



# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgf](http://www.ufpe.br/rbgf)



## Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro: Experiências e Oportunidades para o Desenvolvimento

Francislene Angelotti<sup>1,2</sup>, Diana Signor<sup>1</sup>, Vanderlise Giongo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dr. Pesquisadora, Embrapa Semiárido, BR 428, Km 152, Zona Rural - Caixa Postal 23, CEP 56302-970, Petrolina, Pernambuco. (87) 3866-3600. [francislene.angelotti@embrapa.br](mailto:francislene.angelotti@embrapa.br); [diana.signor@embrapa.br](mailto:diana.signor@embrapa.br); [vanderlise.giongo@embrapa.br](mailto:vanderlise.giongo@embrapa.br). <sup>2</sup>autor correspondente.

Artigo recebido em 10/09/2015 e aceito em 30/11/2015.

### RESUMO

A comunidade científica, ao longo dos últimos anos, tem buscado soluções para o desenvolvimento sustentável do Semiárido. Os estudos dos impactos das mudanças climáticas subsidiam medidas de mitigação e adaptação frente às futuras alterações no clima. Adicionalmente, o desenvolvimento e adoção de processos e tecnologias voltados para o desenvolvimento sustentável, tendo em vista a viabilidade econômica, social e ambiental são fundamentais, para aumentar a segurança alimentar, gerenciar os recursos hídricos e erradicar a pobreza. O avanço do conhecimento obtido nos últimos anos e a interação entre as instituições de ensino e pesquisa assumem um papel importante na proposição e adoção de políticas públicas que visam aumentar a capacidade adaptativa da sociedade e da economia regional frente às mudanças climáticas, criando espaços de oportunidades e caminhos para a resiliência climática. Nesse sentido, a busca de soluções e oportunidades para o desenvolvimento do Semiárido brasileiro é estratégico, razão pela qual mantem-se um fórum de discussão permanente traduzido no *Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro*, realizado bianualmente. A adoção de ações voltadas para o desenvolvimento sustentável é estratégica. A economia verde e o pagamento por serviços ambientais se tornaram oportunidades, pois atualmente o desenvolvimento econômico não pode estar dissociado das preocupações com relação às mudanças no clima e a preservação do ambiente. Para o Semiárido brasileiro é necessário fortalecer as ações em andamento e buscar soluções inovadoras para reduzir os impactos e riscos inerentes às mudanças climáticas, criar oportunidades na economia de baixo carbono e promover a inclusão social.

Palavras-chave: adaptação, mitigação, serviços ambientais, pesquisa.

## Climate Change in the Brazilian semiarid: Experiences and Opportunities for Development

### ABSTRACT

The scientific community over the last few years has been sought solutions for sustainable development of the semiarid. The research about impacts of climate change is subsidizing mitigation and adaptation measures facing future changes, in semi-arid region. In addition, the development and adoption of processes and technologies for sustainable development, in view of economic, social and environmental sustainability are essential to increasing food security, manage water resources and eradicate poverty. The knowledge progress achieved in recent years and the interaction between education and research institutions play an important role on proposition and adopting public policies that aimed to increase the adaptive capacity of society and the regional economy to climate change, creating opportunities spaces and directions for climate resilience. In this sense, the search for solutions and opportunities for the development of the Brazilian semiarid is strategic, which is why keeping a permanent discussion forum translated at the Symposium on Climate Change and Desertification in the Brazilian semiarid carried out every two years. The adoption of actions for sustainable development, in view of economic, social and environmental viability is strategic. The green economy and payment for environmental services have become opportunities because currently the economic development cannot be dissociated from concerns about climate change. For the Brazilian semiarid is necessary to strengthen actions in progress and seek innovative solutions to reduce the impacts and risks posed by climate change, creating opportunities in the low carbon economy and promoting social inclusion.

Key-words: adaptation, mitigation, environmental services, research.

## Introdução

A convenção sobre mudanças climáticas foi instalada durante a ECO 92, junto com as convenções sobre diversidade biológica e desertificação. No entanto, somente o tema das mudanças climáticas repercutiu sobre as agendas de governos e pesquisa. A mudança climática refere-se a qualquer mudança do clima ao longo do tempo, seja devido à variabilidade natural, ou como resultado da atividade humana. Segundo a publicação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), a concentração dos gases do efeito estufa tem aumentado, desde 1750, devido à atividade humana. Em 2011, as concentrações de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), que são considerados os principais gases causadores do efeito estufa, foram: 391 ppm (partes por milhão), 1803 ppb (partes por bilhão) e 324 ppb, superando os níveis pré-industriais em cerca de 40%, 150% e 20%, respectivamente (IPCC, 2013).

Estudos mostram que a temperatura média da atmosfera aumentou em torno de 0,85°C, no período de 1880 a 2012 (IPCC, 2013). Além disso, a década de 1990 foi a mais quente, desde que as primeiras aferições começaram a ser efetuadas no final do século XIX (IPCC, 2007). Adicionalmente, os cenários de mudanças climáticas apontam ainda para aumento na temperatura média do planeta de 1,2 a 4°C, até 2100. Este aumento não será uniforme, ocorrendo variações interanuais e regionais, provocando a ocorrência de eventos climáticos extremos, como secas e chuvas intensas (IPCC, 2013).

Segundo o relatório do IPCC (2007), no Brasil, a região semiárida será uma das mais afetadas pelas mudanças climáticas globais. Além disso, esta região apresenta-se como a mais vulnerável das regiões brasileiras devido aos menores índices de desenvolvimento social e econômico, com grande parte da população desenvolvendo atividades agrícolas, como a agricultura de sequeiro, por exemplo, com baixo grau de tecnificação e elevada dependência da disponibilidade de recursos naturais.

Os cenários futuros sinalizam para a tendência de estiagem no Nordeste, apontando para maior aridez da região semiárida até final do Século XXI, o que poderá influenciar diretamente as características e a distribuição da vegetação (Salazar et al., 2007). A maior temperatura do ar tende a aumentar a deficiência hídrica no Semiárido, afetando consideravelmente o consumo humano e animal de água, bem como as atividades dependentes de chuva. Assim, os

impactos devido ao aumento de temperatura e anomalias na precipitação poderão afetar significativamente a produção das culturas, os recursos hídricos, o manejo de irrigação, a biodiversidade e o processo de desertificação.

Dessa forma, os potenciais impactos negativos sobre os recursos hídricos e suas consequências na agricultura de sequeiro poderão comprometer a população da região. Com esses prognósticos, há forte demanda de pesquisa relativa à avaliação dos efeitos das mudanças climáticas no Semiárido. O quinto relatório do IPCC (2014) já aborda como os impactos e riscos relacionados à mudança do clima podem ser reduzidos e gerenciados por meio de atividades de adaptação e mitigação. As diversas ações, tecnologias e processos em mitigação e adaptação têm sido desenvolvidos durante os últimos anos evidenciando os avanços da pesquisa para o desenvolvimento sustentável do Semiárido (Angelotti et al., 2011). Assim, as ações de pesquisa estão subsidiando a construção de caminhos resilientes ao clima como trajetórias ao desenvolvimento sustentável, que combinam adaptação e mitigação para reduzir a intensidade e os impactos das mudanças climáticas, considerando a promoção da diversidade biológica e a redução dos processos de degradação, como a desertificação.

O estabelecimento de um fórum de discussão permanente e a continuidade das pesquisas tratando o tema mudanças climáticas, associado à diversidade biológica e redução dos processos de degradação, como desertificação, demonstram a visão estratégica e integrada para o desenvolvimento sustentável do Semiárido brasileiro. Desta maneira, foi criado o evento *Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro* como uma oportunidade de diálogo com a sociedade e a comunidade científica, consolidando o desenvolvimento de caminhos resilientes ao desenvolvimento da região. Também se evidencia a importância do evento pelo fato da sistematização do conhecimento gerado e das demandas levantadas fomentarem a proposição de políticas públicas e iniciativas privadas. E finalmente, destaca-se a necessidade de um processo contínuo de construção, verificação, e atualização de cenários, ou seja, diagnósticos em permanente revisão.

## **Desenvolvimento**

### **Experiências em Mudanças Climáticas para o Desenvolvimento do Semiárido**

Entende-se que a visão integrada é importante para propor ações de mitigação e adaptação às mudanças do clima. Nesse sentido, a comunidade científica vem tratando as questões relativas a mudanças climáticas no Semiárido brasileiro integrando os temas diversificação biológica e desertificação. Assim, diversas ações de pesquisa têm sido realizadas visando o desenvolvimento sustentável da região frente às mudanças climáticas, ao processo de desertificação e valorização e preservação da biodiversidade.

Em relação às mudanças climáticas, pode-se verificar que as ações de pesquisa visam adaptação e mitigação.

As ações de adaptação referem-se, segundo a Política Nacional de Mudanças do Clima (Brasil, 2008), ao 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. Segundo o quinto relatório sobre mudança do clima (IPCC, 2014) as ações de adaptação são específicas para um determinado local e contexto, não existindo uma abordagem única e genérica para reduzir os riscos em todas as situações. Desse modo, enfatizando a necessidade de desenvolver ações adaptadas para cada país ou região específica.

O quinto relatório do IPCC (2014) destaca que na América Latina, as ações de adaptação baseada nos ecossistemas - incluindo áreas protegidas - envolvem contratos de conservação e gestão comunitária de áreas naturais. No setor agrícola foi evidenciado o desenvolvimento de variedades resistentes/tolerantes de culturas aos estresses hídrico, o aprimoramento das previsões climáticas e gestão integrada dos recursos hídricos.

Pode-se citar como exemplos de ações de adaptação para o Semiárido brasileiro as pesquisas com tecnologias de captação de água, uso eficiente da água na irrigação, conservação da umidade do solo por meio do uso de cobertura morta, melhoramento genético com a seleção de materiais resistentes à seca e às altas temperaturas, sistemas de cultivos múltiplos ou policultivos, uso da diversidade genética local, entre outros (Freitas, 2009; Bastos et al., 2011; Benko-Iseppon et al., 2011; Queiroz, 2011; Ventura et al., 2011; Brito et al., 2012; Cesano et al., 2012; Burney et al., 2014; Oliveira et al., 2015).

Em relação à questão hídrica no Semiárido brasileiro, destacam-se as técnicas de manejo para

aumentar a eficiência de uso da água, como o uso de barragens subterrâneas, irrigação de salvação, irrigação por gotejamento, associado também à adubação orgânica, como medida de adaptação (Brito et al., 2012; Cesano et al., 2012). Brito et al. (2012), por meio da utilização integrada de tecnologias, verificaram que o uso de variedades precoces associado à irrigação de salvação e à adubação orgânica proporcionaram produtividade satisfatória para o cultivo de feijão-caupi e milho no semiárido. Outra técnica que tem contribuído é o uso de cobertura morta, proporcionando aumento na capacidade de infiltração da água no solo e reduzindo as perdas por evaporação (Lyra et al., 2010). Cysne et al. (2012) propõem o uso da vegetação espontânea como uma alternativa de cobertura morta no semiárido e que pode contribuir para aumentar a eficiência do uso da água.

Diferentes estratégias adaptativas deverão ser implementadas para superar os impactos negativos às mudanças climáticas sob os sistemas agrícolas vigentes. No caso do monocultivo, medidas temporárias como alteração na data de plantio, introdução de novas cultivares e uso de irrigação poderão contribuir (Matthews et al., 2013). Por outro lado, Nicholls et al. (2015) enfatizam que outras ações, como a diversificação de cultivos e a heterogeneidade na escala da paisagem poderão auxiliar de maneira efetiva para o aumento da resiliência da produção agrícola. Os autores também reforçam que o aumento da resiliência dos agroecossistemas só será possível por meio da divulgação do conhecimento.

Atualmente, a preocupação com a conservação e uso dos recursos genéticos como medida de adaptação é mundial. Estudos desenvolvidos no Continente Africano verificaram que países como Sudão, Nigéria e Camarões poderão contribuir significativamente na conservação e uso da diversidade genética, pois apresentam o clima atual análogo ao clima futuro de outros países do mesmo continente (Burke et al., 2009). O International Treaty on Plant Genetic Resource for Food and Agriculture (ITPGRFA) é um exemplo do desenvolvimento de mecanismos de colaboração internacional para a conservação e uso de recursos genéticos. No Brasil, uma ação semelhante está sendo desenvolvida no Norte de Minas Gerais. Por meio de projetos de pesquisa, gestão partilhada e uso de agrobiodiversidade pelas comunidades, tem sido identificada a diversidade de espécies cultivadas e nativas, tendo sido identificadas 59 variedades de mandioca e 55 variedades de feijão (FAO, 2015). Estes trabalhos contribuem de maneira significativa para aumentar a segurança alimentar das famílias que

vivem no Semiárido. Além disso, estes estudos são de fundamental importância, não só para esta região, mas também para as demais regiões do País, visto que, em cenários climáticos futuros, a temperatura de outros Estados e/ou municípios poderá ser semelhante ao que ocorre atualmente no Semiárido. Assim, o desenvolvimento de modelos produtivos poderão ter sua base genética e adaptativa no Semiárido.

Apesar do grande esforço das diversas instituições de ensino e pesquisa, a busca de conhecimento continuará sendo um grande desafio mundial às ações de adaptação às mudanças climáticas. Isto porque ainda existem lacunas de conhecimentos que precisarão ser preenchidas. Thornton et al. (2009) verificaram dois pontos importantes que geram o impedimento para o desenvolvimento de ações de adaptação às mudanças climáticas: a falta de dados climáticos e os problemas associados com ela; e ainda a escassez de cientistas ligados à área. No Brasil e, principalmente, na região Semiárida, ainda são escassos os trabalhos científicos, em especial os de observação de longo prazo, que considerem os impactos tanto das atividades agropecuárias sobre a emissão de gases causadores do efeito estufa quanto os efeitos das mudanças climáticas sobre o ambiente. Também pouco se sabe sobre os impactos das estratégias de adaptação às mudanças climáticas na região. Esse cenário pode, assim como levantado por Thornton et al. (2009), dificultar ou atrasar a proposição de políticas públicas de incentivo à adoção de tecnologias de adaptação. Além disso, a capacidade adaptativa dos indivíduos e dos sistemas sociais diferem em uma escala local e estão diretamente ligados aos indicadores socioeconômicos.

As ações de mitigação dizem respeito à redução de emissões de gases de efeito estufa associada ao sequestro de carbono no sistema solo-planta. Entre os exemplos de pesquisas realizadas nesta linha na região destacam-se os estudos de recuperação de pastagens degradadas, integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), integração pecuária-floresta (iPF), integração lavoura-pecuária (iLP), desempenho de cultivos inoculados com estirpes de rizóbios eficientes na fixação biológica de nitrogênio entre outros (Aguiar et al., 2006; Giongo et al., 2011; Marinho et al., 2014).

Os estudos relacionados à recuperação de pastagens e a implantação de sistemas integrados (iLPF, iPF e iLP) se destacam devido ao fato do Semiárido brasileiro apresentar 14 milhões de hectares de pastagens nativas e 10 milhões de hectares de pastagens plantadas (IBGE, 2006; Castro, 2012), sendo que estas áreas apresentam

diferentes níveis de degradação e núcleos de desertificação.

Os arranjos regionais de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta adotados para o Semiárido brasileiro contemplam a integração de caprinos e ovinos em pomares comerciais de espécies arbóreas permanentes e em sistemas para a agricultura dependente de chuva, as áreas com introdução ou a manutenção do componente arbóreo (nativo ou exótico) em pastagens cultivadas adaptadas ao Semiárido e sistemas com uso de palma forrageira, milho, gramíneas e leguminosas forrageiras adaptadas (Balbino et al., 2011).

Com o objetivo de garantir e diversificar a produção e aumentar a produtividade, Araújo Filho (2006) implementou o uso de sistemas agrossilvipastoris por meio da integração de espécies arbóreas (nativas ou exóticas) com culturas adaptadas à região semiárida, como a mandioca, o sorgo e o feijão caupi. Como efeito adicional, Aguiar et al. (2006) verificaram que o sistema agrossilvipastoril diminuiu a perda de solo, água e nutrientes, conseqüentemente o processo erosivo.

Sacramento et al. (2013) demonstraram a eficiência dos sistemas integrados em acumular carbono em um Luvisso Crômico órtico típico, na cidade de Sobral-CE. Os autores observaram que os estoques de C do solo, na camada de 0-40 cm, após 13 anos foram maiores nos sistemas agrícolas agrofloretais silvipastoril ( $97,59 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) e no sistema agrossilvipastoril ( $71,64 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) quando comparados ao cultivo tradicional (com derrubada da vegetação, queima e cultivo por dois-três anos) ( $68,16 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Entretanto, todos os sistemas propostos apresentaram estoques de carbono menores quando comparados à vegetação remanescente de Caatinga ( $134,65 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Em sistemas integrados é importante destacar que quantificações das mudanças ocorridas em algumas variáveis no solo, como carbono orgânico total, são menos perceptíveis num prazo inferior a 10 anos (Barreto e Fernandes, 2001; Mendonça et al., 2001; Leite et al., 2014). Os sistemas integrados tornam-se alternativas viáveis de produção para recuperação de áreas degradadas e mitigação às mudanças climáticas pois permitem reduzir as perdas de carbono como GEE e aumentar o estoque deste elemento no solo. A integração de pastagens com árvores e ou com lavouras em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área oportunizam a preservação e promoção da diversidade biológica bem como mitigação dos processos de degradação, como a própria desertificação.

Algumas tecnologias podem atuar como

ação de adaptação como mitigação às mudanças climáticas, um exemplo é a Fixação Biológica do Nitrogênio, que tem contribuído para o aumento da produção agrícola e da fertilidade dos solos do semiárido (Freitas et al., 2011; Freitas et al., 2012; Ferreira et al., 2013; Marinho et al., 2014). Além disso, diversos estudos têm avaliado a diversidade de rizóbios nativos em solos do semiárido para a seleção de estirpes eficientes para inoculação em cultivos (Fernandes Júnior et al., 2012; Martins et al. 2015). A interação entre ações de adaptação, mitigação e desenvolvimento sustentável são fundamentais para construção de caminhos resilientes aos cenários propostos de mudança de clima.

#### Oportunidades para o Desenvolvimento do Semiárido: Economia Verde e Pagamentos por Serviços Ambientais

O Semiárido, por suas condições edafoclimáticas e diante das perspectivas divulgadas para os cenários futuros, é a região brasileira mais vulnerável aos impactos provocados pelas mudanças climáticas e à desertificação. As estratégias de adaptação às mudanças climáticas para o setor agropecuário incluem opções tecnológicas (culturas mais tolerantes à seca, por exemplo), comportamentais (mudanças nos hábitos alimentares), administrativas (práticas de manejo na propriedade) e políticas (planejamento e infraestrutura) (Thornton et al., 2009).

O relatório final da Rio+20 (“O futuro que queremos”) considera urgente a adoção de ações voltadas para o desenvolvimento sustentável, tendo em vista a viabilidade econômica, social e ambiental. Dessa forma, a economia verde é um meio para que o desenvolvimento sustentável seja obtido e deve contribuir para a erradicação da pobreza, segurança alimentar, gerenciamento de recursos hídricos, dentre outros, melhorando a resistência e a preparação para desastres e promovendo o crescimento sustentado, inclusivo e igualitário. A economia verde *"resulta em melhoria do bem-estar humano e equidade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente os riscos ambientais e a escassez ecológica"* (UNEP 2011, p. 16).

No contexto da economia verde, pode-se falar também em serviços ambientais, termo que define o *"conjunto de processos naturais dos ecossistemas capazes de assegurar a ocorrência da vida no planeta e as condições para as atividades produtivas. O trabalho é realizado pelos ecossistemas, mas a atuação do ser humano para mantê-los ou restaurá-los é considerada parte da tarefa"* (SENADO, 2015).

Atualmente, o desenvolvimento de atividades econômicas, ambiental e socialmente sustentáveis é uma preocupação das políticas públicas que visam integrar o agronegócio com as necessidades socioambientais (Sambuichi et al., 2014). A integração das políticas de desenvolvimento agropecuário e ambiental tem como principais instrumentos operacionais os mecanismos de comando e controle, representados no Brasil pelo Código Florestal e licenciamento ambiental, e os incentivos econômicos, que podem ser tributos, subsídios, pagamentos por serviços ambientais e compras governamentais (Sambuichi et al., 2014).

No âmbito do novo código florestal brasileiro, a implementação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) é um instrumento de adequação ambiental que tem como finalidade constituir um banco de dados que servirá de base para o desenvolvimento de políticas públicas e para o planejamento ambiental e econômico (Savian et al. 2014). Ainda de acordo com Savian et al. (2014) a implantação do CAR pode ser vista como uma oportunidade, já que favorecerá o desenvolvimento de atividades econômicas, como a produção de sementes e mudas, o plantio e manejo florestal e o aumento da competitividade da produção rural nos mercados externos, cuja exigência pela certificação ambiental e origem dos produtos é cada vez maior. Outro benefício da implementação do CAR será a melhoria de políticas ambientais, principalmente no que tange à conectividade das áreas de reserva legal e à formação de corredores ecológicos (Savian et al., 2014). Segundo o Serviço Florestal Brasileiro (2015), em 2015, o Governo Federal lançou um edital para viabilizar o cadastro de pequenas propriedades rurais de nove estados do Semiárido Brasileiro. Os Estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte apresentam baixa adesão ao CAR e ainda não atingiram 10% da área a ser cadastrada. Esta iniciativa contribuirá de maneira significativa para a produção sustentável no Semiárido.

Se por um lado o meio ambiente é uma das variáveis do desenvolvimento econômico, como apresentado por Mattos e Hercowitz (2011), por outro lado as discussões acerca do desenvolvimento não podem estar dissociadas das preocupações com relação às mudanças climáticas globais (Thornton et al., 2009). É importante destacar que promover o desenvolvimento sustentável, contemplando os conceitos da economia verde, em áreas economicamente pobres, ambientalmente degradadas podendo incluir processos de desertificação e com restrições hídricas é particularmente desafiador.

Para o Semiárido brasileiro é necessário fortalecer as ações em andamento e buscar soluções inovadoras para reduzir os impactos e riscos inerentes às mudanças climáticas, criar oportunidades na economia de baixo carbono e promover a inclusão social.

Como um modelo de ação nessa perspectiva de desenvolvimento sustentável e economia verde, pode-se citar o projeto “Policultura no Semiárido Brasileiro”. Segundo Ventura e Andrade (2011), este projeto, desenvolvido pelo Instituto de Permacultura da Bahia, objetivou, por meio da utilização de tecnologias simples e que contemplaram o conhecimento popular e de técnicos, contribuir para o Desenvolvimento Humano (DH) de 65 comunidades rurais, localizadas em quatro municípios do semiárido do Estado da Bahia. Nessas áreas, foram instalados sistemas agroecológicos de policultivos que variaram de 1.000 m<sup>2</sup> à 10.000m<sup>2</sup>. Os autores destacaram que na tentativa de montar sistemas análogos aos nativos do Bioma Caatinga, foram cultivadas na região plantas de ciclos curto, como feijão e rúcula; ciclo médio a exemplo dos cultivos de milho e girassol e ciclo longo, contemplando mamona, plantas arbóreas como algodão mocó e rasteiras como abóbora, batata-doce, feijão de corda, melancia e maxixe. Foi possível, segundo Ventura e Andrade (2011) desenvolver nas comunidades locais formas de adaptação à realidade climática, com menor emissão de Gases do Efeito Estufa, e também melhorias nas condições de vida no semiárido. “A diversidade dos plantios existente permite que cada uma das plantações gere frutos em determinado período do ano, independentemente do período das chuvas. Os agricultores relatam que, mesmo no período de estiagem, enquanto os campos tradicionais de cultura no semiárido ficam secos, os campos de policultura, a partir do segundo ano, permanecem verdes e produtivos. Desta forma, além de garantir a segurança alimentar da família, o agricultor consegue vender o excedente, durante todo o ano” (Ventura e Andrade, 2011).

Diante de uma dificuldade e da perspectiva de um abrir um nicho aproveitando as potencialidades existentes, foi desenvolvido cultivo agroecológico do Algodão. Segundo Beltrão et al. (2009), o algodão agroecológico pode ser produzido em sistemas sustentáveis, mediante o manejo e a proteção dos recursos naturais, destacando-se como condições favoráveis as características edafoclimáticas e a agricultura de base familiar que já cultiva áreas diversificadas e possui mão de obra. O cultivo do algodão agroecológico é uma opção que pode ser

inserida na diversificação de cultivos na perspectiva da economia verde, baseado nas pesquisas acumuladas associada às experiências dos agricultores.

Além da economia verde, a implantação de programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) permite que se reconheçam e incentivem financeiramente (e também de outras formas) os provedores de serviços ambientais, garantindo a conservação dos ecossistemas (Pagiola et al., 2013; WWF-Brasil, 2014). Pagiola et al. (2013) consideram que a melhor definição de PSA foi dada por Wunder (2005): “uma transação voluntária na qual um serviço ambiental bem definido, fornecido por pelo menos um provedor, é adquirido por pelo menos um comprador, se, e apenas se, o provedor do serviço assegura a provisão de tal serviço”.

Do ponto de vista das comunidades rurais, o desenvolvimento de programas de PSA devem considerar as relações entre as necessidades básicas dos produtores, a renda obtida pela venda de produtos e a busca de alternativas relacionadas ao fornecimento de serviços ambientais (Rosa et al., 2004). No contexto do semiárido brasileiro, a questão econômica assume uma importância estratégica na geração de renda que somada às políticas públicas vigentes, auxiliariam ao desenvolvimento desta região, a mais frágil do país. Desta maneira, o desenvolvimento ambiental estará ligado ao desenvolvimento econômico e social.

Novaes (2014) destaca que a maioria dos programas de PSA brasileiros incentiva o uso de sistemas agroflorestais como estratégia para recuperação de áreas degradadas e manejo conservacionista do solo. Destacam-se como iniciativas de Pagamentos por Serviços Ambientais a conservação do solo, o saneamento ambiental, a implantação e conservação de florestas, de áreas de proteção permanente e de reserva legal, a conservação de recursos hídricos, a preservação e proteção da biodiversidade, a redução das emissões de gases de efeito estufa e sequestro de carbono, a preservação de matas nativas e a proteção de áreas de mananciais (Hercowitz et al., 2011; Novaes, 2014; ANA, 2015).

O projeto *Conservador de Águas* implantado em sete bacias hidrográficas do município de Extrema - MG é uma iniciativa de Pagamento por Serviços Ambientais que visa aumentar a cobertura vegetal nas sub-bacias hidrográficas e implantar micro-corredores ecológicos, reduzindo os níveis de poluição no meio rural e difundindo o conceito de manejo integrado da vegetação, solo e água. Os

beneficiários são voluntários e os pagamentos são baseados no cumprimento das metas pré-estabelecidas e realizadas durante e após a implantação do projeto (ANA, 2015). Ainda em Minas Gerais, agricultores familiares e pequenos produtores rurais participam do programa Bolsa Verde que tem como objetivo apoiar a conservação da cobertura vegetal nativa no Estado, mediante o pagamento por serviços ambientais aos proprietários e posseiros que já preservam ou que se comprometem a recuperar a vegetação nativa em suas propriedades. O incentivo financeiro é proporcional à dimensão da área preservada. Os incentivos apresentam duas modalidades: manutenção, que é uma remuneração pelos serviços prestados, e recuperação, na qual os agricultores recebem recursos financeiros e insumos para restauração, recomposição e recuperação das áreas nativas. O Projeto Ecocrédito, desenvolvido para produtores rurais, no município de Montes Claros – MG incentiva a proteção da biodiversidade por meio da delimitação de áreas de proteção ambiental dentro das propriedades e o crédito disponibilizado pode ser utilizado pelo produtor para pagamento de tributos municipais (Novaes, 2014).

Projeto semelhante, denominado *Produtores de Água*, prevê a compensação financeira a produtores rurais que conservam a mata nativa nas margens de estradas, rios e córregos, contribuindo para a infiltração de água no solo e para o combate à erosão e ao assoreamento no Espírito Santo. O valor do pagamento é definido mediante avaliação técnica da propriedade, considerando a qualidade da mata nativa e a declividade do terreno (ANA, 2015). O ICMS Ecológico que beneficia municípios com áreas protegidas e mananciais de abastecimento público em todo Brasil permitiu que as áreas conservadas passassem a ser geradoras de recursos para os municípios, também é uma iniciativa de PSA (Hercowitz et al., 2011). No Semiárido, diversos estudos apontam a necessidade de adoção de práticas conservacionistas para as diferentes bacias hidrográficas presentes na região (Araújo et al., 2009; Silva e Santo, 2009; Silva Jr et al., 2011). Assim, a adoção de projetos semelhantes como os citados acima serão de grande importância para o desenvolvimento sustentável, proporcionando uma oportunidade de aumentar a capacidade adaptativa da sociedade e da economia regional. O Plano Safra 2013/2014, por meio da implantação da Bolsa Verde no Semiárido, poderá ser uma destas iniciativas. A Bolsa Verde pretende atender cerca de 5,9 mil famílias, priorizando projetos

para o manejo sustentável da Caatinga (Brasil, 2013).

Para o Semiárido, cuja vegetação predominante é a Caatinga, sistemas integrados contemplando a pecuária e a preservação da biodiversidade do Bioma são temas importantes. Em relação à preservação da biodiversidade, é importante destacar que a conservação da Caatinga está associada à mitigação do processo de desertificação em áreas sob vegetação nativa da Caatinga. O agravamento da questão da desertificação ocorre também pelo fato da Caatinga ser responsável por fornecer 80% da demanda de lenha e carvão do Nordeste brasileiro, enquanto os 20% provêm de área de manejo florestal das áreas nativa e uma pequena parcela de florestas plantadas, incluindo a poda de frutíferas como cajueiro e a exploração da algarobeira (Riegelhaupt e Pareyn, 2010).

Nesse sentido, o manejo florestal e as fontes energéticas que substituem o uso de Biomassa nativa destacam-se como exemplos de preservação do Bioma visando o desenvolvimento econômico, ambiental e social. Em relação ao manejo florestal e baseado nos dados do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO, 2007), Riegelhaupt e Pareyn (2010) afirmam que no Bioma Caatinga há 6,3 milhões de hectares que podem ser incluídos num plano de manejo sustentável, com a capacidade de produzir 13,5 milhões de tMS/ano, o que representa o dobro da demanda levantada pelos mesmos autores, destacando ainda que “*Valores culturais próprios da Caatinga e seus habitantes são conservados nas áreas manejadas, assim como os múltiplos serviços ambientais da floresta nativa* (Riegelhaupt e Pareyn, 2010). O manejo florestal, segundo Pareyn (2010), devido à geração de renda direta obtida pela venda da produção florestal e o desenvolvimento de outras atividades produtivas, como por exemplo a apicultura, pode contribuir para a redução da pobreza, dos processos de degradação e dos riscos de desertificação. Além disso, promove a viabilidade das propriedades rurais e a manutenção do homem no campo. Nesta perspectiva, é importante considerar que “*Diante da crescente demanda global por energia renovável, a capacidade do manejo florestal da Caatinga para fornecer combustíveis lignocelulósicos e carvão vegetal com sustentabilidade, com mínimos investimentos, reduzidos efeitos nocivos para o meio ambiente e contribuindo para a conservação da biodiversidade, deve ser considerada como uma vantagem competitiva e uma sólida base para o*

*desenvolvimento da Região Nordeste*”(Riegelhaupt et al., 2010).

Segundo United States Energy Information Administration (EIA, 2014), a instabilidade do preço do petróleo, a dependência de fontes estrangeiras de energia e as questões ambientais às emissões de gases de efeito estufa são alguns dos fatores que contribuem para o aumento do consumo de fontes renováveis de energia, apresentando um crescimento de 3% ao ano. No Brasil, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2014), o consumo total de energia cresceu mais de 30% num período de 10 anos, passando de 215.498 toneladas equivalentes de petróleo (tep) no ano de 2004 para 282.560 tep no ano de 2013. Embora a matriz energética Brasileira seja bastante sustentável quando comparada a matriz mundial, a alta dependência da energia hidroelétrica associada às estiagens que vem ocorrendo, leva a busca de outras fontes alternativas sustentáveis.

A sustentabilidade da matriz energética do Nordeste brasileiro poderia ser promovida por meio da utilização de fontes de biomassa renováveis em substituição aos combustíveis fósseis e do extrativismo ilegal de madeira da Caatinga. Neste contexto, Lima Junior et al. (2014), estimaram o potencial de aproveitamento energético das principais fontes de biomassa na região Nordeste. Neste estudo, os autores verificaram que etanol, bagaço e vinhaça de cana-de-açúcar, lenha da caatinga sob manejo sustentável, a fração orgânica de resíduos sólidos urbanos, esterco de bovinos, suínos, caprinos e aves, casca de arroz, resíduos da silvicultura e culturas oleaginosas como amendoim, babaçu, coco-da-baía, dendê, girassol, mamona, soja produzem 119,5 milhões de toneladas de biomassa, capaz de produzir 55.000 GWh por ano, o que corresponde a quase totalidade dos 60.297 GWh gerados no Nordeste em 2013 (Operador Nacional do Sistema Elétrico, 2014).

A implementação de projetos de PSA na região Nordeste do Brasil, através de várias ferramentas de implantação, pode ser considerada uma estratégia tecnológica, administrativa e até mesmo política para minimizar os efeitos das mudanças climáticas sobre a região, ao mesmo tempo em que pode contribuir para o desenvolvimento agropecuário, ambiental e social.

O incentivo para o desenvolvimento de programas de PSA no Semiárido brasileiro deve ser feito por instituições governamentais, no âmbito nacional, estadual ou municipal, devendo ser adotado como política pública para garantir o êxito do desenvolvimento sustentável da região. Assim, a recomposição de áreas de vegetação

nativa nas margens de rios, tanto temporários quanto permanentes; incentivo à implantação de sistemas silvipastoris que contemplem a recuperação de pastagens plantadas e o manejo adequado de áreas de Caatinga pastejadas poderiam ser áreas de atuação contempladas em futuros programas de PSA na região.

### Conclusões

A sustentabilidade do desenvolvimento do Semiárido brasileiro está fortemente relacionada à capacidade de resposta às oportunidades e aos desafios associados às mudanças do clima. Portanto, é necessário fortalecer as instituições e grupos de pesquisa que trabalham na área para que sejam capazes de responder as demandas de pesquisa. Diante disto, o incentivo a fóruns de discussão é uma estratégia importante para reunir e divulgar os conhecimentos científicos que orientem as futuras ações de pesquisa e desenvolvimento relacionadas às ações de adaptação e mitigação das mudanças climáticas no Semiárido brasileiro. A construção de caminhos resilientes visando o uso sustentável dos recursos naturais poderão reduzir os processos de degradação ambiental e melhorar a qualidade de vida para o Semiárido. As diferentes ações de adaptação e mitigação apresentam forte sinergia e complementariedade e poderão reduzir a intensidade e os impactos das mudanças climáticas. O desenvolvimento de atividades econômicas, ambiental e socialmente sustentáveis por meio do uso racional e eficiente dos recursos naturais será imperativo para a proposição de políticas públicas.

### Referências

- Aguiar, M.I., Maia, S.M.F., Oliveira, T.S., Mendonça, E.S., Araujo Filho, J.A., 2006. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE. *Revista Ciência Agronômica* 37, 270-278.
- ANA. Agência Nacional de Águas, 2015. Programa Produtor de Água. Disponível: <http://produtordeagua.ana.gov.br/Principal.aspx> Acesso: 26 abr. 2015.
- Angelotti, F., Fernandes Junior, P.I., Sa, I.B., 2011. Mudanças climáticas no Semiárido brasileiro: medidas de mitigação e adaptação. *Revista Brasileira de Geografia Física* 4, 1097-1111.
- Araújo Filho, J.A., 2006. Manipulação da vegetação nativa da Caatinga com fins pastoris, in: Teller de Metodologias “Manejo de la vegetación nativa para la producción de ruminantes menores em las zonas áridas de

- Latino América”. EMBRAPA/ICARD, Fortaleza, pp.12.
- Araújo, L.E., Santos, M.J., Duarte, S.M., Oliveira, E.M., 2009. Impactos ambientais em bacias hidrográficas – caso da bacia do rio Paraíba. *Tecno-lógica* 13, 109-115.
- Balbino, L.C., Cordeiro, L.A.M., Porfirio-da-Silva, V., Moraes, A., Martínez, G.B., Alvarenga, R.C., Kichel, A.N., Fontaneli, R.S., Santos, H.P., Franchini, J.C., Galerani, P.R., 2011. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46, 1-11.
- Barreto, A.C., Fernandes, M.F., 2001. Cultivo de *Gliricidia* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36, 1287-1293.
- Bastos, E.A., Nascimento, S.P., Silva, E.M., Freire Filho, R.F., Gomide, R.L., 2011. Identification of cowpea genotypes for drought tolerance. *Revista Ciência Agrônômica* 42, 100-107.
- Beltrão, N.E.deM., Silva, C.A.D., Bastos, C.S., Suinaga, F.A., Ariele, N.H.C., Ramalho, F.deS., 2009. Algodão Agroecológico: opção de agronegócio para o Semi-árido do Brasil. *Embrapa Algodão*, Campina Grande.
- Benko-Iseppon, A.M., Soares-Cavalcanti, N.M., Belarmino, L.C., Bezerra Neto, J.P., Amorim, L. L.B., Ferreira Neto, J.R.C., Pandolfi, V., Azevedo, H.M.A., Silva, R.L.O., Santos, M.G., Alves, M. V., Kido E.A., 2011. Prospecção de Genes de Resistência à Seca e à Salinidade em Plantas Nativas e Cultivadas. *Revista Brasileira de Geografia Física* 6, 1112-1134.
- Brasil, 2008. Decreto nº 6.263, de 21 de novembro de 2007.
- Brasil, 2013. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Plano safra: Semiárido 2013/2014. Brasília.
- Brito, L.T.deL., Cavalcanti, N.deB., Silva, A.deS., Pereira, L.A., 2012. Produtividade de água de chuva em culturas de subsistência no semiárido pernambucano. *Engenharia Agrícola* 32, 102-109.
- Burke, M.B., Lobell, D.B., Guarino, L., 2009. Shifts in African crop climates by 2050, and the implications for crop improvement and genetic resources conservation. *Global Environmental Change* 19, 317-325.
- Burney, J., Cesano, D., Russell, J., La Rovere, E.L., Corral, T., Coelho, N. S., Santos, L., 2014. Climate change adaptation strategies for smallholder farmers in the Brazilian Sertão. *Climatic Change* 126, 45-59.
- Castro, C.N.de, 2012. A Agricultura no Nordeste Brasileiro. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Rio de Janeiro.
- Cesano, D., Rovere, E.L.L., Martin, O., Corral, T., Santos, L., Coelho, N.S., Neves, C.G., 2011. 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* 6, 1336-1350.
- Cysne, J.R.B., Pinto, C.M., Pinto, O.R.O., Pitombeira, J.B., 2012. Influência da cobertura morta na produtividade de milho e feijão-caupi em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável* 2, 92-102.
- EIA. United States Energy Information Administration, 2014. International Energy Outlook. Disponível: <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/index.cfm>. Acesso: 15 out. 2015.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética, 2014. Balanço energético nacional 2014: ano base 2013. EPE, Rio de Janeiro.
- FAO. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2015. Tratado sobre Recursos Fitogenéticos para Alimentação e Agricultura, 2015. Disponível: <http://www.planttreaty.org/>. Acesso: 30 set. 2015.
- Fernandes Júnior, P.I., Silva Júnior, E.B., Silva Júnior, S., Santos, C.E.R.S., Oliveira, P.J., Rumjanek, N.G., Martins, L.M.V., Xavier, G.R., 2012. Performance of polymer compositions as carrier to cowpea rhizobial inoculant formulations: survival of rhizobia in pre-inoculated seeds and field efficiency. *African Journal of Biotechnology* 11, 2945-2951.
- Ferreira, L.deV.M., Nóbrega, R.S.A., Nóbrega, J.C.A.; Aguiar, F.L.de, Moreira, F.M.deS., Pacheco, L.P., 2013. Biological nitrogen fixation in production of *Vigna unguiculata* (L.) Walp, family farming in Piauí, Brazil. *Journal of Agricultural Science* 5, 153-160.
- Freitas, A.D.S., Silva, T.O., Menezes, R.S.C., Sampaio, E.V.S.B., Araújo, E.R., Fraga, V.S., 2011. Nodulação e fixação de nitrogênio por forrageiras da caatinga cultivadas em solos do semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40, 1856-1861.
- Freitas, A.D.S., Silva, A.F., Sampaio, E.V.S.B., 2012. Yield and biological nitrogen fixation

- of cowpea varieties in the semi-arid region of Brazil. *Biomass and Bioenergy* 45, 109-114.
- Freitas, P.H., 2009. 'Um novo olhar do Sertão: avaliação participativa do projeto policultura no Semiárido'. *Revista Brasileira de Agroecologia* 4, 2592-2595.
- Giongo, V., Mendes, A.M.S., Cunha, T.J.F., Galvão, S. R.S., 2011. Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização no Semiárido brasileiro. *Revista Ciência Agrônômica* 42, 611-618.
- Hercowitz, M., Mattos, L., Souza, R.P., 2011. Estudos de caso sobre serviços ambientais, in: Mattos, L., Hercowitz, M. (Orgs.), *Economia do Meio Ambiente e Serviços Ambientais: estudo aplicado à agricultura familiar, às populações tradicionais e aos povos indígenas*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, pp. 163-294.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006. Produção da pecuária municipal 2005. Disponível: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.html>. Acesso: 01 out. 2015.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Genebra.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013. Summary for Policymakers, in: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stoker, T.F., D.Qin, G-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- Leite, L.F.C., Iwata, B.deF., Araújo, A.S.F., 2014. Soil organic matter pools in a tropical savanna under agroforestry system in Northeastern Brazil. *Revista Árvore* 38, 711-723.
- Lima Júnior, C., Sampaio, E.V.S.B., Lima, R.F.A., Menezes, R.S.C., 2014. Potencial de aproveitamento energético de fontes de biomassa no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 07, 207-221.
- Lyra, G.B., Souza, J.L., Teodoro, I, Moura Filho, G., Araújo Júnior, R.F., 2010. Conteúdo de água no solo em cultivo de milho sem e com cobertura morta na entrelinha na região de Arapiraca-AL. *Irriga* 15, 173-183.
- 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., 2014. Field performance of new cowpea cultivars inoculated with efficient nitrogen-fixing rhizobial strains in the Brazilian Semi-arid. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 49, 395-402.
- Martins, P.G.S., Lira Jr, M.A., Bastos, M.L.R., Vicentin, R.P., Lyra, M.C.C.P., Fracetto, G.G.M., 2015. *Mimosa caesalpiniiifolia* rhizobial isolates from different origins of the Brazilian Northeast. *Archives of Microbiology* 197, 459-469.
- Matthews, B., Rivington, M., Muhammed, S., Newton, A. C., Hallett, P.D, 2013. Adapting crops and cropping systems to future climates to ensure food security: the role of crop modelling. *Global Food Security* 2, 24-28
- Mattos, L., Hercowitz, M., 2011 *Economia do Meio Ambiente e Serviços Ambientais: estudo aplicado à agricultura familiar, às populações tradicionais e aos povos indígenas*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília.
- Mendonça, E.S., Leite, L.F.C., Ferreira Neto, P.S., 2001. Cultivo do café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. *Revista Árvore* 25, 375-383.
- Nicholls, C.I, Altieri, M.A., Salazar, A.H., Lana, M.A., 2015. Agroecologia e o desenho de sistemas agrícolas resilientes às mudanças climáticas. *Revista Agriculturas: experiências em agroecologia* 2, 1-36.
- Novaes, R.M.L., 2014. Monitoramento em programas e políticas de pagamentos por serviços ambientais em atividade no Brasil. *Estudos Sociedade e Agricultura* 22, 408-431.
- Oliveira, E.J., Aidar, S.T., Morgante, C.V., Chaves, A.R.M., Cruz, J.L., Coelho Filho, M.A., 2015. Genetic parameters for drought tolerance in cassava. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 50, 233-241.

- Operador Nacional do Sistema Elétrico, 2014. Geração de energia. Disponível: [http://www.ons.org.br/historico/geracao\\_energia.aspx](http://www.ons.org.br/historico/geracao_energia.aspx). Acesso: 01 out. 2015.
- Pagiola, S., Glehn, H. C., Taffarello, D., 2013. Brazil's Experience with Payments for Environmental Services. Latin America and Caribbean Sustainable Development Department, World Bank, Washington.
- Pareyn, F.G.C.A., 2010. A importância da produção não-madeira na Caatinga, in: Gariglio, M.A., Sampaio, E.V.deS.B., Cestaro, L.A., Kageyama, P.Y. (Orgs.), *Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga*. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília, pp.131-144.
- PROBIO. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira, 2007. Subprojeto – Levantamento da Cobertura Vegetal e do Uso do solo do Bioma Caatinga. Disponível: [http://mapas.mma.gov.br/geodados/brasil/vegetacao/vegetacao2002/caatinga/documentos/reatorio\\_final.pdf](http://mapas.mma.gov.br/geodados/brasil/vegetacao/vegetacao2002/caatinga/documentos/reatorio_final.pdf). Acesso: 01 out. 2015.
- Queiroz, M.A., 2011. Recursos Genéticos Vegetais da Caatinga para o Desenvolvimento do Semiárido Brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física* 6, 1135-1150.
- Riegelhaupt, E.M., Pareyn, F.G.C.A., 2010. Questão energética e o manejo florestal da caatinga, in: Sampaio, E.V.deS.B., Cestaro, L.A., Kageyama, P.Y. (Orgs.), *Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga*. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília, pp. 65-75.
- Riegelhaupt, E.M., Pareyn, F.G.C.A., Bacalini, P., 2010. Manejo florestal da Caatinga: Resultados da experimentação, in: Sampaio, E.V.deS.B., Cestaro, L.A., Kageyama, P.Y. (Orgs.), *Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga*. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília, pp. 256-275.
- Rosa, H., Barry, D., Kandel, S., Dimas, L., 2004. Compensation for environmental services and rural communities: lessons from the Americas. *International Conference on Natural Assets*, Tagaytay.
- 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, p.: 784-795, 2013.
- Salazar, L.F., Nobre, C.A., Oyama, M.D., 2007. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South América. *Geophysical Research Letters* 34, 1-6.
- Sambuichi, R. H. R., Silva, A. P. M., Oliveira, M. A. C., Savian, M., 2014. Políticas agroambientais e sustentabilidade: desafios, oportunidades e lições aprendidas. IPEA, Brasília.
- Savian, M., Milhomens, A., Valesse, M. C., Cabral, P. G., 2014. Cadastro ambiental rural: experiências e potencialidades para a gestão agroambiental. In: Sambuichi, R. H. R., Silva, A. P. M., Oliveira, M. A. C., Savian, M. Políticas agroambientais e sustentabilidade: desafios, oportunidades e lições aprendidas. IPEA, Brasília, pp. 105-124
- SENADO, 2015. Novo código florestal, 2015. Disponível: <http://www12.senado.gov.br/codigoflorestal/informaticos/servicos-ambientais>. Acesso: 26 abr. 2015.
- Serviço Florestal Brasileiro, 2015. Disponível: <http://www.florestal.gov.br/>. Acesso: 09 out. 2015.
- Silva, M.N.B., Beltrão, N.E.M., Cardoso, G.D., 2005. Adubação do algodão BRS em sistema orgânico no Seridó Paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 9, 222- 228.
- Silva, R.M., Santos, C.A.G., 2009. Influência da cobertura vegetal nos processos hidrossedimentológicos no semiárido do Nordeste, Brasil. *Revista Perspectiva Geográfica* 4,113-125.
- Silva Jr, V.P., Montenegro, A.A.A., Silva, T.P.N., Guerra, S.M.S., Santos, E.S., 2011. Produção de água e sedimentos em bacia representativa do semiárido pernambucano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15,1073–1081.
- Thornton, P. K., Steeg, J. Van De, Notenbaert, A., Herrero, M., 2009. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems* 101, 113-127.
- UNEP. United Nations Environment Programme, 2011. *Towards a Green Economy: pathways to sustainable development and poverty eradication*.
- Ventura, A.C., Andrade, J.C.S., 2011. Policultura no semiárido brasileiro. *Field Actions Science Reports* [online] 3. Disponível: <http://factsreports.revues.org/2558>. Acesso: 30 jul. 2015.
- Ventura, A.C., Andrade, J.C.S., Almeida, A.C.A., 2011. Soluções locais para problemas globais: análise de possíveis contribuições das

tecnologias sociais para a mitigação do aquecimento. Revista Ciências Administrativas 17, 768-795.

Wunder, S., 2005. Payments for environmental services: some nuts and bolts. CIFOR,

Bogor. (CIFOR. Occasional Paper, 42).  
WWF-Brasil, 2014. Diretrizes para a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. WWF-Brasil, Brasília.