

Capítulo 7

Efeito das mudanças climáticas na agricultura do Cerrado¹

Eduardo Delgado Assad

Daniel de Castro Victoria

Santiago Vianna Cuadra

Vanessa Silva Pugliero

Marília Ribeiro Zanetti

Introdução

Em 2015, o quinto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (do inglês, Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) deixa claro que

[...] o aquecimento do sistema climático é inequívoco, e desde os anos 1950, muitas das alterações observadas não têm precedente nas últimas décadas e milênios. A atmosfera e oceano aqueceram, a quantidade de neve e gelo diminuíram, e os níveis dos oceanos aumentaram².

O mesmo relatório também aponta que

[...] a influência humana no sistema climático é clara, e as recentes emissões antropogênicas de gases de efeito estufa são as maiores na história. Mudanças climáticas recentes têm amplos impactos nos sistemas naturais e antrópicos¹.

Tais alterações climáticas terão amplos efeitos no Brasil e no mundo, atingindo áreas diversas, como recursos hídricos, agricultura, energia, infraestrutura urbana e costeira, transportes e saúde, dentre outras. Este capítulo trata dos efeitos que tais alterações no clima podem ter sobre a agricultura no bioma Cerrado, identificando os principais impactos nas culturas agrícolas e elencando algumas alternativas para adaptação da produção.

¹ O presente trabalho foi realizado com a colaboração de bolsistas de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (DTI) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) vinculados à Rede Clima – Projeto nº 40.18.00.059.00.01.001.

² Tradução livre a partir do texto original em inglês.

Riscos climáticos

O balanço hídrico climatológico para o bioma Cerrado foi simulado tomando-se por base a temperatura e a precipitação geradas pelos 30 modelos climáticos globais presentes no IPCC e todas as 76 projeções climáticas disponíveis. Para tal, utilizou-se o modelo de Thornthwaite-Matter (Pereira, 2005), considerando-se a capacidade de água disponível no solo de 200 mm, evapotranspiração potencial estimada a partir da formulação de Camargo et al. (1999) e dados do cenário do quinto relatório IPCC (RCP8.5). Como apresentado na Figura 1, é possível observar que todos os modelos indicam aumento na temperatura, em que a mediana dos modelos aponta aumento superior a 1,2 vezes. Apesar de os modelos concordarem na tendência de aumento da temperatura, eles apresentam variação em relação à precipitação (Figura 2), com indicações tanto de aumento como de redução. Porém, a mediana dos modelos indica ligeira redução da precipitação, em que a maioria (resultados entre percentis 25 e 75) também aponta estabilidade ou redução das chuvas.

O aumento da temperatura resulta em elevação da evapotranspiração potencial. No entanto, como não ocorre aumento da precipitação para compensar a maior demanda atmosférica, como consequência, tem-se um aumento significativo da deficiência hídrica (Figura 3). A mediana dos modelos aponta para aumento na deficiência hídrica superior a 1,5 vezes, em que a maioria dos resultados (entre percentis 25 e 75) indica aumento entre 1,4 a 1,7 vezes. Cabe ressaltar que nenhum modelo apontou redução da deficiência hídrica, o que significa que o aumento da precipitação em alguns dos modelos globais não foi suficiente para compensar o aumento da temperatura. Portanto, existe elevada concordância entre os modelos de que haverá aumento da deficiência hídrica no bioma Cerrado ao longo do presente século.

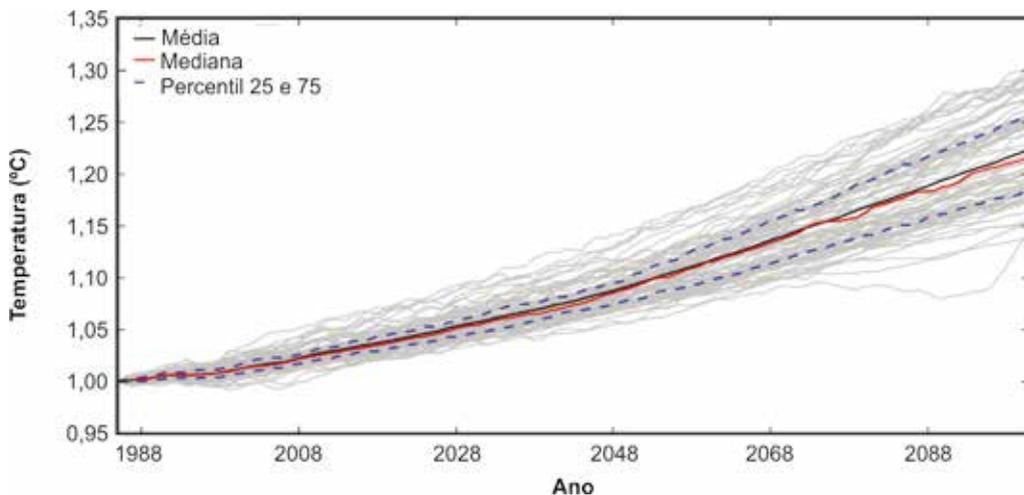


Figura 1. Incremento da temperatura média no bioma Cerrado para os 76 modelos climáticos utilizados no quinto relatório do IPCC (RCP8.5).

Nota: linhas preta e vermelha representam valores médios e mediana dos modelos; linha azul tracejada, os percentis 25 e 75. Dados filtrados utilizando-se média móvel de 15 anos.

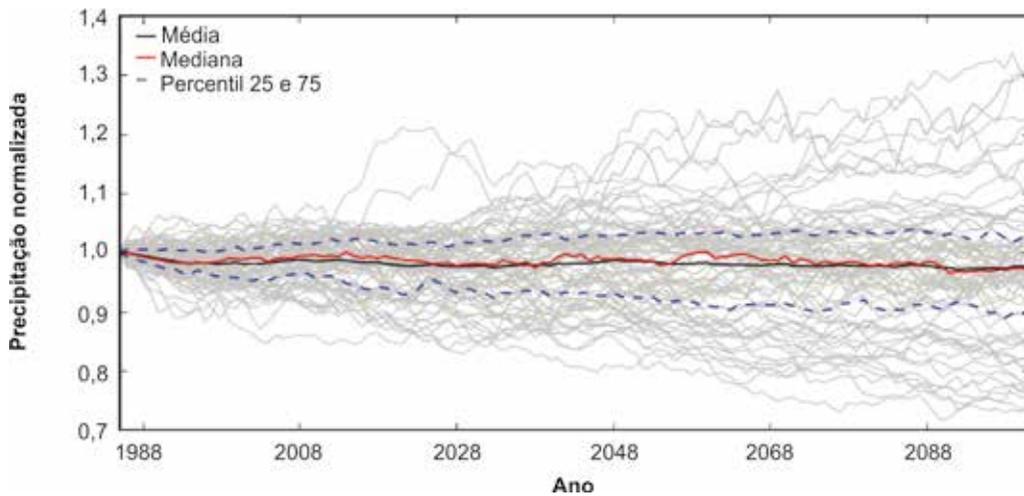


Figura 2. Alteração da precipitação média do bioma Cerrado para os 76 modelos climáticos do IPCC (RCP8.5).

Nota: linhas preta e vermelha representam valores médios e mediana dos modelos; linha azul tracejada os percentis 25 e 75. Dados filtrados utilizando-se média móvel de 15 anos.

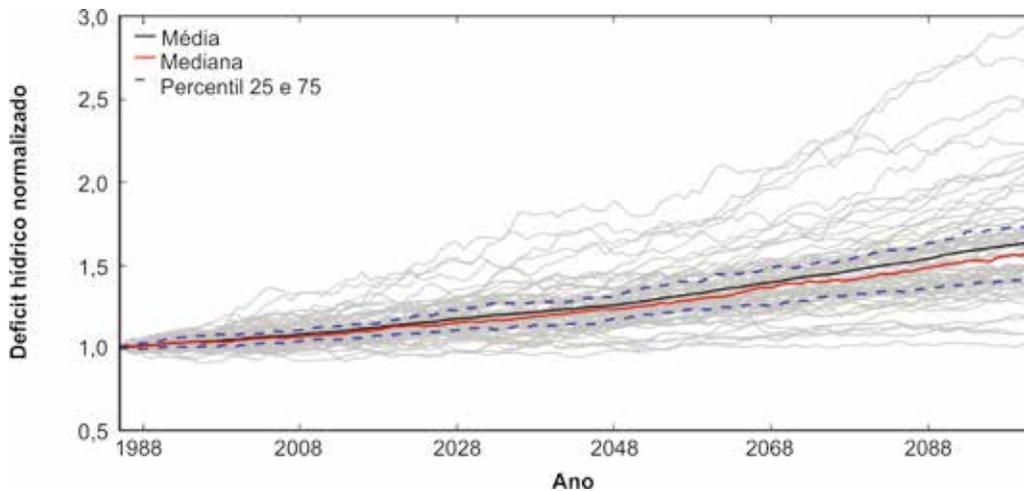


Figura 3. Alteração da deficiência hídrica média do bioma Cerrado para os 76 modelos climáticos do IPCC (RCP8.5).

Nota: linhas preta e vermelha representam valores médios e mediana dos modelos; linha azul tracejada, os percentis 25 e 75. Dados filtrados utilizando-se média móvel de 15 anos.

Dado o fato de que no bioma Cerrado encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), e de que nele estão localizados três grandes aquíferos (Guarani, Bambuí e Urucuia), tem-se que a região apresenta papel estratégico na reserva de água e na conservação da biodiversidade. Dessa forma, os resultados aqui apresentados são preocupantes,

pois apontam para um provável aumento da deficiência hídrica no bioma ao longo do presente século, podendo resultar em restrições aos diversos usos e conflitos pelo uso da água.

Estudos dos efeitos das mudanças climáticas no Brasil utilizando modelos regionalizados (Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5), com dois cenários de emissão (RCP4.5 e RCP8.5), indicam aumento da temperatura média no País (Figura 4), podendo atingir 2,5 °C no período de 2011–2040, quando considerados o modelo e o cenário mais críticos (Eta-HadGEM2-ES; RCP8.5). Também é salientado que a região Centro-Oeste do País será uma das mais afetadas (Brasil, 2016).

Tais alterações na temperatura já começam a ser identificadas. Na região Sul do País, foram encontradas tendências de aumento das temperaturas mínimas (noturnas) durante o período 1960–2002 (Marengo; Camargo, 2008), indicando que as alterações apontadas pelos modelos climáticos já estão em curso. Quanto às precipitações, os modelos utilizados nos estudos conduzidos pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC (Brasil, 2016) indicam, de forma geral, aumento das precipitações no extremo sul do País, enquanto as outras regiões apresentam redução (Figura 5). Mais especificamente para o Cerrado, a combinação do aumento da temperatura com redução da precipitação pode trazer consequências importantes para região, principalmente para a agricultura, setor cuja vulnerabilidade frente às mudanças climáticas é conhecida (Assad et al., 2013).

Os trabalhos baseados em resultados regionalizados das duas projeções climáticas (Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5) e que levam em conta o risco agroclimático para a produção agrícola mostraram:

1. Aumento do risco agroclimático nas áreas agrícolas para quase todas as lavouras.
2. Redução do potencial produtivo de baixo risco agroclimático.
3. Impactos mais relevantes para a cultura da soja (Figura 6), com previsão de municípios produtores passarem para a classificação de alto risco climático.
4. Impactos mais relevantes na região Sul do Brasil (Brasil, 2015).

Esse mesmo estudo utilizou um modelo econômico que simula o uso da terra para a produção agrícola e identificou que, sob a condição mais extrema (Eta-HadGEM2-ES, RCP8.5), a região Sudeste, principalmente nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, poderá ter redução de 17% no potencial de área produtiva, enquanto o Cerrado, nos estados da Bahia e Piauí, terá redução de 33% da área produtiva. No entanto, algumas áreas como o Cerrado da região Centro-Oeste poderão apresentar aumento da área produtiva, as quais deverão substituir pastagens (Brasil, 2015). Em resumo, as alterações climáticas poderão afetar toda a geografia da produção agrícola brasileira.

A seguir, é apresentada uma análise dos impactos das mudanças climáticas em diferentes culturas, considerando-se apenas as áreas antropizadas no bioma Cerrado. Foram avaliados os resultados dos modelos Eta-HadGEM2-ES e MIROC5, nos cenários

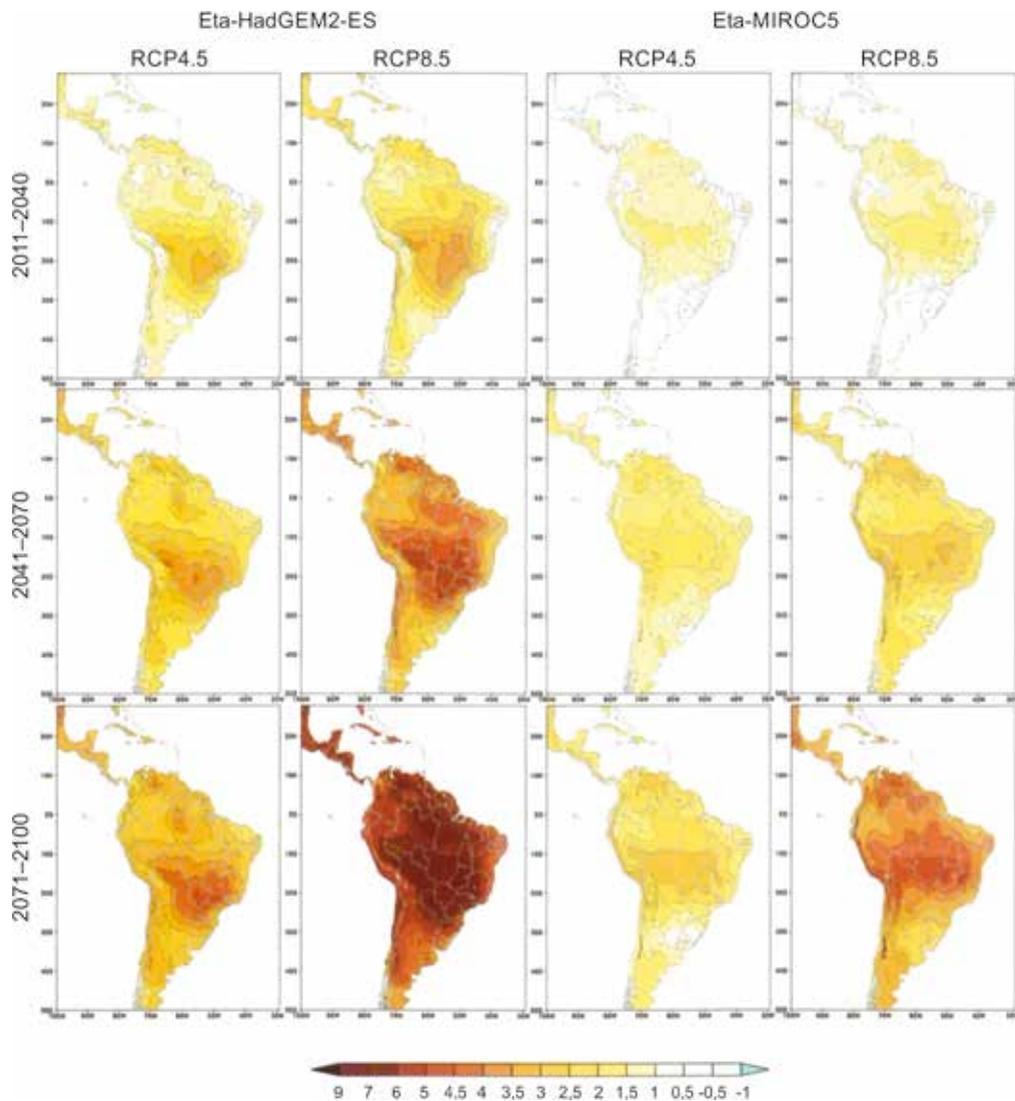


Figura 4. Diferença de temperatura média (°C) no verão, entre os períodos do futuro e do presente (1961–1990).

Fonte: Plano... (2016).

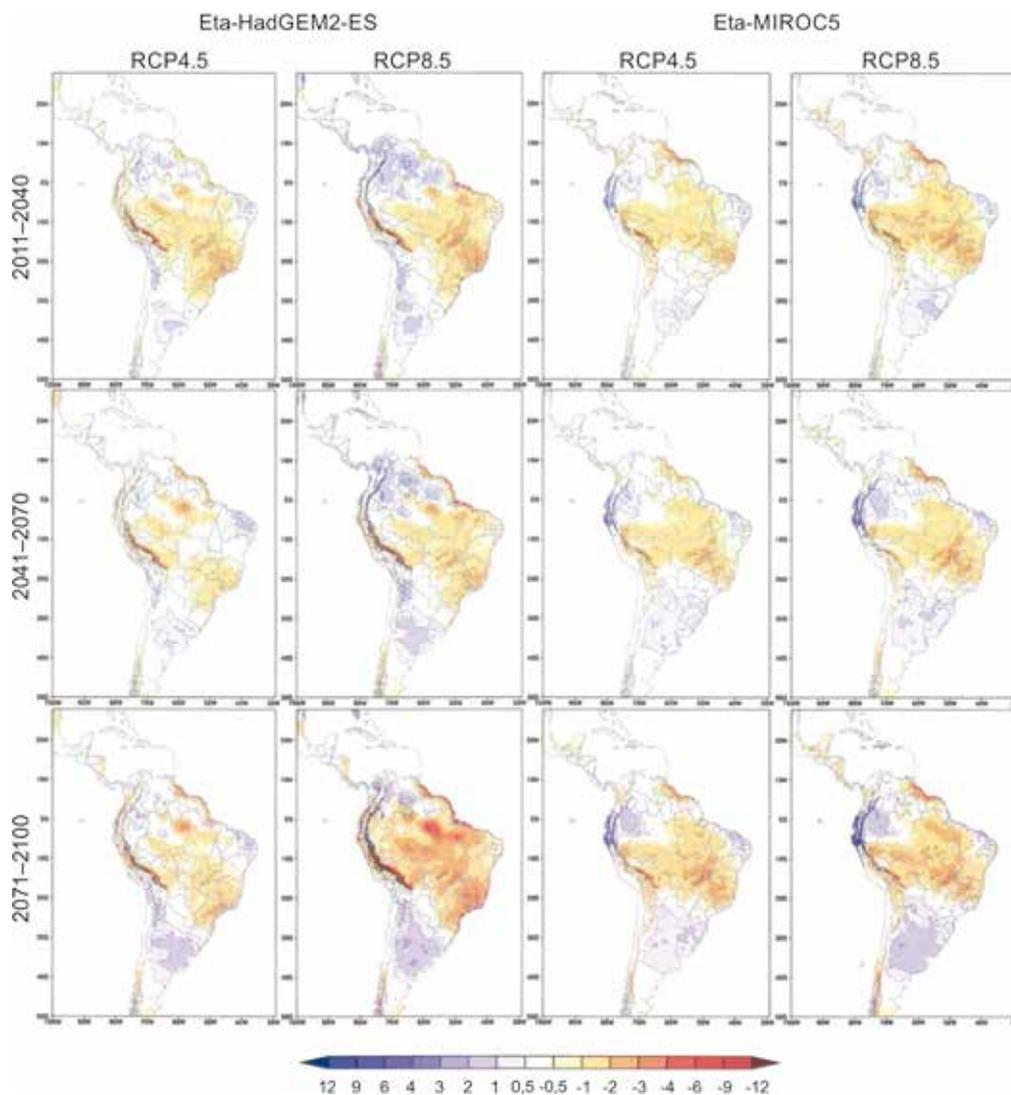


Figura 5. Diferença da precipitação média (mm/dia) no verão, entre os períodos do futuro e do presente (1961–1990).

Fonte: Plano... (2016).

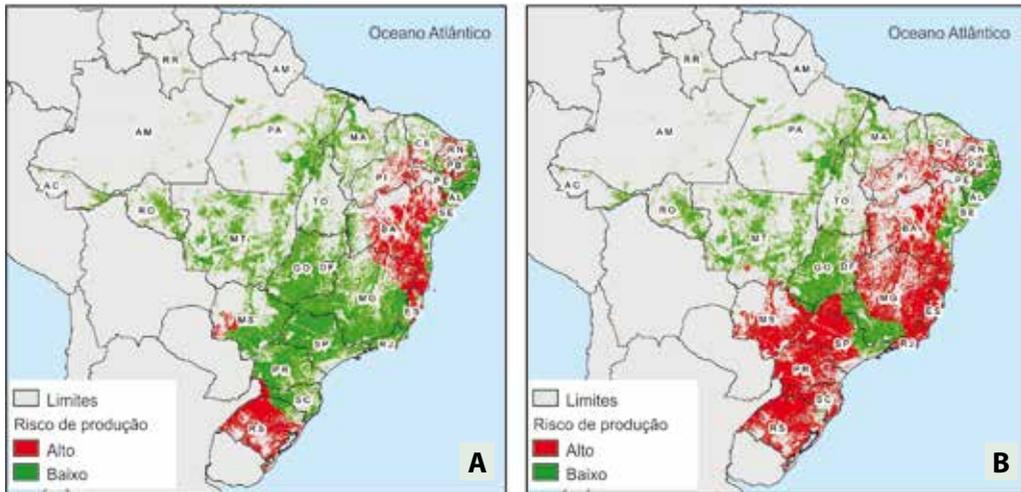


Figura 6. Risco climático para a cultura da soja, para os diferentes modelos e cenários (A) 1975–2000 (ano central 1990) e (B) 2011–2040 Eta-HadGEM2-ES RCP8.5.

Fonte: Brasil (2015).

RCP4.5 e RCP8.5, para o clima do período 2011–2040, em relação ao cenário-base climático (1961–1990). As culturas consideradas foram: algodão, arroz, feijão, milho e soja. Para a cultura do algodão, o cenário-base indica que as áreas com alto risco climático são quase nulas (Figura 7). No entanto, os resultados do modelo Eta-HadGEM2-ES para o período futuro (2011–2040) indicam redução de 5,9% da área de baixo risco no cenário RCP4.5 e redução de 8,8% no cenário RCP8.5. Cabe ressaltar que a região afetada, no oeste da Bahia, é produtora tradicional de algodão, tendo plantados 190 mil hectares no ano de 2017 (IBGE, 2018). Por sua vez, o modelo MIROC5 não aponta alteração no risco climático para a cultura.

Para a cultura do arroz tropical de sequeiro, as condições climáticas atuais (climatologia de 1961–1990) apontam para uma área de 933 mil hectares com alto risco climático (1,2% da área agrícola do bioma) (Figura 8). Para o período futuro, ambos os modelos (Eta-HadGEM2-ES e MIROC5) apontam para redução da área com baixo risco e aumento da área com alto risco, em que os resultados do modelo MIROC5 são menos intensos. Para o modelo Eta-HadGEM2-ES, a área com baixo risco meteorológico para o arroz reduzirá 21,0% no cenário RCP4.5 e 27,3% no RCP8.5. Já as projeções do Eta-MIROC5 apontam redução de 7,2% e 6,5%.

Para a cultura do feijão, a simulação do risco climático com dados do clima presente (1961–1990) indica que 4% da área agrícola do bioma (aproximadamente 3,1 milhões de hectares) apresenta alto risco (Figura 9). As projeções com os dados do modelo Eta-HadGEM2-ES apontam uma redução da área de baixo risco (25% e 31% nos cenários RCP4.5 e 8.5, respectivamente). Dessa forma, o bioma apresentaria 28% de áreas com alto risco climático para o feijão no cenário RCP4.5 e 33,8% de áreas com alto risco no cenário RCP8.5. Já a projeção com o modelo Eta-MIROC5 apresenta

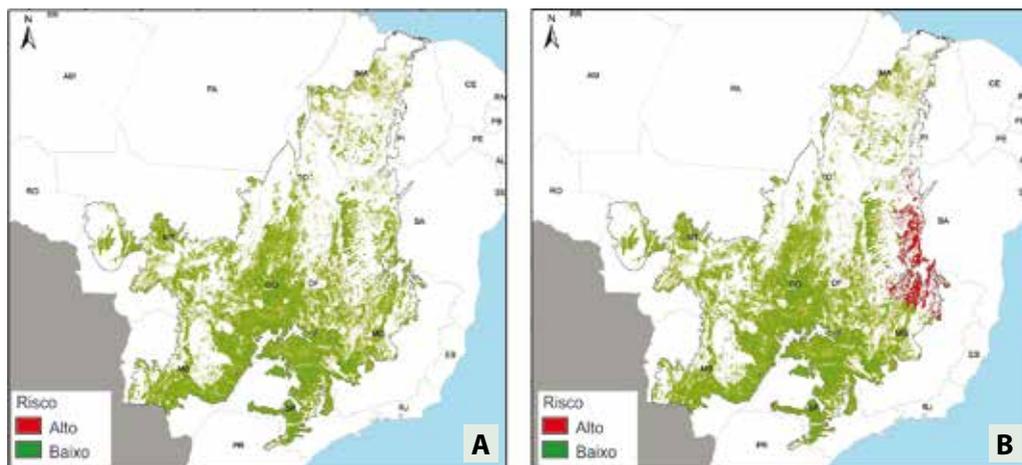


Figura 7. Risco climático para a cultura do algodão, sobre as áreas antropizadas nas condições de clima atual (A) e considerando o cenário climático futuro para o modelo Eta-HadGEM2-ES RCP4.5 para o período 2011 a 2040 (B).

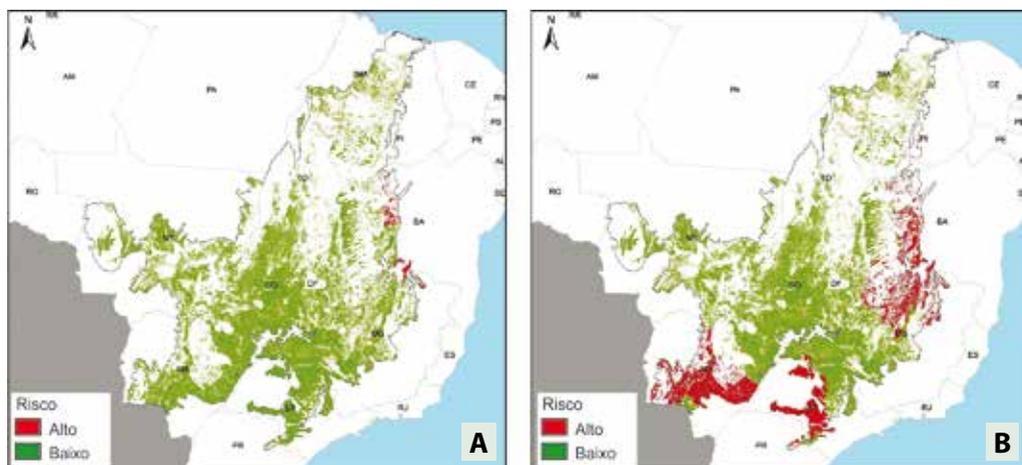


Figura 8. Risco climático para a cultura do arroz nas condições de clima atual (A) e considerando o cenário climático futuro para o modelo Eta-HadGEM2-ES RCP4.5 para o período 2011 a 2040 (B).

resultados divergentes do Eta-HadGEM2-ES, com aumento da área com baixo risco e redução da área com alto risco. Dessa forma, o bioma teria apenas 2,1% de áreas com alto risco no RCP4.5 e 2,9% no cenário RCP8.5.

Para o milho, o modelo Eta-HadGEM2-ES aponta 13,6% de redução das áreas com baixo risco no cenário RCP4.5 e 15% de redução no cenário RCP8.5, enquanto a projeção com o modelo Eta-MIROC5 apresenta pequenas alterações nas áreas de baixo risco (menor que 0,5%) (Figura 10). Já para o milho safrinha, o modelo Eta-HadGEM2-ES indica significativa redução da área de baixo risco (40,7% e 42,8%

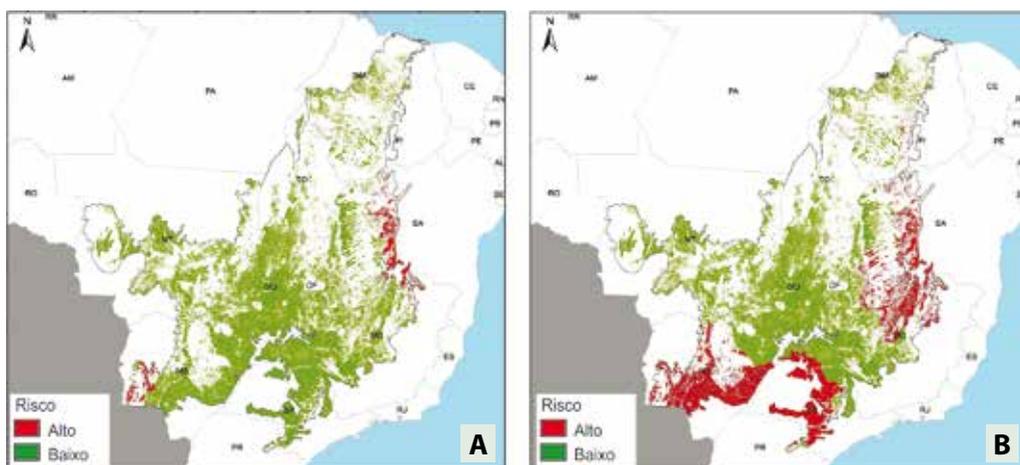


Figura 9. Risco climático para a cultura do feijão nas condições de clima atual (A) e considerando o cenário climático futuro para o modelo Eta-HadGEM2-ES RCP4.5 para o período 2011 a 2040 (B).

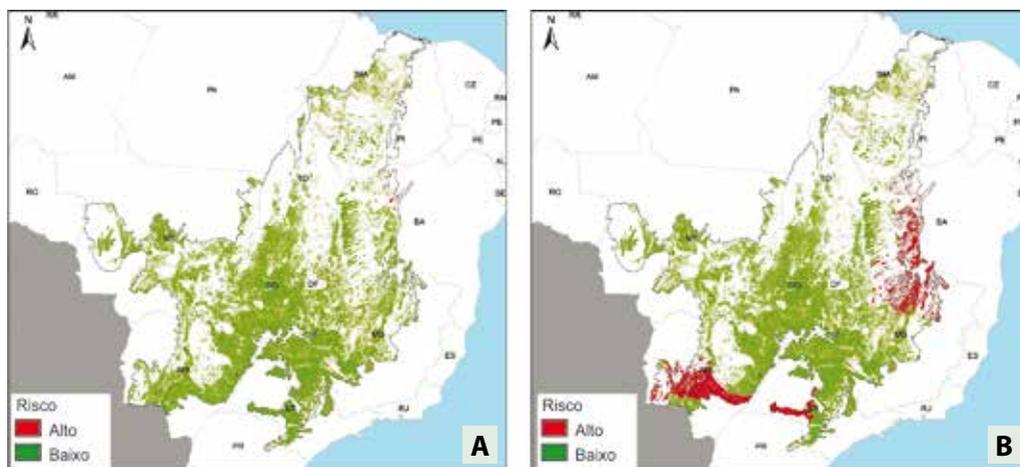


Figura 10. Risco climático para a cultura do milho nas condições de clima atual (A) e considerando o cenário climático futuro para o modelo Eta-HadGEM2-ES RCP4.5 para o período 2011–2040 (B).

nos cenários RCP4.5 e 8.5, respectivamente). Dessa forma, a área com alto risco climático para o milho safrinha passaria de 21,6% do bioma, nas condições climáticas presentes, para 53,5% e 58,0% nos dois cenários de clima futuro gerados com as projeções climáticas do modelo Eta-HadGEM2-ES. Já o modelo Eta-MIROC5 apresenta resultado conflitante para o milho safrinha, com redução da área com alto risco no cenário RCP4.5 e aumento dessa área no cenário RCP8.5.

Para a cultura da soja (Figura 11), o modelo Eta-HadGEM2-ES aponta redução de 35,4% da área com baixo risco no cenário RCP4.5 e 42,8% no cenário RCP8.5, enquanto o modelo MIROC5 aponta reduções próximas a 6% em ambos os cenários.

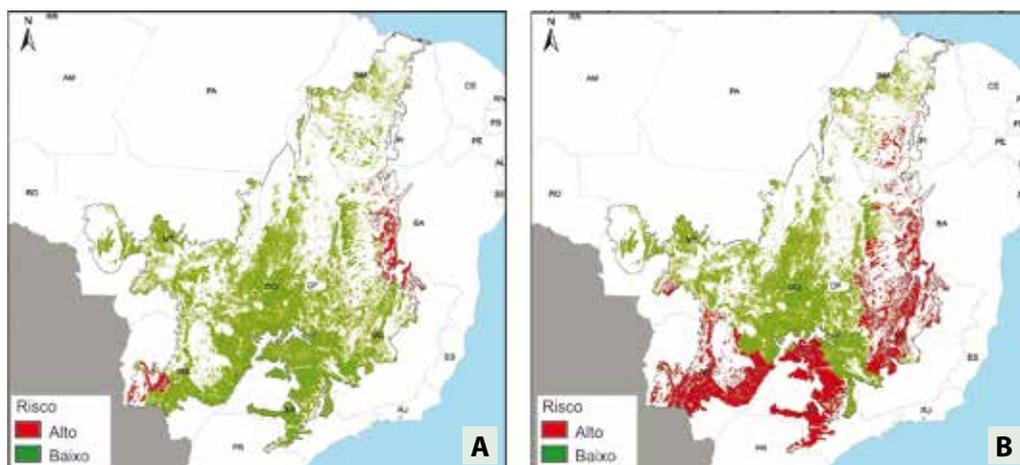


Figura 11. Risco climático para a cultura da soja nas condições de clima atual (A) e considerando o cenário climático futuro para o modelo Eta-HadGEM2-ES RCP4 para o período 2011–2040 (B).

Na Tabela 1 resume-se a variação das áreas com baixo e alto risco climático para as diferentes culturas, considerando os dois modelos climáticos utilizados e os dois cenários de emissão.

Tabela 1. Variação das áreas com baixo e alto risco climático para as diferentes culturas.

Cultura	Valor da produção em 2015 (mil reais)	Risco potencial de perda em 2050 (mil reais)	Redução (%)
Arroz	1.008.696,00	173.637,00	17
Algodão	6.709.656,00	198.405,00	3
Feijão	2.983.608,00	369.874,00	12
Milho	16.481.668,00	1.427.319,00	9
Soja	48.709.188,00	14.845.136,00	30

Nota: as perdas de soja estimadas pela Associação Brasileira dos Produtores de Soja (Aprosoja) na safra 2018/2019 atingiram o patamar de 17 bilhões de reais.

Medida de adaptação para produção agrícola

No caso específico do Brasil, a produção agrícola poderá ter um aumento ainda mais elevado, e o crescimento das exportações tem colocado o País como um dos principais produtores agropecuários do mundo. Concomitante ao aumento das demandas, os impactos ambientais, econômicos e sociais das alterações do clima global são um dos maiores desafios atuais da humanidade. Assim, os atuais sistemas produtivos terão que continuar aumentando sua eficiência para garantir o crescimento da produção e se adaptar às alterações climáticas, concomitantemente à maior preservação dos serviços ecossistêmicos.

Do ponto de vista estratégico, será de extrema importância antever de que maneira os agroecossistemas atenderão ao aumento da demanda mundial por alimentos, fibras e energia de modo sustentável e em um contexto no qual a produtividade agrícola possa apresentar estagnação ou reduções associadas às mudanças climáticas (Zhao et al., 2017). A variabilidade climática é responsável por aproximadamente um terço das oscilações da produtividade agrícola em todo o mundo (Ray et al., 2015). As mudanças climáticas devem, portanto, aumentar a variabilidade da produtividade agrícola, a qual poderá ser reduzida drasticamente ao longo da segunda metade deste século na ausência de medidas de adaptação e de mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Nesse sentido, ao longo dos 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. Portanto, torna-se imperativo o fortalecimento de ações para reduzir os impactos e riscos inerentes às mudanças climáticas, criar oportunidades na economia de baixa emissão de carbono e promover a inclusão social. O principal alvo é procurar as melhores condições de adaptação que permitam à agropecuária manter ou aumentar sua capacidade produtiva, em situações de estresses ambientais. Concomitante ao desenvolvimento de cultivares mais adaptadas, a adoção de boas práticas agropecuárias é considerada um método viável de prover resiliência e minimizar a exposição aos riscos climáticos, possibilitando reduzir as atuais lacunas de produtividade (Ittersum et al., 2016). Um exemplo de tecnologia advinda da pesquisa e que incentiva a adoção de boas práticas é o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc). Ao indicar as épocas mais favoráveis para a implantação de diversas culturas agrícolas, o Zarc contribui para reduzir os riscos da produção (Santos et al., 2010). Frente a esses desafios, a utilização da integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) constitui-se em uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação (Signoretti, 2012).

Interação com as tecnologias do Plano ABC

A condição fundamental para o êxito do Nacional de Vegetação (Planaveg) é que haja a implementação de vários programas e políticas já existentes. Em uma delas, a intensificação sustentável da agropecuária, o foco é aumentar a produtividade de pastagens e áreas de cultivo nas regiões fora de áreas a serem recuperadas por meio do Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC) e outros programas voltados à intensificação, dentro dos parâmetros sustentáveis da agropecuária. Há necessidade de fomento e fortalecimento de práticas sustentáveis de agricultura e pecuária em áreas de pastagem e áreas com alta e média aptidão agrícola. Várias práticas podem ajudar a incrementar a produção e produtividade da agropecuária de forma sustentável nas áreas de pastagem e de cultivo existentes. Essas práticas incluem a melhoria do manejo de pastagem (por exemplo, manejo rotacionado ou

racional), ILPF, melhoramento genético, irrigação, plantio direto, cultivo mínimo, manejo integrado do solo e da água, etc. Todas essas práticas removem CO₂ da atmosfera, mitigando os efeitos do aquecimento global.

Com base nesses compromissos, o Plano ABC foi estruturado em sete linhas que visam à adoção de tecnologias de baixa emissão de GEE no campo. Seis dessas são referentes à mitigação, enquanto a sétima linha engloba ações de adaptação às mudanças climáticas. Estas tecnologias foram testadas e validadas cientificamente por instituições de pesquisa, principalmente pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa):

1. **Recuperação de pastagens degradadas** – A degradação das pastagens é o processo em que ocorre a perda do vigor, da produtividade e da capacidade das pastagens em sustentar a produção animal. Esse processo resulta na perda de cobertura vegetal, na redução da matéria orgânica do solo e no aumento da emissão de CO₂ para a atmosfera. A recuperação das pastagens degradadas e a manutenção da produtividade contribuem para mitigar a emissão dos GEEs.
2. **Integração lavoura-pecuária-floresta e sistemas agroflorestais** – A integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) é uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias ou florestais em uma mesma área. Esses sistemas contribuem para a recuperação de áreas degradadas, a manutenção e reconstituição da cobertura vegetal, a promoção e geração de emprego, entre outros benefícios. Cabe destacar o papel importante desempenhado por esses sistemas na valorização de serviços ambientais oferecidos pelos agroecossistemas, tais como: conservação dos recursos hídricos e edáficos; abrigo para os agentes polinizadores e de controle natural de insetos, pragas e doenças; fixação de carbono e nitrogênio; redução da emissão de GEE; reciclagem de nutrientes; biorremediação do solo; e manutenção e uso sustentável da biodiversidade. Esses sistemas são divididos em quatro modalidades: integração lavoura-pecuária (agropastoril); lavoura-pecuária-floresta (agrossilvipastoril); pecuária-floresta (silvipastoril) e lavoura-floresta (silviagrícola).
3. **Sistema plantio direto** – O plantio direto consiste em processos tecnológicos que mobilizam o solo apenas na linha ou cova de semeadura, mantendo uma cobertura permanente desse solo. O sistema deve estar associado à agricultura conservacionista, contribuindo para a conservação do solo e da água; elevando os teores de matéria orgânica; aumentando a eficiência da adubação; reduzindo o consumo de combustíveis fósseis e uso de agrotóxicos; e mitigando a emissão de GEE.
4. **Fixação biológica de nitrogênio** – A fixação biológica de nitrogênio (FBN) consiste em utilizar microrganismos capazes de assimilar o nitrogênio atmosférico (N₂) para uso da produção agrícola. Esse é um processo amplamente reconhecido, que reduz o custo da produção, aumenta o teor de matéria orgânica do solo (sequestro de carbono), melhora a fertilidade do solo e reduz os riscos para o meio ambiente pela redução das emissões de GEE.

5. **Florestas plantadas** – As florestas plantadas para fins econômicos possibilitam inserir uma fonte de renda de longo prazo para a propriedade rural; aumentar a oferta de madeira para as indústrias de papel e celulose, móveis e painéis de madeira, para geração de energia, construção civil, etc., reduzindo a pressão sobre as matas nativas no que tange à oferta de madeira; e capturar o CO₂ atmosférico, diminuindo os efeitos do aquecimento global.
6. **Tratamento de dejetos animais** – O tratamento adequado dos dejetos originados a partir da criação de animais em confinamento contribui para a redução da emissão de metano, além de possibilitar a geração de renda a partir do composto orgânico produzido ou pela geração de energia do biogás. Esses processos de compostagem e biodigestão são amplamente conhecidos e têm, como benefícios, a redução dos custos de produção, a diminuição dos impactos ambientais e a redução das emissões de GEEs.

Considerações finais

As mudanças do clima afetam a temperatura e a distribuição das chuvas, impactando o ciclo das culturas e da vegetação. Como consequência, podem-se ter menores safras e produtos de menor qualidade, com grandes prejuízos para a agricultura, risco à segurança alimentar e à permanência dos agricultores no campo. A adaptação às mudanças climáticas deve ser parte de um conjunto de políticas públicas que tenham como foco o investimento com maior eficácia na agricultura, promovendo sistemas diversificados e o uso sustentável da biodiversidade e dos recursos hídricos, com apoio ao processo de transição, à organização da produção, à garantia de geração de renda, à pesquisa (recursos genéticos e melhoramento, recursos hídricos, adaptação de sistemas produtivos, identificação de vulnerabilidades e modelagem), dentre outras iniciativas.

Hoje, o Cerrado é o bioma brasileiro onde se concentra o maior rebanho bovino (36% de todo o gado) e onde mais se produz soja (mais de 63% de todo o grão brasileiro). Na safra 2013/2014, o bioma Cerrado foi responsável por 51,9% (15,66 milhões de hectares – Mha) da área de soja cultivada no Brasil. A área de soja, milho e algodão de primeira safra passou de 9,33 Mha em 2000/2001 para 12,30 Mha em 2006/2007, atingindo 17,43 Mha em 2013/2014. Somente a soja aumentou a área plantada em 108% entre as safras 2000/2001 (7,53 Mha) e 2013/2014 (15,66 Mha). A mudança de uso e cobertura da terra, associada à dinâmica da expansão das culturas anuais, converteu 4,61 Mha entre 2000/2001 e 2006/2007, e mais 6,07 Mha entre 2006/2007 e 2013/2014.

Uma das medidas preconizadas para amenizar os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento no bioma Cerrado é incentivar a transição de pastagens de baixa produtividade para áreas agrícolas, por meio de sistemas integrados de produção, lavoura e pecuária; e por práticas preconizadas e apoiadas pelo Plano ABC. O Plano ABC, criado com base em um amplo processo de debates coordenado pelo Ministério da Agricultura ao longo dos anos 2010 e 2011, reúne ações de mitigação

que podem gerar reduções de emissão de até 163 milhões de toneladas de CO₂eq, bem como ações de adaptação. Entre 2010 e 2017, as ações do Plano ABC ganharam escala, muito embora existam diversos entraves que dificultam o acesso aos recursos e a implementação efetiva das práticas de baixo carbono³. Atualmente, as práticas incluídas no Plano ABC são: restauração de pastagens, plantio direto, fixação biológica do nitrogênio, tratamento de dejetos e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF).

Entre 2000 e 2014, mais de 5,6 Mha de pastagens foram convertidos para soja, mas a hipótese de que a maior parte destas pastagens é degradada precisa ser testada e validada, com base em imagens de satélites e verificações in loco. Uma vez que as áreas de pastagens vêm decrescendo no bioma Cerrado nos últimos anos, com aumento de 15% do rebanho bovino entre 2000 e 2014, pode-se supor um processo de intensificação da pecuária. Investimentos em produtividade permitem a criação de um rebanho maior, sem expansão da área ocupada. A transição de áreas com pastagens para sistemas mais integrados de produção, a exemplo do ILPF, possibilita elevar a oferta de grãos, proteína e fibras na região.

É necessário também promover a recuperação das áreas de preservação permanente (APPs) nas bordas de cursos d'água, as APPs hídricas na região do Cerrado. Isso porque um dos maiores problemas que têm sido enfrentados na região é, em algumas áreas, a restrição ao uso da água, e, em outros, o uso descontrolado da água. Com o corte da vegetação das APPs com função hídrica, ocorre a fragmentação da rede de drenagem e começam a surgir os problemas que contribuíram para a crítica situação de oferta e abastecimento de água, como:

1. Pouca ou nenhuma infiltração de água da chuva.
2. Reduzida alimentação do lençol freático.
3. Alta evaporação e erosão acentuada, prejudicando o acúmulo de água.
4. Perda da função hídrica das nascentes, que secam e deixam de abastecer o sistema.

Conforme destacado no documento *Agro é Paz: análises e propostas para o Brasil alimentar o mundo*⁴, uma das soluções para a perda da cobertura vegetal no Brasil é a revegetação de APPs. No bioma Cerrado, estima-se que o passivo de APPs hídricas é cerca de 4 milhões de hectares. Nos próximos 10 anos, é possível a revegetação de 1 milhão de hectares, iniciando em áreas críticas, que já estão devidamente mapeadas e identificadas. Paralelamente, cria-se uma excelente oportunidade para possíveis pagamentos por serviços ambientais (a partir do reflorestamento de espécies nativas e o consequente aumento no sequestro de carbono). Essa ação minimizaria o risco de desabastecimento de água em áreas urbanas do bioma, com soluções definitivas. O atual conhecimento científico brasileiro possui capacidade de indicar quantas e

³ Disponível em: <<http://observatorioabc.com.br/>>.

⁴ Disponível em: <<https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/AgroePaz.pdf>>.

quais são as espécies nativas que devem ser plantadas na recuperação dessas áreas. Trata-se de um trabalho de médio para longo prazo e de ação estruturante para o Cerrado, evitando-se maiores perdas de água, garantindo a reativação das nascentes e o cumprimento do Código Florestal.

Referências

- ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; NASSAR, A.; HARFUCH, L.; FREITAS, S.; FARINELLI, B.; LUNDELL, M.; BACHION, I. C.; FERNANDES, C. M. **Impactos das mudanças climáticas na produção agrícola brasileira**. [S.l.]: The World Bank, 2013. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/pt/364151468237586291/Brasil-Impactos-das-Mudan%C3%A7as-Clim%C3%A1ticas-na-Produ%C3%A7%C3%A3o-Agr%C3%ADcola-Brasileira>>. Acesso em: 15 mar. 2017.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Modelagem climática e vulnerabilidades Setoriais à mudança do clima no Brasil**, Brasília, DF, 2016. 590 p.
- BRASIL. Secretaria de Assunto Estratégicos. **Brasil 2040 - Resumo Executivo**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <[http://www.agroicone.com.br/\\$res/arquivos/pdf/160727143013_BRASIL-2040-Resumo-Executivo.pdf](http://www.agroicone.com.br/$res/arquivos/pdf/160727143013_BRASIL-2040-Resumo-Executivo.pdf)>. Acesso em: 6 jun. 2019.
- CAMARGO, A.; MARIN, F. R.; SENTELHAS, P. C.; PICINI, A. G. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 2, p. 251-257, 1999.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro, 2018. (Séries Históricas). Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 12 dez. 2018.
- ITTERSUM, M. K. van; VRIES, S. de; OORT, P. A. J. van; GRASSINI, P. **Estimation of global yield gaps and implications from their analysis**. Colchester: International Fertilizer Society, 2016. 20 p.
- MARENGO, J. A.; CAMARGO, C. C. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960-2002. **International Journal of Climatology**, v. 28, n. 7, p. 893-904, 15 jun. 2008.
- PEREIRA, A. R. Simplificado o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005.
- PLANO Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: volume 1: estratégia geral: versão pós consulta pública. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2016. Disponível em: <<http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/PNA-Volume1.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2018.
- RAY, D. K.; GERBER, J. S.; GRAHAM, M.; MACDONALD, K.; WEST, P. C. Climate variation explains a third of global crop yield variability. **Nature Communications**, v. 6, n. 5989, 2015.
- SANTOS, P. M.; PEZZOPANE, J. R. M.; SILVA, F. A. M. da; EVANGELISTA, B. A.; BETTIOL, G. M.; LOPES, T. S. de S.; MARIN, F. R.; SILVA, S. C. da. **Zoneamento de riscos climáticos para o consórcio milho x capim-marandu no Estado de São Paulo**: períodos favoráveis para a implantação por município. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2010. 40 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 97).
- SIGNORETTI, R. D. **Integração lavoura-pecuária-floresta**: agropecuária do futuro. Disponível em: <<https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/27148/integracao-lavoura-pecuaria-floresta-agropecuaria-do-futuro.htm>>. Acesso em: 6 jun. 2019.
- ZHAO, C.; LIU, B.; PIAO, S.; WANG, X.; LOBELL, D. B.; HUANG, Y.; HUANG, M.; YAO, Y.; BASSU, S.; CIAIS, P.; DURAND, J. L.; ELLIOTT, J.; EWERT, F.; JANSSENS, I. A.; LI, T.; LIN, E.; LIU, Q.; MARTRE, P.; MULLER, C.; PENG, S.; PEÑUELAS, J.; RUANE, A. C.; WALLACH, D.; WANG, T.; WU, D.; LIU, Z.; ZHU, Y.; ZHU, Z.; ASSENG, S. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 114, n. 35, p. 9326-9331, 2017. DOI: 10.1073/pnas.1701762114.

