

**Rosana do Carmo
Nascimento Guiducci¹**
ORCID: [0000-0002-7351-4286](https://orcid.org/0000-0002-7351-4286)

Marcelo Hiroshi Hirahuri²
ORCID: [0000-0002-1614-1313](https://orcid.org/0000-0002-1614-1313)

¹ Dra. Universidade Federal de Viçosa (UFV)
Embrapa Agroenergia
e-mail: rosana.guiducci@embrapa.br

² Ms. Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)
Embrapa Soja
e-mail: marcelohirakuri@embrapa.br

SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS E RISCO ECONÔMICO EM ÁREAS CONSOLIDADAS E DE EXPANSÃO AGRÍCOLA NO BRASIL

RESUMO

Este trabalho analisou o risco econômico em sistemas de produção de grãos no Brasil, comparando áreas em diferentes estágios de consolidação da produção. Foram coletados dados primários da estrutura de custos e de receita em propriedades rurais nos municípios de Querência (MT), Cascavel (PR), Uberaba (MG), Balsas (MA), Araguaína (TO) e Paragominas (PA), safra 2017/2018. Aplicou-se o método de Monte Carlo nas simulações de risco, tendo como variáveis séries históricas de produtividade e preços de grãos e de insumos nos mercados locais. Os resultados indicaram que soja é o cultivo de maior estabilidade econômica, enquanto milho safrinha e trigo apresentaram os maiores níveis de risco. Em geral, os valores determinísticos do lucro líquido localizaram-se no intervalo de 90% de probabilidade, o que indica a confiabilidade das simulações na previsão dos resultados. A análise de sensibilidade mostrou que preço é o fator de maior impacto nos resultados de risco para soja e milho verão, sobretudo em áreas consolidadas. Fertilizante foi o insumo de maior impacto em áreas consolidadas e semente foi mais influente em áreas de expansão recente. O estudo corrobora o alto risco na agricultura e a importância de ações para mitigação.

Palavras-chave: Risco; Lucro líquido; Monte Carlo.

ABSTRACT

This paper analyzed the economic risk in grain production systems in Brazil, comparing areas in different stages of grain production consolidation. Primary data on the cost and revenue structure were collected on rural properties in the municipalities of Querência (MT), Cascavel (PR), Uberaba (MG), Balsas (MA), Araguaína (TO) and Paragominas (PA), 2017/18 crop. The Monte Carlo method was used in risk simulations, having as variables historical series of productivity, grain price and input price in local markets. The results indicated that soybeans are the most economically stable crop, while second crop corn and wheat presented the highest risk levels. In general, the deterministic values of net income were within the 90% probability range, which indicates the reliability of simulations in predicting the results. The sensitivity analysis showed that price is the factor with the greatest impact on the risk results for soybeans and summer corn, especially in consolidated areas. Fertilizer was the most impacted input in consolidated areas and seed was more influential in areas of recent expansion. The study corroborates the high risk in agriculture and the importance of actions for mitigation.

Keywords: Risk; Net Profit; Monte Carlo.

JEL Code: Q12

Recebido em: 27/02/2020
Revisado em: 19/05/2020
Aceito em: 25/01/2021

INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de grãos, ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos (FAO, 2019). Na safra de 2017/2018, o país produziu 227,6 milhões de toneladas de grãos, segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. A produção de grãos ocorre em todas as regiões do país, por meio de sistemas de produção que alternam sequência de culturas, tendo a soja e o milho como culturas predominantes. Cultivos como sorgo, braquiária e trigo também são usados em sucessões, permitindo que uma unidade produtiva padrão no Brasil chegue a obter de duas a três safras anuais.

Em termos regionais, a região Centro-Oeste é a maior produtora de grãos e concentra, principalmente, a produção nacional de soja (45%), sorgo (42%) e milho de segunda safra ou milho safrinha (73%), respondendo por 44% do total de grãos produzidos na safra 2017/2018 (Tabela 1). A região Sul se destaca como segunda maior produtora de grãos, responsável por 89% da produção nacional de trigo, 32% de soja e 38% de milho safrinha. Regiões consideradas de fronteira para a produção de grãos, sobretudo soja, como as Regiões Norte e Nordeste, também seguem a lógica de sucessão, rotação e até mesmo integração de cultivos/criação/floresta, apresentando bons resultados em termos de produtividade (CONAB, 2019; IBGE, 2019).

Os sistemas de produção de grãos modais no Brasil são compostos por culturas agrícolas comerciais como soja, milho e trigo, e culturas agrícolas não comerciais, como a sorgo, braquiária, aveia preta, milheto e outras. As primeiras são voltadas para a obtenção de retorno econômico, enquanto o segundo grupo é voltado para manutenção ou melhoria da eficiência agrônômica, econômica e ambiental dos sistemas agrícolas comerciais.

Tabela 1 - Produção de grãos nas regiões brasileiras, safra 2017/2018, em mil toneladas

Região	Soja	Milho	Milho	Trigo	Sorgo	Outros	TOTAL	%
		1ª safra	2ª safra					
Norte	5.903,9	962	1.485	-	53,9	1.164	9.568	4
Nordeste	11.851	5.596	850	30,0	407	2.004	20.738	9
Centro-Oeste	53.945	2.281	39.170	141	892	3.727	100.156	44
Sudeste	8.955	7.706	3.423	402	758	1.423	22.667	10
Sul	38.627	10.266	8.971	4.855	25	11.802	74.545	33
BRASIL	119.282	26.811	53.899	5.4286	2.136	20.120	227.675	100

Fonte: CONAB.

Nota-se que os sistemas de cultivos comerciais usuais na região Sul combinam a produção de trigo com as tradicionais *commodities* do país - milho e soja -, enquanto nas demais regiões prevalece a sucessão de culturas envolvendo soja e milho. Sorgo é uma opção com maior incidência nas regiões Centro-Oeste e Sudeste.

A utilização de mais de uma espécie vegetal ou mesmo a integração com a pecuária e floresta (ILPF) é uma característica dos sistemas de produção de grãos no Brasil que permite classificá-los em quatro tipos: a) sistema de sucessão de culturas, em que ocorre repetição sazonal de uma sequência de duas espécies vegetais no mesmo espaço produtivo, por vários anos; b) sistema de rotação de culturas, caracterizado pela alternância ordenada, cíclica e sazonal de diferentes espécies vegetais em um espaço produtivo específico; c) sistema em consórcio de culturas, em que duas ou mais culturas ocupam a mesma área agrícola em um mesmo período de tempo, e; d) sistemas em integração, quando em uma mesma gleba são integrados sistemas de cultivo e criação com diferentes finalidades (lavoura, pecuária e floresta), buscando diversificação de renda, com aperfeiçoamento do uso da terra e dos meios de produção (HIRAKURI et al., 2018).

O risco contido no negócio agrícola é elevado, mesmo com a evolução tecnológica robusta vivenciada pelos sistemas modernos de produção, pois as lavouras são afetadas por condições edafoclimáticas de difícil previsão e sob as quais não se tem controle. O estudo referente ao Zoneamento Agrícola de Risco Climático confirmou perdas de rendimentos de grãos devido a fatores climáticos (GONÇALVES; SIBALDELLI, 2018; LIMA; ALVES, 2008; FARIAS et al., 2005), ressaltando que cada cultura tem exigências hídricas, térmicas e fotoperiódicas próprias, que influenciam seu crescimento vegetativo, floração, maturação e, conseqüentemente, sua produtividade. O pacote tecnológico e o sistema de cultivo adotados também impactam no desempenho produtivo ao longo do tempo e, junto com as incertezas vinculadas ao mercado, como oscilações de preço, adicionam mais risco ao negócio. Por exemplo, a monocultura e os sistemas contínuos de sucessão tipo trigo-soja ou milho-soja podem causar degradação física, química e biológica do solo (EMBRAPA, 2013). Quando implementados sucessivamente, tais sistemas podem favorecer o desenvolvimento de doenças, pragas e plantas daninhas, limitando os ganhos produtivos, propiciados por novas tecnologias ou práticas de manejo, reforçando as incertezas quanto aos resultados econômicos esperados.

A rotação de culturas é uma forma de mitigar esses riscos, pois ao alternar espécies vegetais em uma mesma área agrícola, atua positivamente na recuperação, manutenção e melhoria dos recursos naturais (EMBRAPA, 2013). Porém, os sistemas de rotação, muitas vezes, envolvem a adoção de culturas não comerciais e seus benefícios produtivos se expressam no longo prazo, aspectos que restringem o aumento da sua adoção e reforçam a necessidade de ações robustas de transferência de tecnologia, pelas organizações do setor agrícola.

Neste contexto, o planejamento dos sistemas de produção de grãos deve levar em consideração as particularidades regionais e as necessidades de recomposição do solo para reduzir riscos, otimizar o retorno econômico e preservar o meio ambiente. No entanto, em função da interação dos fatores climatológicos, mercadológicos e tecnológicos nas diferentes localidades, o resultado final é em grande medida incerto.

Estudos indicam que empresas e instituições financeiras, públicas ou privadas, em decorrência de suas atividades, devem manter ferramentas de análise de riscos para a decisão de conceder ou não crédito a terceiros (TAMBORLIN et al., 2015). Nesse sentido, uma prática importante é a classificação de risco (*risk rating*), por meio de parâmetros e indicadores que permitam uma melhor avaliação do cliente e embasem a decisão de concessão de crédito (SEGURA et al., 2016). Com efeito, abordagens probabilísticas em análises de desempenho econômico tornam-se recomendáveis para compreender os possíveis resultados e orientar a tomada de decisões.

O objetivo deste trabalho é analisar o risco econômico de seis sistemas de produção de grãos representativos de áreas consolidadas e áreas de expansão mais recente no Brasil (anos 2000 e 2015), buscando identificar, dentre os fatores de risco que afetam a receita e o custo de produção, quais são os de maior influência sobre o lucro líquido obtido nos cultivos comerciais.

METODOLOGIA

Os produtores enfrentam situações cujo resultado é incerto diariamente. Clima, pragas, doenças e mercado criam um ambiente de risco e incerteza. Segundo Debertin (1986), Frank Knight, ao distinguir os termos risco e incerteza, argumenta que em um ambiente incerto, os resultados possíveis e suas respectivas probabilidades de ocorrência não são conhecidos, enquanto em um ambiente de risco, ambos são conhecidos.

Risco pode ser definido como o efeito da incerteza sobre os resultados esperados. Esse efeito pode ser positivo ou negativo. A incerteza, por sua vez, decorre da deficiência das informações relacionadas a um evento, sua compreensão, seu conhecimento, sua consequência ou sua probabilidade (ABNT, 2009). A análise de risco tem a finalidade de mensurar os efeitos dos fatores incertos sobre o resultado esperado, por meio de método quantitativo onde as variáveis incertas inerentes à determinada atividade são cuidadosamente identificadas, qualificadas e quantificadas (PALISADE CORPORATION, 2010).

A mensuração do risco requer o conhecimento dos resultados dos eventos e suas probabilidades de ocorrência. Por meio da análise de probabilidade, são calculadas medidas de referência para a análise de risco, tais como o valor esperado e a variabilidade dos resultados. A probabilidade pode ser obtida de forma objetiva ou subjetiva. Probabilidade objetiva fundamenta-se na frequência com a qual determinados eventos ocorreram no passado (a partir de registros de dados históricos e séries de tempo) ou a frequência com que estão ocorrendo no presente (observações de um experimento, dados do tipo *cross section*). Já a probabilidade subjetiva baseia-se na percepção, conhecimento ou experiência de uma pessoa, de que determinado resultado vá ocorrer (PINDYCK; RUBINFELD, 1999).

Diversos estudos voltados para a avaliação de risco em atividades agropecuárias utilizam abordagem probabilística para mensurar o risco

econômico. (ALVES et al., 2006; ARÊDES; PEREIRA, 2008; LAZZAROTTO et al., 2010; MIGUEL et al., 2011; MACHADO NETO et al., 2018; OSAKI, et al., 2019).

Dentre as técnicas que utilizam probabilidade em análise de risco, o método de Monte Carlo (MC) é a mais utilizada. Noronha (1987) explica o método de MC em uma sequência de cálculos em quatro etapas: 1) identificação da distribuição de probabilidade das variáveis relevantes; 2) seleção aleatória de valores destas variáveis, a partir de sua distribuição de probabilidade; 3) cálculo do indicador do resultado esperado; 4) repetição do processo de cálculo até obter a confirmação da distribuição de frequência do indicador do resultado. Estas operações são facilitadas pelo uso de recursos de programação que permitem um número substancial de repetições envolvendo a combinação de diversas variáveis no modelo, inclusive considerando relações de interdependência entre as variáveis.

Neste estudo, foi realizada coleta de dados primários em propriedades agrícolas representativas da produção de grãos no Brasil (Tabela 2). A escolha dos municípios teve como propósito analisar locais nos seguintes estágios de produção de grãos, sobretudo soja: (1) municípios com produção estabelecida desde os anos 70, representados por Cascavel (PR), Uberaba (MG) e Balsas (MA); (2) municípios em que a soja tem uma expansão mais recente (especialmente a partir dos anos 2000), mas que já têm uma área significativa, representados por Querência (MT) e Paragominas (PA); (3) municípios em que a expansão da soja é ainda mais recente (a partir de 2015) e a área cultivada deve alcançar maior significância em um futuro de médio ou longo prazo, conforme aspectos influenciadores, como economia e clima, representados por Araguaína (TO). As áreas selecionadas referem-se, portanto, a locais com dinâmicas de expansão distintas e caracterizam os diferentes tipos de arranjos existentes hoje no Brasil.

Tabela 2 - Composição dos sistemas de produção de grãos, safra 2017/2018

Distribuição de área por cultivo (em hectares)							
Safra	Cultura	Cascavel	Querência	Araguaína	Paragominas	Balsas	Uberaba
1 ^a	Soja	95	1.500	1.500	900	2.850	490
	Milho	5	-	-	100	150	210
2 ^a	Milho	75	650	975	200	750	490
	Trigo	25	-	-	-	-	-
	Sorgo*	-	-	-	100	-	140
	Milheto*	-	650	150	50	900	-
	Braquiária*	-	-	150	50	300	-
	Pousio	-	200	225	600	1050	70

Distribuição de produtividade (em kg ha ⁻¹)							
Safra	Cultura	Cascavel	Querência	Araguaína	Paragominas	Balsas	Uberaba
1 ^a	Soja	3.690	3.360	3.000	3.180	3.000	3.420
	Milho	10.800	-	-	6.600	7.080	9.225
2 ^a	Milho	6.000	6.300	4.800	4.200	4.200	5.880
	Trigo	2.649	-	-	-	-	-
	Sorgo*	-	-	-	3.000	-	3.600

* Cultura não comercial.

Fonte: Dados da pesquisa.

Os sistemas foram caracterizados em suas estruturas de receita e custo de produção por cultivo realizado no ano safra de 2017/2018.

A receita bruta por hectare foi calculada considerando a venda da produção por hectare ao preço estadual. O custo de produção foi estimado como proposto por Matsunga et al. (1976), decompondo o custo total em custo operacional efetivo (desembolsos diretos para compra de insumos); custo operacional total (custo operacional efetivo mais depreciação e remuneração de mão-de-obra familiar, se houver); e custo de oportunidade do capital.

Optou-se por utilizar o lucro líquido por hectare como indicador de interesse para a análise de risco. Este indicador é dado pela diferença entre a receita bruta por hectare e o custo total por hectare, sendo expresso da seguinte forma:

$$\pi = P_y \cdot Q_y - \left[\sum (P_{x_i} Q_{x_i}) + D + CO \right]$$

π - Lucro líquido por hectare;

P_y - preço unitário do grão

Q_y - quantidade produzida por hectare

P_{x_i} - preço unitário do insumo x_i

Q_{x_i} - quantidade do insumo x_i por hectare

D - Depreciação

CO - Custo de Oportunidade

O método de MC gera, randomicamente, inúmeros valores para as variáveis P_y , Q_y e P_{x_i} , simulando combinações que permitem obter novos resultados de lucro líquido, gerando a função de distribuição de probabilidade (FDP) para o lucro líquido. A partir daí, é possível calcular a probabilidade de obter determinado resultado, entre outras medidas de referência para a análise de risco. Cultivos não comerciais como sorgo, braquiária e milho não foram considerados na análise de risco.

Foram calculadas as correlações entre preços dos grãos e produtividades. Os coeficientes ρ de Pearson obtidos foram muito baixos, indicando correlações desprezíveis (abaixo de 0,2), ou no máximo fracas (até 0,5). Optou-se por não correlacionar estas variáveis no modelo.

Por fim, analisou-se a sensibilidade do Lucro líquido em cada cultivo, em relação às variáveis de risco (preço do grão, produtividade e preço dos insumos), a fim de verificar quais são os fatores que afetam de forma mais crítica os resultados das simulações. Foram utilizadas em torno de 30, 20 e 15 variáveis de *inputs* para os cultivos de soja, milho verão e milho safrinha, respectivamente, nas localidades. Utilizou-se a técnica de análise de Regressão Stepwise Multivariada, indicada para conjuntos grandes de *inputs*, uma vez que remove todas as variáveis que fornecem contribuições não significativas para o modelo (PALISADE, 2010). O resultado geral do ajuste do modelo, medido pelo R-quadrado, indica a estabilidade da ordem de sensibilidades dos dados da simulação. Essa ordem pode sofrer alterações em uma situação similar com o mesmo modelo, se o R-quadrado for inferior a 50% (PALISADE, 2010). As simulações de MC e a análise de sensibilidade foram realizadas com o auxílio do software @Risk 5.5, considerando 10.000 iterações.

Foram utilizadas, preferencialmente, séries históricas de produtividade da Produção Agrícola Municipal - PAM (IBGE, 2020) e séries históricas de preços de grãos e de insumos da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (CONAB, 2019). A disponibilidade de dados variou em função do período em que se desenvolveram os sistemas de produção nas áreas selecionadas. Em geral, foram utilizadas séries de produtividade de 1997 a 2018 para soja e 2003 a 2018 para milho safrinha e milho verão. As exceções foram Balsas (MA), cuja série disponível para milho safrinha teve

início em 2012; Araguaína (TO), onde se utilizou dados da microrregião de Araguaína, de 2000 a 2018, para soja e dados da CONAB, média estadual, de 2004 a 2018, para milho safrinha; Paragominas (PA), onde foi definida uma distribuição triangular para milho safrinha, com base nas médias estaduais da CONAB, disponíveis para 2015 a 2019. Neste período, observou-se variação de 10% na produtividade. Adotaram-se, então, como valor mínimo 10% abaixo do menor valor observado, valor máximo 10% acima do maior valor observado e mais provável, a média do período.

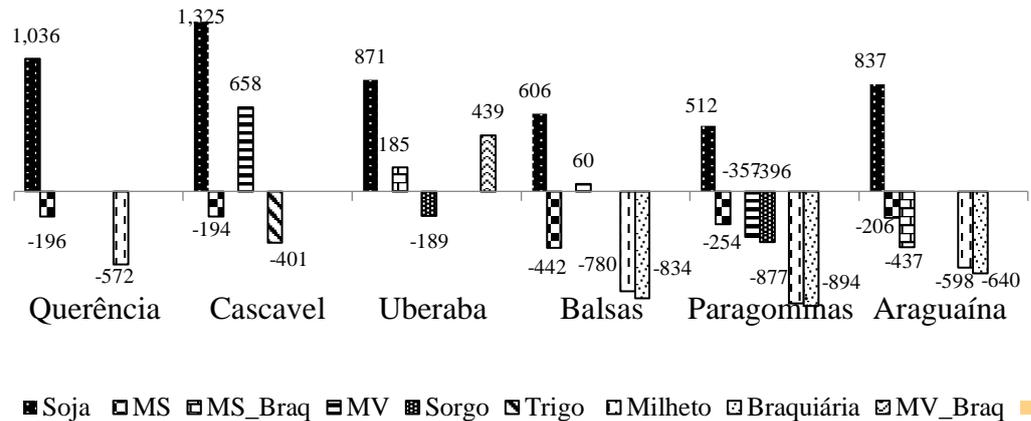
As séries de preço de grãos referem-se a preços médios mensais recebidos pelo produtor, pela saca de 60 kg, em nível estadual, no período de jul/1994 a jan/2018 para Querência (MT), Cascavel (PR) e Uberaba (MG) e jun/2003 a jan/2018 para Araguaína (TO). Em Balsas (MA), a série de preços de soja foi de mar/2007 a jan/2018 e a série de milho foi de mai/2003 a jan/2018. Em Paragominas (PA), a série de soja teve início em jan/2011 e de milho em nov/2005. Em relação aos insumos, no geral as séries mensais abrangeram o período de jan/2010 a jan/2018. Regiões onde a produção comercial iniciou nos anos 2010 foram utilizadas séries de jan/2014 a jan/2018. Complementarmente, para insumos lançados na década de 2010, foram utilizados dados do Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária -IMEA, séries de jan/2015 a jan/2018 (Espineteram, Acetamiprido/Alfa-Cipermetrina e Azoxistrobina/Benzovindiflupir), e dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI, séries trimestrais de nov/2013 a abr/2018 (Saflufenacil).

Todos os dados monetários foram trabalhados em valores reais, deflacionados pelo IGPDI - Índice geral de preços disponibilidade interna, base em janeiro de 2018.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados determinísticos do lucro líquido obtidos na safra 2017/2018 (Figura 1) confirmam a soja como principal cultivo comercial dos sistemas de produção de grãos, sendo a única cultura a apresentar resultados positivos em todos os sistemas analisados. Observou-se o maior lucro líquido por hectare em Cascavel (PR) para soja e milho verão. Milho safrinha registrou prejuízo em todos os locais, com exceção de Uberaba (MG). Milho verão teve bom desempenho em Cascavel (PR) e Uberaba (MG) e prejuízo em Paragominas (PA).

Figura 1 - Lucro Líquido em R\$/ha, cultivos comerciais e não comerciais, safra 2017/2018.



Fonte: Dados da pesquisa

Em sistemas de expansão a partir de 2000 e 2015, como Paragominas (PA) e Araguaína (TO), respectivamente, somente a soja apresentou lucro líquido positivo. Os cultivos não comerciais resultaram em prejuízo em todas as localidades.

Conforme mencionado anteriormente, a importância desses cultivos é melhorar a eficiência das culturas comerciais em sistemas de plantio direto. Ainda que apresentem prejuízo quando analisados isoladamente, desempenham papel importante em termos sistêmicos, criando externalidades positivas, a exemplo de redução de custos e melhoria na produtividade da cultura comercial.

Para analisar o risco nestes sistemas, foram ajustadas 34 distribuições de probabilidade de preço e produtividade dos grãos (Tabela 3) e 194 distribuições de probabilidade para preço de insumos (Tabela 4). Algumas FDP estabelecem limites de máximo e mínimo tendendo a $+\infty$ e $-\infty$. Para garantir que a amostra gerada nas simulações contenha somente valores válidos e representativos das variáveis preço e produtividade, adotou-se como critério de truncamento valores relativos ao intervalo de confiança de 95%.

Tabela 3 - Distribuição de probabilidade da produtividade e do preço dos grãos¹

- Querência (MT)

Soja: Triang(2530,9;3180;3633,8) e Pearson5(29,1;1855,3; Trunc(40,4;89,8)

MS: RiskTriang(1424,2;6600;6600) e Normal(27,1;8,0;Trunc(11,4;42,8)

- Cascavel (PR)

Soja: Uniform(2281,4;3973,6) e Loglogistic(35,3;33,3;5,1; Trunc(;104)

MS: Extvalue(4043,9;1090; RiskTrunc(2620;8050) e BetaGen(3,6;9,3;16,6;70,8)

MV: Extvalue(4043,9;1090; RiskTrunc(2620;8050) e BetaGen(3,6;9,3;16,6;70,8)

T: Logistic(2012,09;357,94; Trunc(701;3323)) e Invgauss(30;259;Trunc(31,6;71);Shift(16,7)

- Uberaba (MG)

Soja: Logistic(2946,9;203,9; Trunc(2200;3694)) e Loglogistic(20,3;45,8;6,9;Trunc(47,3;98)

MS: Extvalue(2762;1467; Trunc(1850;8160) e Invgauss(21,7;222;Shift(12,7);Trunc(;50,4)

MV: Extvalue(2762;1467; Trunc(1850;8160) e Invgauss(21,7;222;Shift(12,7);Trunc(;50,4)

- Balsas (MA)

Soja: RiskTriang(102,6;3060;3060) e Invgauss(25,2;200,4;Trunc(54,7;89,8);Shift(42,8)

MS: Expon(1550; Shift(1278,5);Trunc(1320;7000) e Loglogistic(2,7;38,4;10,7;Trunc(30;57)

MV: Triang(3525,4;7230;8459,5) e Loglogistic(2,7;38;10,7;Trunc(30;57)

- Araguaína (TO)

Soja: Logistic(2393,7;223,8; Trunc(1574;3214) e Logistic(63,9;7,6735;Trunc(36,7;92,1)

MS: Extvalue(3590,17;700,06; Trunc(2680;6120) e Triang(19,5;38,0;52)

- Paragominas (PA)

S: Logistic(2933;245; Trunc(2035;3831) e Pearson5(9,5;157,5;Shift(50,7);Trunc(;86)

MS: Triang(2765;3334;3904) e Weibull(6,2;38,6;Shift(7,7);Trunc(;55,3)

MV: Expon(1043,9; Shift(4002,8);Trunc(;7854) e Weibull(6,2;38,6;Shift(7,7);Trunc(;55,3)

Fonte: Dados da pesquisa.

¹ Os valores entre parênteses referem-se a parâmetros que especificam o formato das funções, incluindo valores de truncamento. Por exemplo, uma função normal tem como parâmetros a média e o desvio padrão, enquanto uma função triangular tem valor mínimo, valor mais provável e valor máximo. Para descrição detalhada das funções ver Palisade (2010).

Tabela 4 - Distribuições de probabilidades para preço de insumos nos Estados

Insumo	Funções distribuição de probabilidade por estado ²
Calcário Dolomítico	MT e TO: Triang (82;102,7;111,6); MA: BetaGen(0,4;0,7;58,7;128,7); PR: Normal (128,7;9,5;Trunc (110;147,5); PA: Triang (119;136;139) MG: Loglogistic (74,2;37,5;4,5; Trunc (91;158); TO: Invgauss(26,0;4,9; Trunc(59;195,5);Shift(58,085);
Semente Soja RR1 ²	MT: Logistic(4,4;0,1;Trunc(4,4,7); TO e PA: Pareto(3,6;3,3;Trunc(3,3;8,6) MG: Loglogistic(3,5;0,1;1,3;Trunc(3,5;5,6); PR: Triang(2,5;4,7;6,2); MA: Extravalue(4,1;0,7;Trunc(3,2;6,7)
Sem. Milho (a)	PR: BetaGen(46,2;12,2;4;622,8)
Sem. Milho (b)	MT: BetaGen(5,4;8,5;339;602,3); PA: Triangr(293,2;429,6;599); MA: Logistic(520,9;33,9;Trunc(396;645) TO: Normal(450;69;Truncada(314;585); MG: Triangular(540;560;625)
Sem. Milho (c)	PR: Logistic(560,5;33,6;Trunc(438;683); PA e MA: BetaGen(0,6;0,8;357,4;727,9)
Semente Trigo	PR: Logistic(2;0,3;Trunc(0,98;3,1)
Sem. Braquiária	MG e TO: Normal(14,2;4,3;Trunc(6,2;22,7);
Semente Sorgo	MG: BetaGen(0,7;8,9;14,9;34,7); PA: BetaGen(0,5;0,4;1,3;14,3)
Piriproxifem	TO: Weibull(1,6;77,5;Shift(345,6); Trunc(354;516,1)
Diflubenzurom	MG: BetaGen(0,4;0,4;94,3;299,2)

² Variedade geneticamente modificada, resistente ao glifosato.

Tiometoxam	MT: Normal(388,0;40,8;Trunc(308,1;467,9); MG: Logistic(418,3;35,0;Trunc(291;547); TO: Uniform(316,7;472,3) MA: Normal(388,0;40,8;Trunc(308,1;467,9)
Lufenurom	TO: Triang(46,1;103,1;103,1) PR e MG: Weibull(1,5;11,3;Shift(70,2);Trunc(105,6;120,9)
Teflubenzurom	PR: Normal(161,8;18,8;Trunc(124,9;198,7); PA: Triang(90,6;154,4;165,9); MA e TO: Triang(116;116;179,8)
Beta-ciflutrina	PR: BetaGen(20,6;10;27;57,7); PA: Logistic(48,9;2,6;Trunc(39,48;58,3)
Clorantraniliprole	MT e MA: Loglogistic(560,1;60,6;2,4;Trunc(;835) MG: BetaGen(0,6;0,6;478,4;605,7); PA: Triang(534,3;596,9;646,4)
Triflumuro	PR: Logistic(221,2;17,6;Trunc(156,6;285,8)
Metomil	MT e MA: Extvalue(20,3;2,0;Trunc(17,67;27,84) MG: Logistic(20,0;0,6;Trunc(17,7;22,4); PA: Triang(17,7;25,3;29,7)
Flubendiamida	MT e MA: Triang(499,7;543,7;720,1); MG: BetaGen(0,5;0,5;431,3;687,2); PA: Triang(602;602;770)
Clorpirifós	PA: Weibull(2,1;7,3;Trunc(;33,2);Shift(19,6) MA: Extvalue(26,8;4,5;Trunc(21;43,2); MG: Extvalue(24,2;2,6;Trunc(21,3;31,2)
Imidacloprido	MA: Loglogistic(85,6;30,8;6,8;Trunc(103,5;138,5) PA: Uniform(73,3;116,8)
Espinetoram	MT e MG: Extvalue(522,6;13,9;Trunc(504,5;573,7)
Clorfenapir	MT: Lognorm(13,5;12);Trunc(106;148,6)
Acetamiprido e Alfa-Cipermetrina	MA: Triang(121,9;210,1;271,4) MG: Invgauss(42,6;4437,9;Trunc(90,9;107,2);Shift(56)

Cipermetrina e Tiametoxam	MT: Loglogistic(105,5;25;3;Trunc(;191); MA: Triang(121;121;166) MG: Loglogistic(122,1;18,8;3,4;Trunc(128,6;176,6) TO e PA: Logistic(143,9;7,4);Trunc(116,6;171,1)
Tiodicarbe e Imidacloprido	PR: Lognorm(79,7;22;Trunc(;306,1);Shift(175,3) MA: Extvalue(276,2;32,6;Trunc(233,7;396,1)
Acefato	MT e MA: Loglogistic(17,7;12,2;4,7;Trunc(;44,1) PR: BetaGen(0,3;0,2;33,1;46,7); MG: Triang(24,4;39,8;39,8) TO: Extvalue(32,3;2,9;Trunc(28,5;43,0)
Fipronil	MA: Extvalue(481,8;50,8;Trunc(415;669)
Cipermetrina	MA: Triang(22,5;31,1;35,1)
Metoxifenoazida	TO: BetaGen(0,6;1,3;79,7;101,5)
Adubo 25-00-25 ³	MT: Triang(1336,1;1851,6;1905,1)
Gesso Agrícola	TO: Loglogistic(130,5;10,8;3,2;Trunc(133,9;164,2)
Adubo 04-20-20	PR: BetaGen(3,3;3,1;1152,6;2044) MG: Logistic(1545,9;52,0;Trunc(1355;1736)
Adubo 10-30-10	PA: Loglogistic(1386,9;135,6;3,2;Trunc(1431;1808)
Adubo 22-00-22	PA: BetaGen(0,8;0,7;1130,1;1543,7)
Adubo 00-30-10	MT e MA: Lognorm(291,7;260;Shift(1307,8);Trunc(;2283)
Adubo 03-33-08	TO: Extvalue(1433,1;176,2;Trunc(1203;2080)
Adubo 03-30-00	MA: Normal(1487,2;165,5;Trunc(1163;1811)
Adubo 05-25-25	MA: Loglogistic(1296,9;375,4;2,9;Trunc(1403;2608)
Cloreto de Potássio	MT e MA: BetaGen(0,7;0,9;1308;1971,5); TO: Triang(1099,4;1818,6;1818,6); PR: Invgauss(3357,6;1109111,6;Trunc(;3133);Shift(-600); MG: Pearson5(4,3;1553,9;Trunc(1386;2460);Shift(1218); PA: Loglogistic(1014,5;345,5;2,8362;Trunc(;2270);

³ Notação típica de formulação de fertilizante NPK – nitrogênio, fósforo e potássio.

Adubo 02-20-18	PR: Weibull(1,3;213,6;Shift(1153,8);Trunc(;1733); MG: Loglogistic(902,4;451,9;8,4;Trunc(1195;1600)
Adubo 36-00-12	TO: Triang(1245,2;1841,8;1841,8)
Adubo Manganês 14%	MT, PR e MA: Extvalue(17,8;0,6;Trunc(16,95;20,16); TO: Lognorm(0,9;1,5;Shift(4,9);Trunc(5;9,5) MG: BetaGen(1,2;0,5;6,6;13,6)
Foliar com quelato	TO: Pearson5(4,0;16,6;Trunc(16,9;47)
Ureia	PR: Normal(1534,1;188,72;Trunc(1164;1904) MG: Triang(1294,6;1620,5;1884,6); MA: Triang(1245,7;1579;1663)
Fluido com alta concentração	MG e MA: Pearson5(4,0;16,6;Trunc(18,7;31,9);Shift(16,8)
Adubo 06-24-16	MG: Triang(1107;1861,0;1861,0)
Adubo 16-16-16	MG: Extvalue(1462,6;146,0;Trunc(1272;1999
Adubo 08-28-26	TO: Extvalue(1428,4;135,1;Trunc(1252;1925)
Adubo 11-52-00	PA: Loglogistic(914,0;863,4;6,1;Trunc(;2492)
Adubo MAP	MT: Lognorm(332,8;203;Shift(1591,6);Trunc(2425;3298) MA: Extvalue(1873;197,8;Trunc(1615;2599)
Adubo CaB	TO: BetaGen(0,7;1,4;7;8,2)
Zinco	TO: Pareto(1,9;94,4)
Sulfato Amônio	PA: BetaGen(0,5;0,4;1013,2;1158,7)
Paraquate e Equivalente íon	MG: Loglogistic(17,2;5,409;3,3;Trunc(19;33,6) TO e PA: Weibull(1,8;5,7;Trunc(19,5;30,5);Shift(18,7) PR: Loglogistic(14,5;8,9;4,1;Trunc(18,01;36,4)
Atra zina	MT: Extvalue(14,4;1,6;Trunc(12,35;20,2) ; PA: Triang(9,1;17,6;17,6) TO e MA: Loglogistic(7,7;7,4;7,0;Trunc(12,13;20,25) PR: Loglogistic(10,4;6,5;7,3;Trunc(;21,1) MG: Extvalue(14,4;1,6;Trunc(12,35;20,2)
Nicossulfurom	PR: Loglogistic(52,4;16,0;2,8;Trunc(;113)

Saflufenacil	PR: Normal(797,2;62,5;Trunc(674,6;919,7))
Paraquate	MT,MA e MG: BetaGen(1,8;1,4;16;26); PR: Triang(13,8;25,0;32,7)
Tembotriona	MT e MA: Pearson5(5,3;593,8;Shift(297,1);Trunc(;631)) MG: Triang(4,8;540,5;540,5)
Metsulfurometílico	PR: Loglogistic(1086,6;128,7;3,2;Trunc(1130;1490))
Glifosato	MT: Uniform(18,9;24,3); TO e PA: Logistic(19;2;Trunc(11,89;26,4)) MG: Pearson5(17,9;105,9;Trunc(18,95;25);Shift(15)) PR: Triang(8,2;16,4;20,0); MG e TO: Triang(5,8;17,6;22,2) MA: Triang(13,9;13,9;19,1); PA: Extvalue(17,0;2,8;Trunc(13,51;27,3))
Flumioxazina	MG: Triang(398,2;420,2;550,7); MA: Triang(409,7;409,7;665,1) TO e PA: Pearson5(2,7;170;Trunc(322;625);Shift(296,9))
Clorimum-etílico	TO e PR: Extvalue(54,9;5,7;Trunc(47,4;76,1)); MA: BetaGen(0,6;0,6;92,1;150,6) MT: Loglogistic(104,1;65,3;6,6;Trunc(;217,4))
Carfentrazonaetilic	MG: BetaGen(0,6;0,4;339,2;464)
2,4-D e equivalente ácido de 2,4-D	MT e MA: Weibull(1,6;4,6;Trunc(;21,5)) PR: Normal(16;1;Trunc(13,6;18)); TO: Extvalue(15,8;1,5;Trunc(14;21)) PA: Logistic(16,8;1,3;Trunc(12;21,6)) MG: Gamma(17,4;0,4;Trunc(13,7;20);Shift(9,8))
Picoxistrobina e Ciproconazol	TO e PA: Logistic(158,7;10,0;Trunc(122;195,5))

Azoxistrobina e Ciproconazol	MT: Logistic(153,7;8,5;Trunc(122,6;184,8) MA: Logistic(112,6;9,7;Trunc(91,6;152,4) MG: Invgauss(34,8;28,1;Trunc(142,6;280,8);Shift(138,2) TO: Loglogistic(3,6;134,2;16,2;Trunc(110,6;171,9)
Piraclostrobina e Epoxiconazol	PR: Logistic(160,1;4,3;Trunc(144,2;175,9)
Piraclostrobina, Tiofanato-metílico e Fipronil	MT e MA: Extvalue(481,8;50,8;Trunc(415;668) PR: Triang(408,8;584,2;645,3); MG: Triang(224,9;528,6;528,6) TO e PA: Normal(454,4;102,2;Trunc(255;655)
Difenoconazol e Propiconazol	MT e MA: Weibull(7,8;167,2;Trunc(98,4;192,1)
Tebuconazol e Trifloxistrobina	PR: Extvalue(80,6;7,1;Trunc(71,3;106,9)
Tebuconazol	PA: Extvalue(77,0;12,6;Trunc(60,5;123,3); MG: Triang(30,3;36,0;41,1)
Tiofanato-metílico	MG: BetaGen(4,2;1,8;17,7;30,1)
Trifloxistrobina e Protioconazol	MT: Normal(167,5;15,1;Truncate (137,9;197,1) MA: BetaGen(1,6;1,6;136,7;199,6); PR: BetaGen(0,7;0,6;184,9;269,4) TO e PA: BetaGen(1,4;1,6;168,7;225,1); MG: Triang(123,4;195,5;206,9)
Azoxistrobina e Benzovindiflupir	MT e MG: Triang(236;517;517); PR: Normal(584,5;71,6;Trunc(444;725)
Mancozebe	MT e PA: Weibull(1,4;3,7;Trunc(16,42;25,4) PR: Triang(20,5;20,5;34,7); MG: BetaGen(1,8;0,7;13,9;26,1) MG: Extvalue(21,5;1,8;Trunc(19,1;28,05)
Piraclostrobina e Epoxiconazol	MG: Weibull(2,0;33,1;Trunc(92,6;130,6);Shift(60,9)
Piraclostrobina e Fluxapiróxade	MG: Logistic(299;20,2;Trunc(225,1;373)
Carboxina e Tiram	PR: Weibull(1,9;13;Shift(28,8);Trunc(30,8;54,1)

Trifloxistrobina e Ciproconazol	PA: Expon(48,8;Shift(223,5);Trunc(;403,7)
Metalaxil-M e Fludioxonil	MA: BetaGen(0,4;0,3;79,5;118,6)
Propiconazol	MA: Logistic(68,9;4,2;Trunc(53,7;84,1)
Fertilizante CoMo	MT: Triang(34,3;86,4;108,1); PR: Normal(200;80;Trunc(43;357) MA e PA: Triang(47,3;5,3;94) TO: Logistic(58,6;3;Trunc(47,8;69,5)
Inoculante	MT e PR: Logistic(3,8;0,4;Trunc(2,5;5,2) PA, TO e MA: Loglogistic(2,5;0,1;1,1;Trunc(2,5;4,8)
Ester Metílico de óleo de Soja	MT: BetaGen(0,8;1,6;9,14,0); MA: BetaGen(2,5;2,0;9,3;14,3 PR: Normal(10,6;1,1;Trunc(8,45;12,85); MG: Triang(9,5;15,7;16,2) TO e PA: Invgauss(7,5;196,7;Trunc(7,65;13,4);Shift(2,6)
Redutor de PH	TO: BetaGen(0,5;0,7;109,6;132,8)
Óleo Mineral	MT: BetaGen(1,6;1,6;11,2;15,8); PR: Weibull(1,9;5,7;Trunc(;19,76) MG: BetaGen(0,5;0,5;10,7;15,9); MA: BetaGen(1,6; 1,5; 11,2;15,8) TO e PA: Loglogistic(8,9;4,6;4,6;Trunc(10,9;19,4)
Adjuvante	PR: Extvalue(11,2;2,7;Truncate(7,6;21,32); PA: Triang(9,6;13;14,0)
Complexo micros	MG e MA: Pearson5(4,0;16,6;Trunc(18,7;31,9);Shift(16,788)

Fonte: Dados da pesquisa. (a) baixa tecnologia; b) média tecnologia c) alta tecnologia.

Os resultados das simulações fornecem medidas de referência para a análise de risco. Na Tabela 5 são apresentados os valores relativos à probabilidade de 5%, 95%, mínimo, máximo, média e desvio padrão do lucro líquido, e na Figura 2 apresentam-se as probabilidades de se obter lucro líquido igual a zero.

Os valores relativos às probabilidades de 5% e 95% estabelecem a faixa de lucro líquido com 90% de probabilidade de ocorrência. Observa-se que a

soja em Querência (MT) tem 5% de probabilidade de gerar prejuízo de -R\$ 462,1 por hectare e 5% de probabilidade de lucro de R\$1.417,1 por hectare. Entre estes dois valores, a probabilidade é de 90%. Quanto menor o intervalo de valores nesta faixa, menor é o risco. Outra medida é dada pela comparação da média com o desvio padrão. Quanto maior a distância entre esses valores, maior é o risco. O cultivo de maior risco foi milho safrinha em Cascavel (SC), com média de lucro líquido de -R\$591,8 e desvio padrão de R\$ 739,7, enquanto em Paragominas (PA), onde se verificou o menor risco para milho safrinha, a média foi de R\$275,4 e desvio padrão de R\$395,8 (Tabela 5).

Os resultados confirmam o elevado risco envolvido nas atividades agrícolas, frente às incertezas quanto aos preços e à produtividade. Observou-se que a soja é o grão de maior estabilidade econômica e menores probabilidades de gerar prejuízo nos sistemas de produção.

Tabela 5 - Indicadores de risco do lucro líquido nos sistemas de produção de grãos

Local	Cultivo	5%	95%	Min	Max	Média	Desv p
Querência	Soja	-462,1	1.417,1	-1.118,7	2.275,4	417,4	574,6
	Milho Safrinha	-1.274,9	1.136,3	-1.787,4	2.118,7	-170,4	735,9
Cascavel	Soja	-601,5	1.870,1	-1.258,1	3.416,5	498,9	752,4
	Milho Safrinha	-1.568,6	817,9	-2.071,7	3.667,8	-591,8	739,7
	Milho Verão	-847,2	3.121,0	-1.892,2	7.922,0	925,8	1.223,2
	Trigo	-1.258,9	497,6	-1.757,9	1.825,6	-429,2	532,0
Uberaba	Soja	-563,7	1.371,5	-1.147,1	2.734,0	295,1	588,3
	MS* c/ Braquiária	-1.667,0	1.136,1	-2.046,2	4.800,5	-582,2	883,4
	MV* c/ Braquiária	-147,1	2.411,4	-624,4	4.958,7	894,0	786,1
Balsas	Soja	-1.580,1	2.143,4	-2.666,2	3.547,6	584,7	1.165,9
	Milho Safrinha	-1.200,0	1.641,7	-1.751,5	4.158,6	-162,1	883,6
	Milho Verão	-854,2	2.104,7	-1.950,9	3.590,6	599,2	889,4
Araguaína	Soja	-862,8	1.046,8	-1.506,7	2.260,0	26,6	579,4
	Milho Safrinha	-919,8	1.137,9	-1.536,8	2.479,8	-2,9	622,4
	MS* c/ Braquiária	-1.139,6	927,8	-1.707,7	2.282,6	-222,8	631,4
Parago minas	Soja	-503,0	1.172,9	-1.048,9	3.578,4	280,0	517,1
	Milho Safrinha	-403,6	906,2	-1.315,9	1.632,9	275,4	395,8
	Milho Verão	-674,8	1.928,4	-1.240,0	6.107,7	313,7	828,8

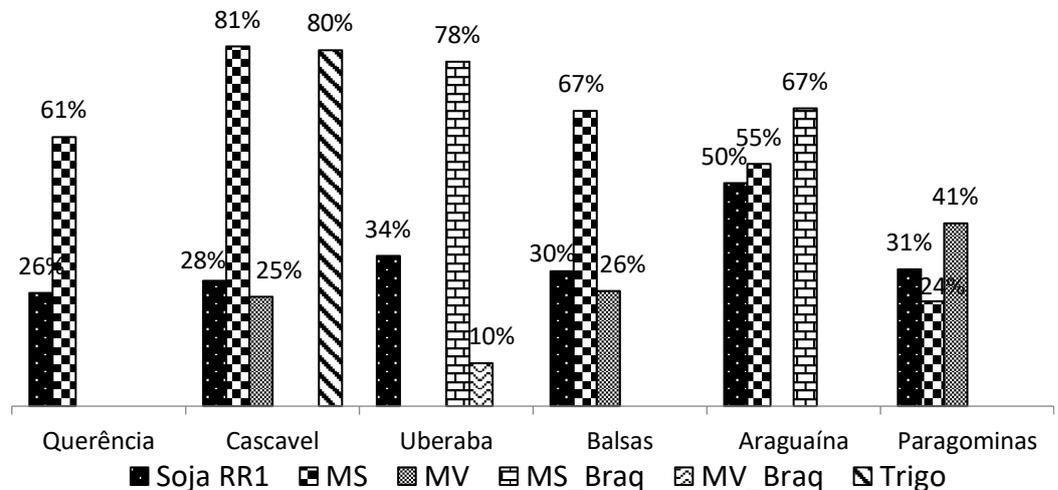
*MS - Milho Safrinha, MV - Milho Verão

Fonte: Dados da pesquisa.

O maior risco para cultivo de soja foi registrado em Araguaína (TO), com probabilidades de prejuízo de 50% (Figura 2). Os demais sistemas de cultivo de soja situaram-se no nível de risco considerado moderado, com

probabilidade de prejuízo entre 26% e 34%. Paragominas (PA) apresentou o menor nível de risco no conjunto de cultivos, enquanto Araguaína (TO) apresentou o nível mais elevado no conjunto de cultivos.

Figura 2 – Probabilidade de Lucro Líquido negativo ou zero.



Fonte: Dados da pesquisa

As condições edafoclimáticas em locais de expansão comercial mais recente (a partir de 2015), como é o caso de Araguaína (TO), exigem pesquisas *in loco* que propiciem o desenvolvimento e/ou adaptação de tecnologias e práticas de manejo para a realidade local. Essas regiões também carecem de profissionais com perfil adequado para a prestação de assistência técnica agrícola e que conheçam as especificidades edafoclimáticas locais. Estes fatores têm limitado as produtividades das culturas comerciais e levado a geração de sistemas de produção pouco resilientes. Outro aspecto importante, vinculado ao município de Araguaína (TO) e seu entorno, é que a cadeia produtiva agrícola local não está bem estruturada. Uma vez que se tem uma longa distância entre a região e polos agrícolas provedores de insumos, a referida desestruturação do agronegócio tem impacto negativo nos custos de produção, pois muitos insumos utilizados nas diferentes culturas são adquiridos a preços superiores aos verificados nas regiões agrícolas mais tradicionais. Portanto, o elevado risco econômico observado em Araguaína (TO) pode estar associado a estes condicionamentos locais.

As culturas de trigo e milho safrinha registraram alto risco no geral. Observaram-se diferentes níveis de risco nas safras de milho verão e milho safrinha nas localidades. Em áreas tradicionais de produção, como Uberaba (MG) e Balsas (MA), o milho verão apresentou menor risco econômico que o milho safrinha. No entanto, em Paragominas (PA), onde a expansão da produção de grãos se deu nos anos 2000, verificou-se o contrário, a probabilidade de obter lucro igual a zero no cultivo de milho

verão foi de 31%, superando a probabilidade do cultivo de milho safrinha, que é de 24%. Este foi o menor risco de prejuízo para milho safrinha observado em todas as localidades. Cascavel (PR), Uberaba (MG) e Araguaína (TO) registraram as mais elevadas probabilidades de prejuízo para milho safrinha, 81%, 78% e 67%, respectivamente. Todavia, estudo de Osaki *et.al* (2019) aponta a utilização de milho na segunda safra como alternativa de menor risco para os produtores do Paraná, na perspectiva de uso da terra, considerando o sistema como um todo.

A análise de sensibilidade (Tabela 6) indicou que os fatores de maior impacto nos resultados das simulações de risco são o preço dos grãos e a produtividade. O preço foi o fator determinante para o risco econômico da soja em praticamente todas as localidades, com exceção de Balsas (MA) e Paragominas (PA), onde a produtividade foi o fator determinante para praticamente todos os cultivos. Em Araguaína (TO) e Querência (MT), preço foi o fator preponderante nos resultados de todos os cultivos. Nas regiões consideradas tradicionais, Cascavel (PR), Uberaba (MG) e Balsas (MA), preço influenciou mais fortemente os riscos econômicos da cultura de milho safrinha, enquanto produtividade foi mais expressiva para esta cultura nas regiões de expansão de fronteira agrícola.

Tabela 6 – Análise de sensibilidade dos resultados da simulação

Sistemas	Cultivos	Coeficientes de regressão			R ²	
		Produtividade	Preço	Insumo de maior sensibilidade		
Querência (MT)	Soja	0,57	0,79	00-30-10	-0,11	0,98
	MS	0,66	0,73	Semente	-0,05	0,97
Cascavel (PR)	Soja	0,69	0,70	02-20-28	-0,06	0,99
	MS	0,75	0,64	08-20-20	-0,06	0,97
	MV	0,63	0,76	08-20-20	-0,07	0,98
	Trigo	0,88	0,44	08-20-20	-0,08	0,99
Uberaba (MG)	Soja	0,54	0,83	02-20-18	-0,04	0,99
	MS_Braq*	0,86	0,49	08-28-16	-0,05	0,97
	MV_Braq*	0,68	0,72	06-24-16	-0,08	0,99
Balsas (MA)	Soja	0,98	0,16	03-30-00	-0,04	0,99
	MS	0,89	0,40	05-25-25	-0,1	0,98
	MV	0,75	0,63	semente	-0,14	0,99
Araguaína (TO)	Soja	0,6	0,77	03-33-08	-0,12	0,99
	MS	0,69	0,71	semente	-0,09	0,98
	MS_Braq.*	0,69	0,70	semente	-0,09	0,98
Paragominas (PA)	Soja	0,79	0,60	semente	-0,11	0,99
	MS	0,39	0,91	semente	-0,14	0,99
	MV	0,86	0,47	semente	-0,15	0,99

* MS_Braq - milho safrinha com braquiária, MV_Braq - milho verão com braquiária.

Fonte: Dados da pesquisa.

Os insumos apresentaram coeficientes de regressão com sinais esperados, porém muito abaixo dos observados para a produtividade e preço dos grãos. Considerando que cada insumo biológico e químico entra no modelo como um *input*, juntamente com preço e produtividade, é de se esperar que individualmente tenham menor efeito sobre o resultado de risco das simulações. Em cultivos de soja, milho verão e milho safrinha foram utilizados em torno de 28, 20 e 12 insumos químicos e biológicos, respectivamente. Constatou-se que os insumos de maior relevância nos resultados foram fertilizantes e semente, com variações de intensidade entre cultivos e nos diferentes locais. Todos os coeficientes de ajuste da regressão (R^2) estiveram acima de 95%, indicando o bom ajuste do modelo, bem como a estabilidade na ordem de sensibilidade dos resultados em relação aos fatores de risco.

CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi analisar o risco econômico em seis sistemas de produção de grãos representativos de áreas consolidadas (expansão nos anos 70) e áreas de expansão mais recente no Brasil (anos 2000 e 2015), envolvendo cultivos comerciais de soja, milho verão, milho safrinha e trigo.

A partir de séries históricas de preços de comercialização dos grãos, preços dos insumos e produtividade nos municípios, foram feitas simulações de risco para o Lucro líquido. Analisou-se a sensibilidade dos resultados em relação aos fatores de risco considerados nos sistemas de cultivo.

Os valores determinísticos de Lucro líquido obtidos na safra 2017/2018 localizaram-se no intervalo de probabilidade de 90%, o que indica que as simulações de risco realizadas refletem a realidade, ou seja, a faixa de resultados estabelecida em função dos riscos considerados manteve coerência com a realidade observada. Dessa forma, pode ser utilizada com maior confiança para prever resultados futuros.

O maior nível de risco foi observado no cultivo de milho safrinha e trigo em Cascavel (PR) e milho safrinha com braquiária em Uberaba (MG) e Araguaína (TO). Araguaína (TO), área de expansão da fronteira na produção de grãos no Brasil, foi a localidade com o mais elevado nível de risco, com probabilidade de lucro zero variando de 50% a 67% entre os cultivos. Este resultado pode estar associado a aspectos locais, como restrição do potencial de receita pela limitação da produtividade, incertezas geradas por possíveis quebras de produção em virtude de sistemas produtivos menos resilientes e elevados preços de aquisição de insumos essenciais para os cultivos do sistema de produção.

A cultura da soja apresentou lucro líquido positivo em todas as localidades, na safra 2017/2018, com nível de risco relativamente moderado, sendo a cultura de maior estabilidade econômica nos sistemas de produção.

No custo de produção, foram consideradas como variáveis de incerteza os preços dos insumos químicos e biológicos. Outros componentes do custo, como mão-de-obra e serviços mecanizados, não foram incluídos na simulação devido à indisponibilidade de dados secundários ou de parâmetros conhecidos. Variáveis associadas à gestão das propriedades também não foram consideradas no estudo. A inclusão destes fatores em estudos futuros, com informações coletadas *in loco*, é uma alternativa para aprimorar o conhecimento sobre as incertezas e, conseqüentemente, quantificar os riscos relativos aos sistemas de produção.

A análise de sensibilidade indicou a produtividade como o fator de risco de maior impacto para os resultados nos cultivos de milho, sorgo e trigo, enquanto preço foi o fator determinante para o risco econômico da soja. Este padrão foi observado principalmente nas regiões tradicionais na produção de grãos, como Querência (MT), Cascavel (PR) e Uberada (MG). Em Araguaína (TO), o preço foi determinante em todos os cultivos, enquanto em Balsas (MA) e Paragominas (PA) foi a produtividade que mais influenciou os resultados. Dentre os insumos, semente e adubo alternaram a posição em importância para os resultados simulados.

A expectativa é que o estudo realizado, ao demonstrar o nível de risco envolvido em sistemas de produção nas diferentes localidades, corrobore a necessidade de adoção de medidas mitigadoras e auxilie o Governo Federal na elaboração de política agrícola e pecuária, sobretudo no que se refere à oferta de linhas de financiamentos para custeio da produção e infraestrutura produtiva, incluindo máquinas, equipamentos e armazéns. É importante que as instituições financeiras ofereçam aos agricultores instrumentos mais adequados para mitigar os riscos do negócio agrícola, como seguro da produção alinhado aos sistemas produtivos e linhas de financiamentos para práticas de manejo que combatam os principais riscos que acometem as culturas.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Gestão de Riscos: princípios e diretrizes*. NBR ISO 31000, 2009.
- ALVES, E.; SOUZA, G.S.; OLIVEIRA, A.J. Análise de risco em sistemas de produção agrícola: uma abordagem heurística. *Revista de Política Agrícola*. Brasília, v.15, n.2, p. 69-80, abr/mai/jun. 2006.
- ARÊDES, A.F.; PEREIRA, M.W.G. Análise econômica da produção de café arábica: um estudo de caso com simulação de Monte Carlo para sistema de baixa e alta produtividade. *Informações Econômicas*. São Paulo, v.38, n.4, p. 19-30, abr. 2008.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. *Série Histórica das Safras*. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 22 abr. 2019.
- DEBERTIN, D. L. *Agricultural Production Economics*. New York: Macmillan Co., 1986.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil 2014. *Sistemas de Produção*. Londrina: Embrapa Soja, out. 2013. 265p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95489/1/SP-16-online.pdf>>. Acesso em: fev. 2019.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Food Outlook: Biannual Report on Global Food Markets*. Rome, 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca4526en/ca4526en.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2019

FARIAS, J. R. B.; et al. Efeito de regimes pluviométricos sobre o rendimento de grãos de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. *Agrometeorologia, agroclimatologia e agronegócio: resumos*. Campinas: Unicamp, 2005. 156 p.

GONÇALVES, S.L.; SIBALDELLI, R.N.R. Riscos climáticos e viabilidade econômica da produção de soja no sul do Rio Grande do Sul. *Comunicado Técnico* 94. Londrina, jul. 2018. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1094511/1/COMUNICADOTECNICO94.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

HIRAKURI, M. H.; et al. A cultura da soja no Brasil e Metodologia utilizada para diagnóstico. In: HIRAKURI, M. H.; et al. (Ed.). *Diagnóstico da produção de soja na macrorregião sojícola 5*. Londrina: Embrapa Soja, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/189911/1/p-11-22-Doc405-OL.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção Agrícola Municipal-PAM/IBGE*. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>>. Acesso em: 13 jul. 2020.

LAZZAROTTO, J. J.; et al. A. Relação entre a diversificação agropecuária e os riscos de mercado. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, v. 19, n. 1, p. 49-62, jan/fev/mar. 2010.

LIMA, M. A.; ALVES, B. J. R. Vulnerabilidades, impactos e adaptação à mudança do clima no setor agropecuário e solos agrícolas. *Parcerias Estratégicas*. Brasília, v. 13, n.27, p.73-110, 2008.

MACHADO NETO, A. S.; et al. Costs, viability and risks of organic tomato production in a protected environment. *Rev. Ciênc. Agron.* Fortaleza, v. 49, n. 4, p. 584-591, Out/Dez. 2018. DOI <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180066>. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902018000400584&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 abr. 2019.

MATSUNAGA, M.; et al. A. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. *Agricultura em São Paulo*. São Paulo, v.23, n.1, p.123-139, 1976. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=11566>>. Acesso em: 21 fev. 2018.

MIGUEL, F.B.; et al. Análise da rentabilidade e risco na produção de cana de açúcar na região norte do estado de São Paulo sob dois tipos de arranjos contratuais. *Revista Energia na Agricultura*. Botucatu, v. 26, n 1, p.21-38, 2011. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2011v26n1p21-38>. Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/143>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

NORONHA, J. F. *Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1987. 269 p.

OSAKI, M.; et al. Risks associated with a double-cropping production system - a case study in southern Brazil. *Scientia Agricola*. Piracicaba, v. 76, n. 2, p. 130-138, abr. 2019. DOI <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2017-0191>. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162019001200130&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 mai. 2019.

PALISADE CORPORATION. *Manual do usuário @RISK: Add-in do Microsoft Excel para simulação e análise de risco*. Ithaca, versão 5.7, set. 2010.

PINDYCK, R.S.; RUBINFELD, D.L. *Microeconomia*. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 1999.

TAMBORLIN, A.L.B.; MONTEIRO, R.M.; DOS SANTOS, C.B. Análise e risco de crédito em instituições financeiras. *Revista de Ciências Ambientais e Saúde*. Goiânia, v. 42, n. 2, p.225-233, abr/jun. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18224/est.v42i2.4020>. Disponível em: <<http://seer.pucgoias.edu.br/index.php/estudos/article/view/4020/2323>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

SEGURA, L.C.; MOLINI L.; FERREIRA, C. Análise de crédito: um estudo exploratório sobre a sua aplicação nos setores industrial e financeiro. *Revista Eletrônica do Departamento de Ciências Contábeis & Departamento de Atuária e Métodos Quantitativos (REDECA)*. São Paulo, v. 3, n. 2, p.58-76, 2016. DOI: <https://doi.org/10.23925/2446-9513.2016v3i2p58-76>. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/redeca/article/view/30619/21750>>. Acesso em: 23 jul. 2020.