



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Efeitos das mudanças climáticas regionais causada pelo desmatamento na produtividade de soja no estado do Mato Grosso¹



Gabrielle Ferreira Pires²; Gabriel Medeiros Abrahão³; Livia Maria Brumatti de Souza⁴; Marcos Heil Costa⁵; Ana Beatriz dos Santos⁶

¹Trabalho apresentado no XIX Congresso de Agrometeorologia, 23 a 28 ago. 2015.

²Eng. Ambiental, Doutoranda em Meteorologia Aplicada, Dpto Eng. Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31) 3899-1902, gabrielle.pires@ufv.br

³Eng. Agrícola e Ambiental, Mestrando em Meteorologia Aplicada, Dpto Eng. Agrícola, UFV, Viçosa – MG, gabriel.abrahao@ufv.br

⁴Estudante Eng. Ambiental, Estagiária no Grupo de Pesquisas em Interação Atmosfera-Biosfera UFV, Viçosa – MG, livia.brumatti@ufv.br

⁵Eng. Agrícola, Professor Titular, Dpto. Eng Agrícola, UFV, Viçosa – MG, mhcosta@ufv.br

⁶Eng. Ambiental, Auxiliar de Pesquisa, Dpto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31) 3899-1902, ana.bsantos15@gmail.com

RESUMO: Estudos recentes mostram que a substituição de ecossistemas naturais como Amazônia e Cerrado por culturas agrícolas e pastagens pode causar mudanças climáticas regionais caracterizadas principalmente por reduções na precipitação local e pelo aumento da temperatura, o que pode causar efeitos negativos na produtividade agrícola. Estes efeitos são particularmente expressivos na região do arco do desmatamento, onde a estação seca poderá tornar-se cada vez mais longa. Nesta região está localizada uma das maiores regiões produtoras de soja no Brasil, o estado do Mato Grosso, cuja produção em 2013 representou cerca de 28 % do total de grãos produzidos nos países. Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos da mudança climática regional causada pela mudança no uso da terra na produtividade de soja no estado do Mato Grosso. Utilizou-se um modelo numérico de ecossistemas agrícolas para avaliar os efeitos de quatro cenários climáticos resultantes de cenários de desmatamento progressivo de Amazônia e Cerrado, que variam de 20-40% e de 60-70% respectivamente, na produtividade de soja em Mato Grosso. Na realização do experimento, considerou-se o ajuste da data de plantio em resposta as mudanças climáticas regionais como um mecanismo de adaptação. Os resultados mostram que o aumento do desmatamento na Amazônia e no Cerrado pode reduzir a produtividade de soja em até 15% no estado, mesmo com a adaptação da data de plantio da cultura em resposta a uma estação seca mais longa. Assim, o avanço da fronteira agrícola poderá tornar o clima local cada vez menos propício à atividade agropecuária caracterizando uma atividade com risco gradativamente maior.

PALAVRAS-CHAVE: Desmatamento, Soja, Mato Grosso

Effects of regional climate change induced by deforestation in soybean yield in Mato Grosso

ABSTRACT: Recent studies show that the substitution of natural ecosystems such as Amazonia and Cerrado by crops and pastures may cause regional climate changes mainly characterized by reductions in local precipitation and increased temperature, which may cause negative effects on agricultural productivity. These effects are particularly significant in the arc of deforestation region, where the dry season may become longer. This region holds one of the largest soybean producing areas in Brazil, the state of Mato Grosso, which produced, in 2013, represented about 28% of all soybean produced in the country. Thus, this study aimed to evaluate the effects of the regional climate change caused by the change in land use on the soybean yield in Mato Grosso. We used a numerical model of agricultural ecosystems to evaluate the effects of four climate scenarios resulting from progressive deforestation scenarios of the Amazon and Cerrado, ranging from 20-40% and 60-70%, respectively, on the soybean



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

yield in Mato Grosso. The experiment considered the adjustment of planting dates as a mechanism of adaptation to regional climate change. The results show that the increase of deforestation in Amazonia and Cerrado may reduce soybean yield by up to 15% in the state, even with the adjustment of crop planting dates in response to a longer dry season. Thus, the expansion of agriculture may turn the local climate less suitable to agriculture, gradually increasing the risk of this economic activity.

KEYWORDS: Deforestation, Soybean, Mato Grosso

INTRODUÇÃO

Historicamente, a agricultura é uma das bases da economia brasileira, representando de 20-30% do PIB do país (CEPEA, 2014). Inicialmente produtor de grandes monoculturas como a cana-de-açúcar e o café, o país diversificou sua produção e em 2010 se tornou o terceiro maior exportador agrícola do mundo (OMC, 2010), exportando carne, frutas, grãos e cereais. O Brasil se tornou um dos líderes mundiais na exportação de carne bovina a partir da substituição dos biomas Cerrado e Amazônia por pastagem (Leite et al., 2012). O país é também um dos líderes mundiais na produção de soja, que começou a ser cultivada na região Sul do país e atualmente é produzida principalmente no Cerrado, e mais recentemente na Amazônia.

Embora vastas áreas de Amazônia e Cerrado tenham sido substituídas por terras agrícolas, o Brasil ainda possui a maior extensão de vegetação tropical do mundo (Lapola et al., 2014). Por ser um dos poucos lugares no planeta com abundância de sol, água e terra para permitir uma grande expansão na agricultura (Tollefson, 2010), é esperado que o Brasil forneça grande parte do aumento na demanda global por alimentos até 2050, principalmente de soja.

Essa expectativa é ampliada uma vez que estima-se que a demanda global por alimentos irá aumentar entre 80 e 110% até 2050 (Tilman et al., 2011), como uma consequência do efeito combinado de mudanças demográficas (~2,5 bilhões de pessoas adicionais), aumento da afluência e mudanças na dieta alimentar. A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), em relatório conjunto com a Organização de Cooperação para o Desenvolvimento Econômico (OECD), prevêem que a produção agrícola do Brasil irá crescer mais rápido do que em qualquer outro país no mundo na década atual, aumentando em 40% de 2010 até 2019 (OECD-FAO, 2010). Além disso, Nelson et al. (2014), que utilizaram modelos agroecômicos para avaliar a evolução futura da agricultura mundial, prevêem que o Brasil é o país que terá o maior aumento do mundo na área plantada até 2050.

Caso parte significativa do aumento da produção agrícola do país neste século ocorra através do aumento da fronteira agrícola por meio da derrubada de ecossistemas naturais, corre-se um grande risco: a substituição de floresta ou savana por culturas agrícolas e pastagens pode causar mudanças climáticas regionais caracterizadas principalmente por reduções significativas na precipitação local e pelo aumento da temperatura, o que causa efeitos negativos na produtividade agrícola. Estudos recentes de modelagem numérica indicam que o aumento do desmatamento do Cerrado e da Amazônia pode alterar o total de precipitação em escala sub-regional na floresta, tendo o potencial de aumentar a duração da estação seca e causar um desequilíbrio entre clima e vegetação, ao que se sucederia a progressiva degradação climática e ecológica local em um processo de retroalimentação positiva (Costa e Pires, 2010; Malhado et al., 2010; Pires e Costa, 2013).

Por outro lado, em contraste aos elevados níveis de desmatamento observados nas últimas décadas, a pressão para reduzir as taxas de desmatamento na Amazônia tem aumentado tanto nacional quanto internacionalmente (Ladle et al., 2010). Essas taxas de desmatamento declinaram 77% nos últimos anos quando comparadas com os anos de referência de 1995-2005 (Nobre, 2012), apesar dos preços elevados da soja e da carne, tornando o Brasil o grande responsável pela redução do desmatamento tropical global



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

(Hansen et al., 2013). Entretanto, depois de 4 anos em queda, a taxa de desmatamento da Amazônia em 2013 voltou a crescer 28% em relação a 2012, segundo dados do Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES). Além disso, apesar de ser a savana mais rica do mundo em biodiversidade, as políticas de conservação do Cerrado são atualmente fracas e as taxas de desmatamento neste bioma são historicamente muito superiores às da Amazônia (Leite et al., 2012; Lapola et al., 2014). Assim sendo, o país ainda tem muito a avançar na preservação de seus biomas, e a ameaça do desmatamento ainda permanece.

Porém, Oliveira (2012) sugere que a agricultura em larga escala pode degradar serviços ecossistêmicos dos quais é dependente, como por exemplo, a regulação do clima, um benefício direto obtido pelo homem a partir da presença dos ecossistemas. Em outras palavras, o avanço da fronteira agrícola poderá tornar o clima local cada vez menos propício à atividade agropecuária, caracterizando uma atividade com risco gradativamente maior. Porém, apenas um número reduzido de estudos vem estabelecendo relações entre o avanço do desmatamento e a produtividade agrícola (Lawrence e Vandecar, 2015). Oliveira et al. (2013), em um estudo pioneiro, avaliaram os efeitos do desmatamento Amazônico na agricultura e concluíram que a produtividade de soja poderia reduzir até 25% na Amazônia. Estes autores, no entanto, não avaliaram os efeitos do desmatamento do Cerrado (que já perdeu mais de 50% de sua área original) na produtividade agrícola regional. Assim, uma avaliação mais completa dos efeitos do desmatamento da Amazônia e do Cerrado na produtividade agrícola no Brasil ainda não foi realizada.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é quantificar os efeitos do desmatamento da Amazônia e do Cerrado na produtividade de soja, com foco em um dos maiores produtores do país, o estado do Mato Grosso, que contribuiu com cerca de 30% da produção nacional desta *commodity* agrícola anualmente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Cenários climáticos devidos à mudança regional no uso do solo

Foram utilizados os resultados climáticos gerados por Pires e Costa (2013) a partir de cenários de desmatamento progressivo, com o auxílio do modelo acoplado CCM3-IBIS: modelo atmosférico CommunityClimateModel (versão 3) acoplado ao modelo de superfície IntegratedBiosphere Simulator (versão 2.6.4), modelos que foram recalibrados usando dados do experimento LBA (Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia) (Imbuzeiro, 2005) e de sensoriamento remoto, e extensivamente testados em cenários de clima atual e futuro (Senna et al. 2009). Estes autores geraram 20 cenários de desmatamento para Amazônia e Cerrado, que variam de 0 a 100% e de 60 a 100% respectivamente. Os cenários de desmatamento que apresentam um total de área desmatada superior a 40% para a Amazônia são considerados extremos e com menor probabilidade de ocorrência, dados os recentes avanços no controle do desmatamento deste bioma. Desta forma, neste estudo serão utilizados apenas quatro dos cenários de uso do solo simulados por esses autores, ou seja, aqueles que assumem que o desmatamento naPan-Amazônia chegará a 10%, 20%, 30% e 40% até 2050, combinados com os respectivos cenários de desmatamento do Cerrado que variam de 60 a 70% (Tabela 1). O cenário A10C60 é o cenário controle, por representar a situação média no período 1970-2000; o cenário A20C60 equivale à possibilidade do fim do desmatamento na Amazônia e no Cerrado e estabilidade da área desmatada, de forma semelhante ao proposto por Nepstad et al. (2009). Já o cenário A30C65 é um cenário que considera que as taxas de desmatamento no período 2013-2050 seriam próximas às taxas observadas no período 1995-2005, e o cenário A40C70 é um cenário extremo.

Tabela 1. Área desmatada (Amazônia e Cerrado) para cada um dos cenários utilizados. Os índices i e j dos tratamentos A_iC_j representam, respectivamente, a percentagem de floresta e Cerrado desmatados.

Cenários	Área de Amazônia desmatada (%)	Área de Cerrado desmatado (%)	Tipo de cenário
A ₁₀ C ₆₀	10	60	Controle
A ₂₀ C ₆₀	20	60	Estabilização da área desmatada
A ₃₀ C ₆₅	30	65	Taxas de 2013-2050 próximas a 1995-2005
A ₄₀ C ₇₀	40	70	Extremo

Estes cenários dispõem de resultados apenas na base mensal, e por isso a anomalia climática simulada em cada um destes cenários foi adicionada à climatologia do banco de dados climáticos de Sheffield et al., (2006), este sim na base diária. Este banco de dados é construído combinando um conjunto de banco de dados globais baseados em observações, desagregada em intervalos de tempo de 3 horas utilizando reanálises do (NCEP–NCAR), disponível de 1948 a 2008, na resolução de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$.

Durante as simulações computacionais deste trabalho, a concentração atmosférica de CO₂ foi mantida fixa em 380 ppmv.

Descrição do modelo

Para simular o crescimento de soja e pastagem, foi utilizado o Modelo Integrado de Processos Superficiais (INLAND), que é o componente de superfície do Modelo Brasileiro do Sistema Climático. O INLAND simula as trocas de energia, água, carbono e momentum no sistema solo-vegetação-atmosfera, e vem sendo desenvolvido por pesquisadores brasileiros, com o objetivo de alcançar uma melhor representação dos biomas nacionais, em especial a Amazônia e o Cerrado, além de processos importantes que ocorrem no território brasileiro, como inundações, fogo e culturas agrícolas.

A versão 2.0, que foi utilizada neste estudo, inclui a representação de 16 tipos funcionais de plantas: 12 naturais e quatro culturas agrícolas (soja, milho, trigo e cana de açúcar). As culturas e os ecossistemas naturais compartilham as mesmas equações para simular o balanço de energia e massa, e operam em escalas que variam de 60 minutos a 1 ano. Para as diferentes culturas agrícolas, a produtividade primária líquida é alocada a quatro diferentes reservatórios (folhas, galhos, raízes e grãos), cujos parâmetros de alocação são dinâmicos no tempo: variam de acordo com os estágios fenológicos da cultura. Esses estágios fenológicos (emergência, enchimento de grãos e maturidade fisiológica) são controlados pela acumulação de graus-dia (GD).

As simulações foram forçadas por dados climáticos diários, e as variáveis meteorológicas utilizadas como entrada do modelo são: nebulosidade, temperatura média, temperatura mínima, temperatura máxima, precipitação, umidade específica e velocidade média do vento.

Delineamento experimental

Foram realizadas simulações para 10 datas de plantio (15/09, 25/09, 05/10, 15/10, 25/10, 05/11, 15/11, 25/11 e 15/12) e 5 cultivares que variam de acordo com o acúmulo de graus-dia necessários para atingir a maturidade fisiológica (da cultivar mais precoce para a mais tardia: 1.500, 1.600, 1.700, 1.800 e 1.900 GD). Portanto, para cada cenário de desmatamento considerado neste estudo, há 50 configurações possíveis das datas de plantio e cultivares para cada pixel. Considerando que o período de vazio sanitário da soja termina em 15/09, e que muitos produtores no estado optam por semear uma variedade de soja precoce logo após o término deste período para viabilizar o plantio de uma segunda safra (normalmente milho ou algodão), será analisada aqui a combinação data de plantio 25/09 e cultivar precoce 1500GD. Uma segunda análise também será realizada para condições ótimas de manejo (data de plantio e cultivar), que levam à produtividade máxima dentre as 50 combinações possíveis. Além disso, foram rodados cinco *ensembles* para cada um dos quatro cenários de desmatamento avaliados neste trabalho, e as simulações foram realizadas na resolução de $1^\circ \times 1^\circ$ ($\sim 110 \times 110$ km).

Serão analisados aqui apenas os pixels de $1^\circ \times 1^\circ$ pertencentes ao estado do Mato Grosso que possuam ao menos 10% de sua área plantada em 2012 (Figura 1-b). Para a identificação desses pixels foram utilizados mapas de cobertura de árvores elaborados por Hansen et al (2013) e dados de área plantada de soja levantados pelo IBGE. Para alocar os dados constantes no levantamento do IBGE, as áreas sem cobertura de árvores pertencentes aos mapas de desmatamento de Hansen et al (2013) foram consideradas como áreas com potencial uso agrícola. O procedimento consistiu no cálculo da proporção entre área plantada de soja total e a área desmatada, a nível de microrregião, a uma resolução de $1\text{km} \times 1\text{km}$ (Figura 1-a). Posteriormente, toda a área plantada com soja dentro de cada pixel de $1^\circ \times 1^\circ$ foi somada. Foram filtrados os pixels que apresentaram total de área plantada com soja menor que 10% da área do pixel de $1^\circ \times 1^\circ$ ($\sim 1,2 \times 10^4 \text{ km}^2$).

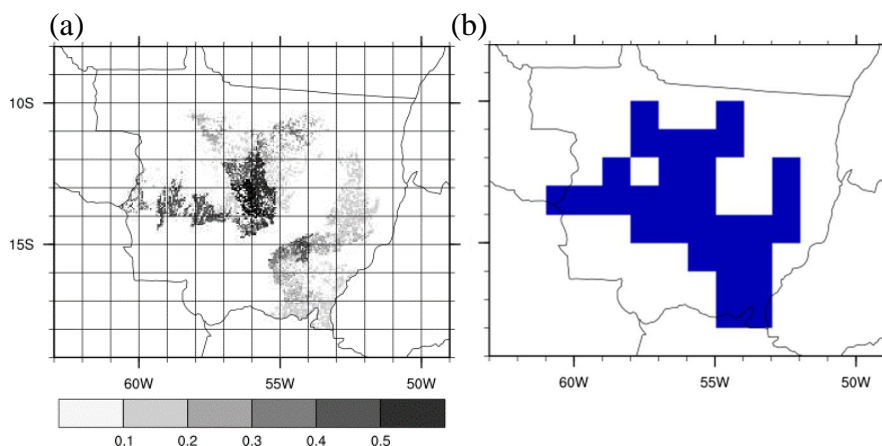


Figura 1.(a) Área plantada de soja (km^2) no estado do Mato Grosso em 2012, na resolução de $1\text{km} \times 1\text{km}$. (b) Destacada em azul a região analisada neste estudo: pixels na resolução de $1^\circ \times 1^\circ$ que contém ao menos 10% da área plantada do estado do Mato Grosso, também em 2012.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como mencionado anteriormente, dentre as 50 possíveis combinações de datas de plantio e cultivares, analisaremos especificamente dois casos: cultivar precoce semeada logo após o término do

vazio sanitário no estado e cultivar e data de plantio ótimas, que conduzem à máxima produtividade possível.

Para a soja precoce plantada em 25/09, a magnitude e o sinal da alteração da produtividade variam espacialmente e de acordo com o cenário de desmatamento. Para o cenário A20C60 (Figura 2-a), os efeitos negativos ficam restritos ao norte do estado, onde a produtividade cai de 5 a 15% em relação ao cenário controle. Já na região central e sul do estado, as simulações computacionais mostram um aumento de produtividade. Como sugerido por Sampaio et al. (2007), o desmatamento heterogêneo e em pequena escala pode conduzir a circulações de mesoescala que contribuem para um aumento da precipitação local, o que pode estar relacionado ao aumento simulado de produtividade nestas regiões (Figura 2-a). No entanto, na medida em que o desmatamento atinge níveis maiores, processos de larga-escala de interação entre a biosfera e a atmosfera são dominantes, levando a um decréscimo de precipitação. Assim, já a partir do cenário A30C65 (Figura 2-b), o decréscimo de produtividade se estende do Norte ao Centro-Sul do estado, onde as perdas superam 10% em relação ao cenário controle. No cenário mais extremo (A40C70), em geral a produtividade cai expressivamente em todo o estado do Mato Grosso, superando 30% de perda em relação ao cenário controle (Figura 2-c).

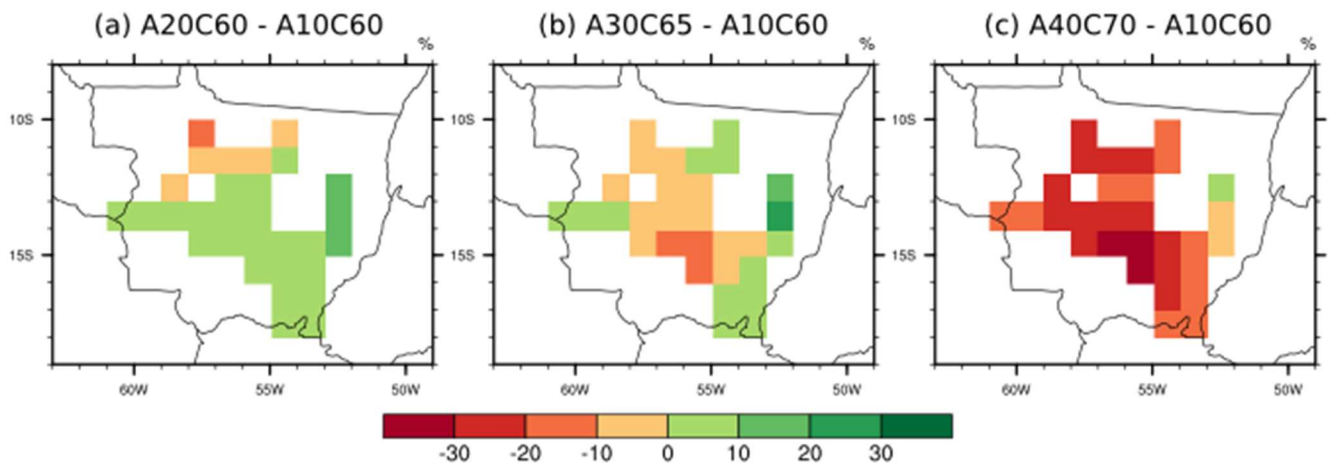


Figura 2. Alteração da produtividade de soja (data de plantio: 25/09 e cultivar 1.500GDD) após o desmatamento progressivo de Amazônia e Cerrado.

As quedas de produtividade são mais brandas quando se considera as condições ótimas de manejo que conduzem à máxima produtividade: datas de plantio (principalmente a partir de 05/11, Figura 4) e cultivares mais tardias (para todos os casos, como esperado, a cultivar que conduz à produtividade máxima é a 1.900 GD). Nestes casos, no estado do Mato Grosso, independentemente do cenário de desmatamento, as perdas de produtividade de soja devido à mudança climática causada pela mudança de uso do solo não superam os 10% em relação ao cenário controle. Porém, especialmente na região centro-sul do estado (região de Primavera/Campo Verde), as perdas acima de 10% permanecem mesmo após o ajuste da data de plantio no cenário de desmatamento mais extremo (Figura 3-c).

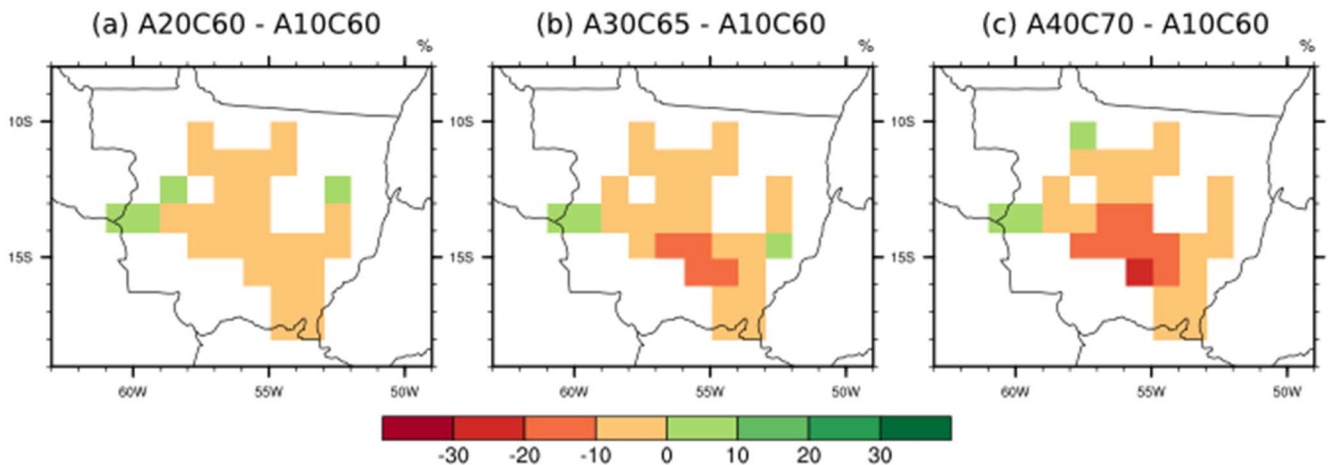


Figura 3. Alteração da produtividade de soja (data de plantio e cultivar ótimas) após o desmatamento progressivo de Amazônia e Cerrado.

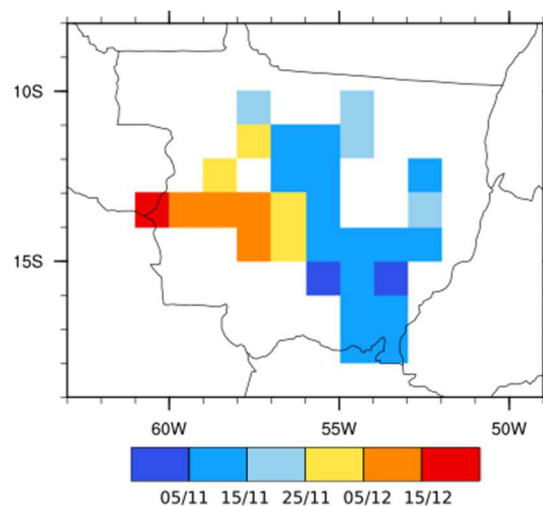


Figura 4. Data de plantio que conduz à produtividade máxima de soja dentre as 10 simuladas.

Em geral, as perdas de produtividade de soja após o avanço do desmatamento simuladas neste estudo estão relacionadas a uma menor precipitação durante o ciclo da cultura, resultante da mudança de uso do solo. De acordo com Costa e Pires (2010), o desmatamento combinado de Amazônia e Cerrado causa decréscimos significativos na precipitação em praticamente todos os meses do ano na região devido principalmente a uma redução da contribuição da evapotranspiração destes biomas para a precipitação local. Desta maneira, quanto mais intenso o cenário de desmatamento, ainda que o efeito não seja linear, espera-se um decréscimo maior na precipitação local, e consequentemente, maior decréscimo da produtividade da soja cultivada em regime de sequeiro na região.

Ainda, de acordo com os mesmos autores, este decréscimo é peculiar nos meses de transição entre a estação seca e estação chuvosa na região do arco do desmatamento da Floresta Amazônica, onde está localizado o estado do Mato Grosso. Durante esta época do ano, os produtores de sistemas de dupla-safra geralmente semeiam a soja precoce, aproveitando as primeiras chuvas do início da estação chuvosa para a germinação das sementes, e assim os efeitos negativos são mais intensos para a soja semeada nestas condições. Esta diminuição da precipitação nos meses de transição e o aumento na duração da



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

estação seca tem sido amplamente relatado na literatura em estudos de modelagem (Costa e Pires, 2010, Fu et al., 2013) e observacionais (Butt et al., 2011, Spracklen et al., 2012).

Dessa forma, enquanto o desmatamento causa mudanças climáticas prejudiciais a agricultura no estado do Mato Grosso, os efeitos negativos parecem ser particularmente intensos para os produtores que optam por plantar duas culturas no mesmo calendário agrícola: soja, seguida de milho ou algodão. De acordo com Arvoret et al. (2013), as regiões com elevada proporção de dupla-safra no estado do Mato Grosso correspondem a áreas cuja estação chuvosa é mais intensa e mais longa, de maneira que uma menor quantidade de precipitação e um período seco mais extenso torna ameaçada a sustentabilidade de sistemas de dupla-safra no longo prazo. Em outras palavras, o risco climático de se produzir soja no estado, e especial em sistemas de dupla-safra, será gradativamente maior caso a fronteira agrícola avance até 2050.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste trabalho sugerem que o avanço do desmatamento em larga-escala da Amazônia e do Cerrado causam uma mudança climática regional, caracterizada principalmente por reduções na precipitação, que afetam negativamente a produtividade de soja no estado do Mato Grosso. Estes efeitos são particularmente intensos nos meses de transição entre a estação seca e a estação chuvosa, afetando mais intensamente os produtores que optam por cultivar duas culturas no mesmo calendário agrícola, ou os produtores de sistema de dupla-safra. Assim, de acordo com nossos resultados, a sustentabilidade da produção de soja no estado, em especial de sistemas de dupla-safra, pode estar ameaçada no longo prazo.

Contudo, é importante ressaltar que estes resultados estão sujeitos a algumas ressalvas. Primeiramente, o desmatamento não é a única forma de ação antropogênica que ameaça a produção agrícola no estado, e outro fator importante deve ser considerado na equação do problema: a produtividade de soja poderá também ser afetada pelas mudanças climáticas globais resultantes da alteração da composição atmosférica através da atividade antropogênica, também devido a mudanças nos padrões de precipitação, principalmente na estação seca, e ao aumento de temperatura. Porém, avaliações de cenários de mudança climática devido a mudança da composição atmosférica do *Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report* (IPCC AR5) indicam que uma estação seca mais longa poderia ser a norma na região ao longo do século 21 (Fu et al., 2013). Por outro lado, a concentração elevada de CO₂ pode estimular a fotossíntese e diminuir a condutância estomática (Sellers et al., 1996), o que pode contribuir para mitigar os efeitos deletérios das mudanças climáticas na vegetação a serem observados no futuro (Oliveira et al., 2013). Além disso, o avanço tecnológico (como o desenvolvimento de cultivares mais resistentes) que não é considerado no modelo utilizado neste estudo, vai desempenhar um papel importante a superar estas perdas de produtividade.

Dessa forma, estudos mais completos que incorporem todos estes fatores deverão ser realizados para auxiliar tomadores de decisão na formulação de políticas de adaptação e mitigação de mudanças climáticas e contribuir para a manutenção de elevados níveis de produtividade de soja no estado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARVOR, D. et al. Spatial patterns of rainfall regimes related to levels of double cropping agriculture systems in Mato Grosso (Brazil). *International Journal of Climatology*, v.34, p. 2622–2633, 2014. doi:10.1002/joc.3863.

BUTT, N. et al. Evidence that deforestation affects the onset of the rainy season in Rondonia, Brazil. *Journal of Geophysical Research*, v.116, p. 2–9, 2011. doi:10.1029/2010JD015174



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

COSTA, M. H.; PIRES, G. F. Effects of Amazon and Central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation. **International Journal of Climatology**, v. 30, p. 1970-1979, 2010. doi: 10.1002/joc.2048.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). PIB do Agronegócio - Dados de 1994 a 2011. 2013 Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/pib/>> Acesso em Abril/2014.

FU, R. Increased dry-season length over southern Amazonia in recent decades and its implication for future climate projection. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.110, p. 18110–18115, 2013.

HANSEN, M.C. et al. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. **Science**, v. 342, p. 850-853, 2013. doi: 10.1126/science.1244693.

IMBUZEIRO, H. M. A. **Calibração de um modelo para simular fluxos de massa e energia entre a floresta amazônica e atmosfera usando múltiplos sítios: qual a representatividade de um único sítio?** 2005. 67 p. Tese (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005/

LADLE, R. J.; MALHADO, A. C. M. TODD, P. A. Perceptions of Amazonian deforestation in the British and Brazilian media. **Acta Amazonica**, v. 40, p. 315-320, 2010.

LAPOLA, D.M. et al. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, v. 4, p. 27-35, 2014. doi: 10.1038/NCLIMATE2056.

LAWRENCE, D.E VANDECAR, K. The impact of tropical deforestation on climate and links to agricultural productivity. **Nature Climate Change**, v. 5, p. 27–36, 2015. doi: 10.1038/NCLIMATE2430

LEITE, C. C. et al. Historical land use change and associated carbon emissions in Brazil from 1940 to 1995, **Global Biogeochemical Cycles**, v. 26, GB2011, 2012. doi:10.1029/2011GB004133.

MALHADO, A. C. et al. Cerrado Conservation is Essential to Protect the Amazon Rainforest. **Ambio**, v. 39, Issue 8, p. 580-584, 2010. doi:10.1007/S13280-010-0084-6.

MALHI, Y. et al. Climate Change, Deforestation and the Fate of the Amazon, **Science**, v. 319, p. 169-172, 2008. doi: 10.1126/science.114696.

NELSON, G.C. et al. Climate Change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks, **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, p. 3274-3279, 2014. doi:10.1073/pnas.1222465110.

NEPSTAD, D. et al. The end of deforestation in the Brazilian Amazon. **Science**, v. 326, p. 1350-1351, 2009. doi: 10.1126/science.1182108

NOBRE, C. A. UNSustainable? **Science**, v. 336, p. 1361-1361, 2012. doi: 10.1126/science.1225343



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



OECD-FAO. 2010. Agricultural Outlook 2010-2019. Disponível em <http://www.oecd.org/site/oecd-faoagriculturaloutlook/>. Acesso em nov/2013.

OLIVEIRA, L. J. C. **Cenários futuros para a Amazônia: interações entre o desmatamento, as mudanças climáticas, o ecossistema natural e os sistemas agrícolas**. 2012, 164 p. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

OLIVEIRA, L.J.C. et al. Large-scale expansion of agriculture in Amazonia may be a no-win scenario. **Environmental Research Letters**, v. 8, 024021, 2013. doi:10.1088/1748-9326/8/2/024021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO COMÉRCIO (OMC). Trade in Agricultural Products. 2010. Disponível em http://www.wto.org/english/res_e/statis_e/world_commodity_profiles09_e.pdf. Acesso em Abril/2014.

PIRES, G. F.; COSTA, M. H. Deforestation causes different sub-regional effects on the Amazon bioclimatic equilibrium. **Geophysical Research Letters**, v. 40, p. 1-6, 2013. doi:10.1002/grl.50570.

PRODES - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, São Paulo. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes>. Acesso em Abril/2014.

SAMPAIO, G. et al. Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. **Geophysical Research Letters**, v. 34, L17709, 2007. doi:10.1029/2007GL030612.

SELLERS, P. J. et al. Comparison of radiative and physiological effects of doubled atmospheric CO₂ on climate. **Science**, v. 271, p. 1402-1406, 1996.

SENNA, M. C. A.; COSTA, M. H.; PINTO, L. I. C.; IMBUZEIRO, H. M. A.; DINIZ, L. M. F.; PIRES, G. F. Challenges to Reproduce Vegetation Structure and Dynamics in Amazonia Using a Coupled Climate Biosphere Model. **Earth Interactions**, v. 13, p. 1-28, 2009.

SHEFFIELD, J. et al. Development of a 50-Year High-Resolution Global Dataset of Meteorological Forcings for Land Surface Modeling. **Journal of Climate**, v. 19, p.3088-3111, 2006. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI3790.1>

SPRACKLEN, D. V. et al. Observations of increased tropical rainfall preceded by air passage over forests, **Nature**, 2012. Online: <http://dx.doi.org/10.1038/nature11390>

TILMAN, D. et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, p. 20260-20264, 2011. doi:10.1073/pnas.1116437108

TOLLEFSON, J. The Global Farm – With its plentiful sun, water and land, Brazil is quickly surpassing other countries in food production and exports. But can it continue to make agricultural gains without destroying the Amazon? **Nature**, v. 466, p. 554-556, 2010. doi:doi:10.1038/466554a