



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

Uso do modelo STICS para avaliar os impactos das mudanças climáticas sobre a produção de grãos de milho no cerrado brasileiro



Fernando Antônio Macena da Silva¹, François Affholder², Marc Corbeels^{1,2}, Balbino Antonio Evangelista³, Juaci Vitória Malaquias¹.

¹ Embrapa-Cerrados, 73310-970, Planaltina, DF, Brazil - fernando.macena@embrapa.br

² CIRAD, Agroécologie et intensification durable des cultures annuelles, 34398 Montpellier, France - marc.corbeels@cirad.fr

³ Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, Tocantins – balbino.evangelista@embrapa.br

RESUMO: O Bioma Cerrado, com clima subtropical úmido, é responsável por cerca de 70% da produção agrícola do Brasil. Os principais produtos cultivados são o milho, soja, cana de açúcar e algodão. Previsões de modelos climáticos sugerem que o Cerrado pode experimentar aumento de temperatura entre 2 °C e 4 °C até o final do século e, redução das precipitações entre 20% e 40% em relação aos valores atuais, além de possíveis alterações na sua distribuição ao longo do ano. Estas mudanças podem provocar impactos sobre o setor agrícola. Assim, surge a necessidade urgente de se quantificar com mais segurança os riscos e incertezas envolvidos nos efeitos das mudanças climáticas na produção agrícola. Por isso, o objetivo deste estudo foi o de avaliar o impacto das mudanças climáticas sobre a produção de milho no Cerrado nos sistemas de manejo convencional e plantio direto. Para isso, utilizou-se o modelo de crescimento STICS (Simulateur multidisciplinaire de Cultures Standart), as séries climáticas históricas (1961-1990) e as projeções para o cenário de emissões do IPCC - A1B (2011-2050 e 2051-2100), geradas pelo modelo climático regional ETA CCS aninhado com o modelo global HadAM3P. Observou-se que as temperaturas mais elevadas previstas para o futuro podem causar uma redução significativa no período de crescimento do milho (20 dias em média), que leva à diminuição da produção de biomassa e do rendimento de grãos. A diminuição das chuvas e o aumento do risco de estiagens (veranicos) diminuiram a janela de semeadura da cultura do milho na região, especialmente nas áreas mais secas. O uso das previsões climáticas sazonais e de modelo de crescimento de planta podem ajudar os agricultores na identificação das melhores épocas de semeadura, além de desempenhar papel importante em estudos de riscos de produção devido à variabilidade da precipitação.

PALAVRAS-CHAVE: previsão climática, modelagem de cultura, plantio direto, épocas de semeadura.

Use of STICS model to assess the impact of climate change on the corn grain yield in the Brazilian cerrado

ABSTRACT: About 70% of Brazil's farm output is produced in the Cerrado region. The main crops grown are maize, soybean, sugarcane and cotton. The climate is sub-humid tropical, typical of the rather moister savanna regions of the world. Climate model predictions (Torres and Marengo, 2013) suggest that the Cerrado will experience a temperature increase of between 2 °C and 4 °C by the end of the century. Model projections for future rainfall under high emission scenarios indicate a decrease of 20% to 40% of current values. Changes in the distribution of rainfall throughout the year are also expected. These climate changes may have a severe impact on the agricultural sector. There is an urgent need to quantify more securely the risks and uncertainties involved in the effects of climate change on crop



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



production. The objective of this study is to assess the impact of climate change on maize yields in the Cerrado.

KEYWORDS: climate forecasts, crop modelling, no-tillage, maize, sowing windows.

INTRODUÇÃO

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas), a cultura do milho é um dos principais produtos agrícolas do Brasil, pois é cultivado em praticamente todo o território, sendo que 90 % da produção concentraram-se nas regiões Sul (43 % da produção), Sudeste (25 % da produção) e Centro - Oeste (22% da produção). Junto com bovinos, soja e cana de açúcar representam mais de 46% da produção agropecuária brasileira. Entre os anos de 2006 e 2008 esses três produtos alcançaram um valor médio de produção de R\$ 900 bilhões, contribuindo, dessa forma, para o crescimento econômico e o saldo positivo da balança comercial do país (CONAB, 2009).

O milho corresponde com cerca de 50,268 milhões de toneladas de grãos produzidos em uma área de aproximadamente 14,126 milhões de hectares (CONAB, 2009) referente às safras normal e safrinha. No Cerrado brasileiro, a produção de milho tem-se caracterizado pela divisão em duas épocas de plantio. Os plantios de verão, ou primeira safra, são realizados na época tradicional, durante o período chuvoso, que se inicia entre os meses de setembro e novembro. A segunda safra ou safrinha refere-se ao milho plantado extemporaneamente, em fevereiro ou início de março, quase sempre depois da soja precoce. Esta opção de plantio tem aumentado significativamente a produção nas áreas de Cerrado.

Conforme o Censo Agropecuário (IBGE, 2006), o Brasil tem 5 milhões de explorações agrícolas, das quais 85% são pequenos produtores e 15% são grandes propriedades comerciais que ocupam 75% de toda área cultivada. Os pequenos agricultores são especialmente mais vulneráveis às alterações climáticas, por enfrentarem uma série restrições associadas à escassez de recursos financeiros, à fragilidade de suas organizações, ao baixo nível de capacitação para execução e gerenciamento de atividades agrícolas, à dificuldade de inserção de seus produtos no mercado e à localização em áreas nas quais os recursos naturais, principalmente os solos, apresentam fortes limitações (GASTAL et al., 2003; SCOPEL et al., 2005).

A comunidade científica mundial tem chamado a atenção para os impactos que podem provocar as mudanças climáticas globais sobre as principais culturas de grãos, ao considerar as projeções de cenários globais e regionalizados, indicando diretrizes estratégicas para a nova matriz produtiva brasileira. As implicações podem ser enormes uma vez que, não somente pequenos e grandes produtores, mas toda a sociedade será afetada.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) (IPCC, 2007) chamou a atenção para a vulnerabilidade dos países em desenvolvimento, o que leva à necessidade de avaliação dessa vulnerabilidade por meio do dimensionamento dos impactos dos cenários futuros de mudanças climáticas globais sobre a agricultura, definindo-se assim cenários agrícolas futuros.

No Brasil estudos dessa natureza ainda são incipientes. PINTO et al. (2002) e ASSAD et al. (2004) apresentaram uma primeira aproximação nesse sentido, aplicando os modelos desenvolvidos na simulação de zoneamentos futuros com base nos cenários do IPCC (2001). Portanto, se faz necessário que se avance numa nova abordagem por meio do aumento de resolução espacial e temporal das projeções utilizadas, na incorporação de processos fisiológicos aos modelos utilizados e na análise econômica da nova geografia de produção brasileira.

Esse fato implica na necessidade de uso de modelagem e análise de dados visando à avaliação dos possíveis impactos das mudanças climáticas sobre atividades humanas, recursos naturais e, particularmente, sobre a agricultura brasileira.

Atualmente, com o avanço e melhoria na previsão do clima, surgiram benefícios potenciais interessantes para a agricultura. Por um lado, numerosos estudos têm tentado ligar as saídas de previsão sazonal dos modelos climáticos globais (GCMs) aos modelos de crescimento e desenvolvimento de planta, traduzindo assim as previsões climáticas em previsões de crescimento e rendimento de culturas (HANSEN et al., 2006). Assim, os principais objetivos desse trabalho foi: 1) definir metodologia que possa subsidiar a geração de cenários futuros agrícolas para o Cerrado brasileiro, considerando projeções de mudanças climáticas globais regionalizadas para o Brasil; e, 2) modificar e adaptar o modelo **STICS** (**S**imulateur mul**T**idisciplinaire de **C**ulture **S**tandard) para viabilizar sua aplicação na geração de cenários agrícolas com foco nos módulos de biomassa, balanço hídrico e fenologia para a produção de milho em larga escala e na pequena propriedade nos sistemas convencional e plantio direto no Cerrado brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização geográfica da área de estudo

A área de abrangência desse estudo foi o Bioma Cerrado brasileiro (Figura 1) que ocupa área de 204 milhões de hectares da porção central do Brasil e faz divisa com outras grandes formações vegetais, tendo grande importância econômica e ecológica e grande potencial para a expansão agrícola brasileira. Os latossolos, os argissolos e os neossolos quartzarênicos são as classes de solos que predominam no Cerrado, ocupando 46%, 15,1% e 15,2%, respectivamente, da sua área total (GOEDERT, 1986). Seu clima é caracterizado por duas estações bem definidas, sendo uma seca com duração de cinco a seis meses, e a outra úmida, com precipitação média anual variando entre 600 mm e 2000 mm (ASSAD et al., 1994).

Atualmente o Bioma é responsável por 28% da produção nacional de grãos, incluindo 42,2% da produção de soja e 32% da de milho, contando, nesses últimos anos, com aproximadamente 4,5 milhões de hectares cultivados no sistema de plantio direto (SATURNINO, 2000).

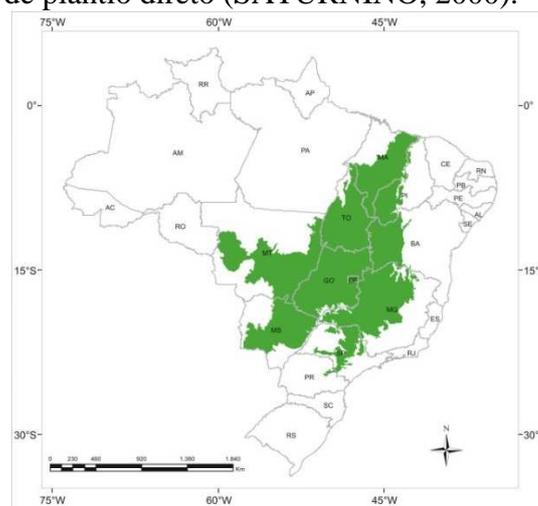


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo.

Para o alcance dos objetivos desse trabalho, adotou-se o modelo **STICS**, descrito em detalhes por BRISSON et al. (1998), adaptado e calibrado para as condições edafoclimáticas do Cerrado brasileiro para o sistema convencional de preparo do solo por AFFHOLDER (2001) e por SILVA et al. (2011)

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

para os sistemas convencional e plantio direto.

A primeira fase do estudo foi realizada com base em levantamento de um conjunto de dados para fornecer informações sobre os diferentes sistemas de produção de milho utilizados no Bioma Cerrado, a partir de variáveis biométricas coletadas em condições de campo e de alguns parâmetros disponíveis na literatura

O modelo foi alimentado com os dados climáticos de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima gerados a partir modelo regional ETA usado pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As previsões do ETA têm sido consideradas ferramentas úteis para a elaboração das previsões de tempo pelos meteorologistas no Brasil. A resolução horizontal do modelo é de 40 km e a resolução vertical de 38 camadas.

Como os dados climáticos brutos do modelo regional ETA-CPTEC, não são suficientes para conduzir um estudo de impacto na escala local, pois o modelo gera as previsões com base em dados médios, como altitude média e vegetação predominante na caixa da grade. Assim, essas previsões não devem ser aplicadas diretamente a uma cidade ou um ponto específico sobre a superfície da terra. Por isso, fez-se uso do procedimento de downscaling com o objetivo de refinar espacialmente esses dados.

Por isso, aplicou-se a correção simples sobre as previsões de temperaturas do ar máximas e mínimas diárias e de precipitação pluviométrica geradas pelo modelo ETA-CPTEC para o cenário A1B (alta emissão de CO₂), em 49 estações climatológicas localizadas no Bioma Cerrado com séries históricas com no mínimo 20 anos de dados diários, com registro a partir dos anos 60, período que coincide com o início da série simulada pelo modelo ETA-CPTEC. A correção baseou-se no método dinâmico Quantil-Quantil (QQ), que consiste em corrigir as variáveis simuladas pelo modelo com a ajuda de uma função de correção baseada em probabilidade condicional sobre os dados observados das mesmas variáveis.

A construção dos cenários de mudanças climáticas para o milho foi realizada a partir do confronto dos rendimentos simulados com os dados da climatologia existente, com os rendimentos simulados com o uso de dados regionalizados das projeções de mudanças climáticas para o Brasil (MARENGO et al., 2007), no futuro próximo (2011 a 2050) e futuro longínquo (2050 a 2100). Para isso, foram usados os dados gerados pelo modelo regional ETA para o cenário A1B que prevê um acúmulo aproximado de 700 ppm de CO₂equivalente na atmosfera até o ano 2100.

Foram realizadas simulações para 03 épocas de semeadura (15/10; 30/11 e 30/01) para a cultura do milho nos sistemas de manejo convencional e plantio direto, considerando-se um solo com 100 cm de profundidade e capacidade de armazenamento de 1 milímetro de H₂O por centímetro de solo, para dois locais: Rio Verde (17 ° 47 'S e 50 ° 55'W, 715 m de altitude, 1660 mm de precipitação média) no estado de Goiás e Barreiras (12 ° 09' S, 44 ° 59'W, 452 m de altitude, 1.045 milímetros precipitação média) no estado da Bahia. Essas localidades são representativos dos dois principais subtipos de clima que ocorrem no Cerrado, a primeira mais úmida e a última mais árida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 (a) apresenta-se a precipitação média anual (mm) do Bioma Cerrado baseada na climatologia (1960 a 2000) e as projeções futuras extraídas da regionalização (downscaling) do modelo ETA para o ano 2050 (b) e 2100 (c). Analisando-se essa figura, observa-se que o total precipitado varia de 600 mm a 2400 mm, com alta heterogeneidade espacial sendo as menores classes observadas, principalmente, na "franja limítrofe com a Região Semi-Árida", que corresponde ao sul do Piauí, sudoeste da Bahia e norte de Minas. A Figura 2 (b) mostra as mudanças nas precipitações pluviométricas no Bioma Cerrado até o ano 2050. Segundo as projeções, com as mudanças projetadas até 2050, certas áreas se tornarão mais úmidas com aumento de precipitação pluviométrica e outras, mais secas com a

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

redução das chuvas, principalmente, na "franja limítrofe com a Região Semi-Árida", que corresponde ao sul do Piauí, sudoeste da Bahia e norte de Minas, onde a redução pode ser de até 320 mm anuais. À medida que o tempo avança as mudanças projetadas se tornam mais acentuadas, ou seja, a previsão é de que, até 2100, certas áreas se tornarão ainda mais úmidas e outras, mais secas (Figura 2c). Nesse caso, as reduções podem ultrapassar os 800 mm anuais, principalmente na "franja limítrofe com a Região Semi-Árida".

Na Figura 3 (d) apresenta-se a média anual das temperaturas máximas (°C) do Bioma Cerrado baseada na climatologia do período entre 1960 a 2000 e as projeções para o futuro próximo, ano 2050 (e), e futuro longínquo, ano 2100 (f). Com relação ao futuro próximo, a previsão é que as médias das temperaturas máximas anuais se elevem em até 5 °C em grande parte da área do Cerrado (Figura 3e), quando comparadas com as médias do período entre 1961 e 2000. À medida que se avança no século, as mudanças projetadas se tornam ainda maiores, onde as médias das máximas podem atingir entre 6 °C e 8 °C na maior parte do Cerrado brasileiro (Figura 3 f).

Para as temperaturas médias mínimas anuais são previstas anomalias de até 4 °C para o futuro próximo (Figura 4 b), enquanto que para o futuro longínquo, por exemplo, são previstas anomalias de até 6 °C para grande parte da área do Cerrado (Figura 4c), quando comparadas com as médias climatológicas do período entre 1960 a 2000 (Figura 4 a). Portanto, o aumento das temperaturas e as mudanças no regime de chuvas previstas para ocorrer no Cerrado Brasileiro em decorrência do aquecimento global poderão afetar bastante a agricultura do Bioma, principalmente para o milho cuja produtividade depende da ação e interação da cultura com fatores edáficos, climáticos e também de manejo.

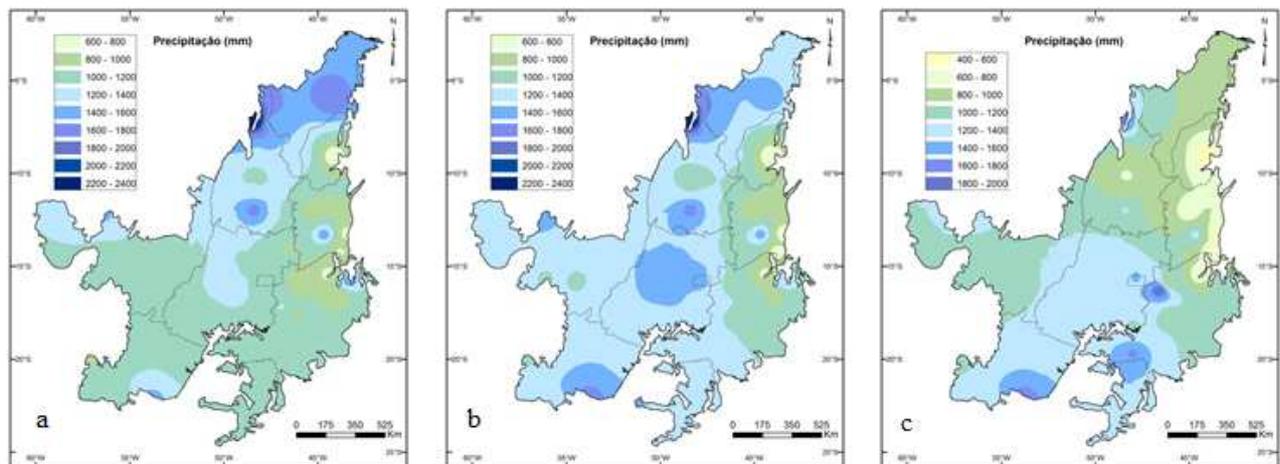


Figura 2. Precipitação média anual (mm ano⁻¹) do Bioma Cerrado baseada na climatologia (1960 a 2000) (a) e projeções futuras extraídas da regionalização (downscaling) do modelo ETA para o ano 2050 (b) e 2100 (c).

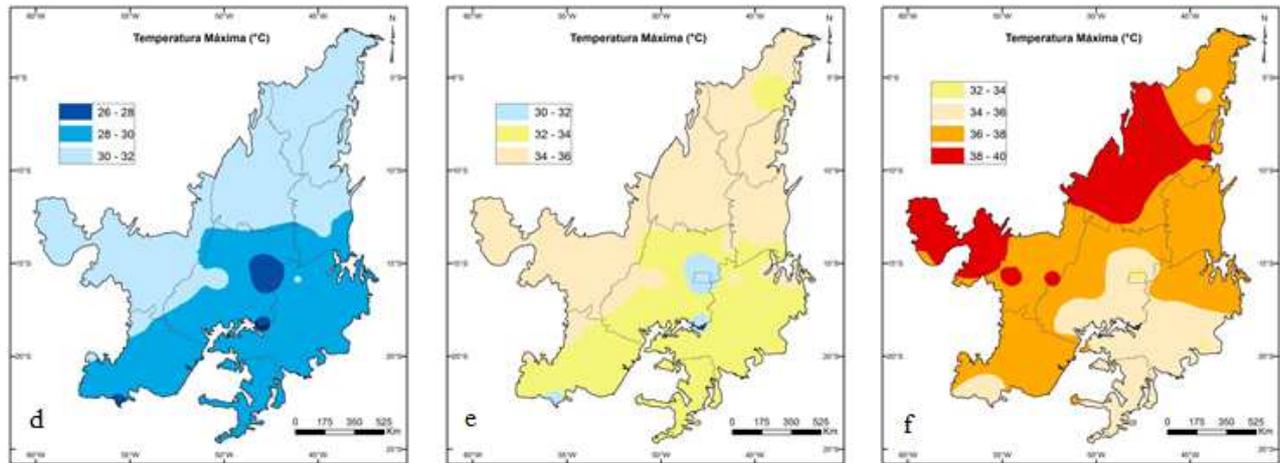


Figura 3. Média anual das temperaturas máximas (°C) do Bioma Cerrado baseada na climatologia (1960 a 2000) (d) e projeções futuras extraídas da regionalização (downscaling) do modelo ETA para o ano 2050 (e) e 2100 (f).

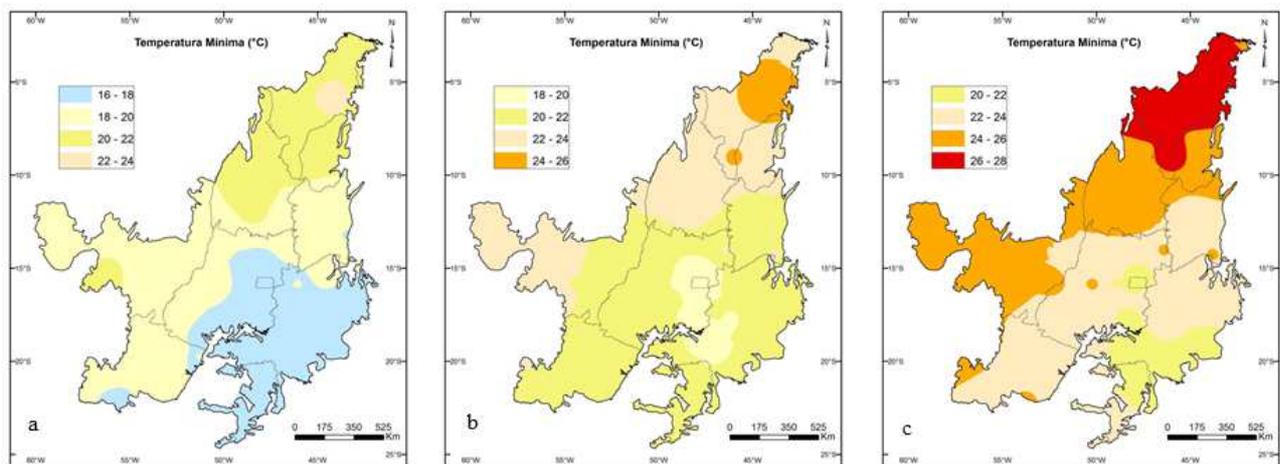


Figura 4. Média anual das temperaturas mínimas (°C) do Bioma Cerrado baseada na climatologia (1960 a 2000) (a) e projeções futuras extraídas da regionalização (downscaling) do modelo ETA para o ano 2050 (b) e 2100 (c).

O modelo STICS reproduziu de maneira satisfatória o crescimento e desenvolvimento da cultura do milho e a dinâmica da água do solo nas localidades de Barreiras-Ba e Rio Verde-Go. Na Figura 5 apresentam-se os valores mínimos e máximos, a mediana, o primeiro quartil (Q1-25%) e o terceiro quartil (Q3), dos rendimentos do milho simulados pelo modelo STICS, nos sistemas de manejo convencional e plantio direto, em função de três datas de plantio (30/10, 15/11 e 30/01), considerando-se os cenários climáticos: presente (1960-2000), futuro próximo (2011-2050) e futuro distante (2051-2100-75%), nas localidades de Barreiras-Ba e Rio Verde-Go.

Analisando-se a Figura 5, observa-se que para a data 15/10, nas condições atuais, em Barreiras, os rendimentos medianos foram 7,2 t.ha⁻¹, no sistema convencional (Figura 5a) e 7,5 t.ha⁻¹ no plantio direto (Figura 5b). Em 75% dos casos, para o mesmo período, o rendimento alcançou até 9 t.ha⁻¹ e 9,3 t.ha⁻¹, nos sistemas convencional e plantio direto, respectivamente, e ainda, em 25% dos casos, os rendimentos simulados foram nulos nos dois sistemas. Para os cenários futuros próximo e distante, nessa mesma data, todos os rendimentos foram nulos.

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Em Rio Verde, para essa mesma data, os rendimentos medianos superaram os de Barreiras com valores de 8,3 t.ha⁻¹, no sistema convencional (Figura 5c) e 8,4 t.ha⁻¹ no plantio direto (Figura 5d), e em 75% dos casos, os rendimentos alcançaram até 9 t.ha⁻¹ nos dois sistemas. Para o cenário futuro próximo, os rendimentos medianos foram 5,1 t.ha⁻¹, no sistema convencional e 6,3 t.ha⁻¹ no plantio direto, enquanto que para o futuro distante, em 50% dos casos, os rendimentos foram nulos. Porém, em 25% dos casos observaram-se rendimentos de até 6,4 t.ha⁻¹ e 6,7 t.ha⁻¹, nos sistemas convencional e plantio direto, respectivamente (Figura 5c e 5d). Os valores máximos alcançados foram de 9,0 t.ha⁻¹ nos dois sistemas. Essas características mostram alta instabilidade dos rendimentos, em função, possivelmente, do aumento da temperatura e da diminuição da precipitação nas localidades analisadas.

A segunda data de plantio (15/11) foi a que apresentou os melhores rendimentos simulados, para os dois sistemas de manejo, para as duas localidades e cenários climáticos analisados. Em Barreiras, para esta data, nas condições atuais, os rendimentos medianos observados foram 8,4 t.ha⁻¹ e 8,5 t.ha⁻¹, com valores máximos de 11,7 t.ha⁻¹ e 11,8 t.ha⁻¹, nos sistemas convencional e plantio direto, respectivamente (Figura 5a e 5b). Ainda para essa data, observa-se que, em 25% dos anos, os rendimentos foram de até 7,0 t.ha⁻¹ e 7,3 t.ha⁻¹, e que em 75%, os rendimentos alcançaram até 9,6 t.ha⁻¹ e 9,7 t.ha⁻¹ nos sistemas de manejo convencional e plantio direto, respectivamente. Para o cenário climático futuro próximo, os rendimentos medianos foram 7,5 t.ha⁻¹ e 7,4 t.ha⁻¹ nos sistemas de manejo convencional e plantio direto, respectivamente. Já para o futuro distante os rendimentos medianos foram nulos nos dois sistemas.

Em Rio Verde, para essa mesma data, os rendimentos medianos superaram os de Barreiras com valores de 8,5 t.ha⁻¹, no sistema convencional (Figura 5c) e 8,6 t.ha⁻¹ no plantio direto (Figura 5d). Ainda para essa data, observa-se que, em 25% dos anos os rendimentos foram de até 7,8 t.ha⁻¹ e 8,0 t.ha⁻¹, e que em 75%, os rendimentos alcançaram até 8,9 t.ha⁻¹ e 9,0 t.ha⁻¹ nos sistemas de manejo convencional e plantio direto, respectivamente. Para o cenário climático futuro próximo, os rendimentos medianos foram 8,1 t.ha⁻¹ e para o futuro distante 7,2 t.ha⁻¹ nos dois sistemas (Figura 5c e 5d).

Assim, de acordo com a Figura 5, pode-se observar que os rendimentos serão especialmente impactados nos cenários futuros próximo e distante. Também, que as alterações do clima não serão uniformes, pois em Barreiras-Ba, os impactos serão bem mais severos quando comparados com os de Rio Verde-Go, nos dois cenários analisados. Em geral, o rendimento do milho no sistema plantio direto apresentou maior estabilidade de produção e foi ligeiramente superior aos do preparo convencional entre os anos analisados. Isso pode ser explicado, possivelmente, pelo uso de forma mais eficiente da precipitação sazonal, como resultado da redução do escoamento superficial e da evaporação do solo.

Devido à futura diminuição das chuvas (Figura 2) e aumento do risco de estiagens mais longas, as janelas de semeadura para obtenção de rendimentos máximos podem se tornar menores, especialmente em áreas mais secas como Barreiras. Nessa localidade, para a época de semeadura ideal observada nesse estudo (30/11), os rendimentos medianos de grãos simulados no cenário climático do futuro próximo (2011-2050) diminuíram 3,4 t.ha⁻¹, e os do futuro distante (2051-2100) diminuíram mais de 7,0 t.ha⁻¹ quando comparados com os do clima histórico (1961-1990). Em Rio Verde, os rendimentos medianos de grãos de milho estão previstos diminuir 0,4 t.ha⁻¹ no futuro próximo e 3,4 t.ha⁻¹ no futuro distante (Figura 5).

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

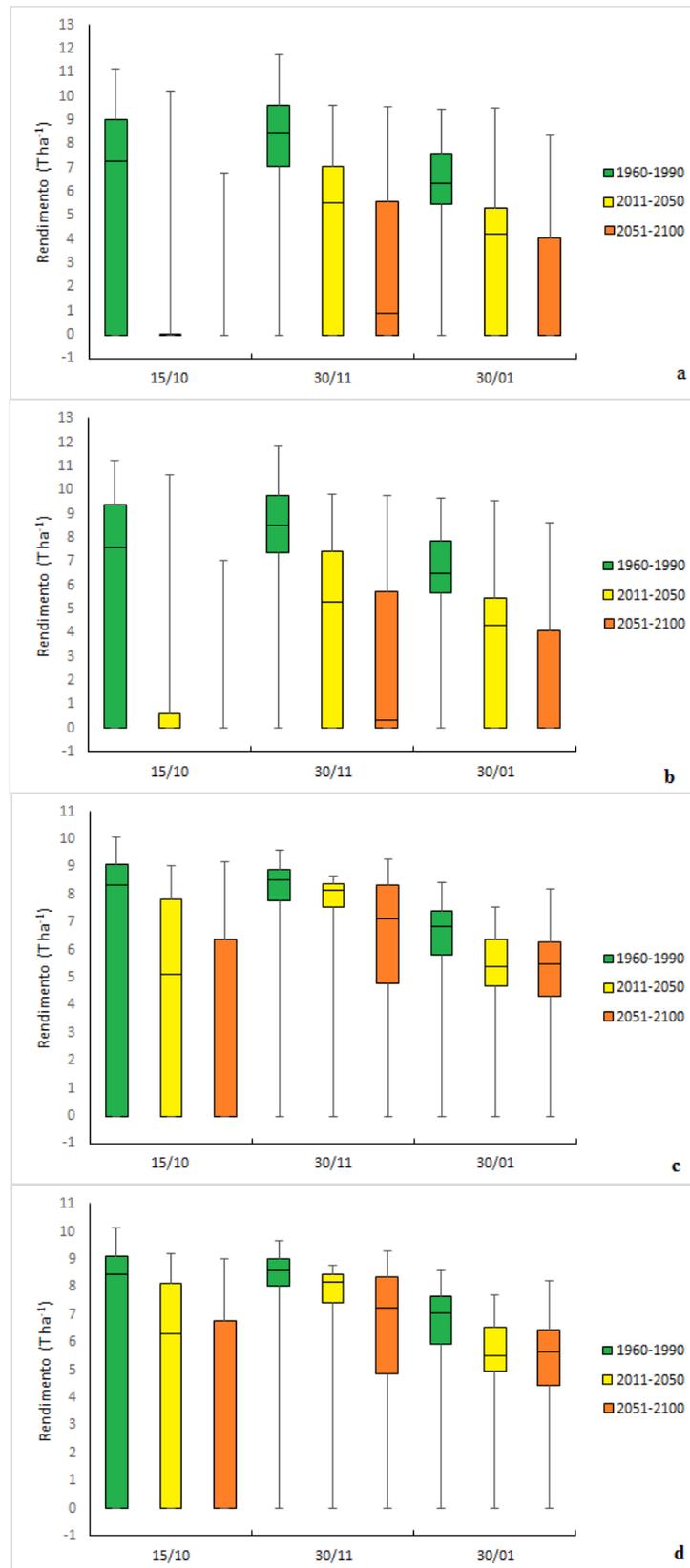


Figura 5. Medidas estatísticas (boxplot) dos valores mínimos e máximos, medianos, do primeiro quartil (Q1-25%) e do terceiro quartil (Q3-75%), dos rendimentos do milho nos sistemas de manejo convencional (**a**=Barreiras-Ba e **c**=Rio Verde-Go) e plantio direto (**b**=Barreiras e **d**=Rio Verde),

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

simulados pelo modelo STICS, em função de três datas de plantio (15/10, 30/11 e 30/01), considerando-se os cenários climáticos: presente (barras verdes), futuro próximo (barras amarelas) e futuro distante (barras laranjas).

As temperaturas mais elevadas nos cenários futuros causaram redução significativa no período de crescimento do milho, em média vinte dias, conforme Figura 6, que culminou na diminuição da produção total de biomassa e de grãos. Esses resultados corroboram com os estudos de CARBONE, et al. (2003) quando afirmaram que o aumento da temperatura segundo os cenários das mudanças climáticas para o sudeste dos Estados Unidos encurtou o ciclo do milho em cerca de 22 dias. Estes estudos indicaram que sob as condições climáticas futuras as reduções do ciclo da cultura pode proporcionar uma baixa produção de grãos.

Analisando-se a figura 6, observa-se que o aumento da temperatura provocou a antecipação da floração da cultura do milho (iplts_ilaxs), em média de 10 a 13 dias, e diminuição em média de 10 a 18 dias no tempo de enchimento de grãos (iplts_idrps) em função das simulações realizadas para as condições climáticas atuais e dos cenários futuros próximo e longínquo para as localidades de Barreiras-Ba e Rio Verde-Go. A duração do período de enchimento do grão é importante para a produtividade da cultura, porque é nesta fase que os foto-assimilados são transferidos para o enchimento de grãos e produção final da cultura (KANSAS COOPERATIVE EXTENSION SERVICE, 1998).

Esta importância está associada com o fato de que os sumidouros primários de foto-assimilados são os grãos sintetizados durante a fase de enchimento de grãos, que por sua vez são dependentes da duração e magnitude da atividade fotossintética. Nesse estudo, o menor período de enchimento de grãos permitiu a produção de menos foto-assimilados e, conseqüentemente menor produtividade, principalmente para a localidade de Barreiras onde as mudanças climáticas, segundo as Figuras 2, 3 e 4, são mais severas.

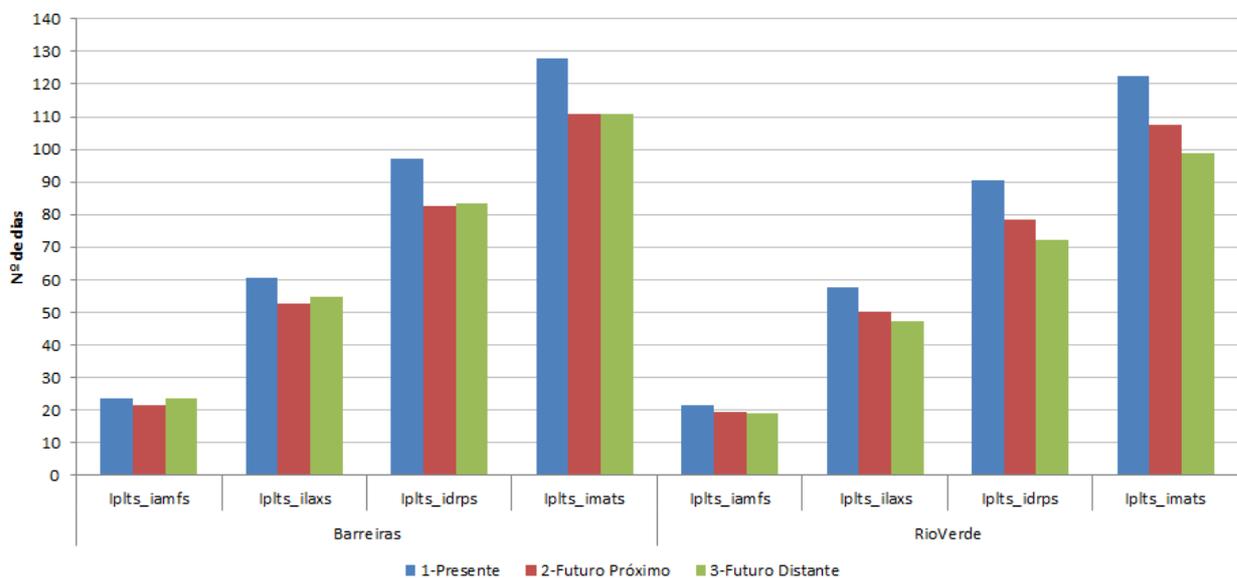


Figura 6. Variação média das fases fenológicas da cultura do milho calculada pelo modelo STICS em função das condições climáticas atuais e dos cenários futuros próximo e longínquo para as localidades de Barreiras-Ba e Rio Verde-Go: iplts_iamfs = semeadura e estabelecimento; iplts_ilaxs = floração; iplts_idrps = formação da produção e iplts_imats = maturação fisiológica.

CONCLUSÕES



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

O modelo STICS se apresenta como uma ferramenta adaptada para avaliar os impactos das projeções das mudanças climáticas sobre o rendimento da cultura do milho no Cerrado brasileiro.

As simulações realizadas pelo modelo STICS preveem graves impactos das mudanças climáticas sobre a produção agrícola nos Cerrados, em especial em áreas mais áridas como Barreiras-Ba.

O aumento da temperatura provocou uma significativa antecipação da floração, em média de 10 a 13 dias, e diminuição no tempo de enchimento de grãos da cultura do milho, em média de 10 a 18 dias.

As alterações climáticas podem modificar o rendimento de grãos do milho, dependendo da data de semeadura, da localidade e do manejo do solo.

Estratégias eficazes serão necessárias para a adaptação às alterações climáticas, que devem-se concentrar sobre o impacto das altas temperaturas e precipitações mais irregulares na redução do rendimento das culturas. Essas estratégias incluem o melhoramento de plantas e o uso de culturas mais tolerantes à seca e com uma fenologia melhor adaptada às novas condições ambientais.

Em termos de opções de práticas disponíveis para os agricultores, as estratégias que preservem a umidade do solo, como o plantio direto, deve se tornar cada vez mais importante. Utilização de previsões climáticas sazonais podem ajudar os agricultores com melhor identificação das melhores datas de semeadura e também pode desempenhar um papel importante na redução dos riscos de produção devido à variabilidade da precipitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFHOLDER, F. Modélisation de culture et diagnostic agronomique régional – mise au point d'une méthode et application au cas du maïs chez les petits producteurs du Brésil Central. Paris, 2001, 246p. Thèse de doctorat – Institut National Agronomique Paris-Grignon.

ASSAD, E. D.; PINTO H. S.; ZULLO Jr., J.; ÁVILA, A. M. H. de. Impacto das Mudanças Climáticas no Zoneamento Agroclimático do Café no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v. 39, n. 11, 2004.

ASSAD, E.D. (Coord). Chuva nos Cerrados: análise e espacialização. Brasília: EMBRAPA-CPAC; EMBRAPA-SPI, 1994. 423P.

BRISSON, N.; MARY, B.; RIPOCHE, D.; JEUFFROY, M.H.; RUGET, F.; NICOUILLAUD, B.; GATE, P.; DEVIENNE-BARRET, F.; ANTONIOLETTI, R.; DURR, C.; RICHARD, G.; BEAUDOIN, N.; RECOUS, S.; TAYOT, X.; PLENET, D.; CELLIER, P.; MACHET, J.M.; MAYNARD, J.M.; DELÉCOLLE, R. **STICS**: A generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balances. I. Theory and parameterization applied to wheat and corn, *Agronomie* v.18, 1998. p.311-346.

CARBONE, G.J., KIECHLE, W., LOCKE, C., MEARN, L.O., MCDANIEL, L., DOWNTON, M.W., 2003. Response of soybean and sorghum to varying spatial scales of climate change scenarios in the southeastern United States. *Climate Change* 60, 73–98.

CONAB. - Companhia Nacional de Abastecimento. 2009.

<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf>. Acesso em: 27 11 2009.



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

GASTAL, M.L., XAVIER J.H.V., ZOBY, J.L.F., ROCHA, F.E.D.C., SILVA, M.A.D., RIBEIRO, C.F.D.D.A., Couo, P.H.M. Projeto Unai: diagnóstico rápido e dialogado de três assentamentos de reforma agrária. Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2003, 118. 74p.

GOEDERT, W.J. Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. Planaltina: EMBRAPA-CPAC / São Paulo: Nobel, 1986. 422p.

HANSEN J W, CHALLINOR A J, INES A, WHEELER T R AND MORON V. Translating climate forecasts into agricultural terms: advances and challenges *Clim. Res.* **33** 27–41. 2006.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006: <http://www.ibge.gov.br>.

IPCC - HOUGHTON, J.T.; DING, Y.; GRIGGS, D.J.; NOGUER, M.; VAN DER LINDEN, P.J.; XIAOSU, D.(Eds.), 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, United Kingdom, 944 pp, 2001.

IPCC. *Climate change 2007: The physical science basis: summary for policymakers*. Geneva: IPCC, 2007. 18 p. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>>. Acesso em: 10 junho 2015.

MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A.; SALATI, E.; AMBRIZZI, T. Caracterização do clima atual e Margulis, S. and Dubeux, S.B.C. *The Economy of Climate Change in Brazil: Costs and Opportunities*, 2010.

PINTO, H. S., ASSAD, E. D., ZULLO JR., BRUNINI, O., *O Aquecimento Global e a Agricultura. Revista Eletrônica do Jornalismo Científico, Comciência– SBPC*, v. **35**, p. 1-6, 2002.

SATURNINO, H.M. Evolução do plantio direto e as perspectivas nos cerrados. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, v.22, n.208, p.5-12, jan/fev. 2001.

SCOPEL E., TRIOMPHE B., GOUDET M., XAVIER J.H.V., SABOURIN E., CORBEELS M., MACENA DA SILVA F.A. Potential role of CA in strengthening small-scale farming systems in the Brazilian Cerrados, and how to do it. In: *FAO. 3rd World Congress on Conservation Agriculture: Linking Production, Livelihoods and Conservation*, Nairobi, Kenya, 3rd to 7th October 2005. s.l.: s.n., [8] p.. *Congres Mondial d'Agriculture de Conservation*. 3, 2005-10-03/2005-10-07, Nairobi, Kenya. Sumário Técnico. MMA, SBF e DCBio, 2007. 54 p.

SILVA, F. A. M. DA; SCOPEL, E.; CORBEELS, M.; AFFHOLDER, F. **Ajuste e calibração do módulo balanço hídrico do modelo STICS, num sistema de plantio direto de milho-milheto, em condições do Cerrado brasileiro**. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.16, n. 3, p.203-213, abril/2011.