças climáticas representam mais um desafio para o sistema agrícola familiar no Semiárido brasileiro. Na Figura 1, são apresentados os possíveis impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura familiar (a serem discutidos na próxima seção, intitulada Mudanças Climáticas no Semiárido: Perspectivas e Impactos) e as medidas e/ou estratégias de mitigação³ e adaptação⁴ que serão necessárias para manter a sustentabilidade da região (com maior detalhamento na seção Ações de Adaptação e Mitigação Relacionadas à Agricultura Familiar).

³ Intervenção humana para reduzir as emissões por fontes de gases de efeito estufa e fortalecer as remoções por sumidouros de carbono, como florestas e oceanos.

⁴ Conjunto de iniciativas e estratégias que permitem a adaptação dos sistemas naturais ou criados pelos homens a um novo ambiente em resposta à mudança do clima atual ou esperada.

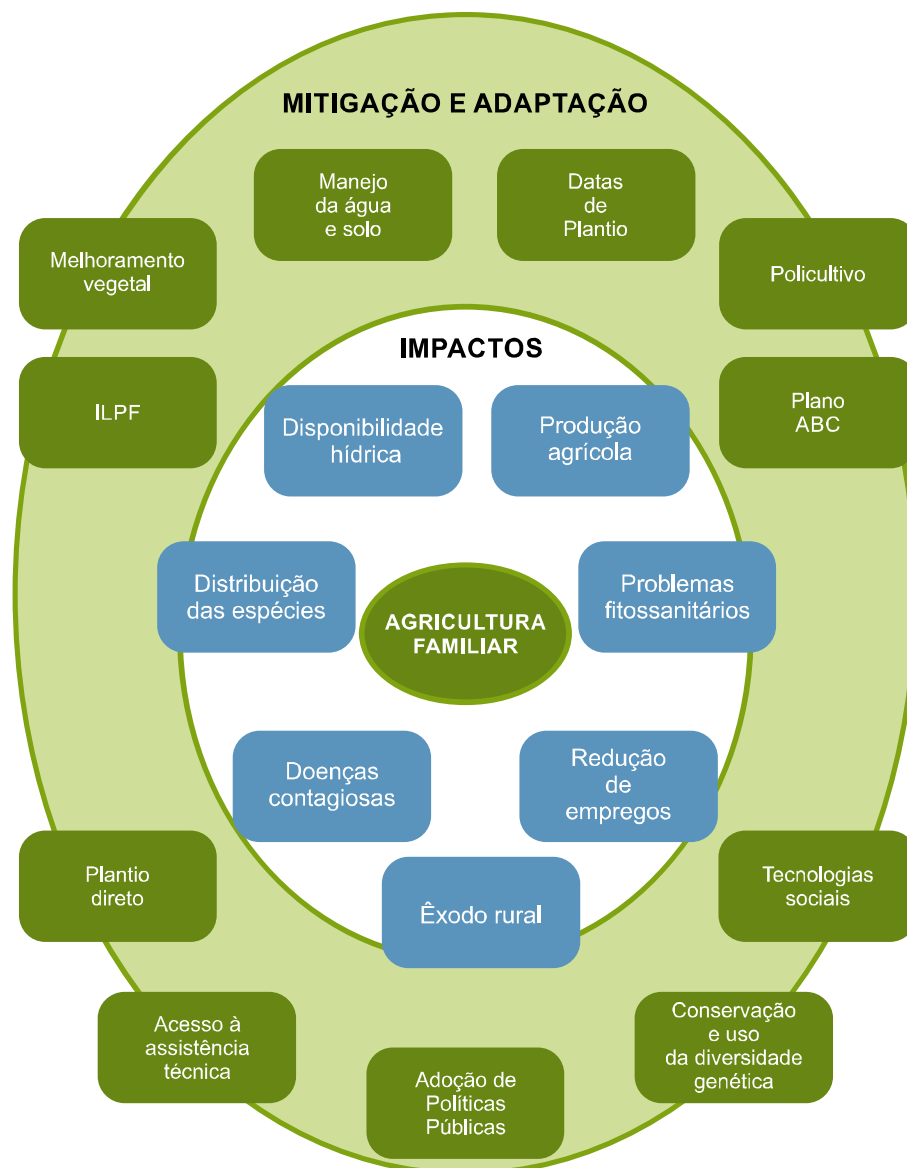


Figura 1. Impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura familiar no Semi-árido e medidas de mitigação e adaptação para garantir a sustentabilidade da região.

Nota: ILPF: integração lavoura-pecuária-floresta; Plano ABC: Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura.

O fato de que a agricultura dependente de chuva no Semiárido se caracteriza pela convivência com períodos de seca poderá representar uma vantagem na adaptação e mitigação às mudanças climáticas. Além disso, as ações já desenvolvidas por agricultores, como implantação de tecnologias de captação e armazenamento de água de chuva, técnicas de manejo, comercialização por meio de associações e de feiras organizadas e busca de informação por meio da assistência técnica, têm permitido que a agricultura familiar seja realizada há décadas com sustentabilidade. No entanto, o grau de resiliência⁵ da população estará atrelado também à adoção de políticas públicas mediante a atuação do Estado. Por isso, outras ações deverão ser desenvolvidas e/ou fortalecidas para que a agricultura familiar seja um modelo socioeconomicamente e ambientalmente sustentável de produção e desenvolvimento regional.

No decorrer deste capítulo, serão apresentados processos, tecnologias, modelos e exemplos de agricultura familiar no Semiárido brasileiro que alcançam condições para manter a resiliência dos seus agroecossistemas num cenário de mudanças climáticas globais, destacando-se ações relacionadas à adaptação e mitigação.

Mudanças climáticas no Semiárido: perspectivas e impactos

O clima no Semiárido brasileiro tem como característica marcante a ocorrência de secas estacionais e periódicas determinadas pelo regime pluviométrico com duas estações distintas: seca (com duração de 7 a 9 meses) e chuvosa (com duração de 3 a 5 meses). Além disso, a região apresenta temperatura média alta (em torno de 26 °C a 28 °C), com evaporação de 2.500 mm por ano (Azevedo et al., 2003).

No que se refere à mudança climática e aos cenários para o Semiárido brasileiro, o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), a partir de projeções regionalizadas de clima nos diferentes biomas do Brasil, observou mudanças na temperatura e no regime de chuvas para os períodos de

⁵ Capacidade de uma pessoa, comunidade, sociedade ou ecossistema de sobreviver, resistir e recuperar-se das ameaças, perigos, desastres, choques e tensões provocadas pela mudança climática. A capacidade de reconstrução é uma marca de resiliência.

verão (dezembro a fevereiro) e inverno (junho a agosto) para a Caatinga (Figuras 2 e 3).

Para a temperatura do ar, está previsto um aumento de 0,5 °C a 4,5 °C. Esses cenários referem-se à baixa e alta emissões dos gases de efeito estufa⁶ (GEE). Para o período até 2040, há previsão de aumentos da temperatura entre 0,5 °C no verão e 1,0 °C no inverno e, para o período de 2041–2070, aumentos de temperatura de 1,5 °C no verão e 2,5 °C no inverno. No fim do século (2071–2100), as projeções indicam condições significativamente mais quentes, com aumento de temperatura de 3,5 °C no verão e 4,5 °C no inverno.

Já para a precipitação, está previsto um decréscimo de até 20% até 2040, ocorrendo variação durante os períodos de verão e inverno, conforme observado na Figura 3. Para o período de 2041–2070, a redução dos padrões de precipitação será entre 25% e 35%. Para o período de 2071–2100, poderá ocorrer um agravamento do deficit hídrico, com redução entre 40% e 50%. Além disso, as projeções indicam um aumento da ocorrência de eventos extremos, como secas e estiagens prolongadas (Ambrizzi; Araújo, 2013).

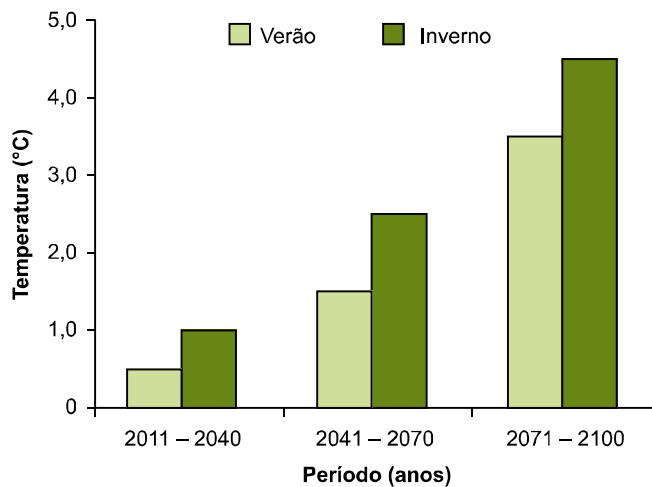


Figura 2. Projeção regionalizada de temperatura para o bioma Caatinga para os períodos de 2011–2040, 2041–2070 e 2071–2100 baseada nos resultados científicos de modelagens climáticas global e regional.

Fonte: Ambrizzi e Araújo (2013).

⁶ Fenômeno natural de aquecimento térmico da Terra, essencial para manter a temperatura do planeta em condições ideais para a sobrevivência dos seres vivos.

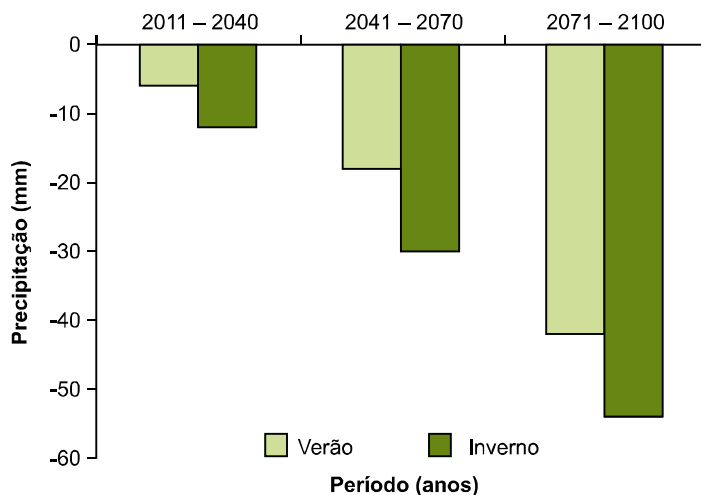


Figura 3. Projeção regionalizada de precipitação para o bioma Caatinga para os períodos de 2011–2040, 2041–2070 e 2071–2100 baseada nos resultados científicos de modelagens climáticas global e regional.

Fonte: Ambrizzi e Araújo (2013).

Diante desses cenários, são discutidos a seguir os impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura familiar no Semiárido brasileiro no que se refere aos aspectos socioeconômico e ambiental (Figura 1). Um impacto associado à segurança alimentar é a redução da produção de alimentos advindos dos cultivos tradicionais da agricultura familiar nordestina, como a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Deconto (2008) relataram que, mesmo que a mandioca seja uma planta tolerante a temperaturas entre 16 °C e 38 °C, a quantidade de água no solo disponível poderá ser um fator negativo, se o déficit hídrico ocorrer durante os 5 primeiros meses após o plantio. Nessa região semiárida, se não forem adotadas medidas de mitigação e adaptação, a previsão é que haja aumento na área de alto risco para a produção dessa cultura. No caso do cultivo de feijão (*Phaseolus vulgaris* Linnaeus), o aumento da temperatura pode causar abortamento das flores, com impacto direto na produção de grãos. Aliada aos aumentos de temperatura, a falta de água e as irregularidades na precipitação também são fatores que colocam em risco esse cultivo.

Outro impacto associado à segurança alimentar está relacionado à produção animal (ou pecuária), uma atividade de importância econômica e social. Os riscos oriundos das mudanças climáticas (aumento da temperatura e redução da precipitação) poderão afetar tanto o potencial de produção dos animais como a produtividade das culturas forrageiras.

Os impactos das mudanças climáticas sobre doenças e pragas também representam uma séria ameaça à segurança alimentar. As populações de insetos e os microrganismos fitopatogênicos, por apresentarem facilidade de multiplicação e dispersão, numerosas populações e curto tempo entre gerações, podem aumentar, causando redução da produção e colocando em risco a sustentabilidade do agroecossistema (Ghini, 2005). No entanto, o oposto também pode ocorrer; para o feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], Santana (2013) verificou a redução da severidade do oídio (causado por *Oidium* sp.) em temperatura acima de 30 °C. Isso demonstra que o impacto nem sempre será negativo, havendo a necessidade de um estudo detalhado das respostas das espécies ou cultivares e suas pragas/doenças em relação às alterações do clima. A partir da geração de conhecimento, será possível diminuir as incertezas e evitar prejuízos.

Além dos impactos nos cultivos, a perda da biodiversidade também poderá ocorrer em um cenário de mudança climática. A vegetação da Caatinga também poderá sofrer alterações nas suas características e distribuição. Segundo Salazar et al. (2007), o Semiárido brasileiro poderá apresentar uma vegetação típica de clima árido (com predomínio de cactáceas) e aumento do quadro da desertificação. A alteração na distribuição de espécies, provocada pelas alterações no clima, será um desafio para a pesquisa, pois poucos estudos têm sido realizados para compreender a vulnerabilidade⁷ das espécies e, em particular, das plantas nativas da Caatinga.

Variações em uma comunidade vegetal podem ocorrer sazonalmente em função de fatores abióticos ou ao longo de vários anos. Entender como as diferentes espécies responderão às mudanças climáticas, desde a germinação das sementes até o estabelecimento de plantas, contribuirá para a manutenção dos ecossistemas terrestres.

⁷ Grau de suscetibilidade ou incapacidade de um sistema de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, inclusive a variabilidade climática e os eventos extremos de tempo e clima.

Os impactos citados acima, bem como o êxodo rural, a ocorrência de doenças contagiosas, a queda na geração de renda e a redução de empregos, só serão uma realidade se nenhuma medida for tomada. Assim, é imperativa a adoção de estratégias (como implantação de tecnologias de captação e armazenamento de água de chuva e integração de várias tecnologias com vistas a promover desenvolvimento sustentável) que permitam a manutenção da agricultura familiar (principalmente a dependente de chuva no Semiárido). Diferentes tecnologias, como descrito na seção seguinte, poderão ser adotadas. Vale ressaltar que muitas dessas práticas já vêm sendo adotadas para a convivência com a seca, desempenhando um papel fundamental para reduzir os impactos frente às mudanças climáticas.

Ações de adaptação e mitigação relacionadas à agricultura familiar

Segundo o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014)⁸, as mudanças climáticas podem intensificar os problemas da agricultura, principalmente a de base familiar. Agricultores familiares com pequenas áreas exploradas passam por grandes desafios para satisfazer as suas necessidades alimentares e contribuir para a segurança alimentar de suas comunidades e países (FAO, 2014). De acordo com Lima et al. (2015), para trabalhar diante da crise climática global, é necessário que os pequenos agricultores sejam vistos como a força motriz dos sistemas agrícolas socialmente justos e ecologicamente sustentáveis.

Assim, a agricultura familiar no Semiárido brasileiro, cujas áreas rurais têm o menor índice de desenvolvimento humano (IDH) do País, ao mesmo tempo em que se caracteriza por alta resiliência, pode ter papel ativo na mitigação e adaptação aos impactos das mudanças climáticas sob os aspectos social, econômico e ambiental, assim promovendo o desenvolvimento sustentável. A difusão de novas tecnologias e programas oferecidos pelos setores público e privado e a adoção de processos e tecnologias que

⁸ Organização científico-política criada em 1988 no âmbito da Organização das Nações Unidas (ONU) que tem como objetivo reunir e divulgar o conhecimento mais avançado sobre as mudanças climáticas.

melhoram a gestão dos recursos naturais do bioma Caatinga são estratégias que precisam ser discutidas, desenvolvidas e implantadas.

A agricultura e a pecuária são atividades relevantes à economia do Semiárido brasileiro, que abriga 1,6 milhão de estabelecimentos agropecuários, dos quais 95% são classificados como agricultura familiar; os 5% restantes são de uma agricultura empresarial que também tem a possibilidade de agregar tecnologias da agricultura familiar ao seu processo produtivo e promover o desenvolvimento socioeconômico da região (Brasil, 2013). A concepção e a implementação de estratégias eficazes de mitigação e adaptação às mudanças climáticas para a agricultura familiar no Semiárido brasileiro assumem importância para o desenvolvimento e a sustentabilidade do setor agrícola.

No meio rural, técnicas agrícolas voltadas à adaptação englobam o uso de tecnologias que promovem menor vulnerabilidade dos sistemas rurais (inclusive os dependentes de chuva) frente aos cenários previstos sob as alterações climáticas. Destacam-se o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições climáticas de alta temperatura e déficit hídrico; a adoção de técnicas de manejo de água para aumentar a eficiência de uso da água; a associação de técnicas de manejo de água e solo; a alteração nas datas de plantio; a conservação e uso da diversidade genética; os policultivos; o desenvolvimento e aplicação de tecnologias sociais; a seleção e recomendação de estirpes de rizóbios; o uso da água salobra para dessecação e produção de forragens; o acesso à assistência técnica; e a adoção de políticas voltadas à segurança alimentar e nutricional.

O melhoramento genético de espécies de plantas cultivadas visando à tolerância aos aumentos de temperatura e ao déficit hídrico será um dos fatores fundamentais para garantir a sustentabilidade da produção agrícola. As cultivares de feijão-guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.], como Guandu Petrolina e Guandu Taipeiro, foram desenvolvidas e têm como característica a adaptação ao regime irregular de chuvas do Semiárido, com bom potencial produtivo e forrageiro. Para cebola (*Allium cepa* L.), destaca-se a cultivar BRS Alfa São Francisco, resistente a altas temperaturas. As cultivares de feijão-caupi BRS Acauã, BRS Tapaihum e BRS Carijó são recomendadas para as condições irrigadas, no segundo semestre, e de sequeiro, no primeiro semestre, no Sertão de Pernambuco, na Bahia e no Piauí (Santos, 2011).

Além do melhoramento vegetal, a conservação e o uso de recursos genéticos de espécies cultivadas e nativas também têm-se destacado como medidas de adaptação para aumentar a segurança alimentar das famílias que vivem no Semiárido. Isso tem sido praticado por agricultores que mantêm a tradição de produzir suas próprias sementes (sementes crioulas) e comercializar o excedente. Com isso, ao longo dos anos, essas variedades foram “formadas” por meio de um melhoramento empírico, com a seleção de plantas adaptadas às regiões em que foram desenvolvidas. Assim, o Semiárido brasileiro, por suas peculiaridades, poderá contribuir, de maneira significativa, para a agricultura familiar por apresentar uma base genética e adaptativa de plantas que convivem com altas temperaturas e deficit hídrico.

A implantação de modelos produtivos baseados na integração de cultivos irrigados e de sequeiro para produção de ração animal e produtos de subsistência também pode ser incluída como medida de adaptação às mudanças climáticas para a agricultura familiar. Essa experiência tem sido adotada por agricultores baianos, cujas propriedades apresentam áreas destinadas à produção de forragens e à produção de cultivos para alimentação da família, como frutíferas e hortaliças. A área de forragens é dimensionada para produzir o alimento para o consumo animal durante todo o ano e, em especial, durante o período mais seco, com silagem e feno. Os cálculos da quantidade de forragem para a manutenção do rebanho e do número de animais e as orientações para a implantação e manutenção de hortas e sistema de irrigação são obtidos por meio da assistência técnica oferecida por cooperativas e associações de produtores rurais (Cesano et al., 2011). Ainda, como exemplo de medidas integradas de tecnologias, pode-se citar o plantio de cultivares precoces associado à irrigação de salvação e à adubação orgânica.

A adição de adubos orgânicos e/ou o uso de cobertura morta em barragens subterrâneas ou em áreas com irrigação por gotejamento, como estratégia de adaptação e mitigação, podem aumentar a capacidade de infiltração da água no solo, reduzir as perdas por evaporação e, conseqüentemente, aumentar a eficiência de uso da água. No caso da irrigação, o sistema por gotejamento permite a aplicação da quantidade de água necessária para a planta de maneira eficiente, evitando o desperdício. Entretanto, estudos específicos dos diferentes cultivos para avaliar o consumo

mínimo e eficiente de água nos diferentes estádios fenológicos ainda são necessários e terão um papel relevante para as respostas sobre o manejo de irrigação.

O uso de barragens subterrâneas e cisternas de produção são experiências classificadas entre as tecnologias sociais, implantadas há anos pela agricultura familiar no Semiárido para convivência com a seca. Entretanto, o uso isolado dessas tecnologias nem sempre reduz a vulnerabilidade dos cultivos. Assim, a integração de tecnologias poderá ser uma alternativa estratégica frente às mudanças climáticas.

Outras técnicas, como as alterações e variações na data de plantio (calendário de plantio), a diversificação de cultivos, a utilização da diversidade genética local e os policultivos, poderão contribuir positivamente como medidas de adaptação. Como exemplo de policultivo, pode-se citar a produção de mandioca intercalada com a de culturas alimentares [mandioca, abóbora (*Cucurbita* sp.)] e adubo verde [feijão-guandu, feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC), crotalária (*Crotalaria* sp.) ou até mesmo com a de palma-forrageira (*Opuntia* sp.)] (Figura 4). O consórcio de plantas permite produzir várias culturas ao mesmo tempo e reduzir o risco de perdas. Além disso, o policultivo tem apresentado vantagens agroecológicas, como a redução do uso de pesticidas e a melhoria no uso da água. Uma técnica utilizada no policultivo para redução do uso de água é a incorporação de palma e/ou do mandacaru (*Cereus jamacaru* DC), picados em pedaços pequenos, em covas ao lado das plantas cultivadas. Segundo Ventura e Andrade (2011), essa técnica mantém o solo úmido, diminui sua temperatura e reduz a evapotranspiração.

Já a utilização de bactérias eficientes na fixação biológica de nitrogênio (FBN) pode contribuir para a redução dos impactos das mudanças climáticas ao ser incluída na integração de tecnologias para a agricultura familiar. Na FBN, 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. Isso permite uma maior produção das plantas e um aumento da capacidade de suportar estresses ambientais. Para a produção de inoculantes do feijão-caupi no Brasil, quatro estirpes de *Bradyrhizobium* sp. são atualmente autorizadas (Brasil, 2011).



Figura 4. Policultivo como medida de adaptação dos sistemas agrícolas no Semiárido brasileiro.

Para reduzir os impactos das mudanças climáticas sobre a pecuária, o fornecimento de alimentos ricos em água, como palma-forrageira, mandacaru, gramíneas, leguminosas e melancia-forrageira (*Citrullus lanatus* var. *citroides*), de forma in natura e a oferta de silagem podem ser medidas adaptativas. Outra alternativa é o uso de águas salobras ou salinas para a dessedentação dos ruminantes por períodos curtos. A água salina também pode servir de opção para a irrigação de plantas forrageiras, como a erva-sal (*Atriplex nummularia* Lindl.) e o sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], de maneira a garantir a disponibilidade de alimentos para os rebanhos.

Dentre as estratégias voltadas para a mitigação, a comunidade científica vem adotando a terminologia “agricultura de baixa emissão de carbono” com o objetivo de desenvolver processos e tecnologias que promovam a mitigação da emissão GEE na agricultura e que possibilitem a adaptação do setor agropecuário à mudança do clima. Nesse sentido, a agricultura de baixa emissão de carbono pode ser definida como uma agricultura que adota um conjunto de ações e/ou tecnologia/processos que promovem baixa emissão de GEE e, ademais, aumentam a fixação atmosférica de CO₂ na vegetação e no solo. No Semiárido brasileiro, a agricultura de baixa emissão de carbono está associada aos sistemas integrados de pecuária-floresta, pecuária-lavoura-floresta, lavoura-floresta, ao mínimo revolvimento do solo, à preservação da Caatinga (diminuindo a pressão de pastejo e as queimadas) e à utilização de adubos verdes. A questão da água também é imperativa, integrando tecnologias como a utilização de barreiros, barragens subterrâneas e canais de condução e contenção.

Na perspectiva da agricultura de baixa emissão de carbono, estudos realizados no Semiárido brasileiro sobre sistema plantio direto, utilização de adubos verdes, sistemas agrossilvipastoris e sistemas silvipastoris (Maia et al., 2006; Aguiar et al., 2010; Giongo et al., 2011; Sacramento et al., 2013) afirmam que tais tecnologias têm o potencial de aumentar os teores de carbono orgânico e reduzir as emissões de GEE, mesmo nas condições edafoclimáticas dessa região.

Tomando como exemplo a tecnologia sistema plantio direto como uma medida de mitigação dos impactos das mudanças climáticas e de aumento da resiliência dos sistemas agrícolas, não se deve negligenciar a dificuldade de implementação dessa prática no Semiárido brasileiro devido ao fato de os restos culturais serem tradicionalmente requeridos para alimentação animal nos períodos de estiagem. Mesmo assim, a priorização da conservação do solo na região semiárida do Brasil por meio do sistema plantio direto permite o aumento da infiltração e retenção de água, o aumento do teor de matéria orgânica, a diminuição das oscilações de temperaturas e evaporação e a diminuição do processo de salinização. Isso tudo propicia maior resiliência do sistema produtivo quando modelado em cenários de mudanças climáticas. Nesse sentido, estudos têm focado no desenvolvimento do sistema plantio direto para as culturas de milho (*Zea mays* L.) (Pereira et al., 2009; Silva et al., 2011), melão (*Cucumis melo* L.) (Giongo et al., 2014), feijão-caupi (Freitas et al., 2014) e melancia (*Citrullus lanatus*) (Silva et al., 2013) cultivadas em rotação, sucessão ou consorciadas, destacando-se a utilização de adubação verde.

Entre as tecnologias que vêm sendo estudadas no Semiárido brasileiro para ser implantadas em conjunto com o sistema plantio direto, destaca-se o uso de coquetéis vegetais (Figura 5), que pode ser adotado pelos agricultores familiares que utilizam sistemas de irrigação. A fitomassa dos coquetéis vegetais aumenta a taxa de adição de carbono que pode ser estocado no sistema solo ao longo do tempo. Assim, pode-se afirmar que há potencial de adicionar grande quantidade de carbono e nutrientes ao solo nos sistemas agrícolas em um curto período do tempo (até 70 dias) por meio dos cultivos de adubos verdes.



Figura 5. Coquetéis vegetais usados como medida de mitigação nos sistemas agrícolas no Semiárido brasileiro.

Outro exemplo de medida de mitigação das mudanças climáticas que pode ser adotado no Semiárido é o sistema de produção agroflorestal. Essa tecnologia, já descrita por Altieri (1995), objetiva garantir a estabilidade e a diversidade da produção, elevar a produtividade, melhorar a fertilidade do solo, aumentar o estoque de carbono no sistema solo e no sistema planta e aumentar a oferta de forragem de boa qualidade, pois é uma prática sustentável de manejo dos recursos naturais em que se combinam espécies florestais, cultivos agrícolas e/ou criação de animais numa mesma área em exploração, de forma simultânea ou sequencial temporal. Apesar de sua eficiência, observa-se que há poucos trabalhos relacionando o impacto dos sistemas agroflorestais aos teores e estoques de carbono no sistema solo e no sistema planta e que não há estudos sistematizados para avaliar

o impacto das mudanças climáticas globais em área nem experimentos de longa duração no Semiárido brasileiro.

O sistema agrossilvipastoril é o sistema agroflorestal predominante no Semiárido, que combina cultivos, essências florestais e animais em uma mesma área ou em uma sequência temporal (Sacramento et al., 2013). Também há o sistema silvipastoril, em que ocorre a introdução de animais em áreas com espécies arbóreas comerciais permanentes ou a introdução ou manutenção do componente arbóreo (nativo ou exótico) em pastagens cultivadas e adaptadas à região (Balbino et al., 2011). No início da década de 1990, estudos realizados por Araújo Filho (1990) demonstravam que a preservação de árvores no corte da Caatinga ou o plantio de espécies, nativas ou introduzidas, pode contribuir para a preservação ou recuperação da fertilidade do solo em áreas agrícolas ou pastagens no Semiárido nordestino.

Avaliando o índice de manejo de carbono (IMC), calculado a partir do índice de estoque de carbono e do índice de labilidade entre os sistemas agrícolas convencionais e agroflorestais na região semiárida do estado do Ceará, Oliveira et al. (2009) observaram que o IMC apresentou os maiores valores para o sistema agrossilvipastoril (120 a 200) em relação ao silvipastoril (0 a 60) e ao sistema tradicional (100 a 160).

As principais espécies arbóreas para o uso múltiplo em sistemas agroflorestais no Semiárido brasileiro são: leucena (*Leucaena leucocephala*), gliricídia (*Gliricidia sepium*), algarobeira (*Prosopis juliflora*), sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) e eucalipto (*Eucalyptus* sp.), que se desenvolvem adequadamente em áreas com precipitação média anual variando de 500 mm a 700 mm (Drumond, 2012). Entre os modelos agrossilvipastoris, destacam-se (Sá et al., 2009):

- Pastagens cultivadas com capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*), capim-grama (*Cynodon dactylon* var. *aridus*) e capim *Urochloa mosambicensis*.
- Bancos de proteína de leucena cultivada em alamedas (4,0 m x 1,0 m) e consorciada com milho e/ou feijão.
- Bancos de proteína de gliricídia cultivada em alamedas (4,0 m x 1,0 m) e consorciada com o milho.

- Áreas de palma-forrageira cultivadas com as variedades gigante e redonda (*Opuntia ficus-indica*) em sistema adensado, com espaçamento de 1,0 m x 0,25 m e 1,0 m x 0,5 m, respectivamente, e em sistema de fileiras simples (3,0 m x 0,25 m) consorciadas com gliricídia nas linhas e milho nas entrelinhas.
- Áreas reflorestadas com sabiá estabelecida em espaçamento de 10,0 m x 3,0 m.
- Cercas vivas com forrageiras de gliricídia.

Em todos os sistemas, destaca-se a importância da utilização de espécies leguminosas para a FBN.

Outra técnica também utilizada no Semiárido brasileiro, que pode ser adotada como uma tecnologia mitigadora de mudança climática, é o plantio em aleias, ou seja, o plantio de árvores em fileiras devidamente espaçadas entre si, nas entrelinhas das quais se cultivam culturas agrícolas no início da estação chuvosa. O principal objetivo desse sistema é aumentar o teor de matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes e a adição de nitrogênio por meio da adubação verde (Vasconcelos et al., 2012), o que pode ser considerado também como uma técnica que aumenta a resiliência do sistema agrícola.

As principais espécies de leguminosas empregadas no sistema de cultivo em aleias são: crotalária (*Crotalaria juncea*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*), guandu, leucena, gliricídia, sabiá e canafístula (*Peltophorum dubium*). A escolha dessas espécies depende muito das condições climáticas, do tipo de solo da região e das características das culturas (Eiras; Coelho, 2011; Vasconcelos et al., 2012). A gliricídia, por exemplo, é uma leguminosa arbórea que tem sido utilizada em sistemas em aleias no Semiárido por apresentar bom desenvolvimento em condições de estresse hídrico e alta capacidade de produção de biomassa (Marin et al., 2006). Estudos realizados por Marin et al. (2007) numa região agreste do estado da Paraíba (Brasil) avaliaram a produção e composição química do milho e as alterações das características do solo com uso de gliricídia em sistema de aleias. Constataram que o uso de *G. sepium* não alterou os teores de matéria orgânica total e aumentou significativamente os teores de matéria orgânica leve, fósforo disponível e potássio extraível do solo. Isso deve ter ocorrido devido à alta taxa de decomposição promovida nas entrelinhas das aleias por meio do revolvimento do solo.

Políticas públicas frente às mudanças climáticas

Descrever medidas de adaptação e mitigação sem destacar a importância das políticas públicas agrícolas implantadas no País seria negligenciar uma das bases promotoras da sustentabilidade. Segundo os estudos realizados pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2015), a política pública agrícola brasileira tem, cada vez mais, foco no desenvolvimento agrícola sustentável, utilizando o zoneamento agrícola como um importante instrumento. As regras do zoneamento são utilizadas como uma condição de elegibilidade dos produtores para obterem crédito e acesso a programas de seguros subsidiados.

O governo lançou, em 2010, um programa de crédito vinculado ao Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) como um dos mecanismos para o País reduzir suas emissões de GEE entre 36,1% e 38,9% até 2020, de acordo com seu comprometimento voluntário. Assim, o Plano ABC promove ações que visam à recuperação de pastagens afetadas pela degradação do solo e viabiliza mecanismos de financiamento que põem em prática um sistema de produção integrado de culturas (pecuária e silvicultura). Para implantar as ações e atingir as metas previstas no Plano ABC, desde a sua criação até o início de 2015, de acordo com a FAO (2015), cerca de 32.000 contratos foram aprovados com a liberação de cerca de US\$ 10 bilhões em crédito. Entretanto, no Semiárido brasileiro, essa modalidade de crédito não vem sendo utilizada como deveria devido à falta de informação por parte dos agricultores e à ausência de um programa de assistência técnica robusto que promova a capilaridade do Plano ABC.

Os programas de crédito para o segmento da agricultura familiar têm um foco ambiental. Esses incluem oferta de crédito para plantio em solos improdutivos e degradados, para plantio florestal, para modernização dos sistemas de produção e preservação dos recursos naturais. Assim, a criação de novas políticas públicas, além de aumentar a segurança alimentar e econômica para a agricultura familiar, também poderá contribuir para a conservação dos solos, a manutenção e restauração da biodiversidade, com consequência positiva sobre a resiliência climática.

Outro ponto importante é a integração de políticas, como o apoio às práticas agroecológicas. O programa de agroecologia dentro do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) fornece crédito de investimento para agricultores que adotem sistemas agrícolas ambientalmente sustentáveis.

A implementação do Código Florestal de 2012 (Brasil, 2012) apela ao registro das unidades de exploração agrícola no Cadastro Ambiental Rural (CAR). Depois de maio de 2017, as propriedades rurais não incluídas no CAR passaram a não ter acesso ao crédito agrícola. No entanto, mesmo não inscritos no CAR, os agricultores podem se comprometer a cumprir os requisitos ambientais de acordo com o Programa de Regularização Ambiental (PRA), incluindo a restauração florestal, a conservação do solo e a manutenção de uma parte da propriedade como uma reserva.

Com o objetivo de fortalecer a agricultura familiar (inclusive a dependente de chuva) diante dos cenários de mudanças climáticas, é necessário desenvolver novos programas que visem não somente às tecnologias, processos e políticas públicas para a adaptação e mitigação do sistema produtivo, aumentando a produtividade e a produção, mas também ao fortalecimento das medidas implementadas, com políticas voltadas à segurança alimentar e nutricional. Como exemplos, destacam-se a política de preços mínimos implantada pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), mediante a Aquisição do Governo Federal (AGF) dentro do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), por meio do qual a Companhia Nacional de Abastecimento faz aquisições diretas da agricultura familiar a preços de mercado e destina o produto tanto para estoque como para distribuição, e o Programa de Garantia de Preços para a Agricultura Familiar (PGPAF), que garante que os agricultores de pequena escala recebam um preço baseado no custo médio da produção regional dos agricultores familiares, aumentando também a resiliência econômica desse setor.

Considerações finais

A vulnerabilidade do Semiárido brasileiro às mudanças climáticas é alta. Por isso, são necessárias ações que aumentem a resiliência da agricultura familiar. Estratégias de mitigação e adaptação podem reduzir a vulnerabilidade e criar novas oportunidades para o desenvolvimento. A construção

de sistemas agrícolas resilientes às mudanças climáticas necessitará de um forte impulso, que pode ser dado pela implantação e adoção de políticas públicas específicas para a agricultura familiar no Semiárido. Por estar localizado em uma das regiões mais pobres do País, o Semiárido brasileiro é também uma região muito vulnerável. Entretanto, a sua capacidade de sobreviver, resistir e recuperar-se das secas ao longo de muitos anos revela uma capacidade adaptativa marcante inerente à convivência com a falta de água e com as elevadas temperaturas. Assim, a adoção de tecnologias e a integração de sistemas de cultivos serão primordiais para a sustentabilidade da agricultura familiar, principalmente a dependente de chuvas, no Semiárido brasileiro.

Referências

AGUIAR, M. I.; MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A.; OLIVEIRA, T. S. Sediment, nutrient and water losses by water erosion under agroforestry systems in the semi-arid region in northeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 79, n. 3, p. 277-289, 2010.

ALTIERI, M. A. **Agroecology: the science of sustainable agriculture**. 2nd ed. Boulder: Westview Press, 1995.

AMBRIZZI, T.; ARAÚJO, M. (Coord.). **Sumário executivo: base científica das mudanças climáticas**. Brasília, DF: Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2013. 23 p.

ARAÚJO FILHO, J. A. **Manipulação da vegetação lenhosa da caatinga para fins pastoris**. Sobral: EMBRAPA-CNPC, 1990. 18 p. (EMBRAPA-CNPC. Circular técnica, 11).

AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; SILVA, V. P. R. Water requirements of irrigated mango orchards in Northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 58, n. 1, p. 241-245, 2003.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; MARTÍNEZ, G. B. Contribuições dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) para uma agricultura de baixa emissão de carbono. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, p. 1014-1026, 2011.

BRASIL. Lei n. 12651, de 25 de maio de 2012. **Código Florestal Brasileiro**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto

de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1032082/lei-12651-12>>. Acesso: 1 abr. 2017.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano safra: Semiárido 2013/2014**. Brasília, DF, 2013. 39 p.

BRASIL. Secretaria de Defesa Agropecuária. 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 Normativa. **Diário Oficial da União**, 25 mar. 2011. Seção 1. p. 3-7.

CESANO, D.; ROVERE, E. L. L.; MARTIN, O.; CORRAL, T.; SANTOS, L.; COELHO, N. S.; NEVES, C. G. As experiências da coalizão adapta 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, p. 1336-1350, 2011.

DECONTO, J. G. (Coord.). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária: Unicamp, 2008. 82 p.

DRUMOND, M. A. Espécies arbóreas potenciais para Sistemas Integrados de Produção (ILPF) no Semiárido Brasileiro. In: SANTOS, L. D. T.; MENDES, L. R.; DUARTE, R.; GLÓRIA, J. R.; ANDRADE, J. M.; CARVALHO, L. R.; SALES, N. L. P. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária-floresta: potencialidades e técnicas de produção**. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, 2012. p.85-99.

EIRAS, P. P.; COELHO, F. C. Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura de milho. **Revista Científica Internacional**, v. 4, p. 28, 2011.

FAO. **Deep roots**. Rome: Tudor Rose, 2014.

FAO. **Perspectivas agrícolas no Brasil: desafios da agricultura brasileira 2015-2024**. Brasília, DF: FAO: OCDE, 2015. 51 p. Disponível em: <<http://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf>>. Acesso em: 6 dez. 2017.

FREITAS, R. M. O. de; DOMBROSKI, J. L. D.; FREITAS, F. C. L. de; NOGUEIRA, N. W.; PINTO, J. R. de S. Crescimento de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 393-401, 2014.

GHINI, R. **Mudanças climáticas globais e doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005. 104 p.

GIONGO, V.; BRANDÃO, S. da S.; SANTANA, M. da S.; COSTA, N. D.; MENDES, A. M. S.; YURI, J. E.; PETRERE, C. **Sistema plantio direto de meloeiro com coquetéis vegetais em Vertissolo no Semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2014. 26 p. (Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 117).

GIONGO, V.; MENDES, A. M. S.; CUNHA, J. T. F.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização no Semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 611-618, 2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Summary for Policymakers. In: STOKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G. K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M. (Ed.). **Climate Change 2013: the physical science basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: regional aspects. In: FIELD, C. B.; BARROS, V. R.; DOKKEN, D. J.; MACH, K. J.; MASTRANDREA, M. D.; BILIR, T. E.; CHATTERJEE, M.; EBI, K. L.; ESTRADA, Y. O.; GENOVA, R. C.; GIRMA, B.; KISSEL, E. S.; LEVY, A. N.; MACCRACKEN, S.; MASTRANDREA, P. R.; WHITE, E. L. L. (Ed.). **Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change** Cambridge. Cambridge University Press, 2014.

LIMA, A. B.; VASCONCELOS, I. C.; ROCHA, P. V. **Impactos das mudanças climáticas: opções de resposta para os agricultores familiares do Brasil**. Brasília, DF: IPC-IG, 2015. 2 p. Disponível em: <http://www.ipc-undp.org/pub/port/OP309PT_Impactos_Mudancas_Climaticas_Opcoes_Resposta_Agricultores_Familiares_Brasil.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2018.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. D. S.; OLIVEIRA, T. S. D.; MENDONÇA, E. D. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. D. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 837-848, 2006.

MARIN, A. M. P.; MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Produtividade de milho solteiro ou em aléias de gliricídia adubado com duas fontes orgânicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 669-677, 2007.

MARIN, A. M. P.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, E. D.; SAMPAIO, E. V. D. S. B. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no agreste Paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 3, p. 555-564, 2006.

OLIVEIRA, T. S.; NOGUEIRA, R. da S.; TEIXEIRA, A. dos S.; CAMPANHA, M. M.; ROMERO, R. E. Distribuição espacial do índice de manejo do carbono em luvisolos sob sistemas agrícolas tradicionais e agroflorestais no Município de Sobral-CE. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 589-592, 2009.

PEREIRA, R. G.; MEDEIROS, P. V. Q.; CAVALCANTE, M.; CRUZ, S. C. S.; BARROS, E. S. Avaliação de espécies forrageiras como plantas de cobertura sobre os componentes de produção do milho cultivado no sistema plantio direto. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 1-4, 2009.

SÁ, C. O.; SÁ, J. L.; RANGEL, J. H. A.; MUNIZ, E. N. Sistema agrossilvipastoril para convivência com o semi-árido sergipano. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 2517-2520, 2009.

SACRAMENTO, J. A. A. S.; ARAÚJO, A. C. M.; ESCOBAR, M. E. O.; XAVIER, F. A. S.; CAVALCANTE, A. C. R.; OLIVEIRA, T. S. Soil carbon and nitrogen stocks in traditional agricultural and agroforestry systems in the semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 784-795, 2013.

SALAZAR, L. F.; NOBRE, C. A.; OYAMA, M. D. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America. **Geophysical Research Letters**, v. 34, p. 1-6, 2007.

SANTANA, C. V. S. **Interação entre fatores do ambiente e *Oidium* sp. em feijão-caupi**. 2013. 69 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SANTOS, C. A. F. Melhoramento do feijão-caupi para temperaturas moderadas e elevadas no Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, p. 1151-1162, 2011.

SILVA, A. S.; SILVA, I. D. F. da; SILVA NETO, L. D. F. da; SOUZA, C. de. Semeadura direta na produção do milho em agricultura de sequeiro na região Nordeste do Brasil. **Ciência Rural**, v. 41, n. 9, p. 1556-1562, 2011.

SILVA, M. G. O; FREITAS, F. C. L. de; NEGREIROS, M. Z. de; MESQUITA, H. C. de; SANTANA, F. A. O. de; LIMA, M. F. P. de. Manejo de plantas daninhas na cultura da melancia nos sistemas de plantio direto e convencional. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 494-499, 2013.

VASCONCELOS, M. da C. C. A.; SILVA, A. F. A. da; LIMA, R. da S. Cultivo em aléias: uma alternativa para pequenos agricultores. **Revista ACSA**, v. 8, n. 3, p. 18-21, 2012.

VENTURA, A. C.; ANDRADE, J. C. S. Policultura no semiárido brasileiro, **Field Actions Science Reports**, special issue 3, 2011. Disponível: <<http://factsreports.revues.org/2558>>. Acesso: 30 mar. 2015.

