

PAPEL DO PLANO ABC E DO PLANAVEG NA ADAPTAÇÃO DA AGRICULTURA E DA PECUÁRIA ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

EDUARDO DELGADO ASSAD, LUIZ CLAUDIO COSTA, SUSIAN MARTINS, MIGUEL CALMON, RAFAEL FELTRAN-BARBIERI, MAURA CAMPANILI, CARLOS A. NOBRE

SUMÁRIO EXECUTIVO

Destaques

- **Este Working Paper apresenta práticas sustentáveis para a agropecuária brasileira**, de curto e longo prazos, que contribuem para a provisão e manutenção de serviços ecossistêmicos, restauração e conservação de biomas, sistemas produtivos de baixo carbono e mais resilientes e adaptados aos impactos das mudanças climáticas presentes e futuras.
- **Propõe uma matriz para ajudar investidores, agentes financeiros e empresas seguradoras nas avaliações de risco**, a qual mostra o potencial de resiliência e de adaptação às mudanças climáticas dos principais sistemas de produção e de restauração preconizados pelo Plano ABC e pelo Planaveg.
- **Estratégias de adaptação às mudanças climáticas na agropecuária trazem benefícios** financeiros diretos para os produtores rurais, econômicos, sociais e ambientais para a sociedade, e reduzem o risco de investidores, agentes financeiros e de empresas seguradoras.
- **É necessário aumentar significativamente o investimento e a adoção de modalidades indicadas no Plano ABC e de restauração de paisagens proposta no Planaveg**, visto sua importância no ordenamento territorial e adequação legal, e na diminuição da vulnerabilidade do produtor rural à variabilidade do clima e dos eventos climáticos extremos.

ÍNDICE

Sumário Executivo	1
Introdução	4
Impacto das mudanças climáticas na agropecuária	5
Serviços ecossistêmicos e adaptação baseada em ecossistemas	9
Enfrentando os impactos na agropecuária	10
Benefícios da adaptação – 1ª Parte: sistemas com árvores ..	12
Benefícios da adaptação – 2ª Parte: sistemas sem árvores ..	21
Benefícios econômicos e financeiros da adaptação da agropecuária	28
Matriz de impactos	34
Considerações Finais	38
Siglas.....	40
Glossário.....	40
Referências.....	41
Notas.....	46
Agradecimentos	47

Os Working Papers contêm pesquisas preliminares, análises, conclusões e recomendações. Eles são distribuídos para estimular discussões e comentários críticos e para influenciar o debate em curso sobre questões emergentes. A maioria dos Working Papers é eventualmente publicada de outra forma e seu conteúdo pode se revisar.

Citação sugerida: ASSAD, E. D. *et al.* Papel do Plano ABC e do Planaveg na adaptação da agricultura e da pecuária às mudanças climáticas. *Working Paper*. São Paulo, Brasil: WRI Brasil. Disponível online em: <https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes>



Por meio da:
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Contexto

O Brasil é líder global na produção agropecuária e pode se tornar o maior exportador de alimentos do mundo nos próximos anos.

Para isso, o país precisa estar preparado para enfrentar os impactos das mudanças climáticas. A participação dos países nos mercados agrícolas futuros dependerá, por um lado, de sua capacidade de planejar e adaptar seus sistemas agrícolas aos novos regimes climáticos e, por outro lado, do respeito a acordos internacionais assumidos de mitigação de emissões e proteção da biodiversidade. Sem um conjunto sólido de políticas e práticas que incentivem o desenvolvimento e a aplicação de técnicas resilientes, pode-se ter uma redução na produção e na produtividade e pode-se perder o acesso a mercados emergentes e a participação nos mercados já consolidados.

Espera-se uma redução de 17% da produtividade agrícola global até 2050, causada pelas mudanças climáticas em curso.

Estima-se que a variabilidade e os eventos extremos do clima no Brasil no período 1979-2008 expliquem as flutuações anuais de cerca de 0,8 tonelada de milho por hectare e sejam responsáveis por 25 a 38% e 26 a 34% da variabilidade da produção de arroz e soja, respectivamente. A agricultura é praticada principalmente em ambientes externos, sendo, por isso, particularmente sensível e suscetível às mudanças climáticas. Os principais impactos dessas mudanças são: alterações nos ritmos de ganho de biomassa vegetal e animal; modificação nos padrões fenológicos; diminuição da fertilidade animal e vegetal; e aumento da susceptibilidade a doenças. Isoladamente ou em conjunto, esses impactos causam diminuição da produção e da produtividade, restrição de oferta de alimentos e produtos primários, aumento de preços agrícolas e penalização de populações, especialmente as mais pobres e vulneráveis. Além disso, essas alterações podem ainda aumentar o risco e o custo do capital dos investidores e das agências, que investem ou fomentam o crédito agropecuário, e do prêmio das seguradoras.

A adaptação da agropecuária às mudanças climáticas pode ser vista como um processo para promover o uso de práticas de gestão baseadas em ecossistemas (soluções baseadas na natureza), que podem fornecer resultados positivos.

Em sistemas agrícolas, adaptar implica adotar práticas de manejo que aproveitem a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e os processos ecológicos de biomas naturais ou modificados, como base para ajudar a aumentar a capacidade das culturas e da pecuária de se adaptar às mudanças e às variações climáticas.

Tecnologias disponíveis no Brasil, como melhoramento genético de cultivares de plantas e de raças de animais, plantio direto na palha, fixação biológica de nitrogênio, sensores digitais para avaliação de solo e planta, zoneamento agrícola de risco climático, zoneamento agroecológico, entre outras, são imprescindíveis para a permanência do país no topo da produção agropecuária. O país tem conhecimento técnico robusto e experiências bem-sucedidas em escala comercial de sistemas produtivos de maior resiliência e produtividade. Quanto mais diversificado o sistema agrícola é, maior a sua função ecossistêmica e a sua resiliência. Sistemas integrados otimizam recursos, poupam terra e são menos susceptíveis a variações do clima; por isso geram também maior valor agregado. Embora sua adoção seja crescente, infelizmente ainda predominam os sistemas convencionais, cujos custos de produção contribuem para uma trajetória de estagnação real do PIB agropecuário, a despeito do significativo incremento na produção em função do aumento da produtividade e da expansão da área agrícola.

O Plano ABC foi estruturado em seis linhas:

recuperação de pastagens degradadas, sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e sistemas agroflorestais, fixação biológica de nitrogênio, sistema plantio direto, florestas plantadas e tratamento de dejetos animais, e uma ação específica de adaptação às mudanças do clima. **Essas ações possuem sinergia com as previstas no Planaveg,** que visam recuperar a vegetação nativa de pelo menos 12 milhões de hectares até 2030, em áreas de preservação permanente (APP), em áreas de Reserva Legal (RL) e em áreas degradadas com baixa aptidão agrícola.

O Plano ABC e o Planaveg são instrumentos fundamentais para potencializar as modalidades de adaptação da agropecuária, principalmente porque garantem a conservação da biodiversidade e protegem os polinizadores; mantêm a oferta e a qualidade da água; atenuam extremos climáticos, como secas e ondas de calor, principais responsáveis por quebras de produção; reduzem a ocorrência de desastres naturais, especialmente os riscos de inundação e de erosão do solo; mantêm o equilíbrio de ciclos biogeoquímicos; sequestram carbono no solo; proporcionam diversidade de produção e de renda para o produtor rural; e contribuem para maior resiliência dos sistemas produtivos às mudanças climáticas.

Esse potencial ainda é pouco percebido pelo setor agropecuário nacional. Atualmente, a implementação do Plano ABC está muito aquém de sua capacidade de financiamento. Menos de 1,4% do crédito rural disponibilizado pelo Plano

Agrícola e Pecuário (Plano Safra) tem sido utilizado no Plano ABC. Desses, mais da metade são investidos em atividades como plantio direto e recuperação de pastagens, para as quais já existem outras linhas disponíveis. Quanto às atividades específicas do Programa, o desempenho é marginal. A título de comparação, entre 2013 e 2018, o Plano ABC financiou R\$ 350 milhões para sistemas integrados, algo em torno de R\$ 39,00/ha/ano, contra, por exemplo, R\$ 613,00/ha/ano investidos na cultura de soja por outros programas. Para regularização ambiental, passo primordial para implantação do Planaveg, o Plano ABC financiou apenas R\$ 45 milhões em contratos para adequação e regularização ambiental, enquanto no mesmo período outros programas desembolsaram mais de R\$ 430 milhões em ações que contribuíram para a conversão de vegetação nativa. Foram praticamente dez reais aplicados em conversão de vegetação nativa para cada real investido em regularização.

Existe urgência no financiamento da agropecuária resiliente e adaptada às mudanças climáticas, realidade do presente e séria ameaça no futuro, preconizada pelo Plano ABC e pelo Planaveg, sem a qual perderemos nossa capacidade produtiva e competitiva.

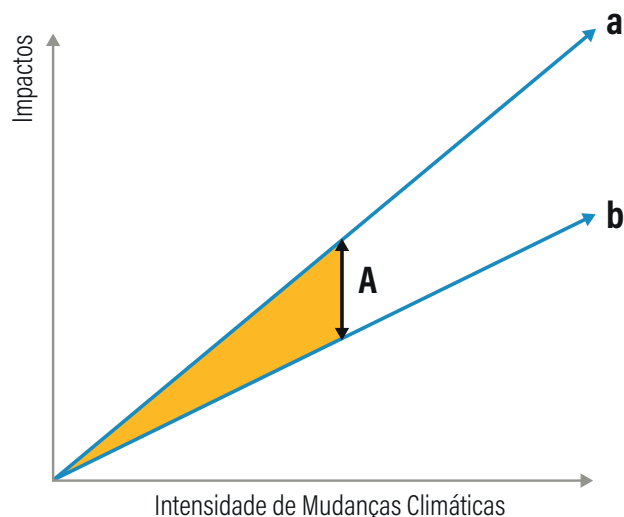
Os impactos das mudanças climáticas sobre a manutenção da produção agropecuária dependerão, por um lado, da intensidade das alterações do clima e, por outro, da capacidade de adaptação dos sistemas produtivos. Portanto, não basta mitigar. É necessário adaptar a produção às mudanças que já estão em curso. Quanto maior o sucesso adaptativo, espera-se que menores sejam os efeitos deletérios da variabilidade e dos extremos climáticos sobre o desempenho da agricultura e da pecuária.

O setor do agronegócio, as instituições financeiras, os investidores e a sociedade como um todo devem atentar para a importância da intensificação sustentável da produção agrícola e da restauração florestal para o aumento da resiliência da agropecuária brasileira.

As vantagens dos sistemas resilientes são muito conhecidas nos meios acadêmicos e técnicos. Mas a disseminação desse conhecimento precisa ser fortemente incentivada. O uso intensivo dos recursos naturais, sem métodos inteligentes de maximizar seu retorno eficiente, contribui para a degradação dos serviços ecossistêmicos, compromete a produção de alimentos e a rentabilidade da agricultura e pode afetar a economia nacional. A adoção de estratégias de adaptação às mudanças climáticas no setor agropecuário, responsável atualmente por cerca de 20% do PIB nacional, traz benefícios ambientais e financeiros

para produtores agrícolas e benefícios econômicos, sociais e ambientais para a sociedade como um todo e para o enfrentamento das crises climáticas (Figura 1).

Figura 1 | **Modelo conceitual do potencial das ações previstas no Plano ABC e no Planaveg na redução dos impactos das mudanças climáticas na agropecuária.**



A reta **a** indica o *business as usual*. A reta **b** indica a redução dos impactos em resposta à adoção de práticas de adaptação às mudanças climáticas. O campo **A** indica o potencial das ações previstas no Plano ABC e no Planaveg para reduzir os impactos das mudanças climáticas na agropecuária. Adaptado de Stern, 2007.

É necessário que investidores, instituições financeiras e seguradoras invistam em sistemas de produção resilientes às mudanças climáticas. Investir em sistemas produtivos de adaptação, por meio de arranjos economicamente viáveis e de baixo risco ambiental, diminui perdas causadas por mudanças climáticas, aumenta a capacidade de retorno no investimento e pagamento de empréstimos, valoriza garantias de financiamento, amplia o acesso a mercados compradores nacionais e internacionais e diminui o risco para os investidores, instituições financeiras e seguradoras.

O objetivo deste trabalho é contribuir para o estabelecimento de uma abordagem sustentável e integrada de gestão de paisagens que permita manter o desenvolvimento do setor agropecuário, a partir da redução da degradação dos ecossistemas, da restauração dos biomas e da adoção de sistemas produtivos de baixo carbono, mais resilientes e adaptados aos impactos das mudanças climáticas presentes e futuras. São destacados aqui os benefícios para o ambiente proporcionados pelas ações do Plano ABC e do Planaveg para o aumento da capacidade de adaptação da agropecuária brasileira às mudanças climáticas.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui 28 a 32% do território nacional ocupados por agricultura e pecuária (COALIZAÇÃO, 2019), uma das cinco maiores áreas agricultadas do mundo. É um dos líderes globais na produção agrícola, e dados apontam que essa produção seria suficiente para alimentar um bilhão de pessoas (EMBRAPA, 2018). Estimativas indicam que o Brasil poderá ser o país com maior acréscimo de área plantada até 2050, tornando-se o maior produtor agrícola em meados de 2030 (NELSON *et al.*, 2014).

O PIB do agronegócio, que envolve os segmentos de indústria de insumos para a agropecuária, a produção agropecuária primária, a agroindústria de processamento e os agrosserviços, foi de R\$ 1,4 trilhões em 2018, ou cerca de 20% do PIB nacional. O PIB da produção primária foi de R\$ 350 bilhões, aproximadamente 5% do PIB nacional (CEPEA, 2019).

Ser uma superpotência agrícola, porém, tem consequências sociais e ambientais. Mais de 70% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) do país, em 2016, vieram do total das emissões da agricultura e da mudança do uso da terra, o principal motor do desmatamento e da degradação da vegetação nativa no país (SEEG, 2018). Isso coloca o Brasil em segundo lugar (HANSEN *et al.*, 2013, atualizado em 2018) na lista de países com maiores perdas de cobertura arbórea¹ entre 2001 e 2017.

A agricultura é altamente dependente do clima, cujas alterações podem modificar sua produtividade e seus ganhos financeiros. Estudos têm enfatizado que as mudanças climáticas poderão afetar a produção e a produtividade agrícola mundial, incluindo a brasileira, colocando em risco expectativas de crescimento (RAY *et al.*, 2015). Assim, a fim de manter o crescimento da produção e da produtividade no sistema agropecuário, assegurando eficiência e sustentabilidade, o Brasil precisa enfrentar os impactos das mudanças climáticas, garantir a provisão dos serviços ecossistêmicos e reduzir as emissões de GEE. Além disso, como a atividade agrícola depende também de fatores sociais, econômicos e políticos, a utilização de uma determinada estratégia de adaptação depende da tomada de decisão do agricultor, e não somente da disponibilidade e do conhecimento que já se tenha de sua eficácia (MARGULIS; DUBEUX, 2011).

Em setembro de 2015, o Brasil apresentou à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês)

sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, na sigla em inglês), indicando metas, em relação aos níveis de 2005, de redução das emissões brasileiras em 37% em 2025 e de 43% em 2030.

Duas políticas públicas brasileiras têm relevância para o cumprimento das NDC no setor agropecuário e de uso da terra: o 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) e o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg).

Na origem, o Plano ABC (BRASIL, 2012a) visava a ações de mitigação (redução das emissões de GEE) e de adaptação. Mas as metas estabelecidas se apoiavam em potencial de mitigação, considerado benefício direto das diferentes ações propostas, enquanto as ações de adaptação seriam benefícios adicionais. Na literatura especializada, esses benefícios adicionais são considerados cobenefícios. Eles visam ao desenvolvimento sustentável e envolvem ganhos ambientais como melhoria na qualidade do ar e da água, proteção contra enchentes, aumento de ganho de peso animal e de produtividade de culturas, geração de energia elétrica para áreas rurais ou remotas, e aumento de renda e de oportunidades de emprego (OECC, 2009; PAIVA *et al.*, 2015). Como a mitigação não será discutida neste *Working Paper*, os ganhos com ações de adaptação, sem considerar a redução das emissões de GEE, serão designados pelo termo *benefício*.

Este *Working Paper* orienta-se pela visão de que o caráter sistêmico da produção agropecuária, condicionada pelo clima e disponibilidade de recursos naturais, impõe uma abordagem sustentável de gestão de paisagens, na qual o desenvolvimento do setor agropecuário não se sustenta sem a conservação dos recursos naturais, a redução da degradação dos ecossistemas, a restauração dos biomas e a adoção de sistemas produtivos de baixo carbono. Essa abordagem tem por objetivo contribuir para avançar a pesquisa sobre os vínculos entre as práticas do Plano ABC e do Planaveg (BRASIL, 2017) e estimular a adoção de estratégias de adaptação da agricultura e da pecuária nacional às mudanças climáticas por meio de incentivos e de maior distribuição dos recursos do Plano Safra para sistemas produtivos de baixo carbono e para restauração dos biomas.

Propõe-se aqui uma matriz sintética dos benefícios aferidos por modalidades de produção agropecuária, preconizadas pelo Plano ABC, e de restauração da vegetação, preconizadas pelo Planaveg, a fim

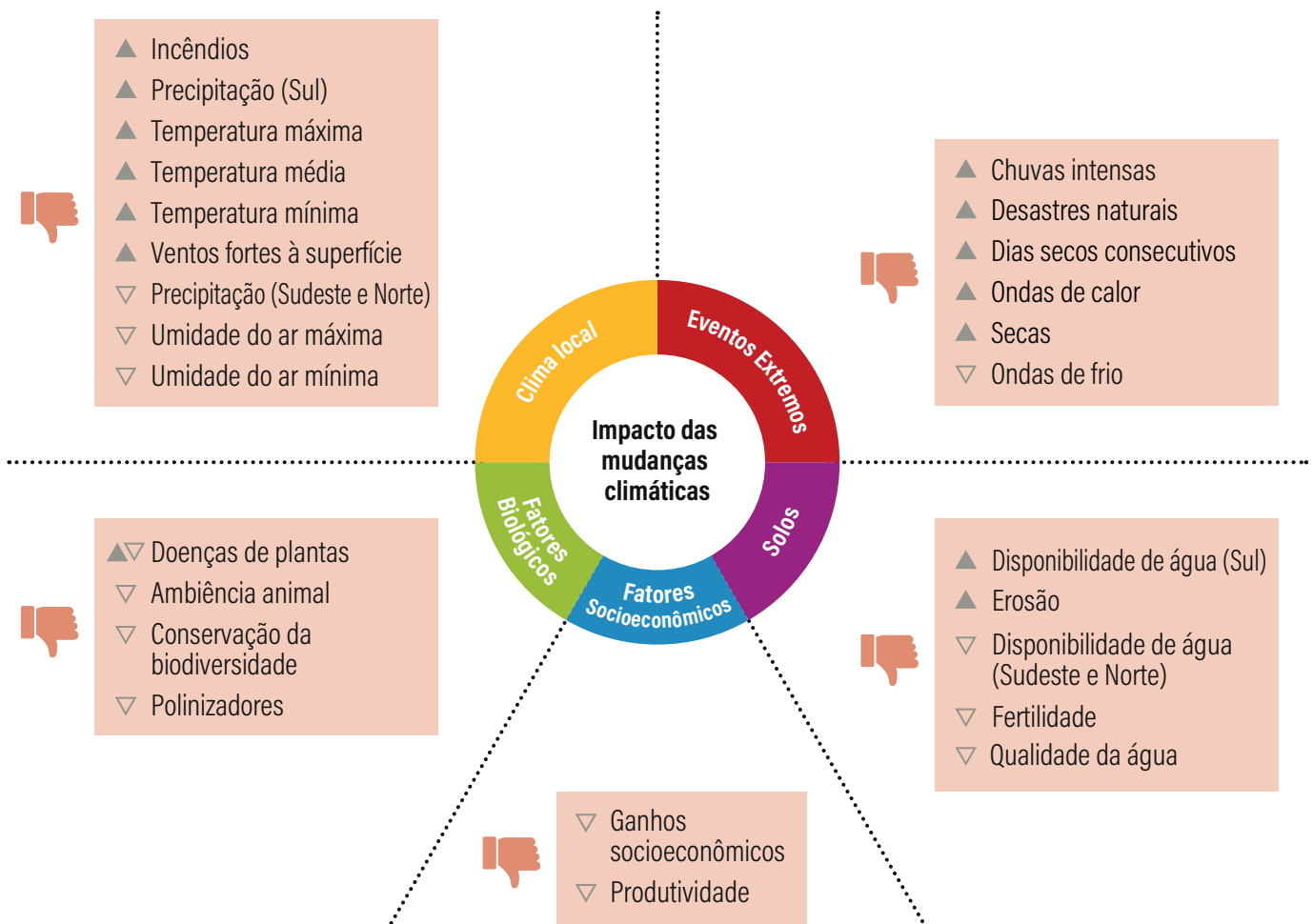
de evidenciar vantagens e eventuais desvantagens dessas modalidades, quando comparadas aos sistemas produtivos convencionais, em termos de adaptação da agricultura às alterações climáticas que colocam a produção e a produtividade em risco.

A sinergia entre restauração da paisagem florestal e produção agropecuária mais resiliente e adaptada às mudanças climáticas é promissora, mas ainda não foi estudada em profundidade. Com este trabalho, o WRI Brasil e a GIZ (*Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*), em colaboração com um grupo de especialistas, realizaram uma síntese dos conhecimentos e das experiências existentes até o momento, a partir da identificação e da compilação de artigos científicos, estudos, projetos e experiências no Brasil.

IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA AGROPECUÁRIA

Os países em desenvolvimento são, de modo geral, os mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas (IPCC, 2001; NOBRE, 2005). E o Brasil é especialmente vulnerável ao aquecimento global quando são analisados os impactos sobre seus ecossistemas e sua agricultura (NOBRE, 2005). São muitos os impactos das mudanças climáticas para a agricultura: alteração no ciclo de desenvolvimento das culturas, redução da disponibilidade de água no solo, aumento da erosão do solo, da taxa de evapotranspiração, da incidência de doenças, da degradação dos solos e aumento da frequência e da intensidade dos eventos extremos (temperatura e precipitação) e de ocorrência de secas, veranicos, enchentes e inundações, entre outros (Figura 2).

Figura 2 | Diagrama esquemático dos impactos das mudanças climáticas na agropecuária.



Impacto das mudanças climáticas na agropecuária:

- ▲ Aumento
- ▽ Redução
- Sem alteração
- ? Desconhecido
- ▲▽ Aumento ou redução

Efeito na capacidade de adaptação e resiliência às mudanças climáticas:

- 👍 Positivo
- 👎 Negativo
- Ⓝ Neutro
- ? Desconhecido

Para o agricultor e para a economia do país, tais efeitos estão associados a um alto risco de queda da produção e da produtividade das culturas, acrescido de risco de quase colapso de produção quando da ocorrência de eventos climáticos extremos, com consequente perda econômica, social e ambiental. Na verdade, as mudanças climáticas já estão em curso (IPCC, 2014) e, independentemente do sucesso das ações para reduzir a emissão de GEE, o clima vai se alterar nas próximas décadas devido às emissões do presente e do passado. Tal constatação gera uma demanda urgente de implantação de ações transformadoras de adaptação para lidar com seus impactos negativos.

Estudos mostram a importância da temperatura no desenvolvimento e na produtividade das culturas (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014; CRUZ *et al.*, 2011; HEINEMANN *et al.*, 2009). As alterações na temperatura influenciam principalmente a duração do ciclo das culturas, pois cada uma apresenta uma temperatura máxima e mínima ideal para o seu desenvolvimento. Logo, temperaturas fora dessa faixa comprometem seu desenvolvimento e podem impactar a produtividade. Altas temperaturas, por exemplo, levam a uma redução do ciclo, reduzindo o período de enchimento de grãos, que pode comprometer a produtividade. Além disso, levam a uma maior evapotranspiração e a um aumento da taxa de respiração, principalmente a respiração de manutenção. Baixas temperaturas, por sua vez, reduzem a taxa de desenvolvimento da cultura, podendo, em alguns casos, até mesmo paralisar todo o processo de desenvolvimento (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014; CRUZ *et al.*, 2011). Temperaturas elevadas afetam menos a fotossíntese de plantas C4, como o milho, do que de plantas C3, como a soja, porque estas apresentam maior taxa de fotorrespiração do que aquelas. Na cultura do feijoeiro, por exemplo, a temperatura do ar é o elemento climático que mais exerce influência sobre a porcentagem de vingamento de vagens, e temperaturas superiores a 35°C prejudicam o florescimento e a frutificação (FERREIRA *et al.*, 2003; HEINEMANN *et al.*, 2009). Quando as altas temperaturas são acompanhadas de baixa umidade relativa do ar e de ventos fortes, elas têm maior influência no pegamento e na retenção de vagens de feijão (FERREIRA *et al.*, 2003). Por outro lado, temperaturas baixas podem reduzir os rendimentos do feijoeiro, devido ao abortamento dos grãos e, quando são inferiores a 12°C, na fase vegetativa, retardam o crescimento das plantas (FERREIRA *et al.*, 2003; HEINEMANN *et al.*, 2009).

Em algumas culturas perenes, como café, as temperaturas elevadas provocam o abortamento de flores, comprometendo a produtividade (ASSAD *et al.*, 2004). Aos 34°C, a fotossíntese líquida do cafeeiro é nula (MEIRELES *et al.*, 2009). Na cultura de laranja, temperaturas acima de 35°C por cerca de 10 dias consecutivos provocam um desequilíbrio hormonal que desencadeia a queda dos frutos (chumbinhos) (MAJUSKI, 2016). Na cultura de cana-de-açúcar, o aumento da temperatura na fase de maturação, que na região Sudeste do Brasil se estende de maio a outubro, provoca florescimento, diminui a concentração de sacarose no colmo e dá origem ao processo conhecido por isoporização do colmo (MARIN *et al.*, 2009).

Na cultura de cacau, a temperatura e a precipitação pluviométrica são os elementos climáticos que mais influenciam o crescimento e a produção do cacau, e os limites médios mensais para seu cultivo devem estar compreendidos entre 15°C, de temperatura mínima, e 30°C, de temperatura máxima (SOUZA *et al.*, 2009). Secas severas afetam drasticamente a produção cacauífera. Em Barro Preto (BA), o El Niño severo que ocorreu em 2015-2016 causou a maior seca dos últimos 15 anos e provocou 15% de mortalidade de cacauíferos plantados em sistema agroflorestal (cabruca²), diminuição severa (89%) da produtividade e aumento da incidência de vassoura-de-bruxa, doença crônica no cacauífero (GATEAU-REY *et al.*, 2018). Cabe destacar que o cacau sombreado oferece maior proteção a secas drásticas do que o cacau plantado a pleno solo (TSCHARTNTKE *et al.*, 2011), o que permite estimar que as perdas naquele período nos cultivos intensivos de cacau a pleno sol na região tenham sido muito maiores. Altas taxas de radiação causam estresse luminoso e, conseqüentemente, danos à cultura (TAIZ; ZEIGER, 1991). Maior radiação solar pode, ainda, aumentar a evapotranspiração de culturas e provocar queda de rendimento (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014). Menor radiação também pode reduzir o rendimento de culturas, mesmo quando os demais elementos climáticos e a umidade do solo estão adequados (ALVES *et al.*, 2011).

A disponibilidade de água no solo, que depende principalmente da precipitação e da evapotranspiração, é um fator importante na produtividade das culturas. Assim, as alterações de frequência e de intensidade de chuvas em uma determinada região, como previstas pelos modelos de mudanças climáticas, trarão graves conseqüências, principalmente para as culturas de sequeiro, que são totalmente dependentes da precipitação.

Em caso de períodos longos de estiagem, pode ocorrer estresse hídrico com redução da produtividade (BERGAMASCHI *et al.*, 2006). Na cultura de soja, déficits hídricos expressivos, acentuados por elevação da temperatura durante a floração e o enchimento de grãos, provocam alterações fisiológicas na planta, como fechamento estomático, enrolamento de folhas e, conseqüentemente, aumento da queda prematura de flores, abortamento de vagens, com diminuição do número de vagens sadias e aumento das vazias ou “chochas” (FARIAS *et al.*, 2009).

O efeito do déficit hídrico pode ser potencializado se houver, ao mesmo tempo, um aumento de temperatura (ASSAD *et al.*, 2013). Por outro lado, grandes volumes de chuvas podem reduzir a produtividade das culturas devido ao encharcamento do solo e ao atraso da colheita. A média de temperatura e a distribuição espacial da precipitação durante a estação de plantio explicam mais de 30% da variação da produtividade nas culturas (LOBELL; FIELD, 2007).

Um dos maiores riscos para a produção de alimentos é o aumento da frequência de ocorrência de eventos extremos de temperatura, secas e inundações. As projeções do IPCC indicam aumento da frequência dos fenômenos extremos de temperatura e precipitação.

Considerando as previsões do IPCC de variações de temperatura da ordem de 1 a 5,8°C e aumento de 15% na precipitação pluvial, ocorreria uma redução de 95% da área apta para a cultura do café em Goiás, Minas Gerais e São Paulo, e de 75% no Paraná (ASSAD *et al.*, 2004). Um exemplo do efeito do clima na produtividade agrícola no Brasil foi observado em 2013, quando uma seca no período de desenvolvimento de culturas de laranja e de café e excesso de chuvas na colheita causaram forte queda na produção e contribuíram para uma queda de 1,89% do PIB (CEPEA, 2019).

Em nove culturas (algodão, arroz, café, cana, feijão, girassol, mandioca, milho e soja), em pastagens e na pecuária de corte, os efeitos das mudanças climáticas levariam a um impacto negativo de US\$ 4 bilhões em 2050, com a soja responsável por 50% dessas perdas (PINTO *et al.*, 2008a). Com a mesma metodologia e considerando o cenário mais pessimista do IPCC, o Brasil poderá perder cerca de 2,5% de seu PIB em 2050, devido aos impactos das mudanças climáticas na agricultura (MARGULIS; DUBEUX, 2011).

A produtividade da soja é afetada diretamente pela temperatura, precipitação e concentração de CO₂. Se, por um lado, os estudos mostram que a cultura da soja responde positivamente ao aumento de concentração de CO₂, um acréscimo em torno de 3°C na temperatura pode reduzir tal ganho (HEINEMANN *et al.*, 2006; ONAT *et al.*, 2017). As mudanças climáticas podem levar a uma migração da cultura do milho para o Sul do Brasil, provocando concorrência entre áreas e aumento da incidência de pragas e doenças (PINTO *et al.*, 2008b).

Soja e pastagens representam em conjunto 88% da área com agricultura, incluindo pastagens, cultura permanente, cultura temporária e silvicultura (IBGE, 2018). Modelos do CMIP5-IPCC apontaram que, nas regiões mais produtivas no centro-norte do país, as alterações climáticas são dependentes da data de plantio, com forte redução na produtividade das cultivares de soja plantadas em setembro, nos sistemas safra-safrinha, principalmente devido ao déficit hídrico e a efeito de veranicos, acentuados pelas altas temperaturas (PIRES, 2015).

Na cultura do milho, os principais fatores climáticos que impactam negativamente a produtividade são a precipitação, a temperatura do ar e a radiação solar (SANS; SANTANA, 2002). O crescimento máximo dessa cultura ocorre entre 26 e 34°C, sendo os limites extremos 8°C e 44°C (KINIRY, 1991). A temperatura da fase da germinação até a fase de maturação deve estar em torno de 25°C e, na fase de maturação dos grãos, a temperatura abaixo de 15°C causa retardamento do processo (SANS; SANTANA, 2002). Quando as temperaturas noturnas são superiores a 24°C, a taxa respiratória aumenta e, por consequência, reduz-se a taxa de fotoassimilados, resultando em queda na produção (SANS; SANTANA, 2002).

Já foi constatada uma tendência de aumento da frequência de dias com temperaturas superiores a 34°C nos próximos anos, com forte impacto na redução da produtividade das culturas de café e feijão (ASSAD; PINTO, 2008). Sem a busca de soluções de manejo e adaptação, as culturas do milho e da soja podem ter redução de, respectivamente, 90% e 80% na produção (TEIXEIRA *et al.*, 2016).

O desconforto térmico influencia o ganho de peso do animal e a produção de leite. Nas principais mesorregiões leiteiras de Pernambuco (Garanhuns e vales do Ipojuca e do Ipanema), a intensificação do estresse térmico provocou diminuição na produção de leite e no consumo alimentar dos animais, especialmente em vacas com maiores níveis de produção (SILVA *et al.*, 2009). Nas áreas em que o estresse térmico já é pronunciado, como as situadas no sertão e no litoral de Pernambuco, os impactos foram muito maiores, tanto durante os meses mais quentes (dezembro a fevereiro) quanto nos meses mais frios (junho a agosto) (SILVA *et al.*, 2009).

No Brasil, os maiores aumentos de temperatura projetados para as próximas décadas são esperados para a região Centro-Oeste. No entanto, até o final do século, as regiões Norte e Nordeste também serão afetadas. Os modelos também indicam tendência de redução da precipitação em todas as regiões do país, exceto na região Sul e porção sul do Sudeste, bem como maior incidência dos eventos extremos (ASSAD *et al.*, 2017). Um dos prováveis impactos de maior frequência de eventos de precipitação intensa é o aumento da erosão dos solos (ALMAGRO *et al.*, 2017).

Mudanças climáticas podem afetar a incidência de doenças em culturas, por meio de efeitos diretos e indiretos sobre a planta hospedeira, sobre o patógeno e sobre a interação entre eles, e alterar a ação de agentes de controle biológico e vetores (GHINI; HAMADA, 2008). Aumento de temperatura e de umidade no ar e no solo pode aumentar a incidência de doenças em arroz (PRABHU *et al.*, 2008), milho (PINTO *et al.*, 2008b) e café (POZZA; ALVES, 2008). Igualmente, projeta-se um severo impacto das mudanças climáticas sobre os polinizadores e, conseqüentemente, sobre a produtividade (GIANNINI *et al.*, 2017).

Estudos apontam que em sete dos últimos 10 anos (2009-2018), os custos econômicos mundiais decorrentes de catástrofes naturais ultrapassaram a média de trinta anos, que era de US\$ 140 bilhões ao ano (NFGS, 2019). Por outro lado, modelos biofísicos apontam que, até 2050, a produção agrícola mundial poderá ter uma redução de 17%, se comparada a um cenário de clima imutável (NELSON *et al.*, 2014). E mais, modelos econômicos apontam que, nesse período, a produtividade das culturas poderá ser reduzida, a área cultivada com as principais culturas (milho, soja, milho, arroz, girassol, algodão, mandioca e outras) aumentará e haverá uma redução no consumo (NELSON *et al.*, 2014; NGFS, 2019).

SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS E ADAPTAÇÃO BASEADA EM ECOSISTEMAS

Serviços ecossistêmicos são as características, funções ou processos ecológicos que direta ou indiretamente contribuem para o bem-estar (ALCAMO *et al.*, 2003; COSTANZA *et al.*, 2017) e são agrupados em serviços de suporte, provisão, regulação e cultura. As atividades agropecuárias são dependentes desses serviços. Quando são realizadas por meio de práticas intensivas, elas podem causar impactos na biodiversidade, no clima, nos solos, nos recursos hídricos e, conseqüentemente, nos serviços por eles prestados.

No final do século XX, começou-se a perceber que ecossistemas intactos e funcionais produzem vários serviços valiosos, muitas vezes mais significativos do que o que resulta de sua extração e exploração (COSTANZA *et al.*, 2017). Em 2011, o valor econômico global de serviços ecossistêmicos foi estimado entre US\$ 125 e US\$ 145 trilhões, valor bem maior que o produto mundial bruto daquele ano, e a perda de serviços ecossistêmicos de 1997 a 2011 devido à mudança no uso da terra situou-se entre US\$ 4,3 e US\$ 20,2 trilhões por ano (COSTANZA *et al.*, 2014). Mesmo se superestimados, esses resultados reforçam que os serviços ecossistêmicos são fundamentais para a economia mundial.

Dada a dificuldade de mensuração e valoração, os serviços ecossistêmicos são muitas vezes negligenciados e não entram na contabilização do fluxo de caixa da produção, nem são inseridos nos índices atualmente usados para medir economias globais e desenvolvimento humano, ocasionando graves falhas de mercado ou falhas dos sistemas de preços. Entretanto, uma vez que os recursos utilizados em um empreendimento rural são avaliados com base no seu valor econômico, é importante que os serviços ecossistêmicos também o sejam para que se incorpore o capital natural nos processos de tomada de decisões de negócios (GVCES, 2016).

O valor econômico dos empreendimentos rurais, ou seja, o valor nos fluxos de caixa gerados ao longo do tempo, pode ser vinculado ao capital natural e seu risco pode ser integrado na contabilidade de empresas, de investimentos, de instituições financeiras ou países. Os agentes financeiros utilizam rotineiramente em suas análises de riscos, sobretudo ambientais e de recursos hídricos, questionários sobre aspectos socioambientais (salvaguardas socioambientais), com o objetivo de checar a gestão da empresa ou do

empreendimento a ser financiado. Esses questionários, porém, permitem uma análise subjetiva e dependente do conhecimento do analista. Tal subjetividade pode ser amenizada ou resolvida com a adoção de ferramentas de valoração dos serviços ecossistêmicos.

No Brasil, a Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas (EAESP-FGV) desenvolve, desde 2013, a iniciativa Tendências em Serviços Ecossistêmicos (TeSE) com base nas Diretrizes Empresariais para a Valoração Econômica de Serviços Ecossistêmicos (Devese) e sua respectiva ferramenta de cálculo para quantificação e valoração econômica de impactos sofridos pelas empresas e externalidades por elas causadas no que se refere a serviços ecossistêmicos. Dados do TeSE apontam que, de 2014 a 2017, foram desenvolvidos 40 estudos de valoração para 24 empresas. Em 2018, uma nota técnica (GVCES, 2018) apresentou orientações para auxiliar os usuários no uso do Devese para quantificação e valoração econômica dos serviços ecossistêmicos de regulação do clima global, considerando emissões líquidas e desmatamento evitado.

Atualmente, existem várias ferramentas para avaliação e valoração de serviços ecossistêmicos (BAGSTAD *et al.*, 2013; WBCSD, 2013; WEI *et al.*, 2017), muitas apoiadas em sistemas de informações geográficas, mas ainda são pouco usadas no Brasil. Elas podem auxiliar na avaliação, valoração e manejo de impactos no capital natural, contribuindo na tomada de decisões.

Estratégias de mitigação são insuficientes quando os efeitos das mudanças climáticas já apresentam algum grau de irreversibilidade – como aquecimento global, deslocamento sazonal das monções, aumento dos extremos climáticos (chuvas intensas, secas, veranicos, etc.) e elevação no nível dos oceanos. Emerge daí a necessidade do desenvolvimento de soluções que se apoiem na adequação da sociedade às novas condições impostas pelo clima.

A adaptação pode ser vista como um processo para promover a manutenção ou a adoção de práticas de gestão baseadas na ecologia que podem fornecer resultados positivos (VIGNOLA *et al.*, 2015). A adaptação baseada em ecossistemas (AbE) constitui o uso da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos como parte de uma estratégia de adaptação para contribuir para adequação aos efeitos das mudanças climáticas (SCBD, 2009; RIZVI *et al.*, 2015). A AbE considera que, no processo adaptativo, a conservação, o manejo e a restauração ambiental são indispensáveis para minimizar os riscos à produção material, à

saúde e ao bem-estar humano (SCBD, 2009; RIZVI *et al.*, 2015). A AbE em sistemas agrícolas consiste em práticas de manejo que usam ou aproveitam a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e os processos ecológicos (na parcela, na fazenda ou na paisagem) visando ajudar a aumentar a capacidade das culturas e da pecuária de se adaptarem às mudanças e à variabilidade do clima (VIGNOLA *et al.*, 2015).

Como estratégia multifuncional, a AbE resgata o caráter sistêmico inerente à agropecuária na produção primária e, justamente por isso, é mais eficiente. Nesse sentido, a conservação e a restauração dos ecossistemas significam muito mais do que o cumprimento da legislação ou um estilo de produção. Elas incrementam a resiliência da agropecuária ao provisionar os serviços essenciais com inputs naturais para os quais não há substitutos e cuja disponibilidade se torna cada vez mais incerta com as mudanças climáticas.

Entretanto, existem barreiras a serem enfrentadas para que estratégias de adaptação baseadas em ecossistemas sejam adotadas, destacando-se os seguintes tipos: i) estruturais ou operacionais (estruturas de financiamento institucional e programas de incentivo); ii) governança (leis, regulamentos, arranjos institucionais e capacidade adaptativa existentes); iii) sociais e culturais (normas sociais, valores, educação e conscientização); iv) biológicos (intensidade e frequência de perigos naturais, tais como extremos de temperatura e precipitação); e v) de capacidade (ou seja, falta de recursos financeiros, falta de consciência ou de acesso à informação ou à tecnologia e capacidades humanas, individuais, organizacionais e sociais limitadas) (RIZVI; van RIEL, 2015).

ENFRENTANDO OS IMPACTOS CLIMÁTICOS NA AGROPECUÁRIA

O Plano ABC propõe para o setor agropecuário expansão de ações de recuperação de pastagens degradadas (RPD), integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), sistemas agroflorestais (SAF), sistema plantio direto (SPD), fixação biológica de nitrogênio (FBN), florestas plantadas e tratamento de dejetos animais. O Planaveg tem como foco a recuperação da vegetação nativa, principalmente em áreas de preservação permanente (APP) e de Reserva Legal (RL), e em áreas degradadas e com baixa aptidão agrícola. Existe, portanto, sinergia entre essas duas políticas públicas (Box 1).

Um dentre os oito Planos Setoriais já concluídos a partir da PNMC – Política Nacional sobre Mudança do Clima –, o Plano ABC foi criado em 2010 com o objetivo de reduzir as emissões antropogênicas de GEE nas atividades agropecuárias, tornando-as mais competitivas. As ações propostas no Plano ABC estão fundadas nas boas práticas agrícolas. Fruto de trabalho envolvendo mais de trinta instituições governamentais, não governamentais e da iniciativa privada, o plano foi aprovado em maio de 2011. As seis linhas de financiamento previstas no Plano ABC são incentivadas por meio do Programa ABC, uma linha de crédito lançada no Plano Agrícola e Pecuário 2010/2011. Posteriormente, em janeiro de 2017, o Governo Federal instituiu a Política Nacional para Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg), diante do desafio de implementar a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, também conhecida como Novo Código Florestal, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. O Proveg tem o objetivo de articular, integrar e promover políticas, programas e ações indutoras da recuperação de florestas e demais formas de vegetação nativa e de impulsionar a regularização ambiental das propriedades rurais brasileiras, de acordo com o Código Florestal, em área total de, no mínimo, 12 milhões de hectares, até 31 de dezembro de 2030. Tais metas têm aderência com a linha de financiamento de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas do Programa ABC.

Em novembro de 2017, foi lançado o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg), que constitui o principal instrumento de implementação do Proveg. O objetivo do Planaveg é ampliar e fortalecer as políticas públicas, os incentivos financeiros, os mercados, as boas práticas agropecuárias e outras medidas necessárias para a recuperação da vegetação nativa de pelo menos 12 milhões de hectares até 2030, principalmente em áreas de preservação permanente (APP) e de Reserva Legal (RL), bem como em áreas degradadas e com baixa aptidão agrícola.

Três importantes programas e políticas complementam as iniciativas e estratégias do Planaveg e criam condições adequadas para motivar, facilitar e implementar a recuperação da vegetação nativa. Esses esforços já existentes requerem do governo apoio contínuo à sua implementação, a fim de que sejam fortalecidos nos próximos anos. Eles possuem sinergia com o Plano ABC:

- Intensificação sustentável da agropecuária – aumentar a produtividade de pastagens e de áreas de cultivo nas regiões fora de áreas a serem recuperadas, por meio de programas voltados à intensificação sustentável da agropecuária, que fazem parte do Plano ABC;
- Lei de Proteção da Vegetação Nativa – implementar as determinações e os instrumentos do Novo Código Florestal, incluindo o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e os Programas de Regularização Ambiental (PRA);
- Regularização fundiária – ampliar o número de proprietários rurais com o título da terra e com direito aos recursos florestais recuperados.

Os principais itens financiáveis pelo Plano ABC que fazem parte da política de crédito rural e que têm maior intersecção com o Planaveg são:

- Implantação e melhoramento de sistemas de integração lavoura-pecuária, lavoura-floresta, pecuária-floresta ou lavoura-pecuária-floresta e de sistemas agroflorestais (ABC Integração);
- Implantação, manutenção e melhoramento do manejo de florestas comerciais, inclusive aquelas destinadas ao uso industrial ou à produção de carvão vegetal (ABC Florestas); e
- Adequação ou regularização das propriedades rurais frente à legislação ambiental, inclusive recuperação de RL, de APP, recuperação de áreas degradadas e implantação e melhoramento de planos de manejo florestal sustentável (ABC Ambiental).

Os itens financiáveis com sinergia entre Plano ABC e Planaveg são:

- Aquisição de sementes e mudas para formação de pastagens e de florestas; e
- Implantação de viveiros de mudas florestais.

O Plano ABC (BRASIL, 2012a) e o Planaveg (BRASIL, 2017) têm importância estratégica para o país e para o mundo. A efetiva implantação desses planos delinea caminhos possíveis para garantir o aumento da produtividade agrícola e, potencialmente, a lucratividade do agricultor, considerando, de forma direta ou indireta, aspectos ambientais. Neste *Working Paper*, destaca-se o potencial do Plano ABC e do Planaveg como estratégia de adaptação da agricultura aos impactos das mudanças climáticas, uma vez que seus aspectos de mitigação já foram bastante discutidos. Cabe destacar, no entanto, que existe forte sinergia entre adaptação e mitigação (MBOW *et al.*, 2014a).

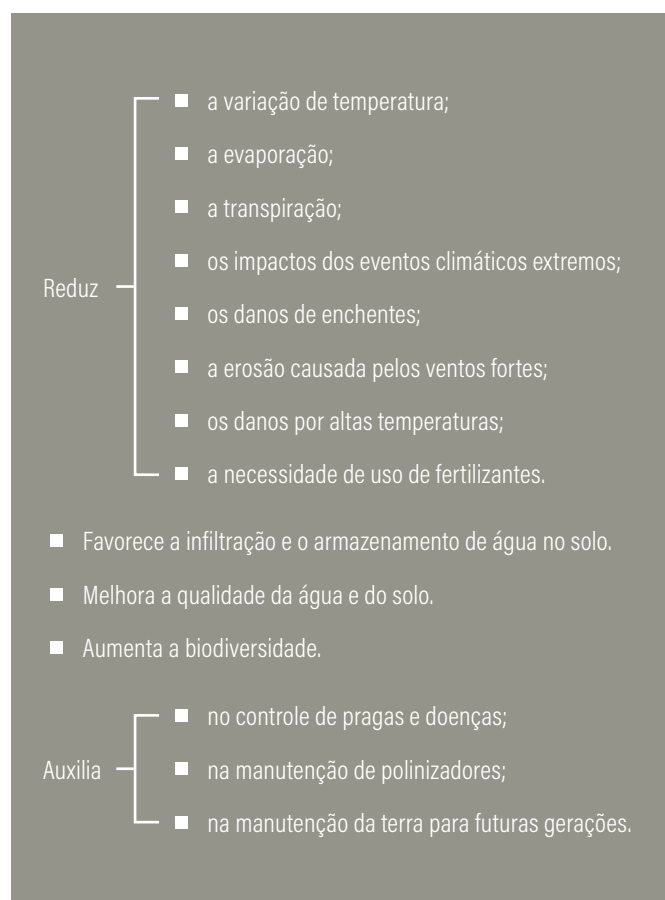
Inúmeras estratégias e ações que reduzem os efeitos das mudanças climáticas na agropecuária diminuem perdas de produtividade e econômicas (KOOHAFKAN *et al.*, 2011). O Plano ABC e o Planaveg seguem essa lógica, detalhando ações para serem implementadas de acordo com a realidade e a necessidade de cada agricultor e propondo a restauração da vegetação nativa em grande escala.

A estratégia para adaptação às mudanças climáticas no setor agropecuário é investir com mais eficácia, promovendo sistemas diversificados e o uso sustentável da biodiversidade e dos recursos hídricos, com apoio ao processo de transição, organização da produção, garantia de geração de renda, pesquisa (principalmente em recursos genéticos e melhoramento de plantas e de animais, recursos hídricos, adaptação de sistemas produtivos, identificação de vulnerabilidades e modelagem), dentre outras iniciativas. Na pecuária bovina, que confere ao Brasil a posição de detentor do maior rebanho comercial do mundo (GOMES *et al.*, 2017), o Plano ABC estimula a intensificação produtiva por meio da melhoria da qualidade da pastagem, da maior oferta de alimentos para os animais, da maior taxa de lotação no pasto e, conseqüentemente, da maior produtividade.

Os debates em torno das estratégias para o desenvolvimento de sistemas sustentáveis de produção têm apontado a necessidade de se considerar a estabilidade e a sustentabilidade da produção e não apenas sua produtividade. Em sistemas agrícolas, a sustentabilidade pode ser considerada como a manutenção da produção ao longo do tempo, sem degradação da base natural da qual a produção é dependente (CARVALHO *et al.*, 2009).

O Plano ABC tem como principal objetivo a adoção de tecnologias de baixa emissão antropogênica de GEE e uma ação especificamente de adaptação às mudanças climáticas. No entanto, tecnologias previstas no Plano ABC, como RPD, ILPF, FBN, SPD e florestas plantadas, têm grande potencial de tornar a agricultura mais resiliente às mudanças climáticas, de proporcionar inúmeros benefícios para o sistema de produção (Box 2), de contribuir para o aumento da produtividade e da renda líquida do produtor, e de gerar empregos no meio rural. Várias ações já estão sendo implantadas dentro do Plano ABC. Como parte dos objetivos e estratégias do Planaveg, vários programas de restauração florestal se encontram em fase de implantação e existem algumas iniciativas-piloto e inovadoras de plantio de espécies nativas com fins econômicos, com potencial para atrair investidores e produtores rurais e de gerar empregos e renda.

Box 2 | Principais benefícios das diversas ações do Plano ABC como estratégia de adaptação às mudanças climáticas.



BENEFÍCIOS DA ADAPTAÇÃO - 1ª PARTE: SISTEMAS COM ÁRVORES

Os benefícios das ações do Plano ABC e do Planaveg (Figura 3), que têm como objetivo a adaptação às mudanças climáticas para agricultura e para a pecuária brasileiras, serão discutidos em duas partes, visando distinguir as ações que envolvem extrato arbóreo das demais. Cabe destacar que: i) apesar do termo florestas adotado nos sistemas integrados que incluem árvores, esses sistemas se aplicam também a biomas que não envolvem florestas; ii) na recuperação de pastagens podem ser adotadas práticas silvipastoris ou agrosilvipastoris, conforme será discutido nas ações que não envolvem árvores; e iii) não serão discutidas as ações de fixação biológica de nitrogênio e de tratamento de resíduos animais por não constituírem diretamente ações de adaptação.

Assim, na 1ª parte serão discutidas as ações integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), sistemas agroflorestais (SAF), integração lavoura-floresta (ILF), integração pecuária-floresta (IPF), florestas plantadas, que são ações do Plano ABC, e recuperação da vegetação nativa e de áreas degradadas, ação do Planaveg. Na 2ª parte, serão discutidas as ações integração lavoura-pecuária (ILP), sistema plantio direto na palha (SPD) e recuperação de pastagens degradadas (RPD), todas do Plano ABC. Essas ações trazem benefícios para a agropecuária brasileira e favorecem a sociedade como um todo.

Benefícios da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)

O sistema ILPF é considerado o mais complexo, mas, mesmo assim, é indicado para qualquer nível de produção, por meio de cultivo consorciado, sucessão ou rotação. É um sistema que proporciona vários benefícios e a área ocupada por ILPF aumenta a cada ano. Com efeito, VIEIRA FILHO (2018), com base no levantamento realizado pela Rede de Fomento ao ILPF, aponta que o Brasil contava com mais de 1 milhão de hectares com ILPF na safra 2015-2016.

Esse sistema agrega, na mesma propriedade, diferentes sistemas produtivos, como os de grãos, fibras, carne, leite e agroenergia. Dessa forma, ele permite a diversificação das atividades econômicas na propriedade e minimiza os riscos de prejuízos causados por eventos climáticos ou por queda dos preços no mercado. Nos sistemas ILPF, ocorre complementaridade e sinergia entre os componentes bióticos e abióticos (BALBINO *et al.*, 2011).

Na Figura 4, estão representados os efeitos esperados no clima local, nos eventos extremos, nos solos, nos fatores biológicos e nos fatores socioeconômicos, como consequência da adoção de ILPF. Estima-se que o ILPF proporcione efeitos positivos em todos os fatores considerados. O Quadro 1 sintetiza, a partir de resultados obtidos pela pesquisa, os efeitos de sistemas ILPF no clima local, no ambiente e na propriedade, para a agricultura e para a pecuária.

Figura 3 | **Sistemas de produção agropecuária apoiados por ações previstas no Plano ABC e no Planaveg e discutidas neste trabalho.**

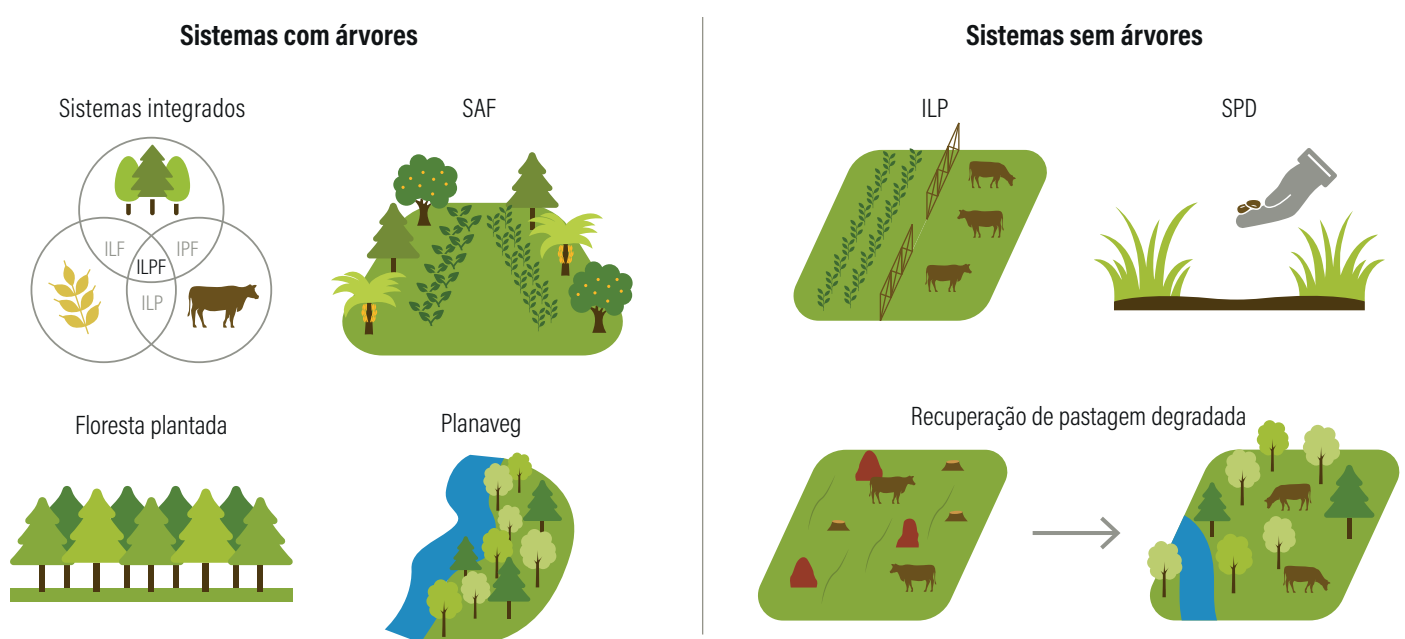


Figura 4 | **Sistemas de produção agropecuária apoiados por ações prevista no Plano ABC e no Planaveg discutidas neste trabalho.**



Quadro 1 | Benefícios do sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), como estratégia de adaptação e resiliência às mudanças climáticas, para o clima local, para o empreendimento agrícola e o ambiente, para a agricultura e para a pecuária.

CLIMA LOCAL	EMPREENHIMENTO / AMBIENTE
<p>Proporciona maior adaptação e resiliência às mudanças climáticas</p> <p>Proporciona temperaturas mais amenas</p> <p>Proporciona menor exposição à insolação direta e/ou a temperaturas elevadas</p> <p>Aumenta a umidade do ar e do solo</p> <p>Presença de árvores protege contra geadas, ventos, granizo, tempestades e altas temperaturas</p> <p>Amplia o balanço positivo de energia</p>	<p>Gera produtos como lenha, frutos e forragem</p> <p>Aumenta e estabiliza os rendimentos do produtor</p> <p>Evita o desmatamento de novas áreas e aumenta o efeito poupa-terra</p> <p>Reduz a sazonalidade da mão de obra na propriedade</p> <p>Reduz o assoreamento de cursos d'água</p> <p>Melhora a recarga e a qualidade da água</p> <p>Promove a biodiversidade</p> <p>Favorece novos nichos e habitats para polinizadores e inimigos naturais de insetos-pragas e de patógenos de doenças</p>
AGRICULTURA	PECUÁRIA
<p>Reduz perdas de produtividade na ocorrência de veranicos</p> <p>Aumenta a reciclagem e diminui perdas de nutrientes, reduzindo aplicação de fertilizantes</p> <p>Aumenta a matéria orgânica do solo (sequestro de carbono) pelo acúmulo de biomassa forrageira e florestal</p> <p>Aumenta a atividade microbiana</p> <p>Aumenta a infiltração e a retenção de água no solo</p> <p>Componente florestal reduz incidência de ventos (quebra-ventos) e diminui tombamento das plantas, disseminação de doenças e deriva na aplicação de agrotóxicos</p> <p>Otimiza o uso de máquinas e equipamentos</p> <p>Mantém solo coberto por mais tempo, reduzindo os riscos de erosão laminar</p>	<p>Melhora a ambiência animal pela sombra gerada por árvores</p> <p>Sombreamento de árvores cria zonas de conforto térmico</p> <p>Melhora a qualidade e a produtividade das pastagens</p> <p>Aumenta a taxa de lotação das pastagens</p> <p>Aumenta o ganho de peso</p> <p>Diminui a idade de abate na pecuária de corte</p> <p>Na pecuária leiteira, aumenta a produção de leite, pois diminui o estresse por calor</p>

Fonte: BALBINO *et al.*, 2011; MAGALHÃES *et al.*, 2018a, 2018b; MALERBO-SOUZA *et al.*, 2003; MOSIMANN *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2009; VIEIRA FILHO, 2018.

Entretanto, a atividade de ILPF apresenta algumas desvantagens, destacando-se o aumento na competição entre as espécies vegetais e os danos mecânicos durante a colheita ou tratos culturais sobre alguns componentes (OLIVEIRA *et al.*, 2010). A distribuição desorganizada do componente arbóreo pode dificultar a utilização de maquinários e pode haver danos promovidos pelos animais em consequência do pisoteio, podendo causar compactação do solo.

É importante destacar também que a implantação do sistema ILPF demanda acompanhamento técnico e capacitação e representa mudança significativa na prática do agricultor tradicional. Um dos pressupostos da ILPF é promover a sinergia entre as atividades e, por isso, é possível que poucos produtores tenham capacidade de fazer um planejamento de longo prazo sem o devido auxílio técnico (ALVARENGA; GONTIJO NETO, 2012).

Benefícios dos Sistemas Agroflorestais (SAF)

O termo SAF é, às vezes, utilizado para agrupar todo e qualquer sistema de produção integrado que otimiza o uso da terra e permite sustentabilidade ambiental e socioeconômica. Nessa abordagem, sistemas agroflorestais constituem desde a tradicional agricultura de rodízio, como pousio florestal, até arranjos comerciais, como o ILPF (SCHEMBERGUE *et al.*, 2017).

Neste *Working Paper*, o termo SAF será adotado em seu sentido estrito, conforme Becker (2010) e Castro *et al.* (2009), isto é, sistema que utiliza uma grande diversidade de plantas, manejadas para atender às necessidades vitais da comunidade (alimentação, saúde, confecção de vestuário e construção de casas e abrigos) e que envolve cultivos itinerantes, sistemas tradicionais abertos ao mercado e intercultivo de plantas perenes arbóreas, arbustivas e palmáceas. Em diversas regiões, agricultores pobres estão adotando SAF como forma de se adaptar aos impactos das mudanças climáticas (RIZVI *et al.*, 2015).

Os sistemas agroflorestais (SAF) foram resgatados de culturas antigas e se expandiram por praticamente todas as regiões, atendendo às necessidades de evolução no uso da terra em países em desenvolvimento, especialmente em regiões tropicais, com integração de cultivos agrícolas e florestais (DANIEL *et al.*, 1999). São sistemas de manejo dos recursos naturais ou exóticos que mantêm o sistema ecológico e a estrutura florestal (BECKER, 2010) com culturas agrícolas anuais e perenes.

Em paisagens nas quais a vegetação nativa se encontra muito fragmentada, os SAF desempenham um papel importante e seus principais benefícios ambientais são: fornecer habitats para espécies que toleram certo nível de distúrbio; contribuir para a redução de taxas de conversão de habitat natural pela menor pressão pelo uso da terra para produção agropecuária; oferecer suporte à integridade dos remanescentes florestais, atuando como corredores ecológicos ou zonas de amortecimento; e fornecer serviços ecossistêmicos, como sequestro de carbono, melhoria da qualidade do ar, da água e do solo, e conservação da biodiversidade (MARTINS, 2013).

Os SAF são utilizados pelos agricultores como forma de adaptação às alterações climáticas, considerando, principalmente, as temperaturas e a precipitação (SCHEMBERGUE *et al.*, 2017; TSCHARTNTKE *et al.*, 2011). No Brasil, a adoção de SAF em municípios com menores médias de precipitação evidencia que agricultores o consideram uma estratégia de

adaptação às alterações do clima que prejudicam a produtividade agrícola (SCHEMBERGUE *et al.*, 2017).

A sombra fornecida pelas árvores que compõem os SAF propicia um microclima favorável ao desenvolvimento das culturas, proporcionando redução da incidência de energia radiativa, da temperatura do ar, do vento e da evapotranspiração, por sua estrutura semelhante à da floresta (TSCHARTNTKE *et al.*, 2011). Os SAF também possuem valor social e econômico, pois reduzem a vulnerabilidade de famílias ao estresse climático, aos surtos de pragas, à queda dos preços e à insegurança alimentar (TSCHARTNTKE *et al.*, 2011).

Na Figura 5, estão representados os efeitos esperados no clima local, nos eventos extremos, nos solos, nos fatores biológicos e nos fatores socioeconômicos, como consequência da adoção de SAF. Estima-se que os SAF proporcionem efeitos positivos em todos os fatores considerados, evidenciando que constitui uma importante estratégia de adaptação às mudanças climáticas.

Na África, estudos sobre utilização dos SAF destacam seu potencial de moderar as altas temperaturas, bem como as flutuações climáticas interanuais, criando assim um microclima mais adequado para o desenvolvimento e a produtividade das culturas (MBOW *et al.*, 2014a; 2014b). Tais características mostram o alto potencial de os SAF contribuírem para segurança alimentar e adaptação aos efeitos de mudanças climáticas. O SAF pode ser uma solução ganha-ganha para a África, com potencial para controlar a erosão, aumentar a fertilidade do solo, a biodiversidade e o uso eficiente da água, e reduzir os impactos dos eventos climáticos extremos, ainda que o sucesso dos SAF como estratégia de adaptação dependa do seu manejo integrado e eficiente (MBOW *et al.*, 2014b).

No Brasil, os SAF são bastante numerosos no Pará, no Acre, em Minas Gerais, no Mato Grosso, na região Sul e no Nordeste, possivelmente pela eficiência desse sistema em manter água e regenerar a fertilidade do solo (SCHEMBERGUE *et al.*, 2017).

Figura 5 | Impactos das ações do Plano ABC para sistemas agroflorestais (SAF) e efeitos sobre a capacidade de adaptação e resiliência às mudanças climáticas.



Impacto das ações do Plano ABC e do Planaveg:

▲ Aumento ▼ Redução ○ Sem alteração ? Desconhecido

Efeito na capacidade de adaptação e resiliência às mudanças climáticas:

👍 Positivo 👎 Negativo N Neutro ? Desconhecido

Benefícios da Integração Lavoura-Floresta (ILF)

O sistema ILF envolve a consorciação de espécies arbóreas, nativas ou exóticas, com cultivos agrícolas anuais ou perenes (BALBINO *et al.*, 2011).

Um exemplo que chama atenção nos ILF é a cultura do café, na qual o plantio de árvores é de grande importância. Estudos evidenciam a influência do aumento da temperatura na produtividade do café, causando, como principais efeitos, o abortamento de flores e a redução da produtividade (ASSAD *et al.*, 2004; ZULLO JÚNIOR *et al.*, 2006).

Café plantado com 30% da área plantada ocupada por macadâmia recebeu 29,4% a menos de radiação solar em comparação ao café a pleno sol e reduziu a temperatura do ar em 0,6°C no microclima de

cultivo, diminuindo o risco de abortamento de flores (COLTRI, 2012). No Paraná, a introdução de grevilea em plantações de café aumentou a rentabilidade em até 32% (SANTOS *et al.*, 2000). Nos dois casos, os benefícios ambientais principais seriam a ação dos polinizadores, a conservação da água e a termorregulação, que evita ondas de calor ou de frio extremo.

Benefícios da Integração Pecuária-Floresta (IPF)

O sistema IPF (ou sistema silvipastoril ou arborização de pastagens) é uma modalidade de sistema integrado, no qual a produção de forrageiras e a criação de animais se dão de maneira integrada com árvores, simultaneamente ou sequencialmente, na mesma unidade de área. É fundamental utilizar espécies florestais e forrageiras adequadas ao ambiente de

produção (PORFÍRIO-DA-SILVA *et al.*, 2009). No Brasil predominam IPF com árvores exóticas, principalmente eucalipto. Mas o tipo de árvore e o espaçamento entre elas são fatores importantes e podem influenciar os benefícios esperados, como estratégia de adaptação e resiliência às mudanças climáticas (Quadro 2). IPF com eucalipto menos denso e árvores nativas dispersas proporciona melhor conforto térmico em relação ao sistema com eucalipto denso; o maior espaçamento entre fileiras de árvores e em menor densidade permite melhor circulação dos ventos, redução da temperatura do ar e aumento da umidade relativa na sombra, favorecendo o bem-estar animal (KARVATTE JÚNIOR *et al.*, 2016).

Na pecuária, o maior ganho de peso e de produtividade observado em sistemas ILPF e IPF, devido ao sombreamento, contribui para disseminar entre pecuaristas a relevância da adaptação às mudanças climáticas. No entanto, é necessário superar o conservadorismo ainda existente no campo frente a tecnologias baseadas em sistemas integrados. Os estudos ainda incipientes apontam para lucros significativos da pecuária na adoção dessas tecnologias, sendo necessário mostrar claramente as possíveis taxas de retorno. É necessário ampliar a divulgação de resultados para evidenciar que tais sistemas protegem a produção das mudanças climáticas, que já estão ocorrendo e que inevitavelmente continuarão a ocorrer, proporcionando sustentabilidade em função do aumento de rusticidade. Também é importante adequar as tecnologias aos diversos perfis de produtores e aos manejos adotados.

Benefícios de Florestas Plantadas

A produção de florestas plantadas (nativas e exóticas) é apoiada pelo Plano ABC e permite seu uso econômico nas propriedades rurais. Ela traz inúmeros benefícios ambientais e constitui uma fonte de renda de longo prazo para a família do produtor, pois aumenta a oferta

de madeira para fins industriais (celulose e papel, móveis e painéis de madeira) e energéticos (carvão vegetal e lenha), fornece material para construção civil, reduz a pressão sobre as matas nativas, e captura CO₂ da atmosfera, reduzindo os efeitos do aquecimento global.

O Brasil conta atualmente com 9,86 milhões de hectares de florestas plantadas, e as espécies de maior relevância são eucalipto, que ocupa 75% da área, e pinus, 21%. Seringueira, acácia, teca, paricá e araucária estão entre as outras espécies plantadas (IBGE, 2018). Do total da área plantada, 29% são proprietários independentes e pequenos e médios produtores, que, por meio de programa de fomento florestal, investem em plantios florestais para comercialização da madeira in natura. Essas plantações florestais reduzem a pressão sobre as florestas nativas e têm claro potencial de adaptação das culturas às mudanças climáticas.

Cabe destacar que grande parte das florestas industriais atuais são anteriores ao Plano ABC, anteriores ao Plano ABC, tendo o subprograma sido lançado em 2011. Com efeito, em 2011 a área plantada com eucalipto era de pouco menos de 5 milhões de hectares (IBÁ, 2017), contra 7,4 milhões em 2017 (IBGE, 2018). No Plano ABC, a linha de crédito para florestas plantadas movimentou menos de 6% dos recursos na safra 2015/2016 e 6,4% na safra 2017/2018 (FREITAS, 2018). É necessário estimular a implantação de culturas florestais e perenes, aumentar a escala e promover o reflorestamento com espécies nativas e sistemas agroflorestais, que constituem soluções economicamente viáveis e de curto prazo na mitigação e adaptação às mudanças climáticas (BATISTA *et al.*, 2017).

As plantações florestais contribuem para a redução do escoamento superficial de água e, conseqüentemente, da erosão hídrica e aumentam o aporte de matéria orgânica e a porosidade do solo. Quando manejada de forma adequada, a plantação florestal comercial apresenta perdas de solo por erosão hídrica abaixo da tolerância admissível (EMBRAPA FLORESTAS, 2015).

Quadro 2 | **Benefícios do sistema integração pecuária-floresta (IPF), como estratégia de adaptação e resiliência às mudanças climáticas, para o clima local, para o empreendimento agrícola e o ambiente, e para a pecuária.**

CLIMA LOCAL	EMPREENHIMENTO E AMBIENTE	PECUÁRIA
Árvores modificam o microclima do pasto	Aumenta a renda do empreendimento com produtos florestais, como lenha, postes, mourões, lascas e toras	Melhora a fertilidade do pasto
Reduzem a incidência de radiação solar	Aumenta a conservação de solo e água e diminui a intensidade da erosão, particularmente nos plantios em nível de árvores	Aumenta a biomassa e o valor nutritivo da forragem
Proporcionam temperaturas mais amenas, umidade mais elevada e menor taxa de evapotranspiração vegetal	Aumenta a provisão de serviços ecossistêmicos e a atividade biológica do solo	Aumenta a taxa de lotação das pastagens e diminui a frequência de reformas em pastagens
Protegem contra geadas, ventos, granizo, tempestades e altas temperaturas		Aumenta o conforto e a proteção dos animais e das pastagens e melhora o desempenho animal

Fonte: KARVATTE JÚNIOR *et al.*, 2016; LAVELLE *et al.*, 2006; PACIULLO *et al.*, 2011; PORFÍRIO-DA-SILVA *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2015.

Embora promovam redução acentuada de biodiversidade, podem funcionar como redutos para alguns grupos seletivos da fauna e flora silvestres e como facilitadores da restauração ecológica de florestas nativas (VIANI *et al.*, 2010).

Quanto à silvicultura de espécies nativas, o efeito sobre fauna e flora ainda é desconhecido, mas é de se esperar que irá depender essencialmente do tipo de manejo adotado, e da escala. Alguns projetos, como Amata, Fazenda da Toca, TNC Cacau Floresta, já estão em desenvolvimento no Brasil, buscando o plantio em larga escala de espécies nativas, as quais podem multiplicar oportunidades de negócios e gerar empregos no meio rural (BATISTA *et al.*, 2017).

Na Figura 6, estão representados os efeitos esperados no clima local, nos eventos extremos, nos solos, nos fatores biológicos e nos fatores socioeconômicos, como consequência da adoção de florestas plantadas. Estima-se que florestas plantadas proporcionem efeitos positivos em praticamente todos os fatores considerados, com exceção do risco de incêndio, que pode ser muito alto. Com efeito, povoamentos florestais, principalmente de pinus e de eucalipto, são implantados de forma adensada, com baixa diversidade nos estratos arbustivos e arbóreos, nos quais a propagação do fogo se dá de forma muito rápida. É necessário que sejam instalados pontos de captação de água e de observações (torres), sistema viário sinalizado e distribuição de equipamentos de combate ao fogo em pontos estratégicos do empreendimento florestal. Além disso, deve ser elaborado um zoneamento de risco de incêndio.

Figura 6 | Impactos das ações do Plano ABC para florestas plantadas e efeitos sobre a capacidade de adaptação e resiliência às mudanças climáticas.



Impacto das ações do Plano ABC e do Planaveg:

▲ Aumento ▼ Redução ○ Sem alteração ? Desconhecido

Efeito na capacidade de adaptação e resiliência às mudanças climáticas:

▲ Positivo ▼ Negativo N Neutro ? Desconhecido

Benefícios da Recuperação da Vegetação Nativa e de Áreas Degradadas

Os principais benefícios da revegetação com espécies nativas e plantio misto de árvores são a geração de um microclima favorável, a proteção de nascentes e de bordas de rios, a proteção e aumento de polinizadores, a diminuição da incidência de pragas, o aumento da disponibilidade de água no solo e a diminuição da erosão do solo (Figura 7). As abelhas sem ferrão, um

dos muitos benefícios dessa ação (Quadro 3), são consideradas de grande importância para o ecossistema, devido à sua eficiência como polinizadoras.

O Código Florestal vigente (BRASIL, 2012b) oferece três alternativas para a Reserva Legal desmatada antes de julho de 2008 se adequar às exigências legais: recomposição, regeneração natural e/ou compensação. No entanto, se o desmatamento ocorreu após julho de 2008, a compensação não é uma opção.

Figura 7 | Impactos das ações do Planaveg para restauração da vegetação nativa e de áreas degradadas e efeitos sobre a capacidade de adaptação e resiliência às mudanças climáticas.



Quadro 3 | **Benefícios da recuperação da vegetação nativa em área de preservação permanente (APP), de Reserva Legal e em áreas degradadas.**

CLIMA LOCAL / AMBIENTE	AGRICULTURA E PECUÁRIA
Revegetação e Preservação de RL e de APP	
<p>Contribui para a estabilidade do clima local</p> <p>Garante qualidade do ar</p> <p>Serve de barreira física para ventos</p> <p>Contribui para a conservação do solo, dos recursos hídricos e da biodiversidade</p> <p>Mantém inimigos naturais para o controle de pragas e doenças, em função de sua alta diversidade de plantas, animais e microrganismos</p> <p>Fornece abrigo e alimentos para animais que polinizam e espalham sementes de espécies nativas de importância econômica e/ou ecológica</p>	<p>Aumenta a disponibilidade de água no solo</p> <p>Aumenta a fertilidade do solo</p> <p>Aumenta a produtividade agrícola em áreas adjacentes pela presença de polinizadores e inimigos naturais de pragas e organismos propagadores de doenças</p> <p>Garante conforto térmico para animais em pastos adjacentes</p> <p>Garante a dessedentação animal, pois é fonte de água para bebedouros</p> <p>Aumenta a renda no sistema de produção</p>
Revegetação de Áreas Degradadas	
<p>Regula o clima local</p> <p>Conserva recursos hídricos</p> <p>Conserva a biodiversidade</p>	<p>Restabelece processos de ciclagem de nutrientes</p> <p>Favorece polinizadores e inimigos naturais de pragas e doenças</p>

Fonte: CHIARI *et al.*, 2005, 2008; CUNHA *et al.*, 2003; GIANNINI *et al.*, 2015, 2017; KLEIN *et al.*, 2007; MALERBO-SOUZA *et al.*, 2003; MANGABEIRA, 2010; MILFONT *et al.*, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2017; SCARAMUZZA *et al.*, 2016.

Não existe no Brasil uma quantificação da extensão de área degradada ocupada por culturas anuais e permanentes. São áreas que apresentam baixa produtividade, seja pela baixa aptidão agrícola, pelo manejo incorreto do solo, ou ainda pelo uso de espécies ou cultivares inapropriados para o ambiente de cultivo. Usualmente, a recuperação dessas áreas é feita com adoção de práticas mecânicas, aplicação de insumos e corretivos e com introdução de espécies ou cultivares apropriados. Estima-se que o passivo de APP e de RL que necessitam de recuperação ou de compensação é de 21 milhões de hectares (SOARES FILHO *et al.*, 2014), concentrando-se nas bordas ao sul da Amazônia e por quase toda Mata Atlântica e Cerrados.

Nas ações de recuperação da vegetação nativa e de áreas degradadas, ainda predomina o uso de espécies exóticas, principalmente eucalipto e pinus. Por outro lado, cresce a silvicultura de espécies nativas, como pau-brasil, cedrinho, acácia, peroba-rosa, jequitibá, mogno-brasileiro, entre outras, as quais constituem estratégias promissoras para produção de madeira nobre e alternativa ao desmatamento ilegal para corte de madeira. Nesse sentido, destaca-se o Projeto Verena³, que desde 2015 sistematiza conhecimentos sobre cultivo de espécies nativas e dissemina informações técnicas e econômicas para ampliação

da cobertura florestal em áreas degradadas, visando o fortalecimento da economia florestal e de baixo carbono para adaptação às mudanças climáticas.

A Embrapa e a Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável do Ministério do Meio Ambiente, em cooperação com diversos especialistas de diferentes instituições, desenvolveu o WebAmbiente⁴, um banco de dados sobre 782 espécies vegetais nativas e com alternativas para recomposição ambiental em todos os biomas brasileiros, que auxilia tomadas de decisão no processo de adequação ambiental da paisagem rural.

Uma tecnologia para adequação da paisagem rural com ganhos financeiros é a introdução de SAF para recuperação ambiental, por meio de sistemas produtivos baseados na sucessão ecológica, análogos aos ecossistemas naturais. Nesses sistemas, árvores exóticas ou nativas são consorciadas com culturas agrícolas, trepadeiras, forrageiras, arbustivas, de acordo com um arranjo espacial e temporal pré-estabelecido, com alta diversidade de espécies e interações entre elas (EMBRAPA, s.d.).

Em sistemas de produção pecuária, integrados ou em monocultivo, a Reserva Legal exerce benefícios importantes. Ela conserva solo, recursos hídricos e biodiversidade; mantém inimigos naturais para o controle de pragas e doenças, em função de sua alta diversidade de plantas, animais e microrganismos; fornece abrigo e alimentos para animais que polinizam e espalham sementes de espécies nativas de importância econômica e/ou ecológica; e tem importante papel na mitigação de GEE (BRANCALION *et al.*, 2012).

As áreas de proteção permanente são fundamentais em qualquer sistema agrícola e em particular nos sistemas agropecuários. Além dos benefícios de conservação de solo, água e biodiversidade, as áreas de proteção permanente garantem a dessedentação animal, pois é a fonte de água para bebedouros. É fundamental que cursos d'água sejam isolados e não sejam acessados por animais para que não haja pisoteio de bordas e contaminação por dejetos animais (PEREIRA *et al.*, 2017).

A presença de polinizadores proporciona aumento de produtividade das culturas. Eles desempenham um importante papel funcional na maioria dos ecossistemas terrestres e representam um serviço ecossistêmico vital para a produtividade agrícola (POTTS *et al.*, 2010). Em ambiente tropical, 94% das espécies de plantas com flores dependem de polinizadores (OLLERTON *et al.*, 2011).

Têm-se polinizadores vertebrados (aves, morcegos, pequenos mamíferos e répteis) e invertebrados (vários tipos de abelhas, besouros, borboletas, mariposas, moscas e vespas, entre outros), sendo que as abelhas visitam 90% das culturas agrícolas, as moscas 30% e os vertebrados cerca de 6% (IMPERATRIZ-FONSECA; JOLY, 2017). Polinizadores são importantes em diversos cultivos, como besouros na produção do fruto do dendê; diferentes tipos de abelhas (sem ferrão, com ferrão, melíferas, silvestres, etc.) na produção de açaí, alfafa, algodão, café, coco, guaraná, maçã, maracujá, mamona, pera e soja, entre outros; além de mamangavas e abelhas em estufas de cultivo de berinjela, melão, melancia, morango, pepino, pimenta e tomate (FREITAS; BONFIM, 2017).

A manutenção de área com vegetação nativa nas propriedades agrícolas é um seguro para garantir a produção (IMPERATRIZ-FONSECA; SILVA, 2010). No Brasil, o valor total da produção de 44 culturas no ano de 2013 (para as quais se tinha conhecimento tanto da dependência quanto do valor da produção naquele ano) foi de aproximadamente US\$ 45 bilhões e o valor econômico da polinização obtido para essas 44 culturas no mesmo período foi de aproximadamente

US\$ 12 bilhões, ou quase 30% do valor total (GIANNINI *et al.*, 2015). Das 141 espécies de plantas cultivadas no Brasil – para uso na alimentação humana, produção animal, biodiesel e fibras –, aproximadamente 60% (85 espécies) dependem em certo grau da polinização (GIANNINI *et al.*, 2015).

Os remanescentes de vegetação nativa também são importantes repositórios de inimigos naturais de pragas agrícolas por oferecerem abrigos, alimentos e sítios de reprodução e nidificação para esses organismos. O manejo da estrutura da paisagem agrícola, com a manutenção de áreas de vegetação natural vizinhas às áreas de cultivo, é um fator importante a ser considerado na elaboração de programas de manejo ecológico de pragas (MURTA *et al.*, 2008), sendo também uma alternativa economicamente viável, uma vez que não implica gastos com importação, criação e liberação de inimigos naturais.

BENEFÍCIOS DA ADAPTAÇÃO - 2ª PARTE: SISTEMAS SEM ÁRVORES

Benefícios da Integração Lavoura-Pecuária (ILP)

O sistema ILP ou sistema agropastoril é estruturado de acordo com o perfil e os objetivos da propriedade, em função de peculiaridades regionais e da propriedade, como condições de clima e de solo, infraestrutura, experiência do produtor e tecnologia disponível (VILELA *et al.*, 2011). Na safra 2015-2016, o Brasil contava com 9,5 milhões de hectares com ILP (VIEIRA FILHO, 2018). Esses sistemas proporcionam benefícios ao ambiente e ao sistema de produção, quando comparados com sistemas solteiros, na agricultura e na pecuária (pastejo contínuo ou rotacionado).

No Centro-Oeste e no Sudeste, em geral são observadas três modalidades de integração: i) em fazendas de pecuária, culturas de grãos (arroz, soja, milho e sorgo) são introduzidas em áreas de pastagens para recuperar a produtividade dos pastos; ii) em fazendas especializadas em lavouras de grãos, gramíneas forrageiras são introduzidas para melhorar a cobertura de solo em sistema plantio direto e, na entressafra, para uso da forragem na alimentação de bovinos (sistema safra-safrinha); e iii) em fazendas que, sistematicamente, adotam a ILP para intensificar o uso da terra e se beneficiar do sinergismo entre as duas atividades (VILELA *et al.*, 2011). No Sul do Brasil, as áreas que no verão, em geral, são cultivadas com milho, feijão, soja ou arroz, são destinadas à produção animal no inverno, sob pastagens anuais, principalmente de aveia, azevém, trigo ou centeio (MORAES *et al.*, 2011).

Na Figura 8, estão representados os efeitos esperados nos eventos extremos, nos solos, nos fatores biológicos e nos fatores socioeconômicos, como consequência da adoção de ILP. Observa-se que não é esperado que esses sistemas proporcionem efeitos significativos de adaptação a mudanças na umidade mínima do ar, na ocorrência de ventos fortes, na precipitação, na temperatura mínima e na incidência de ondas de frio, eventos previstos nas mudanças climáticas em curso. Do mesmo modo, com relação à ocorrência

de eventos extremos, o ILP, por oferecer maior cobertura em solos bem manejados, tem efeito positivo na ocorrência de secas, de ondas de calor e de dias consecutivos sem chuva. A ausência de árvores no ILP faz com que a conservação da biodiversidade e a ação de polinizadores dependam do tamanho da área e da distância em relação a áreas com vegetação nativa. O Quadro 4 sintetiza, a partir de resultados obtidos pela pesquisa, os efeitos de sistemas ILP no ambiente na propriedade para a agricultura e para a pecuária.

Figura 8 | Impactos das ações do Plano ABC para sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e efeitos sobre a capacidade de adaptação e resiliência às mudanças climáticas.



Quadro 4 | **Benefícios do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) como estratégia de adaptação e resiliência às mudanças climáticas, para o clima local e o empreendimento agrícola, para a agricultura e para a pecuária, comparando-o com sistemas solteiros.**

CLIMA LOCAL / EMPREENHIMENTO	AGRICULTURA	PECUÁRIA
Proporciona maior produção agrícola e menores emissões de GEE por unidade de proteína humana digerível	Quebra o ciclo de pragas e doenças	Aumenta a estabilidade da produção de forragem para alimentar o rebanho durante o ano todo
Aumenta a resiliência às alterações climáticas (tanto em termos de produtividade como de retornos financeiros)	Aumenta teores de matéria orgânica do solo	Aumenta a produtividade das pastagens com a melhoria da fertilidade do solo pelas lavouras
Contribui para a recuperação da qualidade (química, física e biológica) do solo	Aumenta e melhora o desenvolvimento da microbiota do solo	Maior ganho de peso em novilhos de recria em consórcio de capim Tanzânia com milho
Proporciona produtos agrícolas na safra de verão e pastejo de outono - inverno em pastagens anuais	Aumenta a ciclagem de nutrientes	Maior ganho de peso no período de transição de estação seca para estação das águas no Cerrado
Confere maior sustentabilidade à produção agropecuária	Tem potencial para sequestrar e acumular CO ₂ no solo, devido à alta produção de matéria seca na superfície e no solo	
Gera fluxo de caixa mais frequente para o produtor	Aumenta a diversidade da macro e microbiota do solo	
	Melhora o controle de invasoras	
	Em solos do bioma Pampa, aumenta a porosidade e diminui a densidade do solo	

Fonte: CARVALHO *et al.*, 2016; DOMICIANO, 2016; GIL *et al.*, 2018; MARCHÃO *et al.*, 2009; MIRANDA *et al.*, 2005; MORAES *et al.*, 2011; TRACY; ZHANG, 2008; VILELA *et al.*, 2011.

Benefícios do Sistema Plantio Direto (SPD)

O SPD é uma ação do Plano ABC que tem forte adesão de produtores rurais. Dos R\$ 1,361 bilhão contratados pelo Plano ABC na safra 2017/2018, 38% foram para sistemas plantio direto, por meio de pouco mais de mil contratos de valor médio de R\$ 518.019,38 (FREITAS, 2018). Nesse sistema, o material orgânico se transforma em rico adubo natural, e a palha decomposta de safras anteriores transforma-se em fertilizante do solo. As suas vantagens são a redução no uso de insumos químicos e o controle dos processos erosivos, uma vez que a infiltração da água se torna mais lenta pela permanente cobertura no solo. No SPD, a palha protege a superfície, favorece a infiltração de água por meio da mudança na geometria porosa do solo, reduz as variações de temperatura, devido ao aumento do coeficiente de reflexão da radiação solar (albedo), e diminui a evaporação da água do perfil do solo (SALTON *et al.*, 1998).

O SPD bem consolidado em um solo com pH e toxidez por alumínio corrigidos em profundidade, ou com uso de cultivar com maior potencial de crescimento radicular, é promissor para mitigar o efeito de redução moderada da precipitação. Incrementos na temperatura do ar reduzem a produtividade, mas o aprofundamento do sistema radicular e o uso de palhada na superfície do solo podem atenuar parcialmente tal efeito (REDIN *et al.*, 2016).

Por apresentar maior número de interações significativas, sistemas radiculares mais profundos se mostram mais efetivos que a palhada na mitigação dos efeitos da temperatura. O aumento na concentração de CO₂ favoreceu a produtividade do milho, porém o incremento não ultrapassou 13,51%; no entanto isso era esperado, pois o milho é uma planta C₄, que apresenta maior eficiência fotossintética (COSTA *et al.*, 2009).

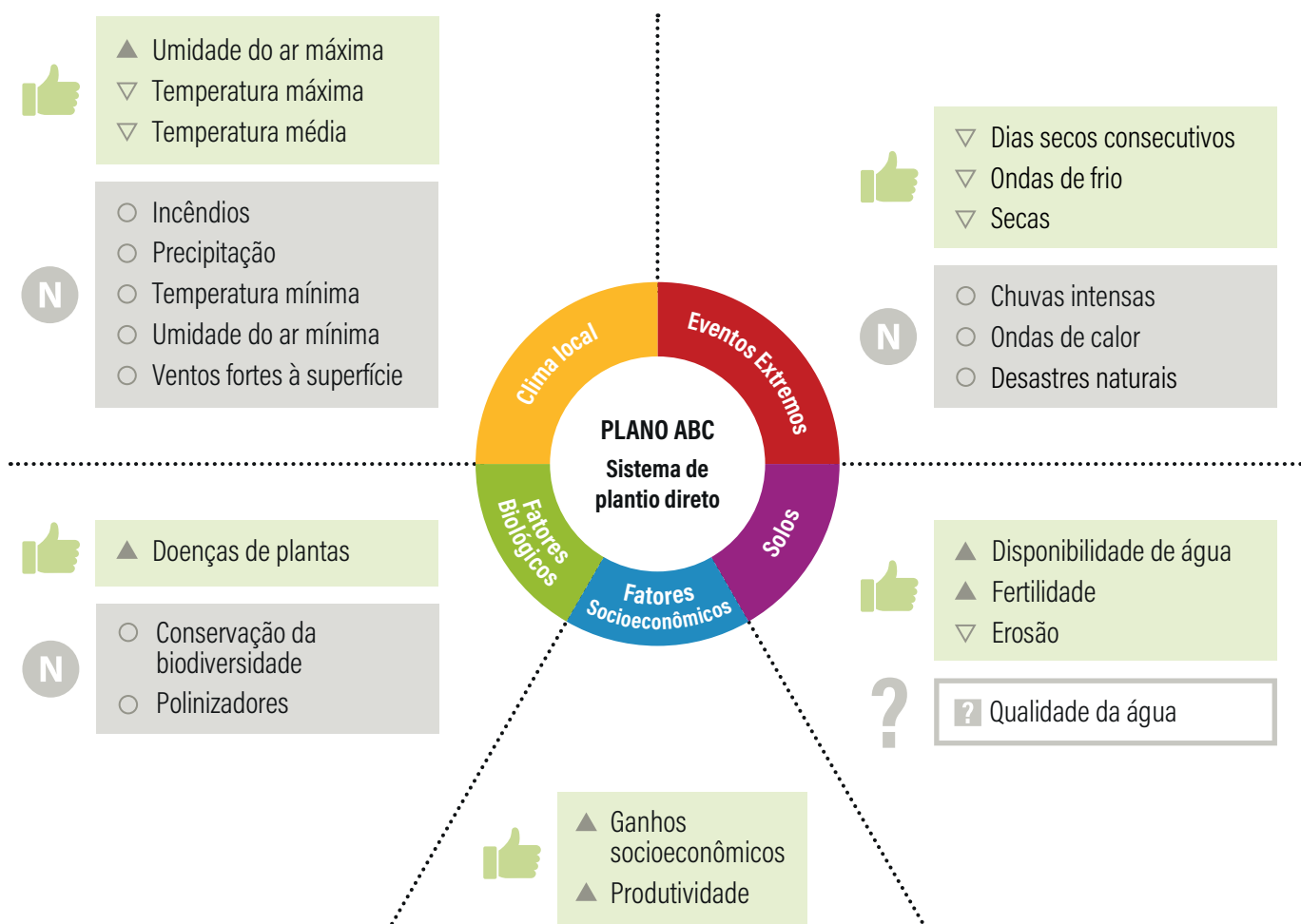
Levantamento realizado nos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, Paraná e Distrito Federal concluiu que o uso de SPD teve um impacto ambiental positivo, com destaque para melhoria da qualidade do solo e da água e redução no uso de agroquímico (LIMA *et al.*, 2014).

MAGALHÃES (2017), ao avaliar efeitos das mudanças climáticas em localidades (propriedades rurais e estações experimentais) de dez municípios de Minas Gerais utilizando modelagem de séries históricas de dados climáticos, observou que houve incremento no rendimento médio de grãos em virtude do aumento da concentração de CO₂ na atmosfera. O aumento da radiação solar também tendeu a favorecer o incremento da produtividade, a profundidade do sistema radicular e a quantidade de palhada na superfície do solo, que apresentaram interação significativa com variações na radiação solar (MAGALHÃES, 2017), indicando que o SPD pode ser uma estratégia de adaptação às mudanças climáticas.

Na Figura 9, estão representados os efeitos esperados no clima local, nos eventos extremos, nos solos, nos fatores biológicos e nos fatores socioeconômicos, como consequência da adoção de sistemas de plantio direto. Estima-se que o SPD proporcione efeitos positivos, principalmente, na adaptação a aumentos previstos nas temperaturas máximas e médias, e na umidade máxima.

Com relação aos efeitos extremos, as consequências podem ser positivas com relação a secas e a dias secos sem chuva, pois a palhada, se bem manejada, conserva a umidade do solo por mais tempo. Nos solos, são esperados efeitos positivos no controle de erosão, na disponibilidade de água e na fertilidade. Para os demais fatores, não se espera alteração ou o efeito é desconhecido.

Figura 9 | Impactos das ações do Plano ABC para sistemas de plantio direto (SPD) e efeitos sobre a capacidade de adaptação e resiliência às mudanças climáticas.



Benefícios da Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD)

A tecnologia que mais demanda financiamento no Plano ABC é a recuperação de pastagens. Dos 3.812 contratos na safra 2017/2018, 2.367 foram para RPD, com valor médio de R\$ 280 mil, representando mais de 48% dos recursos disponibilizados (FREITAS, 2018).

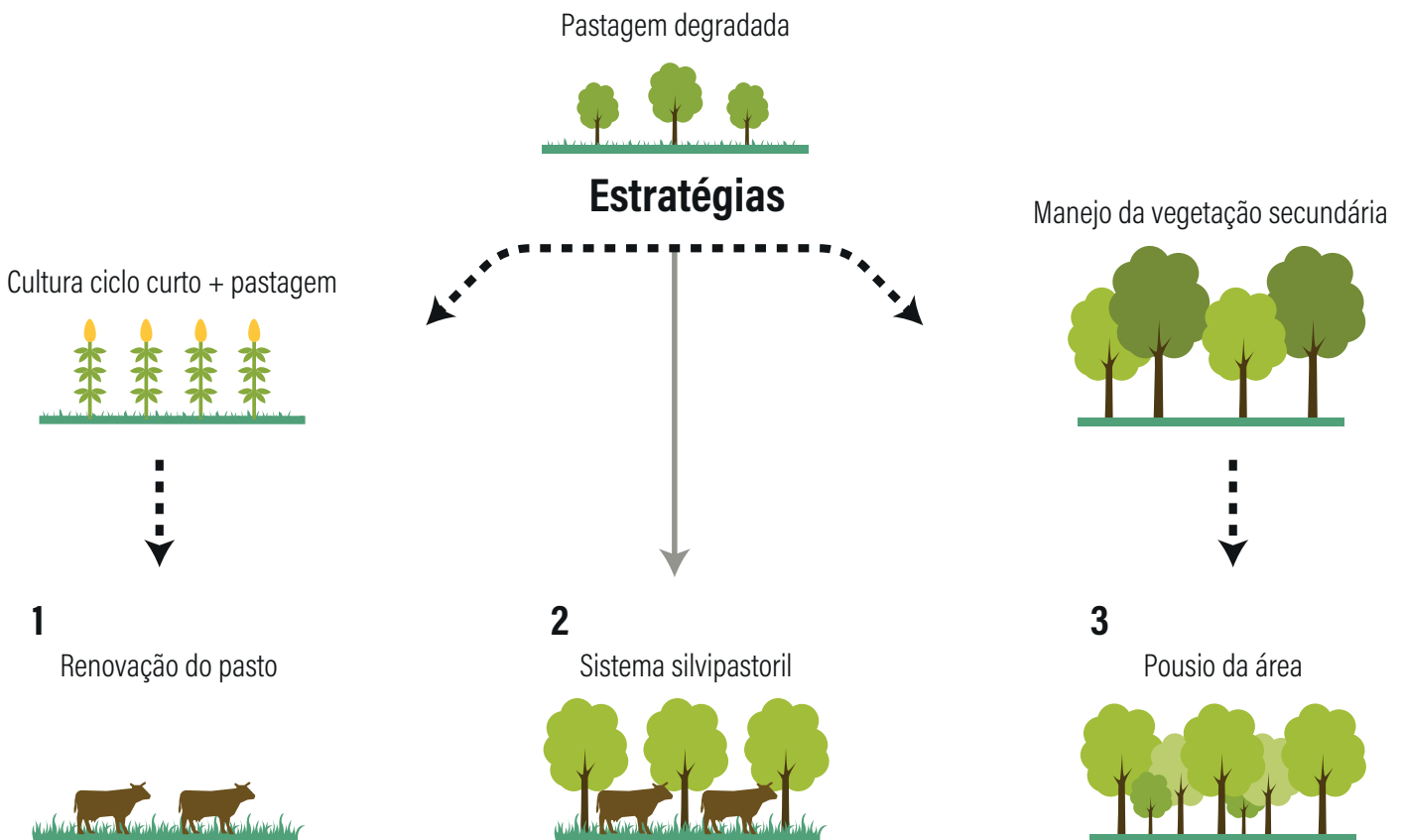
Recuperar os pastos de maneira tradicional, ou seja, aplicando doses de fertilizantes, calcário e ureia, não é suficiente para garantir a sustentabilidade do sistema, pois, em um horizonte de quatro a cinco anos, são necessárias novas aplicações (MACEDO *et al.*, 2000; VILELA *et al.*, 1998).

No Brasil, grande parte das áreas degradadas está ocupada por pastagens de baixa produtividade. A degradação de pastagens se caracteriza pela perda de vigor, de produtividade e de capacidade de recuperação natural das forrageiras que permita sustentar os níveis de produção e de qualidade exigidos pelos animais. Dos 169,7 milhões de hectares de pastagem (dados

de 2018), aproximadamente 63,7 milhões de hectares apresentam indícios de algum estágio de degradação (LAPIG, 2018). No Plano ABC, o objetivo é recuperar 15 milhões de hectares de pastagens degradadas. Essas áreas estão presentes em todas as regiões brasileiras, com destaque para regiões de fronteira agrícola (DIAS-FILHO, 2015).

Existem várias estratégias para recuperação de pastagens, algumas envolvendo etapas intermediárias (Figura 10). No Plano ABC, são comuns as demandas para recuperação (restabelecimento da produção, por meio de adubação e correção do solo, sem preparo mecanizado da área e sem mudança da forrageira) e renovação ou reforma (MACEDO *et al.*, 2000). A renovação ou reforma pode ser direta – com replantio da forrageira ou introdução de uma nova espécie ou cultivar, em substituição àquela que está degradada – ou indireta, com formação da pastagem integrada com lavoura (ILP), com floresta (IPF) ou com lavoura e floresta (ILPF) (DIAS-FILHO, 2017).

Figura 10 | Estratégias para recuperação de pastagens degradadas.



Essas práticas foram se aperfeiçoando à medida que as condições climáticas passaram a reduzir a resiliência do pasto, porque a recuperação se tornou muito dispendiosa. Com o avanço das demandas de adaptação às mudanças climáticas, principalmente relativas à deficiência hídrica, várias espécies de forrageiras geneticamente melhoradas têm sido introduzidas no mercado, trazendo ganhos importantes para a pecuária brasileira e aumentando a resiliência dos pastos tropicais. Dentre os cultivares de gramíneas que, direta ou indiretamente, estão mais adaptados aos efeitos climáticos, para diversas regiões do Brasil, destacam-se Tobiata, Centenário, Centauro, Aruana, Vencedor, Tanzânia, Mombaça, Massai, Milênio (todas do gênero *Panicum*) e Marandu, Iapar 65, Xaraés e Piatã (do gênero *Urochloa*).

A Embrapa disponibiliza uma ferramenta de consulta e de apoio à tomada de decisões⁵, baseada na construção de cenários que simulam condições climáticas e de produção atuais e em médio (2025) e longo (2055) prazos, para o cultivo de cinco forrageiras (capins Braquiarião, Tanzânia e Buffel, Palma forrageira e Azevém anual). Os capins Paiaguás e Mombaça são as principais forrageiras adaptadas para as condições atuais, pois permitem ganho de peso para a pecuária e aumentam a resiliência dos pastos.

A recuperação dos mais de 60 milhões de hectares de pastagens que se encontram em algum estágio de degradação (LAPIG, 2018) trará inúmeros benefícios, mas exige uma mudança importante na bovinocultura

brasileira. É necessário intensificar a produção, buscando-se ganhos de peso mais rápidos e aumento da biomassa do pasto. Ou seja, o pecuarista moderno deveria ser um plantador de pasto. Infelizmente isto ainda não é realidade para a maioria dos pecuaristas no Brasil, principalmente na região Amazônica, onde muitas vezes o produtor está mais interessado em garantir a posse da terra do que em ter ganho de produtividade na pecuária bovina. Assim, ele implanta um sistema de manejo extensivo mais barato e menos eficiente. Com efeito, dados do TerraClass Amazônia (INPE *et al.*, 2014) apontam que, dos 47 milhões de hectares com pastagens na região, pelo menos 10 milhões estão degradados ou abandonados e 17 milhões de hectares são considerados vegetação secundária ou em regeneração, com baixa ou nenhuma tecnologia de produção.

Na Figura 11, estão representados os efeitos esperados no clima local, nos eventos extremos, nos solos, nos fatores biológicos e nos fatores socioeconômicos, como consequência da recuperação de pastagens degradadas (RPD). Estima-se que a RPD proporcione efeitos positivos nas temperaturas máximas e médias, na umidade do ar máxima, na resistência a ondas de calor, à seca e a dias secos consecutivos e à ocorrência de desastres naturais. Seus efeitos nos solos também são positivos, tanto no controle da erosão, quanto na disponibilidade de água e na fertilidade. O Quadro 5 sintetiza, a partir de resultados obtidos pela pesquisa, os efeitos da recuperação de pastagens degradadas no clima e para o empreendimento rural.

Figura 11 | Impactos das ações do Plano ABC para recuperação de pastagens degradadas e efeitos sobre a capacidade de adaptação e resiliência às mudanças climáticas.



Quadro 5 | Benefícios da recuperação de pastagens como estratégia de adaptação e resiliência às mudanças climáticas, para o clima local e para o empreendimento agrícola.

CLIMA LOCAL	EMPREENHIMENTO
Diminuição da temperatura média	Aumento de produção, principalmente no período seco
Aumento do albedo	Aumento de ganho de peso por animal
Aumento da evapotranspiração	Bom controle de invasoras sob pastejo intensivo
	Aumento de estoque de carbono e de disponibilização de nutrientes

Fonte: ANDRADE *et al.*, 2014; FÁVERO *et al.*, 2008; KLUTHCOUSKI *et al.*, 2000; MARTINEZ *et al.*, 2014; Mello *et al.*, 2004.

BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E FINANCEIROS DA ADAPTAÇÃO DA AGROPECUÁRIA

A agricultura e a pecuária fazem uso intensivo dos recursos naturais, e a não regularização ambiental das propriedades rurais representa um grande risco na carteira do agronegócio do setor financeiro (MONZONI; VENDRAMINI, 2017). A pressão sobre os recursos naturais e os serviços ecossistêmicos pode causar impactos negativos na atividade produtiva, com diminuição da rentabilidade, redução da capacidade de pagamento, depreciação de garantias do financiamento, possível incidência de multas ambientais por não conformidade e o não acesso a mercados compradores nacionais e internacionais. Tudo isso pode causar impactos na economia do país.

O Brasil ocupa quase metade da área da América do Sul, abarca várias zonas climáticas e responde por 53% da produção agropecuária do continente sul-americano. O país possui elevada biodiversidade e pode abrigar vários arranjos produtivos de adaptação às mudanças climáticas que conciliem produtividade com conservação ambiental. Entretanto, a adoção desses sistemas ainda é tímida e são necessários esforços para a divulgação de seus benefícios econômicos e financeiros a fim de que sejam implantados em larga escala.

Os benefícios do Plano ABC e do Planaveg para direcionar as atividades que promovam a adaptação e o aumento da resiliência da agropecuária às mudanças climáticas foram discutidos no item anterior. Neste item são discutidos os benefícios econômicos, tanto dos serviços ecossistêmicos quanto dos planos para aumentar a sustentabilidade da agropecuária, que são ainda pouco conhecidos e precisam ser difundidos entre produtores agropecuários e melhor internalizados pelo setor financeiro.

Existe sinergia entre conservação da vegetação nativa e produção agropecuária. Assim, ações e financiamentos deveriam ser complementares, tanto por meio das estratégias e ações do Planaveg, quanto por meio dos itens financiáveis do Plano ABC. Os serviços ecossistêmicos que afetam diretamente a produção agrícola e florestal são justamente os mais desconhecidos e, por isso mesmo, os menos reconhecidos pelas instituições financeiras (CREDIT SUISSE, 2016).

Iniciativas importantes estão sendo propostas para o setor financeiro, destacando a necessidade de se considerar os riscos econômicos das mudanças

climáticas em curso. O relatório apresentado em abril de 2019 pela *Central Banks and Supervisors Network for Greening the Financial System* (NGFS)⁶, formada por 34 dirigentes e cinco observadores de bancos centrais de cinco continentes, aponta que é necessário agir para mitigar as mudanças climáticas e se adaptar a elas. Dentre as principais recomendações, destacam-se integrar os riscos financeiros das mudanças do clima no monitoramento no sistema financeiro e incentivar os bancos centrais a liderar, pelo exemplo em suas próprias operações, integrando fatores de sustentabilidade na gestão de fundos próprios, fundos de pensões e reservas, por exemplo (NGFS, 2019).

Indiretamente, para operações tradicionais de crédito, os bancos já vêm incorporando em suas análises a provisão da água, serviço ecossistêmico extremamente importante, e diversos agentes possuem suas próprias ferramentas de análise de risco para esse serviço específico. Mas é necessário expandir e incluir os demais serviços ecossistêmicos e ambientais.

Muitos agentes financeiros ainda não dispõem de metodologias para considerar o risco associado ao clima futuro nos processos de análise dos projetos de financiamento. Ferramentas como o Zoneamento de Risco Climático (Zarc), por exemplo, que orienta boa parte do crédito agrícola e, conseqüentemente, diversas políticas setoriais, deve considerar o clima futuro (médio e longo prazo) para subsidiar análises de risco do financiamento. O mesmo deve ser feito em relação ao Plano ABC e ao Planaveg.

Benefícios Econômicos e Financeiros do Plano ABC

Com a ampliação dos mecanismos regulatórios para a conservação / preservação ambiental e dos efeitos negativos resultantes do uso indiscriminado de recursos naturais, cresce a percepção de que benefícios produtivos associados aos serviços ecossistêmicos trazem também benefícios financeiros para o produtor agrícola e econômicos para empresas e investidores. Considerando que a rentabilidade é o elemento-chave para a viabilidade do financiamento bancário, o aumento da produtividade da atividade principal, ou a adoção de medidas que tragam resultados econômicos positivos para a propriedade rural como um todo, é fundamental para redução do risco e viabilização do financiamento.

Há atualmente vários estudos de análise de investimento de sistemas integrados e de recuperação de pastagens, em diferentes arranjos produtivos e em diversos locais, que apontam aumento do fluxo de caixa

gerado ao longo do tempo nas propriedades rurais, sendo que vários deles são anteriores ao Plano ABC e ao Planaveg. Podem ser encontrados também estudos desenvolvidos em SAF, que atualmente são apoiados pelo Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) e pelo Planaveg.

A comparação entre esses resultados, que podem ajudar também a manter o potencial de mitigação dos sistemas de uso da terra (BUSTAMANTE *et al.*, 2014), deve ser feita com reserva, pois existem especificidades de sistemas de produção, ambientais, sociais e tecnológicas. Há também diferenças em metodologias de cálculo e em taxas de juros utilizadas. Além disso, as análises não levam em conta a escala do empreendimento nem os custos de oportunidade da terra, que variam de uma região para outra.

Ainda assim, é possível constatar que:

- Todos os trabalhos consultados (Tabela 1) apontam vantagens econômicas, sejam de sistemas integrados, de recuperação de pastagens, ou de SAF;
- Na pecuária de corte (VALE, 2004) e na pecuária leiteira (SANTOS; GRZEBIELUCKAS, 2014), IPF é economicamente viável, podendo recuperar o capital em menor tempo (SANTOS; GRZEBIELUCKAS, 2014) e representar uma alternativa para o desenvolvimento regional

sustentável, pois 1 ha de IPF equivaleria a 1,93 ha distribuído entre as monoculturas de pastagem e eucalipto, representando um ganho de quase 100% em área (VALE, 2004);

- SAF, por sua composição multifuncional, gera receitas em todos os anos, com maiores custos nos três primeiros anos de implantação devido à maior demanda de práticas culturais, de mão de obra e de insumos (ARCO-VERDE, 2008). O SAF é financeiramente viável, mas os benefícios gerados pelas culturas anuais podem não ser suficientes para neutralizar os custos de implantação;
- ILP é mais rentável para os produtores do que sistemas solteiros (GOMES, 2015; LAZAROTTO *et al.*, 2010; MENDONÇA, 2018; SILVA *et al.*, 2012), pois, enquanto a bovinocultura, de leite ou de corte, é especializada na pecuária e sistemas de produção de grãos só contemplam atividades agrícolas, o ILP é mais diversificado. Por ser mais complexo, ele envolve todas as atividades presentes nos dois sistemas e exige do produtor rural mais conhecimentos técnicos e mercadológicos (LAZAROTTO *et al.*, 2010);
- RP e ILPF (BEDOYA *et al.*, 2012) proporcionam resultado econômico satisfatório e contribuem para a mitigação de GEE e para o aumento da produtividade da pecuária.

Tabela 1 | Indicadores econômicos em diferentes sistemas produção agrícola: bovinocultura de corte (BC), bovinocultura de leite (BL), produção vegetal (PV), integração lavoura-pecuária (ILP), integração pecuária-floresta (IPF), integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), recuperação de pastagens (RP) e sistema agroflorestal (SAF).

FONTE E LOCAL	SISTEMAS ESTUDADOS	INDICADORES ECONÔMICOS			
		VPL (R\$)	TIR (%)	PAYBACK (ANOS)	C/B
Vale (2004) ¹ , IPF para a Zona da Mata (MG) com dados empíricos, base de estudo 1 hectare	PV (reflorestamento de eucalipto)	7.223,94	24,8	-	3,24
	BL (pecuária leiteira convencional)	6.015,27	52	-	1,28
Arco-Verde (2008) ² - SAF implantados em 1995 em Cantá (RR), base de estudo 2,3 hectares	IPF (eucalipto associado a <i>Brachiaria brizantha</i> (70%) e <i>Calopogonium muconoides</i> (30%) + pecuária leiteira)	16.302,54	27,5	-	
	SAF 1 - (arroz, mandioca, bananeira, ingazeiro, cupuaçuzeiro, pupunheira, cupiúba, castanheira e gliricídia como cerca viva)	3.134,00	14,83	-	1,46
	SAF 2 - (milho, soja, mandioca, bananeira, ingazeiro, cupuaçuzeiro, pupunheira, cupiúba, castanheira e gliricídia como cerca viva)	7.006,00	23	-	1,89
	PV (soja e milho no verão e trigo no inverno)	96.635,00	13,99	1,017	1,0

Lazzarotto <i>et al.</i> (2010) ³ - dados de pesquisa em Guarapuava (PR) de 1995 a 2007, base de estudo 300 hectares					
	BC (bovinocultura de corte, com compra de bezerros, recria e engorda, em período inferior a um ano)	159.583,00	14,95	1,016	1,01
	ILP (soja e milho no verão e trigo no inverno, e carne bovina no verão e no inverno)	190.787,00	14,91	1,024	1,01
	PV convencional (soja, milho e trigo)	374.732,21	1,8	-	-
	ILP1 (pastagens de aveia preta, azevém anual, trevo branco e trevo vermelho com pastejo de animais leves (192 ± 40,9 kg))	199.318,03	4,1	-	-
Silva <i>et al.</i> (2012) ⁴ - ILP em pecuária leiteira em Castro (PR), base de estudo 100 hectares	ILP2 (pastagens de aveia preta, azevém anual, trevo branco e trevo vermelho com pastejo de animais pesados (278 ± 41,2 kg))	159.270,15	4,5	-	-
	ILP3 (pastagens de azevém anual com pastejo de animais leves (192±40,9 kg))	244.940,88	3,6	-	-
	ILP4 (pastagens de azevém anual com pastejo de animais pesados (278±41,2 kg))	131.597,11	4,8	-	-
	Sistema de referência (60 ha pasto extensivo de braquiária, 6 ha de pasto intensivo de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça + 15 ha de milho para silagem)	- 328.066,77	1,2	-	-
Bedoya <i>et al.</i> (2012) ⁵ - simulações para pecuária leiteira em fazendas típicas, Uberlândia (MG)	RP (48 ha pasto intensivo em mombaça e 33 ha milho para silagem)	566.702,96	8,3	-	-
	ILPF (40 ha pasto intensivo em capim mombaça, 19 ha de milho para silagem e 22 ha de eucalipto)	322.125,50	7,5	-	-
	BC (entrada de novilhos com 9 meses e vendidos com 27 meses e 20@)	920,59	13,15	7,23	1,2
Santos; Grzebieluckas (2014) ⁶ , fazenda em Tangará da Serra (MT), base de estudo 1 hectare	PV (reflorestamento de eucalipto)	15.843,80	10,69	6,78	3,67
	IPF (eucalipto e entrada de novilhos com 9 meses e vendidos com 20 meses e 18@)	13.791,03	19,55	5,82	2,26
Gomes (2015) ⁷ , ILP e PV, Tangará da Serra (MT), base de estudo 170 hectares	PV (sucessão soja, milho, pousio)	196.702,00	-	10	-
	ILP (sucessão soja, milho silagem com braquiária depois pastagem)	2.251.430,00	-	5	-
	PV1 (milho)	763.332,28	40	3	-
Mendonça ⁸ (2018), ILP e PV dois sistemas (milho e pasto), Sertãozinho (SP), base de estudo 75 hectares	PV2 (<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu)	-25.554,65	5	8	-
	ILP (milho e <i>B. brizantha</i> cv. Marandu, semeados juntos, com capim semeado na linha e entrelinha do milho e com aplicação de herbicida)	797.326,26	32	-	-

Notas: VPL = valor presente líquido, em R\$; TIR = taxa interna de retorno, em %; tempo de retorno do investimento (payback) = TRI, em anos; B/C = razão benefício / custo; 1- juros de 8% a.a. e custo anual da terra de R\$120,00/a.a.; 2- trabalho com avaliação econômico-financeira de cada cultura; juros 8% a.a.; 3- TMA (taxa mínima de atratividade) = o valor de 12,1% a.a., média de custos dos capitais próprios e de terceiros; 4- taxa 6% a.a.; 5- Payback e retorno do investimento em um horizonte de 21 anos, juros de 5% a.a.; @ (arroba) = ~12 kg; 6- taxa mínima de atratividade de 8% a.a. e período de 12 anos; 7- TMA = 6,2%; calculou o índice relativo de lucratividade (IL) = 1,75 para o PV e 3,31 para o ILP; 8- juros de 0,5% ao mês.

Portanto, investir em sistemas produtivos de adaptação às mudanças climáticas (restauração florestal, recuperação de pastagens, ILP, ILPF, IPF, SAF), através de arranjos produtivos viáveis economicamente e de baixo risco ambiental, proporciona um custo evitado, em função do aumento da resiliência e da diminuição dos riscos impostos por mudanças climáticas na escala da propriedade, e pela manutenção dos serviços ecossistêmicos e ambientais na escala da paisagem. Esses serviços valorados poderiam ser utilizados para melhorar o fluxo de caixa de futuros empreendimentos agropecuários e florestais e, conseqüentemente, aumentar a atratividade dos investimentos em agricultura de baixo carbono e restauração florestal pela diminuição do risco de não pagamento do principal.

Cabe salientar que a implantação de técnicas de adaptação da agropecuária às mudanças climáticas deve evoluir paralelamente com a introdução de práticas de manejo que viabilizem a manutenção dos sistemas de produção no longo prazo (manejo de pastos, de alternativas de alimentação animal, qualificação de mão de obra no campo e outros) para que, além do ganho ambiental, haja também o retorno financeiro, demonstrado na análise de investimento (BEDOYA *et al.*, 2012).

É preciso considerar o planejamento territorial e inibir a expansão fundiária especulativa, canalizando investimentos em ganho de produtividade no campo por meio da otimização na alocação de recursos financeiros. Estima-se que, somente no Cerrado, a área com pastagens degradadas seria suficiente para acomodar o incremento na produção de soja e de carne necessário para atender às demandas doméstica e internacional até 2040 (STRASSBURG *et al.*, 2017). Contando com a abertura legal de 25 milhões de hectares adicionais e ganho simultâneo de 56% na produtividade pecuária, o Brasil garantiria sua taxa de crescimento na participação da oferta global de alimentos e fibras até 2050 (SOTERRONI *et al.*, 2018). A convergência de investimento em produtividade e proteção ambiental é o meio mais eficiente de se garantir a provisão dos serviços ambientais dos quais depende a própria agricultura.

Benefícios Econômicos e Financeiros do Planaveg

O capital natural e seus serviços ecossistêmicos são comumente considerados na economia agropecuária como externalidades e não entram na contabilização do fluxo de caixa, gerando falhas de mercado ou dos sistemas de preços. Eles também não são inseridos nos cálculos usuais de avaliação de economias globais e desenvolvimento humano (BENINI *et al.*, 2017). Mesmo quando identificados e reconhecidos por suas funções, serviços ecossistêmicos dificilmente são mensurados na contabilidade de estabelecimentos rurais por não serem geradores de caixa.

O Planaveg tem o papel de garantir as florestas como fonte de serviços essenciais, principalmente a regularidade microclimática e o fluxo hídrico. A valoração econômica dos benefícios ambientais da restauração e de práticas de manejo de adaptação a mudanças climáticas e seu reatamento na resiliência da agricultura podem ser quantificados de diversas formas.

No Brasil, apesar da redução nas taxas anuais de desmatamento em biomas brasileiros na última década, a mudança de uso da terra continua elevada, em especial no Cerrado (236 mil km² entre 2000 e 2015) e na Caatinga (conversão de 45% da cobertura original) (BPBES, 2018). A Moratória da Soja, sucesso na redução do desmatamento da Amazônia, teve como efeito colateral um aumento de desmatamento no Cerrado (BPBES, 2018). Cabe destacar que dados preliminares apontam que o desmatamento nos Cerrados, no período de agosto de 2017 a julho de 2018, foi de 6.657 km², 11% menor do que no período anterior e 33% menor do que em 2010. Por outro lado, o mesmo relatório aponta que na Amazônia foram desmatados 7.900 km², que representam um aumento de 13,7% em relação à medição de 2017, o que inspira cautela (MMA, 2018). Na Mata Atlântica, a área de cerca de 29 mil hectares desmatada de 2015 a 2016 supera substancialmente a área restaurada no mesmo período (BPBES, 2018). O Atlas da Mata Atlântica indica que em 2018 restavam 16,3 milhões de hectares de florestas nativas preservadas, o equivalente a 12,4% da área original do bioma (SOS MATA ATLÂNTICA, 2019).

Investir na recuperação de áreas degradadas e em vegetação nativa, por meio de arranjos produtivos viáveis economicamente e de baixo risco ambiental, proporciona um custo evitado pelo aumento da resiliência da agricultura na escala da propriedade e diminui os riscos gerados pelas mudanças climáticas. Na escala da paisagem, a recuperação gera benefícios que, se valorados, podem ser utilizados para melhorar o fluxo de caixa de futuros empreendimentos agropecuários e florestais e, conseqüentemente, aumentar a atratividade dos investimentos em agricultura de baixo carbono e em restauração, pois diminui o risco de não pagamento do principal. O papel dos povoamentos florestais na regulação climática (LOVEJOY; NOBRE, 2018), nos ciclos pluviométricos e na regulação local do fluxo hídrico (FILOSO *et al.*, 2017), é vital para a agricultura. No Brasil, estima-se que o valor das florestas em decorrência dos serviços ambientais prestados à agricultura, como regulação climática e sazonalidade pluvial, situa-se entre US\$ 56 e US\$737/ha/ano (STRAND *et al.*, 2018).

O Brasil assumiu o compromisso em suas NDC de restaurar e reflorestar pelo menos 12 milhões de hectares até 2030. Trabalhos sobre custos de restauração de vegetação e de recuperação de áreas degradadas não são muito comuns, mas alguns estudos apontam a grande oportunidade que o Brasil possui apostando em uma economia florestal e de baixo carbono (GVCES, 2016; GVCES; FEBRABAN, 2018; INSTITUTO ESCOLHAS, 2016).

Considerando que a rentabilidade é chave para a viabilidade do financiamento bancário, o aumento da produtividade da atividade principal ou a adoção de medidas que tragam resultados econômicos positivos para a propriedade rural como um todo são fundamentais. Portanto, é necessário estimular a adoção de estratégias de adaptação para reduzir a vulnerabilidade a riscos e diminuir as perdas em função das mudanças climáticas em curso.

Existem ainda muitos desafios a serem considerados para que a recuperação e a restauração de áreas degradadas e de vegetação nativa tenham um melhor custo-efetividade e possam ser implementadas em escala. Mas a intensificação sustentável da agricultura

pode ser uma aliada da restauração florestal, suprimindo a demanda de alimentos da sociedade, ao mesmo tempo em que libera áreas menos aptas à produção para a restauração da vegetação. Contudo o aperfeiçoamento tecnológico, ao aumentar a eficiência com a qual se usa um recurso ou se produz um bem econômico, pode estimular a demanda desse recurso ou produto, causando o chamado efeito bumerangue ou Paradoxo de Jevons⁷.

Assim, o desafio é convencer o setor agropecuário e financeiro que, ao investir na recuperação de áreas degradadas ou na recomposição florestal, tem-se um custo evitado pelo aumento da resiliência ambiental e uma diminuição de risco em função das mudanças climáticas, fundamentais para a produção agropecuária na escala da propriedade e para a sociedade na escala da paisagem.

Instrumentos Econômicos e Programas de Apoio à Agropecuária de Baixo Impacto

A agricultura de baixo carbono e a recuperação de áreas degradadas e de vegetação nativa contribuem para a redução de emissões de GEE, trazem benefícios para os sistemas agropecuários e colaboram para a provisão de serviços ecossistêmicos essenciais à própria produção. Com isso, sistemas integrados que aliam restauração da vegetação nativa e adotam práticas preconizadas no Plano ABC e no Planaveg têm maior resiliência que sistemas solteiros.

Instrumentos econômicos são importantes para orientar decisões de valorização do capital natural como meios para influenciar o processo de decisão de produtores e consumidores por meio da internalização dos custos ambientais.

Um conjunto de instrumentos econômicos consagrados mundialmente é apresentado no Quadro 6, destacando-se incentivos tributários (isenções, reduções de alíquotas, créditos presumidos, etc.), incentivos creditícios, remuneração direta (pagamentos por serviços ambientais) e desincentivos. Esses mecanismos podem ser utilizados isoladamente ou combinados em programas específicos, como destacados em exemplos no Quadro 7.

Quadro 6 | Instrumentos econômicos de apoio ao desenvolvimento da agropecuária de baixo impacto.

INSTRUMENTOS À DISPOSIÇÃO	DESCRIÇÃO	EXEMPLOS
Mecanismos Fiscais	Desoneração fiscal de atividades de menor impacto ambiental, ou, por outro lado, incremento de alíquotas sobre produtos ou processos de alto potencial poluidor (poluidor-pagador). Outra modalidade pode ser o acesso privilegiado a parcelas adicionais de recursos financeiros oriundos da arrecadação fiscal, quando são atendidos critérios ambientais estabelecidos em leis estaduais.	Brasil: ICMS Florestal, ICMS Ecológico e Novilho Precoce do MS Reino Unido: <i>Carbon Reduction Commitment (CRC)</i> e <i>Climate Change Levy (CCL)</i>
Sistema de comércio de permissões <i>cap-and-trade</i>	O comércio de permissões baseia-se na adoção de um teto (<i>cap</i>) que representa o limite máximo de emissões dos participantes do mercado. Essas permissões advêm de participantes que tiveram um desempenho favorável e conseguiram emitir uma quantidade de GEE inferior ao número de permissões que lhes foi concedido.	Europa: EU ETS Califórnia: <i>Programa Cap-and-Trade Californiano</i> Nova Zelândia: NZ ETS <i>Carbon Pricing Mechanism</i>
Sistema de comércio de permissões <i>baseline-and-credit</i>	Definição de uma linha de base que representa uma tendência de emissões / impactos na ausência de incentivos financeiros para reduzi-los. Incentiva a geração de créditos de compensação.	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) Programas voluntários (VCS, Gold Standard etc.)
Financiamentos públicos e privados	Linhas de financiamento com finalidade de incentivar comportamentos que resultem em um menor impacto ambiental de agentes econômicos diretamente ou indiretamente beneficiados <ul style="list-style-type: none"> • Reflorestamento e conservação de florestas • Recuperação e manejo sustentável de pastagem e de áreas cultivadas 	Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (Fundo Clima), Programa Agricultura de Baixo Carbono (Programa ABC), Fundo Constitucional de Financiamento do Norte (FNO), Pronaf Floresta, Pronaf Eco, <i>Green Climate Fund</i>
Remoção de subsídios distorcivos em atividades poluentes	Diminuição ou eliminação de subsídios que tornam produtos e processos poluentes artificialmente competitivos, minimizando distorções de mercado.	Remoção de subsídios aos combustíveis fósseis
Tarifas preferenciais	Oferecimento de melhores tarifas e de outras condições contratuais mais vantajosas para produtos ou serviços com menor impacto ambiental.	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa)
Títulos de dívida	Títulos de dívida para captação de recursos por meio de empréstimos de dinheiro, a partir de acionistas. Esses títulos podem ser utilizados para viabilizar projetos com impacto ambiental positivo.	Títulos verdes ou <i>green bonds</i> Certificados de Recebíveis do Agronegócio (CRA) Letra de Crédito do Agronegócio (LCA)
Pagamento por Serviços Ambientais	Instrumento de transferência monetária ou recompensa financeira para aqueles que mantêm ou reabilitam o provimento de serviços ecossistêmicos, seguindo o princípio do “protetor recebedor”.	Produtor de Água (Bacia PCJ) - Agência Nacional das Águas/TNC Conservador de Águas - Extrema/MG

Quadro 7 | Exemplos de programas disponíveis no Brasil que oferecem incentivos para valorização do capital natural.

PROGRAMA/PROJETO	BENEFÍCIOS ESPERADOS	INSTRUMENTO ECONÔMICO UTILIZADO
Programa de Apoio à Criação de Gado para o Abate Precoce - Mato Grosso do Sul (http://www.precoce.semagro.ms.gov.br/)	Redução da emissão de metano; aumento da resiliência da bovinocultura de corte e sua adaptação às mudanças climáticas; melhoramento da qualidade da carne brasileira; aumento da competitividade no mercado internacional.	<u>Incentivos Tributários</u> Redução de alíquota de ICMS de acordo com o cumprimento de critérios ambientais adotados no manejo da atividade produtiva e do rebanho.
Programa da Agricultura Familiar (Pronaf), Programa ABC Ambiental, Programa de Apoio ao Médio Produtor (Proam), BNDES Finem Agropecuária (para SAF), BNDES Finame, Banco do Brasil, Banco da Amazônia, Banco do Nordeste, entre outros	Promoção de sistemas produtivos capazes de reduzir emissões de GEE concomitantemente ao aumento da produção e da produtividade agrícola. Aumento da resiliência da agricultura e sua adaptação às mudanças climáticas.	<u>Incentivos Creditícios</u> Linhas de crédito com taxas de juros mais atrativas e/ou prazos de carências estendidas que atendam às necessidades de adequação ambiental dos sistemas produtivos ou da própria produção.
Programa Reflorestar do Estado do Espírito Santo, Bolsa Floresta do Governo do Estado do Amazonas, Bolsa Verde de Minas Gerais, Reposição Florestal em Pernambuco	Conservação e recuperação de vegetação nativa para proteção do solo, recursos hídricos e biodiversidade.	<u>Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)</u> Transferências monetárias diretas ou de insumos em espécies (cerca, adubo) como contrapartida às ações de conservação e de restauração.
Programa Pecuária Sustentável do GTPS - Grupo de Trabalho de Pecuária Sustentável (http://gtps.org.br/)	Promoção de boas práticas visando à intensificação da produção e à diminuição dos desmatamentos e de suas emissões de GEE.	<u>Acordos Comerciais Voluntários</u> Embora não haja propriamente instrumentos econômicos, os compromissos comerciais têm efeito de normatizar as relações de oferta e de demanda nas cadeias produtivas, induzindo investimentos em boas práticas acordadas.
Moratória da Soja, de responsabilidade do Grupo de Trabalho da Soja (GTS), formado pela ABIOVE, ANEC, por organizações da sociedade civil, Ministério do Meio Ambiente e pelo Banco do Brasil (http://www.abiove.org.br)	Promoção da cadeia produtiva da soja livre de novos desmatamentos no Bioma Amazônia, garantindo que a expansão da sojicultura ocorra exclusivamente sobre áreas desmatadas até 2008.	

MATRIZ DE IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA ADAPTAÇÃO E RESILIÊNCIA DA AGROPECUÁRIA

Os quadros que se encontram no final deste item formam, em conjunto, o que está sendo considerado neste *Working Paper* Matriz de Impactos das Mudanças Climáticas na Adaptação e Resiliência da Agropecuária. Nesses quadros são considerados atributos qualitativos (aumento, redução, sem alteração, desconhecido) para variáveis que serão afetadas pelas mudanças no clima. O objetivo principal é permitir a identificação direta do efeito de estratégias do Plano ABC e do Planaveg no aumento da resiliência e na adaptação dos sistemas de produção agropecuária a mudanças climáticas. A matriz formada por esse conjunto de quadros reflete o conhecimento técnico-científico e a experiência dos especialistas que redigiram este *Working Paper*.

Quando o Plano ABC foi lançado, as ações de adaptação não estavam listadas e identificadas, principalmente porque não se tinha, na época,

o conhecimento quantitativo necessário para mostrar e provar cientificamente como seria, ou qual seria, o impacto da adaptação. Ao mesmo tempo, assim que foi lançado o Planaveg, o foco principal era mitigação e cumprimento do Novo Código Florestal e metas da NDC. Com uma reflexão maior e mais profunda sobre o efeito da revegetação no aumento da resiliência dos biomas, foi possível identificar como as ações do Planaveg podem também auxiliar na adaptação dos diversos sistemas de produção agropecuário.

Na montagem dos quadros que formam a Matriz de Impactos, para cada uma das ações previstas no Plano ABC – discutidas neste *Working Paper* considerando ações com árvores e ações sem árvores – e no Planaveg, foram apontados os possíveis impactos das mudanças climáticas (Quadro 8), os efeitos da adaptação dos sistemas produtivos (Quadro 9) e os efeitos na resiliência do sistema produtivo (Quadro 10). Todos os três quadros consideram aspectos do clima local, a ocorrência de eventos extremos, atributos dos solos, fatores biológicos e fatores socioeconômicos. No clima local consideram-se temperatura (máxima, mínima e

média), umidade do ar (máxima e mínima), precipitação e ocorrência de ventos fortes na superfície. Nos eventos climáticos extremos apontam-se os possíveis efeitos na ocorrência de ondas de calor e de frio, de secas, de dias secos consecutivos, de chuvas intensas, de desastres naturais e de incêndios. Nos solos, consideram-se os efeitos na disponibilidade de água para plantas, na erosão, na fertilidade e na qualidade da água.

Os fatores biológicos também são afetados pelas mudanças climáticas, e os quadros mostram os efeitos já conhecidos nos polinizadores, na ambiência animal (quando o sistema envolve animais), na ocorrência de doenças em plantas e na conservação da biodiversidade, enquanto que nos fatores socioeconômicos são considerados os efeitos na produtividade e nos ganhos sociais e econômicos.

Quadro 8 | **IMPACTOS ESPERADOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

COMPARTIMENTO	VARIÁVEIS	IMPACTO ESPERADO
Clima local	Temperatura	Máxima ▲
		Média ▲
		Mínima ▲
	Umidade do ar	Máxima ▼
		Mínima ▼
	Precipitação	Sudeste e ao Norte - ▼; ao Sul - ▲
Ventos fortes à superfície	▲	
Eventos extremos	Ondas de calor	▲
	Ondas de frio	▼
	Secas	▲
	Dias secos consecutivos	▲
	Chuvas intensas	▲
	Ocorrência de desastres naturais	▲
	Incêndios	▲
Solos	Disponibilidade de água no solo	Sudeste e ao Norte - ▼; ao Sul - ▲
	Erosão	▲
	Fertilidade	▼
	Qualidade da água	▼
Fatores biológicos	Polinizadores	▼
	Doenças	▲ ou ▼
	Ambiência animal	▼
	Conservação da biodiversidade	▼
Fatores socioeconômicos	Produtividade	Em geral, ▼
	Ganhos socioeconômicos	Em geral, ▼

Siglas: NA= Não se aplica, ▲ = Aumento, ▼ = Redução, ○ = Sem alteração, ? = Desconhecido.

Quadro 9 | EFEITOS ESPERADOS DAS AÇÕES DO PLANO ABC E DO PLANAVEG

COMPARTIMENTO	VARIÁVEIS		EFEITOS ESPERADOS								PLANAVEG RECUPER.
			PLANO ABC								
			AÇÕES COM ÁRVORES					AÇÕES SEM ÁRVORES			
			ILPF	SAF	ILF	IPF	FP	ILP	SPD	RPD	
Clima local	Temperatura	Máxima	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
		Média	▽	▽	▽	▽	▽	○	○	○	▽
		Mínima	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
	Umidade do ar	Máxima	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
		Mínima	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	○	▲
	Precipitação		▲	▲	▲	▲	▲	○	○	○	▲
	Ventos fortes à superfície		▲	▲	▲	▲	▲	○	○	○	▲
Incêndios		▲	▲	▲	▲	▲	○	○	○	▲	
Eventos extremos	Ondas de calor		▽	▽	▽	▽	▽	▽	○	▽	▽
	Ondas de frio		▽	▽	▽	▽	▽	○	▽	○	▽
	Secas		▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
	Dias secos consecutivos		▽	○	▽	▽	▽	▽	▽	▽	○
	Chuvas intensas		○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Desastres naturais		▽	▽	▽	▽	▽	○	○	▽	▽
Solos	Disponibilidade de água no solo		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	Erosão		▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽	▽
	Fertilidade		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	Qualidade da água		?	▲	?	?	?	?	?	?	▲
Fatores biológicos	Polinizadores		▲	▲	▲	▲	○	○	○	○	▲
	Doenças		▽	▽	▽	▽	○	○	▽	▽	▽
	Ambiência animal		▲	▲	NA	▲	NA	NA	NA	▲	▲
	Conservação da biodiversidade		▲	▲	▲	▲	▲	○	○	○	▲
Fatores socioeconômicos	Ganhos socioeconômicos		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	Produtividade		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

Síglas: ILPF = integração lavoura-pecuária floresta, SAF = sistema agroflorestal, ILF = integração lavoura-floresta, IPF = integração pecuária-floresta, FP = floresta plantada, ILP = integração lavoura-pecuária, SPD = sistema plantio direto, RPD = recuperação de pastagens degradadas, Recuper. = recuperação da vegetação nativa e de áreas degradadas, NA= Não se aplica, ▲ = Aumento, ▽ = Redução, ○ = Sem alteração, ? = Desconhecido.

Quadro 10 | EFEITO NA RESILIÊNCIA DO SISTEMA PRODUTIVO

COMPARTIMENTO	VARIÁVEIS		EFEITOS ESPERADOS								PLANAVEG RECUPER.
			PLANO ABC								
			AÇÕES COM ÁRVORES					AÇÕES SEM ÁRVORES			
			ILPF	SAF	ILF	IPF	FP	ILP	SPD	RPD	
Clima local	Temperatura	Máxima	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
		Média	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	○	▲
		Mínima	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	Umidade do ar	Máxima	▲	▲	▲	▲	▲	○	▲	▲	▲
		Mínima	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	○	▲
	Precipitação	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	○	▲	
	Ventos fortes à superfície	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	○	▲	
Incêndios	○	▲	○	○	▽	○	○	○	○		
Eventos extremos	Ondas de calor	▲	▲	▲	▲	▲	▲	○	▲	▲	
	Ondas de frio	▲	▲	▲	▲	▲	○	▲	○	▽	
	Secas	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
	Dias secos consecutivos	▲	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲	○	
	Chuvas intensas	▲	▲	▲	○	○	○	○	○	▲	
	Desastres naturais	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	▲	▲	
Solos	Disponibilidade de água no solo	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
	Erosão	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
	Fertilidade	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
	Qualidade da água	?	▲	?	?	?	?	?	?	▲	
Fatores biológicos	Polinizadores	▲	▲	▲	▲	○	○	○	○	▲	
	Doenças	▲	▲	▲	▲	○	○	▲	▲	▲	
	Ambiência animal	▲	▲	NA	▲	NA	NA	NA	▲	▲	
	Conservação da biodiversidade	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	○	▲	
Fatores socioeconômicos	Produtividade	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
	Ganhos socioeconômicos	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	

Síglas: ILPF = integração lavoura-pecuária floresta, SAF = sistema agroflorestal, ILF = integração lavoura-floresta, IPF = integração pecuária-floresta, FP = floresta plantada, ILP = integração lavoura-pecuária, SPD = sistema plantio direto, RPD = recuperação de pastagens degradadas, Recuper. = recuperação da vegetação nativa e de áreas degradadas, NA= Não se aplica, ▲ = Aumento, ▽ = Redução, ○ = Sem alteração, ? = Desconhecido.

CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

No ambiente tropical e subtropical, os ciclos biogeoquímicos são intensificados pelos fatores do clima e evidências apontam que mudanças climáticas estão em curso. Neste *Working Paper*, as discussões basearam-se no conhecimento estabelecido sobre a relação entre clima e atividade agropecuária e em resultados de estudos de pesquisadores e especialistas de diferentes instituições do Brasil e do mundo.

Neste *Working Paper*, mostrou-se que as ações previstas no Plano ABC e no Planaveg geram condições mais adequadas e resilientes para o crescimento e desenvolvimento das culturas agrícolas, de pastos e de animais. Como consequência, têm-se muitos benefícios, que variam em função de condições ambientais regionais, do sistema de produção considerado e do perfil socioeconômico e cultural do produtor. Essas condições são mais relevantes se considerarmos um cenário real de mudanças climáticas que já estamos enfrentando e que se acentuarão nas próximas décadas.

Nos últimos anos, a pesquisa tem buscado soluções para o desenvolvimento sustentável por meio de estudos dos impactos das mudanças climáticas que subsidiem medidas de adaptação frente às atuais e futuras alterações no clima. Ainda que vários avanços tenham sido feitos pela pesquisa nacional para desenvolver e/ou testar cultivares e raças adaptadas às mudanças climáticas, elas ainda são insuficientes. O Brasil, país de dimensões continentais e multifacetado culturalmente, ainda carece de tecnologias, estratégias e investimentos adequados às necessidades e às demandas dos diferentes perfis de produtores do setor agropecuário.

Os conhecidos efeitos das boas práticas de manejo e de conservação do solo, que são a base da agricultura de baixo carbono, juntamente com as práticas de revegetação propostas pelo Planaveg, têm efeito positivo na manutenção da biodiversidade, da disponibilidade e qualidade da água e da redução de desastres naturais, principalmente pela redução da erosão e de inundações. São sistemas promissores e que estão em expansão no Brasil. Em médio e longo prazos, será possível observar seus efeitos de adaptação às mudanças climáticas.

Os resultados discutidos evidenciam que os sistemas integrados são adequados à agricultura brasileira como adaptação às mudanças climáticas que estão em curso. Eles proporcionam riscos menores por serem mais diversificados, com características mais próximas das do ambiente natural, e possuem importantes funções. Eles conseguem manter água no solo, possuem maior riqueza

e magnitude de ciclos biogeoquímicos, sequestram carbono, protegem os polinizadores, proporcionam aumento e diversidade de produção e de renda e possuem maior resiliência às mudanças climáticas.

No sistema ILPF, a presença de árvores tem efeitos comprovados na sanidade das lavouras e dos animais, na redução da disseminação de doenças, no conforto térmico e nos ganhos de produtividade. Essa prática está diretamente relacionada com as propostas de revegetação do Planaveg.

Florestas plantadas com espécies nativas e exóticas, restauração ecológica e sistemas agroflorestais garantem o ciclo hidrológico e o fornecimento de água e de alimento para o meio rural e urbano e mantêm a vazão dos cursos d'água, evitando processos erosivos e de assoreamento, cujos riscos aumentam com o aumento da intensidade e da periodicidade de eventos extremos de chuvas. O aproveitamento madeireiro no sistema agrícola é uma importante fonte de renda e de estabilidade do empreendimento rural e exerce um papel fundamental na diminuição do desmatamento em áreas de florestas nativas, além de imobilizar CO₂.

A recuperação de vegetação nativa e de áreas degradadas é fundamental na restauração do equilíbrio da paisagem rural e da sustentabilidade do ambiente. Entretanto, a adequação ambiental ainda é vista como um ônus para os empreendedores rurais, dado o custo de restauração e reflorestamento, quando deveria ser considerada investimento e peça-chave para sustentabilidade financeira dos seus empreendimentos. É preciso ampliar o conhecimento sobre as possibilidades de exploração econômica de reservas legais, bem como sobre o retorno financeiro de investimentos em recuperação de áreas degradadas e de vegetação nativa.

Para os agentes financeiros, segurança nas transações e instrumentos de monitoramento das atividades implantadas são muito importantes. Nesse sentido, iniciativas estão sendo propostas, como o relatório do *Network of Central Banks and Supervisors for Greening the Financial System* (NGFS), apresentado em abril de 2019.

Indicadores apontados na matriz de impactos e resiliência proposta neste *Working Paper* podem ser utilizados pelos agentes econômicos e financeiros nas análises de projetos agropecuários, florestais, agroflorestais e de baixo carbono. Em análises de risco na agricultura, por exemplo, pode-se considerar a variação não antecipada da produtividade e renda em função de fatores climáticos (granizo, excesso

de chuva, seca, vendavais, temperatura) e/ou biológicos (ocorrência de pragas, doenças, cultivares inadequados, perda de polinizadores, etc.).

É importante também mostrar ao produtor rural que ele é o maior beneficiário dos serviços ecossistêmicos e por isso deve valorizá-los por diferentes tipos de ações (por exemplo, restauração de áreas degradadas, conservação de remanescentes de vegetação nativa, implantação de boas práticas agrícolas, etc.). Todas essas ações podem ser incorporadas nas análises de risco dos investidores e agentes financeiros e, uma vez quantificadas, podem contribuir para a redução da taxa de juros pela diminuição do risco do investimento e do financiamento. Além disso, a receita adicional obtida com a exploração econômica da Reserva Legal e com o uso de tecnologias de baixo carbono tornaria o modelo de negócio mais atraente para potencial investimento e financiamento.

Nesse sentido, um efetivo sistema de monitoramento dos financiamentos de futuros projetos de agricultura de baixo carbono, florestais e agroflorestais em larga escala, deve ser avaliado pelos investidores e agentes financeiros, evitando assim erros cometidos em outras linhas.

Além disso, é necessária ampla divulgação dos riscos de mudanças climáticas. Vale destacar que, até o momento, a sociedade desconhece o montante investido por tonelada de carbono mitigado e ignora o fato de que ainda é baixa a adesão ao Programa ABC em oito anos de existência. Além disso, não são poucos os que consideram que mudanças climáticas são estratégias de dominação de países de economia mais consolidada do que a do Brasil.

São muitos os desafios, que podem ser vistos como oportunidades de negócios. Existem ferramentas, profissionais capacitados, metodologias e marcos legais relevantes para essa transição. O presente estudo, bem como todo escopo e conhecimento aqui gerados, pode constituir um importante instrumento para mudança de paradigma no setor de produção agropecuária e florestal, bem como de investidores e tomadores de decisão. A continuidade dessa estruturação, junto com ações efetivas em diferentes frentes (econômica, acadêmica, extensionista, jurídica, entre outras) é prioritária e urgente.

Treinamento, pesquisa científica e tecnológica, capacitação de técnicos e de agentes financeiros, ações de extensão e ampla divulgação devem ser intensificados para que se ampliem as ações de adaptação da agropecuária brasileira às mudanças climáticas. Isto é fundamental para a manutenção do protagonismo nacional e internacional do setor agropecuário.

Recomendações

- Ampliar e estimular, com apoio dos serviços de assistência técnica e extensão rural, os sistemas de produção integrados;
- Incorporar, na construção do fluxo de caixa da propriedade para a análise de risco do investimento e do sistema de financiamento bancário, a valoração dos serviços ecossistêmicos provenientes de sistemas produtivos de baixo carbono e de restauração, visto que, nos recursos reembolsáveis, as análises de risco compõem diretamente o custo do capital e o valor do *spread* do agente financeiro e, conseqüentemente, impactam no retorno de investimento e na capacidade de pagamento do tomador;
- Estimular seguradoras e resseguradoras a considerar o risco evitado de perdas em função da adoção de práticas de adaptação às mudanças climáticas;
- Concentrar esforços para quantificar, por meio de indicadores, o potencial de adaptação às mudanças climáticas das diversas ações do Plano ABC e do Planaveg;
- Inserir as ações do Plano ABC e do Planaveg na agenda de desenvolvimento do país e considerar essas ações como investimento e não como custo;
- Aumentar o investimento em práticas de baixo carbono e restauração dos ecossistemas através da realocação de recursos do Plano Safra;
- Considerar, nas políticas públicas para o setor agrícola, a segurança alimentar, além do valor econômico da produção e suas vantagens comerciais no cenário global; e
- Investir em pesquisa, inovação tecnológica, treinamento, capacitação e divulgação das estratégias de adaptação baseadas no Plano ABC e no Planaveg.

SIGLAS

AbE - Adaptação baseada em Ecossistemas
APP – Área de Preservação Permanente
FBN - Fixação Biológica de Nitrogênio
GEE – Gases de Efeito Estufa
ILF – Integração Lavoura- Floresta
ILP – Integração Lavoura-Pecuária
ILPF – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
IPF – Integração Pecuária-Floresta
IPCC – sigla em inglês de Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
RPD – Recuperação de Pastagens Degradadas
SPD – Sistema Plantio Direto
SI – Sistemas Integrados (envolvem ILP, ILF, ILPF e IPF)
RL – Reserva Legal
SAF - Sistema Agroflorestal

GLOSSÁRIO

Arroba (@): unidade de medida padrão em pesagem de carcaça de bovinos. No Brasil, a arroba corresponde a 15 kg. O peso da carcaça, em @, é o peso da carne com o osso. Descontam-se o total pesado pelo sebo, couro, patas, cabeça e entranhas. O rendimento de carcaça depende da taxa de gordura, do sexo e da raça e, na prática, considera-se um rendimento médio de 50% do peso vivo, dado em quilogramas.

Área de preservação permanente (APP): área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Embrapa, s.d.). Como regra geral, não pode haver exploração econômica dos recursos florestais em APP e a supressão de vegetação só poderá ser autorizada nas hipóteses previstas na lei, ou seja, quando for de utilidade pública, de interesse social e de baixo impacto, que incluem, entre outras, a exploração agroflorestal e o manejo florestal sustentável praticados na pequena propriedade ou posse rural familiar (EMBRAPA, s.d.).

Área de Reserva Legal (RL): área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa (EMBRAPA, s.d.).

Benefício: termo adotado neste *Working Paper* para os cobenefícios das ações de adaptação às mudanças climáticas.

Cobenefício: termo adotado na literatura especializada como benefício adicional das ações de mitigação, ou seja, aquele além do benefício direto de redução de emissões, visando ao desenvolvimento de forma sustentável.

Efeito poupa-terra: efeito da adoção de tecnologias adequadas em sistemas agropecuários, que proporcionam aumento de produtividade e de ganhos financeiros e, conseqüentemente, permitem poupar o fator terra ao longo do tempo.

Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, na sigla em inglês): documento que registra os compromissos e as contribuições propostos pelo governo brasileiro para cumprir o Acordo de Paris.

Safrinha: refere-se à cultura, feita após a safra, que recebe esse nome por tradicionalmente apresentar produtividade menor, devido à menor oferta de chuva durante todo o ciclo de cultivo. As sucessões mais comuns no plantio safra-safrinha são: soja-milho, no Sudeste e Centro-Oeste, e soja-trigo no Sul do Brasil.

Sistema Agroflorestal (SAF): sistema que utiliza uma grande diversidade de plantas, manejadas para atender às necessidades vitais da comunidade (alimentação, saúde, confecção de vestuário e construção de casas e abrigos), e que envolve cultivos itinerantes, sistemas tradicionais abertos ao mercado, e intercultivo de plantas perenes arbóreas, arbustivas e palmáceas (BECKER, 2010; CASTRO *et al.*, 2009).

Sistemas Integrados (SI): sistemas que envolvem integração de atividades agrícolas em uma mesma área. São eles integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), integração lavoura pecuária (ILP), integração lavoura-floresta (ILF) e integração pecuária-floresta (IPF).

Spread bancário: diferença entre o que os bancos pagam na captação de recursos e o que eles cobram ao conceder um empréstimo para uma pessoa física ou jurídica. No valor do *spread* bancário estão embutidos também impostos como o IOF e a CPMF.

REFERÊNCIAS

- ALCAMO *et al.* **Ecosystems and human well-being: a framework for assessment / Millennium Ecosystem Assessment.** Washington (DC): *Island Press*, 2003. 245 p.
- ALMAGRO, A.; OLIVEIRA, P. T.; NEARING, M. A.; HAGEMANN, S. Projected climate change impacts in rainfall erosivity over Brazil. **Scientific Reports** **7**, article number 8130, 2017. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-08298-y>. Acesso em: mai 2019.
- ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M. Inovações tecnológicas nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta - ILPF. *In*: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 8.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 4., 2012, Viçosa, MG. **Anais [...]** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2012. p. 267-276.
- ALVES, M. E. B. *et al.* Identificação e quantificação do efeito de fatores ambientais na produtividade da cultura do milho na região de Janaúba, MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, n. 3, p. 188-201, 2011.
- ANDRADE, R. G. *et al.* Evapotranspiração em pastagens com indicativos de degradação na Bacia Hidrográfica do Alto Tocantins. *In*: Inovagri International Meeting, 2, 2014. **Anais [...]**, p. 3052-3029.
- ARCO-VERDE, M. F. **Sustentabilidade biofísica e socioeconômica de sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira.** 2008.188 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2008.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, 2004.
- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil.** Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2008. 84p.
- ASSAD, E. D.; MARTINS, S. C.; BELTRÃO, N. E. DE M.; PINTO, H. S. Impacts of climate change on the agricultural zoning of climate risk for cotton cultivation in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 1-8, 2013.
- ASSAD, E. D.; RODRIGUES, R. A.; MAIA, S.; COSTA, L. C. Segurança Alimentar. *In*: NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A. (Orgs.). **Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar.** São José dos Campos, SP: INCT, 2017. p. 97-125.
- BAGSTAD, K. J.; SEMMENS, D. J.; WAAGE, S.; WINTRHROP, R. A comparative assessment of decision-support tools for ecosystem services quantification and valuation. **Ecosystem Services**, v. 5, e27–e39, 2013.
- BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A. de O.; STONE, L.F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF).** Brasília, DF: Embrapa, 2011. 130 p.
- BATISTA, A. *et al.* Reflorestamento com espécies nativas para fins econômicos. *In*: BENINI, R. de M.; ADEODATO, S. (Orgs.). **Economia da restauração florestal.** São Paulo, SP: The Nature Conservancy, 2017. p. 74-90.
- BECKER, B.K. Novas territorialidades na Amazônia: desafio às políticas públicas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 5, n. 1, p. 17-23, 2010.
- BEDOYA, D. M. V. *et al.* **Estudo de viabilidade econômica na implantação dos sistemas silvipastoril e reforma de pastagem em propriedades de leite típicas.** Piracicaba, SP: CEPEA/ESALQ, 2012. 29 p.
- BENINI, R. de M.; BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, P. H.S. O futuro da restauração no contexto econômico. *In*: BENINI, R. de M.; ADEODATO, S. (Org). **Economia da restauração florestal.** São Paulo, SP: The Nature Conservancy, 2017. p. 124-135.
- BERGAMASCHI, H. *et al.* Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima.** Porto Alegre, RS: Emater/RS-Ascar, 2014. 84 p.
- BRANCALION, P. H. S.; SILVA, E. J. V. DA; KLAUBERG, C. (2012). Reserva Legal pode ser boa oportunidade de negócios em propriedades rurais. **Visão Agrícola**, n. 10, jan. / abr., p. 18-21, 2012
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **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.** Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Casa Civil da Presidência da República, 2012a. 173 p.
- BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União.** Brasília, 28 mai 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: mar. 2019. (2012b).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Planaveg: Plano Nacional de Recuperação Da Vegetação Nativa.** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério da Educação. 2017. 73 p.
- BUSTAMANTE, M. *et al.* Co-benefits, trade-offs, barriers and policies for greenhouse gas mitigation in the agriculture, forestry and other land use (AFOLU) sector. **Global Change Biology**, v. 20, p. 3270- 3290, 2014.
- CARVALHO, P. C. F. T. *et al.* Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multifuncionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38 (Supl. Especial), p. 109-122, 2009.
- CARVALHO, J. dos S. *et al.* (2016). Evolução de atributos físicos, químicos e biológicos em solo hidromórfico sob sistemas de integração lavoura-pecuária no bioma Pampa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1131-1139.
- CASTRO, A. P. de; FRAXE, T. de J. P; SANTIAGO, J. L.; PINTO, I. C. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 279-288, 2009.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA), 2019. **PIB do agronegócio brasileiro.** Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso: 11 abr. 2019.

- CHIARI, W. C. *et al.* Pollination of soybean (*Glycine max* L. Merrill) by honeybees (*Apis mellifera* L.). **Brazilian Archives Biology Technology**, v. 48, n. 1, p. 31-36, 2005.
- CHIARI, W. C. *et al.* Polinização por *Apis mellifera* em soja transgênica [*Glycine max* (L.) Merrill] Roundup Ready™ cv. BRS 245 RR e convencional cv. BRS 133. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 267-271, 2008.
- COALIZAÇÃO CLIMA, FLORESTA E AGRICULTURA (COALIZÃO). **Brazil: land use and land cover data and intelligence**, 2019. 14p.
- COLTRI, P. P. **Mitigação de emissões de gases de efeito estufa e adaptação do café arábica a condições climáticas adversas**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2012.
- COSTA, L. C. *et al.* Potential forcing of CO₂, technology and climate changes in maize (*Zea mays*) and bean (*Phaseolus vulgaris*) yield in southeast Brazil. **Environmental Research Letters**, 4 (014013), 2009.
- COSTANZA, R. *et al.* Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, v. 26, p. 152-158, 2014.
- COSTANZA, R. *et al.* Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, p. 1-16, 2017.
- CREDIT SUISSE. **Levering ecosystems: a business-focused perspective on how debt supports investments in ecosystem services**. Credit Suisse / Climate Bounds Initiative / Clarmondia, 2016. Disponível em: <http://cpicfinance.com/wp-content/uploads/2017/03/levering-ecosystems.pdf>. Acesso em: mai. 2019.
- CRUZ, J.C. *et al.* **Boas práticas agrícolas: milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 47 p.
- CUNHA, M. E. T. da; RODRIGUES, E.; YABE, M. J. S. Fertilidade de solos agrícolas próximo a fragmentos florestais nativos. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 225-234, 2003.
- DANIEL, O.; COUTO, L.; GARCIA, R.; PASSOS, C. A. M. Proposta para padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 23, n. 3, p. 367-370, 1999.
- DIAS-FILHO, M. B. **Estratégias de recuperação de pastagens degradadas na Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2015, 25 p. (Documentos, 411).
- DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: o que é e como evitar**. Brasília, DF: Embrapa, 2017, 19 p.
- DOMICIANO, L. F. **Comportamento e desempenho de novilhos Nelore em sistemas integrados e exclusivos**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Mato Grosso. Sinop, MT, 2016. 69 p.
- EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 212 p.
- EMBRAPA (s.d.). **Código Florestal: adequação ambiental da paisagem rural**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/sistemas-agroflorestais-safs>. Acesso em: mai. 2019.
- EMBRAPA FLORESTAS. **Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental**. Colombo, PR, 2015. 87 p.
- FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Soja. *In*: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia, 2009. p. 261-277.
- FÁVERO, C.; LOVO, I. C.; MENDONÇA, E. de S. Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa (MG), v. 32, n. 5, p. 861-868, 2008.
- FERREIRA, C. M.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C. de. **Cultivo do feijoeiro comum**. Santo Antônio de Goiás, GO: Sistemas de Produção, 2, 2003. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckm577302wx5eo0a2ndxytqdxiz.html Acesso em: jun. 2019.
- FILOSO, S.; BEZERRA, M. O.; WEISS, K. C. B.; PALMER, M. A. Impacts of forest restoration on water yield: a systematic review. **PLoS One**, v. 12, n. 8, e0183210, 2017.
- FREITAS, S. M. de. **Programa ABC: oferta de recursos para investimentos em tecnologias com baixa emissão de carbono**, safras 2015/16 a 2018/19. Análises e Indicadores do Agronegócio, 2018. 01/08/2018. 7 p. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14493>. Acesso em: 06 mai. 2019.
- FREITAS, B. M.; BONFIM, I. G. A. A necessidade de uma convivência harmônica da agricultura com os polinizadores. *In*: **Importância dos polinizadores na produção de alimentos e na segurança alimentar global**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2017. p. 39-50.
- SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica**. Fundação SOS Mata Atlântica, 2019. 65 p. (Relatório Técnico, período 2017-2018).
- GATEAU-REY *et al.* **Climate change could threaten cocoa production: Effects of 2015-16 El Niño-related drought on cocoa agroforests in Bahia, Brazil**. *PLoS One*, v. 13, n. 7, e0200454, 2018.
- GHINI, R.; HAMADA, E. Proposta metodológica para discussão dos impactos das mudanças climáticas globais sobre doenças de plantas. *In*: GHINI, R.; HAMADA, E. (Eds.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 17-24.
- GIANNINI, T. C. *et al.* The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 3, p. 849-857, 2015.
- GIANNINI, T. C. *et al.* Projected climate change threatens pollinators and crop production in Brazil. **PLoS One**, v. 12, n. 8, e0182274, 2017.
- GIL, J. D. B. *et al.* Tradeoffs in the quest for climate smart agricultural intensification in Mato Grosso, Brazil. **Environmental Research Letters**, v. 13, 064025, 2018.

- GOMES, E. M. **Risco econômico em sistemas de produção com integração lavoura pecuária (iLP): um estudo de caso em Tangará da Serra – MT.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2015. 90 p.
- GOMES, R. da C.; FEIJÓ, G. L. D.; CHIARI, L. **Evolução e qualidade da pecuária brasileira.** Embrapa Gado de Corte, 2017. 4 p. (Nota Técnica).
- GVCS. **Diretrizes empresariais para a valoração econômica de serviços ecossistêmicos de provisão.** [Mario Monzoni *et al.*]. – São Paulo, SP: GVces., 2016. 14 p. Disponível em <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/18486>. Acesso em: abr. 2019.
- GVCS. **Aplicação das diretrizes empresariais para valoração econômica de serviços ecossistêmicos (Devese) e sua ferramenta de cálculo para regulação do clima global.** São Paulo, SP, FGV-EAESP GVces, 2018. 6 p. (Nota Técnica).
- GVCS; FEBRABAN. **Financiamento da recomposição florestal com exploração econômica da Reserva Legal.** São Paulo, SP, Fundação Getúlio Vargas, Federação Brasileira de Bancos, 2018. 85 p.
- HANSEN, M. C. *et al.* 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. **Science**, v. 342, n. 6160, p. 850–853. <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>. Atualizado em: jul. 2018.
- HEINEMANN, A. B. *et al.* **European Journal of Agronomy**, 24 (1), 52–61, 2006.
- HEINEMANN, A. B.; Stone, L. F.; Silva, S. C. da. Feijão. *In*: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola.** Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia, 2009. p. 183–201.
- IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2017.** Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/tabelas>. Acesso em: mai. 2019.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 59–62, 2010.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; JOLY, C. A. Avaliação Polinizadores, Polinização e Produção de Alimentos da Plataforma Intergovernamental de Biodiversidade e Serviços de Ecossistemas (IPBES). *In*: **Importância dos polinizadores na produção de alimentos e na segurança alimentar global.** Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. p. 17–33, 2017.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório Ibá 2017: indicadores de desempenho do setor nacional de árvores plantadas referentes ao ano de 2016.** Brasília, DF: IBÁ, 2017. 78 p.
- INPE; EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL; EMBRAPA INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA. **TerraClass 2004 a 2014** - avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra no período de 10 anos nas áreas desflorestadas da Amazônia legal brasileira, 2016. 3 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/152807/1/TerraClass.pdf>. Acesso em: abril 2018.
- INSTITUTO ESCOLHAS. **Quanto o Brasil precisa investir para recuperar 12 milhões de hectares de florestas?** São Paulo: Instituto Escolhas, 2016. 18 p.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **Climate Change 2001: Synthesis Report.** A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [WATSON, R.T., CORE WRITING TEAM (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- IPCC. **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. *et al.* (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2014. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>. Acesso em: jun. 2019.
- JEVONS, W. S. **The Coal Question - an inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines.** 2nd edition ed. London: MacMillan and Co., 1866. 383p.
- KARVATTE JÚNIOR, N. *et al.* Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, v. 60 n. 12, p. 1933–1941, 2016.
- KINIRY, J. R.; ROSENTHAL, W. D.; JACKSON, B. S.; HOOGENBOOM, G. Predicting leaf development of crop plants. *In*: HODGES T. (Ed.). **Predicting crop phenology.** Boca Raton, Florida: CRC Press, 1991. p. 29–42.
- KLEIN, A.M. *et al.* Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 274 (1608): 303–313, 2007.
- KLUTHCOUSKI, J. *et al.* **Sistema Santa Fé** - Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Circular Técnica, 38).
- KOOHAFKAN, P.; ALTIERI, M. A.; GIMENEZ, E. H. Green agriculture: foundations for biodiverse, resilient and productive agricultural systems. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 10, n. 1, p. 61–75, 2011.
- LAPIG. **Atlas digital das pastagens brasileiras.** Universidade Federal de Goiás, 2018. Disponível em: <https://pastagem.org/atlas/map>. Acesso em: 10 mai. 2019.
- LAVELLE, P. *et al.* Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42 (S1), s3–s15, 2006.
- LAZZAROTTO, J. J.; SANTOS, M. L. dos; LIMA, J. E. de. Viabilidade financeira e riscos associados à integração lavoura-pecuária no Estado do Paraná. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 12, n. 1, p. 113–130, 2010.
- LIMA, C. E. P. L. *et al.* **Avaliação de impactos ambientais do uso do sistema de plantio direto para produção de hortaliças.** Ouro Preto, MG: Congresso Brasileiro de Avaliação de Impactos, 2, 2014. p. 557–563.

LOBELL, D. B.; FIELD, C. B. Global scale climate-crop yield relationships and the impacts of recent warming. **Environmental Research Letters**, v. 2, n. 1, 014002 (7pp), 2007.

LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C. Amazon tipping point. **Science Advances**, v. 4, n. 2, eaat2340, 2018.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2000. 4 p. (Comunicado técnico, 62).

MAGALHÃES, B. G. **Simulação de estratégias de manejo da cultura do milho para mitigar efeitos de mudanças climáticas**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal de São João Del Rei. São João Del Rei, 2017.

MAGALHÃES, C. A. S.; PEDREIRA, B. C.; TONINI, H.; FARIAS NETO, A. L. Crop, livestock and forestry performance assessment under different production systems in the north of Mato Grosso, Brazil. **Agroforest System**, doi: 10.1007/s10457-018-0311-x, 2018a.

MAGALHÃES, C. A. S.; ZOLIN, C. A.; LULU, J.; LOPES, L. B. **Índices de conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no ecótono Cerrado/Amazônia**. Sinop, MT: Embrapa Agrossilvipastoril, 2018b. 24 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2).

MAJUSKI, L. Altas temperaturas reduzem produção de laranja e influenciam safra 2016/2017 no país. **Revista Cultivar (on line)**. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/noticias/altas-temperaturas-reduzem-producao-de-laranja-e-influenciam-safra-2016-2017-no-pais>. Acesso em: 20 jun. 2019.

MALERBO-SOUZA, D. T.; NOGUEIRA-COUTO, R. H.; COUTO, L.; SOUZA, J. C. DE. Atrativo para as abelhas *Apis mellifera* e polinização em café (*Coffea arabica* L.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, n. 4, p. 272-278, 2003.

MANGABEIRA, J. A. de C. **Serviços ecossistêmicos e trajetória de capitalização agrícola: o caso de Machado d'Oeste-RO**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico). Universidade de Campinas. Campinas, SP, 2010. 162 p.

MARCHÃO, R. L. *et al.* Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 8, p. 1011-1020, 2009.

MARGULIS, S.; DUBEUX, S. B. C. **The economics of climate change in Brazil: costs and opportunities**. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2011. 84 p. Disponível em: <http://www.usp.br/nereus/?p=1664>. Acesso em: 30 mai. 2019.

MARIN, F. R. *et al.* Cana-de-açúcar. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia, 2009. p. 109-130.

MARTINEZ, C. A. *et al.* Moderate warming increases PSII performance, antioxidant scavenging systems and biomass production in *Stylosanthes capitata* Vogel. **Environmental and Experimental Botany**, v. 102, p. 58-67, 2014.

MARTINS, T. P. **Sistemas agroflorestais como alternativa para recomposição e uso sustentável das reservas legais**. Dissertação. (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2013. 154 p.

MBOW, C. *et al.* Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p. 8-14, 2014a.

MBOW, C. *et al.* Agroforestry solutions to address food security and climate change challenges in Africa. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p. 61-67, 2014b.

MEIRELES, E. J. L. *et al.* Café. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia, 2009. p. 351-372.

MELLO, L. M. M. de *et al.* Integração agricultura-pecuária em plantio direto: produção de forragem e resíduo de palha após pastejo. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 121-129, 2004.

MENDONÇA, G. G. **Ganhos econômicos da Integração Lavoura-Pecuária em relação a sistemas de monocultivo**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP, 2018. 89 p.

MILFONT, M. DE O.; ROCHA, E. E. M.; LIMA, A. O.; FREITAS, B. M. Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. **Environmental Chemistry Letters**, v. 11, p. 335-341, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Balanco de Execução 2018 - PPCDAm e PPCerrado 2016-2020**, 2018. 101p. (Versão Preliminar). Disponível em: http://combateadodesmatamento.mma.gov.br/images/Doc_ComissaoExecutiva/Balanco-PPCDAm-e-PPCerrado_2018.pdf. Acesso em: jul. 2019.

MIRANDA, J. C. C. de; VILELA, L.; MIRANDA, L. N. de. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 10, p. 1005-1014, 2005.

MONZONI, M.; VENDRAMINI, A. **Financiamento da recomposição florestal**. Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (GVces / FGV-EAESP), São Paulo, SP, 2017. 84 p.

MORAES, A. de; PIVA, J. T.; SARTOR, L. R.; CARVALHO, P. C. F. de. **Avanços científicos em integração lavoura-pecuária no sul do Brasil**. Pato Branco, PR: Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil, 3, 2011. 9 p.

MOSIMANN, E.; BOSSUYT, N.; FRUND, D. Préparation de la production fourragère au changement climatique. **Agroscope Science**, 49, 2017. 49 p.

MURTA, A. F. *et al.* Efeitos de remanescentes de Mata Atlântica no controle biológico de *Euselasia apisaon* (Dahman) (Lepidoptera: Riodinidae) por *Trichogramma maxacalii* (Voegelé e Pointel) (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 2, p. 229-232, 2008.

NELSON, G. C. *et al.* Climate change effects on agriculture: economic responses to biophysical shocks. **PNAS**, v. 11, n. 9, p. 3274-3279, 2014.

NETWORK FOR GREENING THE FINANCIAL SYSTEM (NGFS). **A call for action: climate change as a source of financial risk**, 2019. 39 p. (1st Report). Disponível em: <https://www.banque-france.fr/en/financial-stability/international-role/network-greening-financial-system>. Acesso em: mai. 2019.

NOBRE, C. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima**. In: **Mudança do clima - Volume I, negociações internacionais sobre a mudança do clima**. Brasília, DF: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2005, p. 147-216. (Cadernos NAE, 3).

OLIVEIRA, F. L. R.; LAZO, J. A.; TUFFI-SANTOS, L. D. Integração lavoura-pecuária-floresta: conceitos, componentes e possibilidades. In: TUFFI-SANTOS, L. D. *et al.* (Org.). **Integração Lavoura-pecuária-floresta: alternativa para produção sustentável nos trópicos**. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias, 2010, v. 1, p. 09-26.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, 120, p. 321-326, 2011.

ONAT, B.; BAKAL, H.; GULLUOGLU, L.; ARIOGLU, H. The effects of high temperature at the growing period on yield and yield components of soybean [*Glycine max* (L.) Merr] varieties. **Turkish Journal of Field Crops**, v. 22, n. 2, p. 178-186, 2017.

OVERSEAS ENVIRONMENTAL COOPERATION CENTER (OECC). **The co-benefits approach for GHG emission reduction projects**. Tokyo, Japan: Ministry of the Environment, 2009. 8 p. Disponível em: <http://www.env.go.jp/en/earth/ets/icbaghsrerp091125.pdf>.

PACIULLO, D. S. C. *et al.* Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, v. 141, n. 2-3, p. 166-172, 2011.

PAIVA, D. S.; FERNANDEZ, L. G.; ALVAREZ, G.; ANDRADE, J. C. S. Mercado voluntário de carbono: análises de cobenefícios de projetos brasileiros. **Revista de Administração Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 45-64, 2015.

PEREIRA, D. G. dos S. P. *et al.* Área de Preservação Permanente e Reserva Legal: estudo de caso na bacia do córrego Bebedouro. **Ambiente & Sociedade**, v. 20, n. 1, p. 105-126, 2017.

PINTO, H. S. *et al.* **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. São Paulo. Brasília: Embaixada Britânica, 2008a. 84 p.

PINTO, N. F. J. de A.; OLIVEIRA, E. de; TAVARES, F. T. Impacto do potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do milho no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Eds.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008b. p. 175-190.

PIRES, G. F. **Climate change and the sustainability of agricultural productivity in Brazil**. Tese (Doutorado em Meteorologia Aplicada). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2015. 77 p.

Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos (BPBES). **Sumário para tomadores de decisão: 1º diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecosistêmicos**. Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos, CARLOS A. JOLY *et al.* Campinas, SP: Edição do Autor, 2018.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo**. Embrapa Florestas, Colombo, PR, 2009. 48 p.

POTTS, G. S. *et al.* Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

POZZA, E. A.; ALVES, M. de C. Impacto do potencial das mudanças climáticas sobre as doenças fúngicas do cafeeiro no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Eds.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 213-233.

PRABHU, A. S.; SILVA, S. C. DA; FILIPPI, M. C. de. Impacto do potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do arroz no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Eds.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 141-158.

RAY, D. K.; GERBER, J. S.; MACDONALD, G. K.; WEST, P. C. Climate variation explains a third of global yield variability. **Nature Communications**, v. 6, 5989, 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/ncomms6989>.

REDIN, M.; GIACOMINI, S. J.; FERREIRA, P. A. A.; ECKARDT, D. P. Plantas de cobertura de solo e agricultura sustentável: espécies, matéria seca e ciclagem de carbono e nitrogênio. In: T. TIECHER (Org.) **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no Sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2016. p. 7-22.

RIZVI, A. R.; BAIG, S.; BARROW, E.; KUMAR, C. **Synergies between climate mitigation and adaptation in Forest Landscape Restoration**. Gland, Switzerland: IUCN, 2015. 58 p.

RIZVI, A. R.; van RIEL, K. **Nature based solutions for climate change adaptation - knowledge gaps: an analysis of critical knowledge gaps, needs, barriers and research priorities for adaptation**. International Union for Conservation of Nature - IUCN: EbA Knowledge Series, 2015 29 p. (Working Paper)

RODRIGUES, G. S. *et al.* **Avaliação de impactos ambientais de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta conforme contexto de adoção**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2017. 38 p. (Documentos, 110).

SALTON, J. C.; HERNANI, L.; FONTES, C. Z. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa-SPI; Embrapa-CPAO, 1998. 248p.

SANS, L. M. A.; SANTANA, D. P. **Cultivo do milho: clima e solo**. Sete Lagoas, MG, 2002. 4 p. (Comunicado Técnico, 38).

- SANTOS, S. da S.; GRZEBIELUCKAS, C. Sistema silvipastoril com eucalipto e pecuária de corte: uma análise de viabilidade econômica em uma propriedade rural em Mato Grosso/Brasil. **Custos e @gronegocio on line**, v. 10, n. 3, 2014. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero3v10/Artigo%2014%20silvapastoril.pdf>. Acesso em: mar. 2019.
- SANTOS, A. J. dos; LEAL, A. C.; GRAÇA, L. R.; CARMO, A. P. C. do. (2000). Viabilidade econômica do sistema agroflorestal grevilea x café na região Norte do Paraná. **Revista Cerne**, v. 6, n. 1, p. 89-100. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/280657/1/130220091037v6n1artigo11.pdf>. Acesso em: abr. 2018.
- SCARAMUZZA, C. A. de M. *et al.* Elaboração da proposta do Plano Nacional de Recuperação de Vegetação Nativa. In: SILVA, A. P. M. da; Marques, H. R.; Rosa, R. H. **Mudanças no Código Florestal Brasileiro: desafios para a implementação da nova lei**. Rio de Janeiro: IPEA, 2016. p. 185-208. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160812_livro_mudancas_codigo_florestal_brasileiro.pdf.
- SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY (SCDB). **Connecting biodiversity and climate change mitigation and adaptation**: report of the second ad hoc technical expert group on biodiversity and climate change. Montreal, 41, 2009. 126 p. (Technical Series).
- SCHEMBERGUE, A. *et al.* Sistemas agroflorestais como estratégia de adaptação aos desafios das mudanças climáticas no Brasil. **RESR**, v. 55, n. 01, p. 9-030, 2017.
- SILVA, T. G. F. da. *et al.* Impactos das mudanças climáticas na produção leiteira do estado de Pernambuco: análise para os cenários B2 e A2 do IPCC. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 4, p. 489-501, 2009.
- SILVA, H. A. da. *et al.* Viabilidade econômica da produção de novilhas leiteiras a pasto em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 6, p. 745-753, 2012.
- SILVA, L. L. G. G. da. *et al.* Macrofauna do solo em pasto arborizado com leguminosas arbóreas. **Ciência Rural**, Santa Maria (RS), v. 45, n. 7, p. 1191-1197, 2015.
- SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **SEEG Coleção 6 - Estimativas de emissões de gases de efeito estufa do Brasil**. São Paulo: Observatório do Clima, 2018. Disponível em: <http://www.observatoriodoclima.eco.br/wp-content/uploads/2018/11/PPT-SEEG-6-LANCAMENTO-GERAL-2018.11.21-FINAL-DIST-compressed.pdf>. Acesso em: abr. 2019.
- SOARES FILHO, B. *et al.* Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, v. 344, n. 25, p. 363-364, 2014.
- SOTERRONI, A. C. *et al.* Future environmental and agricultural impacts of Brazil's Forest Code. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 7, 074021, 2018.
- SOUZA, C. A. S.; AGUILAR, M. A. G.; DIAS, L. A. dos S. Cacau. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia, 2009. p. 335-350.
- STERN, N. H. **The economics of climate change: The Stern review**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007. 662 p.
- STRAND, J. *et al.* Spatially explicit valuation of the Brazilian Amazon Forest's Ecosystem Services. **Nature Sustainability**, v. 1, p. 657-664, 2018.
- STRASSBURG, B. B. N. *et al.* Moment of truth for the Brazilians Cerrado. **Nature Ecology Evolution**, v. 1, 0099, 2017.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology: mineral nutrition**. The Benjamin Cummings Publishing Co., Inc. Redwood City, 1991. P. 100-119.
- TEIXEIRA, S. T.; MARENGO, J. A.; CRUZ, M. J. (Ed.). **Modelagem climática e vulnerabilidades setoriais à mudança climática no Brasil**. Brasil: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016. 590 p.
- TRACY, B. F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated crop-livestock system in Illinois. **Crop Science**, v. 48, p. 1211-1218, 2008.
- TSCHARNTKE, T. *et al.* Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes – a review. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, p. 619-629, 2011.
- VALE, R. S. do. **Agrossilvicultura com eucalipto como alternativa para o desenvolvimento sustentável da Zona da Mata de Minas Gerais**. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2004. 101 p.
- VIANI, R. A. G.; Durigan, G.; Melo, A. C. G. de. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 533-552, 2010.
- VIEIRA FILHO, J. E. R. **Efeito poupa-terra e ganhos de produção no setor agropecuário brasileiro**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, Rio de Janeiro: Texto para Discussão, 2018. 41 p.
- VIGNOLA, R. *et al.* (2015). Ecosystem-based adaptation for smallholder farmers: definitions, opportunities and constraints. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 211, p. 126-132.
- VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G.; MACEDO, M. C. M. **Calagem e adubação para pastagens na região do Cerrado**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. 16 p. (Circular Técnica, 37).
- VILELA, L. *et al.* Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2011.
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). **Eco4Biz - Ferramentas de biodiversidade e serviços ecossistêmicos para apoiar decisões corporativas**. WBCSD, 2013. 46 p. Disponível em: <https://cebds.org/wp-content/uploads/2014/02/eco4biz.pdf>. Acesso em: mar. 2019.
- WEI, H. *et al.* Integrating supply and social demand in ecosystem services assessment: a review. **Ecosystem Services**, v. 25, p. 15-27, 2017.
- ZULLO JUNIOR, J.; PINTO, H. S.; ASSAD, E. D. Impact assessment study of climate change on agricultural zoning. **Climatic Change**, v. 13, p. 69-80, 2006.

NOTAS

1. Em Hansen *et al.* (2013), cobertura de árvores é definida como toda vegetação com mais de 5 m de altura.
2. Cabruca é a designação regional dada à área de cultivo de cacau sob sombra da floresta nativa raleada.
3. Disponível em: <http://www.projeto-verena.org>.
4. Disponível em: <https://www.webambiente.gov.br/>.
5. Disponível em: <http://scafforragem.cppse.embrapa.br/scafforragem/>.
6. Disponível em: <https://www.mainstreamingclimate.org/ngfs/>.
7. O Paradoxo de Jevons, também conhecido como efeito bumerangue (*rebound effect*), ocorre sempre que o aumento na eficiência de utilização de um determinado recurso causa aumento no consumo total desse recurso. Ele foi descrito pelo economista inglês William Stanley Jevons no livro *The Coal Question*, que apontou que os avanços na eficiência das máquinas a vapor proporcionavam um consumo menor de carvão para produzir a mesma quantidade de energia; no entanto levavam a um consumo total de carvão maior devido à maior demanda (Jevons, 1866).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem nossos parceiros estratégicos institucionais, que viabilizam a infraestrutura do WRI: Ministério das Relações Exteriores dos Países Baixos, Ministério das Relações Exteriores da Dinamarca e Agência Sueca de Cooperação Internacional.

O WRI Brasil e os autores deste estudo tiveram a honra de receber a confiança da Agência de Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), e agradecem por seu apoio técnico, institucional e financeiro, sem os quais este estudo e suas aspirações não seriam possíveis.

Os autores gostariam de expressar seu reconhecimento aos revisores deste documento, que compartilharam seu conhecimento para tornar o estudo mais robusto: Anselm Duchrow (Diretor da GIZ Brasil), Michael Scholze (Diretor de Florestas Tropicais da GIZ), Ana Carolina Câmara (Coordenadora de Projetos da GIZ), Rachel Biderman (Diretora Executiva do WRI Brasil), Viviane Romeiro (Gerente de Clima do WRI Brasil), Alan Batista (Especialista Finanças do WRI Brasil), Mariana Oliveira (Analista Sênior de Florestas do WRI Brasil) e Juliana Speranza (Consultora).

À Katerina Elias-Trostmann, Gerente de Finanças Internacionais para o Clima e Florestas da Embaixada do Reino Unido no Brasil, nosso especial agradecimento pelo papel fundamental que teve no início desse importante esforço que levou à materialização deste estudo

A publicação foi aprimorada pela cuidadosa revisão, dedicação, e compromisso de Maria Leonor Lopes Assad.

À equipe de comunicação do WRI Brasil nossos sinceros agradecimentos pela inteligência gráfica e arte visual que simplificaram as mensagens sem alterar seu conteúdo técnico-científico.

As evidências, interpretações e conclusões expressas neste trabalho não necessariamente refletem as opiniões da Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ).

SOBRE OS AUTORES

Eduardo Delgado Assad é Engenheiro Agrícola, Doutor em Ciência e Manejo de Água e pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária. Contato: eduardo.assad@embrapa.br; edu.assad@gmail.com

Luiz Claudio Costa é Matemático, Doutor em Meteorologia Agrícola, ex-reitor e Professor Titular aposentado da Universidade Federal de Viçosa. Contato: luizclaudiocosta@gmail.com

Susian C. Martins é Engenheira Agrônoma, Doutora em Ciências e Consultora na área ambiental. Contato: susiancmartins@gmail.com

Miguel Calmon é Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo e Diretor do Programa Florestas no WRI Brasil. Contato: miguel.calmon@wri.org

Rafael Feltran-Barbieri é Doutor em Ciência Ambiental e Especialista em infraestrutura natural e uso do solo no WRI Brasil. Contato: rafael.barbieri@wri.org

Maura Campanili é Jornalista e Consultora na área socioambiental. Contato: maura.campanili@gmail.com

Carlos A. Nobre é Engenheiro Eletrônico, Doutor em Meteorologia e *Senior Fellow* do WRI Brasil durante parte do estudo. Contato: cnobre.res@gmail.com

SOBRE O WRI

O WRI Brasil é um instituto de pesquisa que transforma grandes ideias em ações para promover a proteção do meio ambiente, oportunidades econômicas e bem-estar humano. Atua no desenvolvimento de estudos e implementação de soluções sustentáveis em clima, florestas e cidades. Alia excelência técnica à articulação política e trabalha em parceria com governos, empresas, academia e sociedade civil.

O WRI Brasil faz parte do World Resources Institute (WRI), instituição global de pesquisa com atuação em mais de 50 países. O WRI conta com o conhecimento de aproximadamente 700 profissionais em escritórios no Brasil, China, Estados Unidos, Europa, México, Índia, Indonésia e África.

ISBN: 978-85-69487-19-7



Copyrights 2019 World Resources Institute. Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional. Para ver uma cópia da licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>