

Otimização econômica com análise de riscos na produção agrícola de uma propriedade rural familiar do oeste paranaense

Economic optimization with risk analysis in agricultural production of a family farm in of west of Paraná

Eduardo Gasparin¹, José Airton Azevedo dos Santos², Levi Lopes Teixeira³, Paulo Sergio Graziano Magalhães⁴

RESUMO

Os produtores agrícolas, buscando atender as expectativas do mercado, direcionam sua produção a poucas culturas agrícolas. Embora esta estratégia aparente-se vantajosa em relação a melhor remuneração de uma produção de maior qualidade, obriga os produtores a alocarem todos os recursos disponíveis em um único investimento, colocando em risco a sua capacidade financeira ou até mesmo a subsistência familiar em caso de quebra de safras. Em razão disto, buscou-se através de informações sobre o histórico econômico das atividades agrícolas, do clima da região em estudo e da situação econômica e operacional dos produtores, adaptar o Modelo de Minimização de Desvio Absoluto (MOTAD) às condições dos produtores familiares do Oeste paranaense. A partir da coleta de dados, propuseram-se quatro diferentes cenários produtivos, dissemelhantes entre si em relação ao número de culturas e aos tratos culturais necessários, obtendo em uma primeira análise, a combinação de atividades que maximiza o retorno financeiro, sem a consideração do risco associado. Na sequência, a partir da aplicação do MOTAD adaptado confeccionou-se onze planos produtivos para cada um dos cenários propostos, obtendo para cada nível de renda esperada, a combinação ótima que minimiza os riscos. Dos resultados, destaca-se que o cenário que abrange o cultivo de hortaliças, tubérculos e frutíferas apresentou valores de rentabilidade até 539% do atualmente obtido na propriedade rural, com risco associado proporcionalmente inferior e retorno sobre investimento de 198%.

Palavras-chave Planejamento agrícola; MOTAD; Análise de risco.

RESUMO

Agricultural producers, seeking to meet market expectations, direct their production to a few agricultural crops. Although this strategy appears to be advantageous in terms of better remuneration for higher quality production, it forces producers to allocate all available resources in a single investment, putting their financial capacity or even family subsistence at risk in the event of a bankruptcy. For this reason, an effort was made to adapt the Absolute Deviation Minimization Model (MOTAD) to the conditions of family producers in the region through information on the economic history of agricultural activities, the climate of the region under study and the economic and operational situation of the producers. Western Paraná. From the data collection, four different production scenarios were proposed, dissimilar to each other in relation to the number of cultures and the necessary cultural treatments, obtaining in a first analysis, the combination of activities that maximizes the financial return, without considering the associated risk. Subsequently, from the application of the adapted MOTAD, eleven production plans were created for each of the proposed scenarios, obtaining, for each level of expected income, the optimal combination that minimizes risks. From the results, it is highlighted that the scenario that includes the cultivation of vegetables, tubers and fruit trees presented profitability values up to 539% of the currently obtained in the rural property, with proportionally lower associated risk and return on investment of 198%.

Keywords: Agricultural planning; MOTAD; risk analysis.

¹ Mestre em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio (PPGTCA - UTFPR). E-mail: eduardogasparin@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-5876-2695>

² Doutor em Engenharia Elétrica. Docente do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio (PPGTCA). Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). E-mail: airton@utfpr.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2568-5734>

³ Doutor em Métodos Numéricos em Engenharia. Docente do Curso de Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). E-mail: levilopes@utfpr.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8879-0304>

⁴ Doutor em Engenharia Agrícola. School of Agricultural Engineering, Professor convidado da UTFPR E-mail: graziano@g.unicamp.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5374-3591>

1. INTRODUÇÃO

Defronte a grande variedade de culturas, preços e produtividades, constantemente os produtores agrícolas ficam a mercê de inconsistências de sua renda, fato este intrinsecamente vinculado à interação dos sistemas de produção agrícola com as condições climáticas prevaletentes, as políticas setoriais e as instituições relacionadas (HAZELL E NORTON, 1986). Em razão da maior competitividade e do padrão tecnológico imposto com a modernização agrícola, os agricultores voltaram suas atenções à especialização em poucas culturas, objetivando fornecer um produto de maior qualidade a um mercado que melhor lhe remunere (SAMBUICHI et al., 2014). Souza et al. (2008) destacam que esta estratégia é particularmente perigosa para os pequenos produtores, pois devido aos limitados recursos financeiros que dispõem, em caso de redução acentuada da produtividade ou do preço da cultura implantada, coloca-se em risco não apenas a manutenção das atividades produtivas, mas também a própria subsistência familiar.

Sambuichi et al. (2014) afirmam que a policultura é a alternativa mais indicada para as pequenas propriedades, pois permite um uso mais eficiente das áreas disponíveis e da mão de obra familiar. Também é fundamental a correta determinação das atividades que otimizem a alocação dos recursos financeiros, de modo a atender as expectativas e necessidades desta classe de produtores. Em situações semelhantes a estas, Arenales et al. (2015) recomendam a utilização de modelos matemáticos baseados em programação linear, já que são capazes de correlacionar diferentes restrições e formular soluções bastante eficientes do ponto de vista da alocação de recursos limitados.

Entre os trabalhos relacionados à otimização econômica de propriedades agrícolas, destaca-se os trabalhos de Castro et al. (2013) e Santos e Martins (2015), que buscaram, por meio da programação linear, encontrar as soluções que maximizassem o retorno financeiro de propriedades com características distintas. Em contraponto, Rozakis et al. (2016) e Dill et al. (2014) criticam a metodologia utilizada, destacando que a não consideração de possíveis riscos econômicos e as preferências dos produtores são pontos falhos nos modelos lineares mono objetivo.

Diante da importância dos fatores de risco no planejamento agrícola Mosciaro e Iorio (2013), Osaki e Batalha (2014), Karami (2014) e Wen e Li (2016) empregaram a metodologia de Minimização dos Desvios Absolutos (MOTAD), desenvolvida por Hazell (1971). Os autores apontam que esta metodologia possibilita a consideração da variação histórica da rentabilidade de cada cultura, permitindo ao tomador de decisão analisar, de

modo mais efetivo, a influência do mercado e das condições climáticas nos resultados financeiros de cada plano produtivo.

Neste contexto, o presente trabalho busca fornecer informações quanto à correta alocação dos recursos de propriedades familiares, otimizando os resultados econômicos destas. Para tal fim, dividiu-se o trabalho em duas etapas principais, a primeira buscou encontrar a combinação de atividades que maximizassem o retorno econômico. Em um segundo momento, partindo-se da incerteza quanto à rentabilidade dos produtos agrícolas, introduziu-se a análise de risco por meio do modelo matemático MOTAD, devidamente adaptado ao relacionamento entre as necessidades de cada atividade, os recursos disponíveis e a realidade desta classe de agricultores.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Com base na definição de “Propriedade Familiar” encontrada em Brasil (1964) identificou-se um imóvel com tais características, localizado no município de Medianeira – PR. Neste imóvel, a existência de áreas acidentadas e de proteção ambiental restringe o uso de grande parcela da propriedade para fins econômicos (BRASIL, 2012), permitindo ao proprietário explorar em atividades agrícolas uma área correspondente a 10,56 hectares, o que equivale a 53,75% de todo o imóvel, um valor considerado baixo para os padrões agrícolas da região.

Nesta pequena área de exploração, o produtor procura investir no cultivo de cereais tradicionais, realizando duas safras anuais, cada qual ocupando toda a área disponível à agricultura na propriedade. A safra de verão caracteriza-se pelo cultivo exclusivo da soja, enquanto que a safra de inverno pelo cultivo exclusivo de milho. Portanto, a propriedade está voltada à produção de grãos. Segundo o produtor esta escolha justifica-se pelo bom desempenho produtivo advindo: da adaptação das culturas ao clima local, dos valores de mercado destas, do conhecimento adquirido nas experiências anteriores e das informações disponibilizadas pela cooperativa de produtores local. Embora, possua alguns equipamentos, não existe total autonomia na realização das atividades agrícolas, por vezes recorrendo à contratação de terceiros para tarefas que necessitam equipamentos com grande valor agregado.

Com base no descrito sobre a atual seleção de culturas, nas séries históricas disponibilizadas pelo Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES (2016) e no trabalho de Oliszeski (2011), pode-se calcular a atual renda bruta da propriedade e a ocupação de mão de obra, Tabela 1.

Tabela 1. Atual resultado econômico da propriedade.

Cultura	Renda Obtida [US\$ 1000,00]	Área [ha]	Homem-Hora [hr]	Safra
Soja	14,04	10,56	148,90	Verão
Milho	9,48	10,56	264,00	Inverno
Total	23,52	10,56	412,90	-

Pode-se observar, que a mão de obra, necessária ao desenvolvimento das atividades agrícolas, equivale a dez semanas de trabalho para todo o ano, considerando a carga horária de trabalho semanal de 44 horas, conforme recomendação de Brasil (1943). A alocação ineficiente deste recurso reflete no pouco valor agregado ao produto comercializado e a baixa rentabilidade da propriedade, obrigando assim que parte da mão de obra familiar seja disponibilizada no mercado de trabalho, exercendo atividades esporádicas, com remuneração diária e pouca ou nenhuma garantia de demanda.

Coleta de Dados:

Para a resolução do problema, buscou-se na literatura informações sobre a realidade climática e econômica da região de estudo, bem como a definição do conjunto de cultivares agrícolas com capacidade de gerar resultados economicamente positivos, diante das restrições impostas pelas características da propriedade. Para que o potencial produtivo possa ser maximizado, é necessário conhecer e identificar as espécies vegetais adequadas para a região de estudo. O Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR (2016c) disponibiliza por meio do zoneamento agrícola, informações sobre as regiões com as condições adequadas para o cultivo de culturas anuais e perenes, assim como suas melhores épocas de semeadura. Com estas informações disponíveis em forma de mapas e em catálogos técnicos, possibilitou-se selecionar as culturas viáveis e determinar o período de cada uma destas no calendário anual, reduzindo consideravelmente o risco associado ao padrão climático.

Catalogou-se as culturas viáveis para a região de estudo em três distintos grupos, os dois primeiros referentes às culturas de período vegetativo de inverno ou de verão, e o terceiro grupo com culturas de período vegetativo anual, Tabela 2.

Tabela 2. Lista de cultura por período vegetativo.

Período Vegetativo	Cultura
Verão	Tomate, Melancia, Melão, Amendoim, Soja, Girassol, Arroz, Sorgo-grão, Cebola, Batata, Batata Doce, Feijão Carioca, Feijão Preto e Milho.
Inverno	Alho, Trigo, Aveia, Ervilha Seca, Cebola, Batata, Batata Doce, Feijão Carioca, Feijão Preto e Milho.
Anual	Abacaxi, Banana, Mandioca, Uva, Abacate, Maçã, Laranja e Limão.

Fonte: Adaptado de IAPAR (2016c).

Finalizada a seleção das culturas, buscou-se na literatura informações sobre os insumos necessários ao cultivo destas. De início abordou-se o consumo hídrico das culturas, sendo sua quantificação de grande importância na correta combinação das atividades. De acordo com Allen et al. (1998), é possível estimar a necessidade hídrica de cada cultura (ET_c) a partir do produto do Coeficiente Técnico (K_c) e da Evapotranspiração de Referência (ET_o). Os autores também disponibilizam diversos K_c, sendo referência para o presente trabalho. Já a ET_o, é definida por Wilm et al. (1944) como a ocorrência conjunta dos processos de evaporação da água contida no solo e da transpirada pelas plantas, é um evento climático e como tal, para ser definido, depende das características da região estudada. Atualmente, adota-se como referência para estimar a ET_o, o método de Penman-Monteith padronizado, pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), no boletim 56 (ALLEN et al., 1998). No entanto, tal método demanda grande número de variáveis meteorológicas, o que limita sua aplicação em regiões sem o padrão tecnológico adequado (MORAIS et al., 2015).

Dentre os vários métodos alternativos para determinar a ET_o, o método de Hargreaves-Samani merece destaque pela sua precisão e simplicidade (VALLORY et al.; 2016; LACERDA e TURCO; 2016). A partir dos dados de Radiação Solar Global Extraterrestre (R_a), temperatura média (T_{med}), mínima (T_{min}) e máxima (T_{max}) do ar, a ET_o pode ser calculada, em mm, por meio da Equação 1:

$$ET_o = 0,0023(T_{med} + 17,8) * \sqrt{T_{max} - T_{min}} * R_a \quad (1)$$

As informações necessárias ao cálculo da ET_o, Tabela 3, foram obtidas em IAPAR (2016a, 2016b), sendo a Radiação Solar Global Extraterrestre aferida e tabelada para diferentes latitudes terrestres. Os dados relacionados à temperatura do ar resultam de quinze anos de coletas diárias, fornecendo assim valores confiáveis sobre o padrão climático anual da região onde esta localizada a propriedade. A conclusão desta etapa

possibilitou obter as informações necessárias para formulação da relação entre a demanda hídrica das culturas e a disponibilidade do recurso na propriedade.

Tabela 3. Dados climático mensais necessários para estimação da ETo.

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
T _{min} [°C]	21,2	20,6	19,6	17,4	14,3	12,1	11,5	12,7	14,4	17,1	18,8	20,4
T _{max} [°C]	31,8	31,1	30,6	27,6	24,2	22,1	22,4	24,7	26,1	28,7	30,7	31,5
T _{med} [°C]	26,5	25,9	25,1	22,5	19,3	17,1	17,0	18,7	20,3	22,9	24,8	26,0
Ra [mm]	17	15,9	14	11,5	9,5	8,3	8,8	10,5	12,9	15	16,5	17,2

Fonte: Adaptado de IAPAR (2016a, 2016b).

A partir do trabalho de Oliszeski (2011) e dados da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2017) obteve-se as informações referentes à quantidade necessária de força de trabalho e os custos de produção de cada cultura. Já as informações relativas ao desempenho econômico do setor agrícola no período de 1994 a 2014, foram obtidas na base de dados do IPARDES (2016), Tabela 4.

Tabela 4. Renda bruta (R. B.) da cultura da soja, período de 1994 a 2014, valores em US\$ 1.000,00 ha⁻¹.

Ano	R.B.												
1994	0,51	1997	0,62	2000	0,38	2003	0,58	2006	0,45	2009	0,84	2012	1,02
1995	0,41	1998	0,47	2001	0,38	2004	0,62	2007	0,74	2010	0,98	2013	1,42
1996	0,58	1999	0,38	2002	0,42	2005	0,44	2008	1,18	2011	1,42	2014	1,33

Fonte: Adaptado de IAPAR (2016).

Com base na afirmação de Oliveira et al. (2015) e do Instituto Brasileiro de Economia (2016), tratou-se os dados obtidos, de modo que a inflação fosse removida do conjunto e as variações restantes pudessem ser abordadas como flutuações reais da rentabilidade das culturas. A partir da Equação 2 e das taxas inflacionárias (i_n) obtidas em Portal Brasil (2017), as rentabilidades anuais (VP) das culturas catalogadas foram normalizadas para o ano base 2014 (VF)

$$VF=VP* \prod_{n=1}^t (1+i_n) \quad (2)$$

A comparação entre os valores originais e os normalizados, Figura 1, reforça a afirmação da necessidade da remoção do efeito inflacionário por meio da normalização.

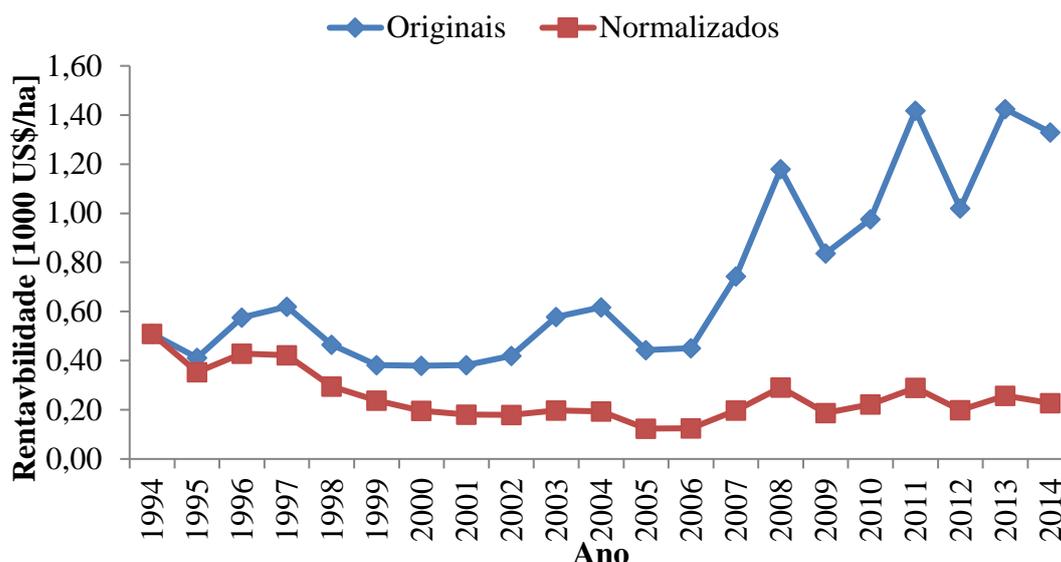


Figura 1. Rentabilidade anual da Soja, de 1994 a 2014, dados originais (IPARDES, 2016) e normalizados

O Modelo Matemático:

É comum encontrar na literatura referências ao uso da programação quadrática na resolução de problemas que levam em consideração o risco da atividade econômica, merecendo destaque o trabalho de Markowitz (1952) aplicado ao mercado financeiro. Hazell (1971) analisou analogamente o processo de tomada de decisão na agricultura, substituindo o conceito de ações do mercado financeiro pelas culturas agrícolas, introduzindo assim o conceito de risco nos modelos de planejamento utilizados pelos produtores rurais. Partindo de modelos de programação quadrática, Hazell (1971) salienta que estes requerem que sejam conhecidos dados relativos à média da renda bruta, da variância e covariância. Porém quando não conhecidos, há a necessidade de estimar estes dados por meio de séries históricas, e por consequência disto, conclui-se que não há nenhuma razão que impeça o uso de outros estimadores, inclusive os lineares, Equação 3.

$$A = \frac{1}{S} \sum_{h=1}^S \left| \sum_{j=1}^n (c_{hj} - \bar{c}_j) x_j \right| \quad (3)$$

Onde: x_j : representa a área ocupada pela cultura (j), em hectares; n : corresponde ao número total de culturas; S : refere-se ao número observações; c_{hj} : renda bruta por hectare da cultura (j) no ano (h) e \bar{c}_j : a renda bruta média por hectare da cultura (j).

Com base nesta formulação de estimadores, o modelo matemático é capaz de mensurar o risco, por meio das variâncias da renda bruta, com qualidade similar aos métodos de programação quadrática, mas com a vantagem de exigir menor esforço computacional pela adoção de pacotes de programação linear, o que segundo Turvey (2005) permite ao agricultor abordar o planejamento considerando número maior de variáveis.

Hazell (1971) mencionou que como o objetivo central no modelo, é obter conjunto eficiente de combinações de atividades que minimize o risco para cada valor da renda bruta esperada, a consideração apenas dos desvios negativos já basta para elaborar os planos produtivos, pois estes representam as reduções históricas nas margens das culturas, fator que realmente impacta nos resultados aos produtores rurais. Deste modo, pode-se substituir a Equação 3, pela soma dos desvios negativos, Equação 4.

$$A = \sum_{h=1}^s y_h^- = \frac{1}{S} \sum_{h=1}^s \left| \sum_{j=1}^n (c_{hj} - \bar{c}_j) * x_j \right|, \text{ se } \sum_{j=1}^n (c_{hj} - \bar{c}_j) * x_j < 0 \quad (4)$$

Assim, o modelo matemático dos desvios absolutos em relação à média, pode ser escrito como um modelo de minimização dos desvios negativos, Equação 5. Sujeito a restrições de não negatividade do desvio anual acumulado na Equação 6; a parametrização do valor esperado da renda bruta, Equação 7; obediência as restrições técnicas, Equação 8; por fim a não negatividade das variáveis, Equação 9.

$$\text{Minimize } \sum_{h=1}^s y_h^- \quad (5)$$

Sujeito às restrições:

$$\sum_{j=1}^n (c_{hj} - \bar{c}_j) * x_j + y_h^- \geq 0, \quad \forall h, h=1 \dots n \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^n c_j * x_j = \alpha, \quad \alpha = 0 \dots \beta \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} * x_j = b_i, \quad \forall i, i=1 \dots m \quad (8)$$

$$x_j, y_h^- \geq 0 \quad (9)$$

Adaptação Necessárias:

Propõem-se, a partir do modelo desenvolvido por Hazell (1971), algumas modificações e ajustes para a representação da realidade na qual está inserida a propriedade em estudo. As modificações mais importantes são alusivas às restrições técnicas, representadas por meio da Equação 8.

A primeira a ser analisada, em seus pormenores, refere-se à quantidade de recursos hídricos disponíveis, sendo considerável neste ponto evidenciar o que Allen et al. (1998) propõem como estimativa de consumo. Com o valor da ETo, pode-se atrelar a necessidade de recursos hídricos de cada cultura com o disponível na propriedade, formulando-se a restrição representada na Equação 10.

$$\sum_{j=1}^n ETo * Kc_j * x_j \leq PH \quad (10)$$

Onde: ETo a evapotranspiração de referência, mediada em mm; Kc_j o coeficiente técnico da cultura (j), adimensional; x_j a área ocupada pela cultura (j) em hectares e PH o quantitativo hídrico total disponível na propriedade, medido em litros e obtido por meio do produto da precipitação média e a área da propriedade.

Outra importante restrição relacionada às características da propriedade refere-se à alocação de área para cada cultura, Equação 11, sendo A_t a área total disponível às culturas.

$$\sum_{j=1}^n x_j \leq A_t \quad (11)$$

Além das limitações impostas pelas características da propriedade, também devem ser consideradas aquelas relacionadas aos recursos humanos e tecnológicos. Considerando que há na propriedade muitos dos equipamentos necessários à mecanização das atividades e também um membro com treinamento e experiência na operação destes. Pode-se associar a quantidade de horas de trabalho mecanizado (Hm_j) e manual (Hh_j) necessárias ao desenvolvimento de cada cultura, por meio da Equação 12, onde T_d representa o total de horas de trabalho disponível. É importante destacar que T_d é o produto entre o número de pessoas empregadas na propriedade, que no caso estudado são dois, e da carga horária de trabalho para cada uma dessas pessoas, seguindo a recomendação de Brasil (1943).

$$\sum_{j=1}^n (Hm_j + Hh_j) * x_j \leq T_d \quad (12)$$

Finalmente, deve-se considerar a alocação de recursos financeiros às atividades. Atualmente, o produtor pode, com o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar, custear a totalidade dos empreendimentos produtivos anuais, até o limite máximo de US\$ 42.500,00 e taxa efetiva de juros de 5,5% a.a (BACEN, 2015). Limitou-se, Equação 13, os investimentos necessários ao desenvolvimento das culturas (I_j) aos recursos que o produtor dispõe para custear suas atividades (RD).

$$\sum_{j=1}^n I_j * x_j \leq RD \quad (13)$$

Adicionando-se ao modelo MOTAD, representado pelas Equações 5 até 9, as Equações 10 a 13 em substituição a Equação 8, obtém-se o modelo adaptado as condições agrícolas da região, abrangendo além do aspecto econômico, as condições climáticas e humanas abordadas no trabalho.

É comum encontrar na literatura a renda bruta sendo representada pelo produto do valor do produto no mercado pela área cultivada, enquanto no presente trabalho optou-se por utilizar o produto do valor de mercado pela produtividade obtida e área cultivada, pois representa com mais fidelidade o resultado econômico das propriedades. A partir deste modelo e de dados históricos puderam-se estimar planos de produção que satisfaçam as necessidades financeiras. Observando a sensibilidade e disponibilidade do produtor quanto ao risco econômico. Vale ainda destacar que os dados e o modelo matemático foram operacionalizados por meio de planilhas eletrônicas, e a solução foi obtida por meio do *Solver* do *Software Excel* (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para uma melhor e mais ampla aplicação do modelo, propôs-se quatro cenários produtivos, buscando-se em cada cenário apresentar um conjunto diferente de culturas viáveis (Tabela 5), levando em consideração o aumento gradual da dissemelhança destas em relação ao atualmente praticado na propriedade. No primeiro cenário buscou-se a diversificação das culturas de cereais com potencial de cultivo, não significando mudanças muito acentuadas nos métodos de trabalho ao qual o agricultor já está adaptado. O segundo

cenário caracterizou-se pela inclusão de hortaliças e tubérculos e de culturas anuais. Neste cenário, duas mudanças impactaram fortemente nas relações de trabalho da atividade produtiva. A primeira refere-se à retenção da área de algumas culturas durante o período correspondente a duas safras, que é o caso da mandioca e do abacaxi. Já a outra se refere ao cultivo de hortaliças, que ao contrário dos cereais, permitem menor índice de mecanização das atividades de manejo, exigindo maior demanda de tempo em atividades manuais.

No terceiro cenário, considerou-se conveniente selecionar as culturas para cada safra separadamente, caso o agricultor tenha preferências em formular planejamentos semestrais na sua propriedade. Desta maneira, este cenário produtivo é composto por duas categorias distintas de culturas, a “A” baseada apenas nas culturas aptas ao cultivo no clima quente, característico da estação de verão, e a “B”, nas culturas aptas ao clima ameno, característico de inverno. De modo que para cada categoria do cenário buscou-se otimizar economicamente o planejamento, com os resultados obtidos sendo combinados para comparar efetivamente os valores anuais

Por fim, no quarto cenário proposto optou-se por permitir ao modelo matemático considerar todas as culturas viáveis, disponibilizadas na Tabela 2, incluindo assim as anuais, hortaliças e frutíferas, em regime de planejamento agrícola anual.

Tabela 5. Culturas consideradas para cada cenário produtivo.

Cenário	Cultura
1º Cenário	Soja, Girassol, Arroz, Sorgo-grão, Feijão Carioca, Feijão Preto, Milho, Trigo, Aveia.
2º Cenário	Tomate, Melancia, Melão, Amendoim, Soja, Girassol, Arroz, Sorgo-grão, Abacaxi, Cebola, Batata, Batata Doce, Mandioca, Feijão Carioca, Feijão Preto, Milho, Alho, Trigo, Aveia, Ervilha Seca.
3º Cenário “A”	Tomate, Melancia, Melão, Amendoim, Soja, Girassol, Arroz, Sorgo-grão, Abacaxi, Cebola, Batata, Batata Doce, Feijão Carioca, Feijão Preto, Milho.
3º Cenário “B”	Alho, Trigo, Aveia, Ervilha Seca, Cebola, Batata, Batata Doce, Feijão Carioca, Feijão Preto, Milho.
4º Cenário	Tomate, Melancia, Melão, Amendoim, Soja, Girassol, Arroz, Sorgo-grão, Abacaxi, Cebola, Batata, Batata Doce, Mandioca, Feijão Carioca, Feijão Preto, Milho, Alho, Trigo, Aveia, Ervilha Seca, Banana, Uva, Abacate, Maçã, Laranja, Limão.

A partir de um modelo linear, similar ao proposto por Oliszeski (2011), determinou-se o plano de rentabilidade máxima, aquele cuja seleção das culturas maximize a renda bruta anual da propriedade sem considerar o risco, Tabela 6. Vale-se destacar que em

todos os cenários analisados a renda obtida foi superior ao atualmente praticado na propriedade, que corresponde US\$ 23.520,00.

Tabela 6. Resultados da maximização da renda bruta.

	1º Cenário	2º Cenário	3º Cenário	4º Cenário
Renda Obtida [US\$1000,00]	34,11	113,52	113,19	126,91
Custo total [US\$1000,00]	21,22	42,50	42,50	42,50
Lucro [US\$1000,00]	12,89	71,02	70,69	84,41
Variância [US\$1000,00]	19,75	84,30	95,29	97,89
Área ocupada Inverno [ha]	10,56	10,56	10,56	10,56
Área ocupada Verão [ha]	10,56	10,56	10,56	10,56
Hora Alocadas	962,01	4576,00	4557,85	4576,00

A inclusão de tubérculos e hortaliças modifica as relações de trabalho. Os cenários que consideraram a inclusão destas culturas apresentaram um acentuado quantitativo de horas necessárias ao seu desenvolvimento. Chegando, no segundo e quarto cenário, a ocupar todo o quantitativo disponível na propriedade familiar, Tabela 6.

A partir da aplicação do modelo MOTAD adaptado, buscou-se minimizar os riscos associados às variações da renda bruta, estes decorrentes de flutuações na rentabilidade das culturas. Para cada cenário elaborou-se onze planos produtivos, denominados pelas letras A até K, fixando a renda bruta a frações decrescentes do resultado disposto na Tabela 6 e obtendo através do modelo a combinação ótima de atividades que minimiza o risco associado. O plano denominado “Max” refere-se ao valor da renda bruta maximizada sem consideração do risco na sua obtenção, Tabela 6. Vale alertar que a redução do retorno desejado se limitou a um piso equivalente a dois salários mínimos mensais para cada membro da família proprietária. No gráfico da Figura 2, estão plotados os valores totais do risco de cada plano produtivo para os cenários propostos.

Quando os cenários são comparados em relação ao risco absoluto medido, o primeiro cenário merece destaque, devido ao baixo valor registrado em todos os planos. Porém, é importante observar que embora o risco deste seja muito inferior, a sua renda bruta também o é, Figura 2. Assim, faz-se necessário analisar a porcentagem que o risco econômico representa na renda bruta anual, Figura 3.

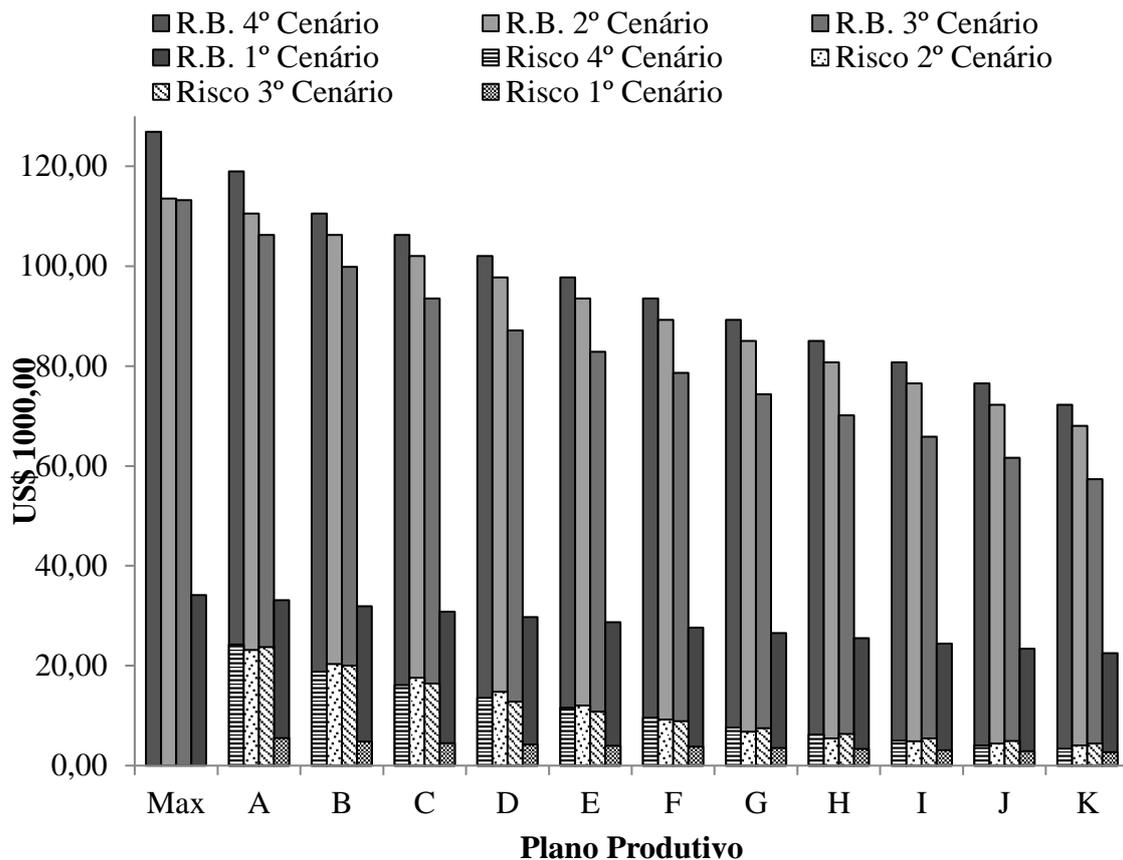


Figura 2. Evolução da renda bruta (R.B.) e do risco econômico dos planos produtivos propostos aos diferentes cenários

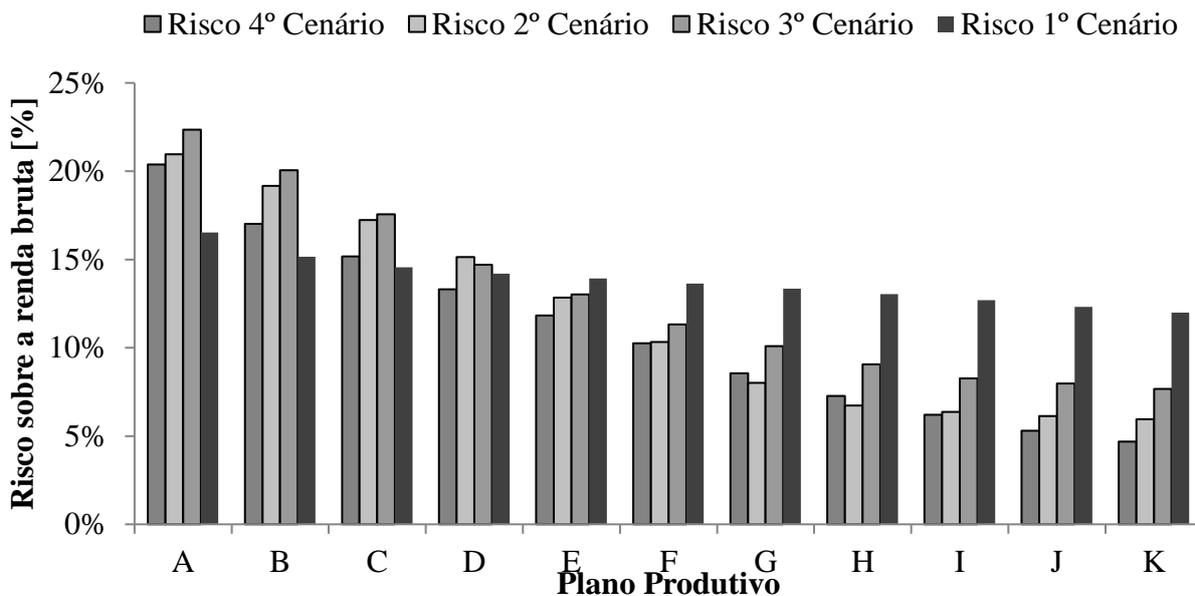


Figura 3. Representatividade do risco em função da renda bruta

Da análise da representatividade do risco, observa-se que primeiro cenário mostrou uma redução mísera do risco ao longo da elaboração dos planos produtivos, sendo o melhor apenas nos três primeiros planos, os planos A, B e C. Já os que demonstraram maiores valores absolutos no gráfico da Figura 2, obtiveram resultados bastante satisfatórios ao longo da aplicação do MOTAD. É importante observar com base na Tabela 5 e nos resultados, Figura 2 e Figura 3, que os cenários propostos que apresentam o maior número de culturas disponíveis, resultaram em riscos proporcionalmente menores, do que aqueles que impuseram restrições ao cultivo de qualquer espécie vegetal apta a região do estudo.

Este resultado é explicado pela afirmação de Markowitz (1952) sobre a seleção de uma carteira ótima de investimento. O autor concluiu em seu trabalho, que o método mais eficiente de reduzir o risco dos investimentos é a diversificação, não alocando demasiados recursos em única oportunidade, mas distribuído ponderadamente em diversas opções. Embora o presente trabalho não se refira exatamente à seleção de carteira de investimento, o MOTAD tem suas origens na hipótese que a escolha das culturas agrícolas pode ser considerada análoga ao proposto para o mercado financeiro, pois em ambos a incerteza dos resultados ronda os investimentos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados, do presente trabalho, indicam que a diversificação das atividades agrícolas resulta não apenas em melhores rendimentos financeiros, mas em menores riscos econômicos, já que segundo Souza et al. (2008), as crises no setor agrícola dificilmente atingem de maneira igualitária todos os produtos de origem agrícola.

Vale destacar que modelo aqui proposto não se restringe a propriedade estudada, sendo os resultados, demonstrativos de que políticas públicas podem ser implantadas na agricultura familiar, ampliando consideravelmente a renda das pequenas propriedades da região, oferecendo maior número de empregos e a possibilidade da permanência de pequenos agricultores e de seus familiares na propriedade, sem implicar em investimentos demasiadamente pesados para o orçamento familiar.

Finalmente, conclui-se que o modelo proposto é eficiente em levar aos produtores informações sobre o planejamento agrícola, auxiliando o desenvolvimento de estratégias produtivas com o cientificismo e técnica necessária ao moderno mercado agrícola, necessitando para tal apenas ajustes às condições da região estudada.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998. 310 p. **Irrigation and Drainage Paper**, 56.
- ARENALES, M. N., ARMENTANO, V. I., MORABITO, R., YANASSE, H. H. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2015. xvii, 523 p.
- BACEN – BANCO CENTRAL DO BRASIL. **FAQ - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – Pronaf**. 2015. Disponível em <https://www.bcb.gov.br/pre/bc_atende/port/PRONAF.asp>. Acesso em 22 out. de 2016.
- BRASIL. Decreto-Lei n.º 5.452, de 1º de maio de 1943. Consolidação das Leis do Trabalho.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.
- CASTRO, F. S. F.; GAMEIRO, A, H.; GOMIDE, C. A.; FORMIGONI, I. B. Aplicação de modelo matemático para otimização da integração entre agricultura e pecuária. **III Simpósio de Sustentabilidade e Ciência Animal**; 2013; Universidade de São Paulo - Campus Pirassununga. Pirassununga. Disponível em <http://www.sisca.com.br/resumos/SISCA_2013_104.pdf>. Acesso em 18 ago. de 2016.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de Produção**. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1546&t=2>>. Acesso em 02 jun. de 2017.
- DILL, R. P., SOTHÉ, A., ANES, C. E. R., & DA SILVA, D. A. R.. Fronteira de eficiência econômica em condições de risco utilizando o modelo MOTAD: um estudo de caso em uma empresa agrícola no noroeste do estado do rio grande do sul. **Revista Estudo & Debate**, v. 21, n. 1, 2014.
- HAZEL, P. B. R. A Linear Alternative to Quadratic and Semi Variance Programming for Farm Planning Under Uncertainty. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 53, n. 1, p. 53-62, 1971. Disponível em <www.jstor.org/stable/3180297>. Acesso em 21 set. de 2016.
- HAZEL, P.B.R.; NORTON, R.D. Risk in the farm model. **Mathematical programming for economic analysis in agriculture**, Macmillan, London, p. 76-110, 1986.
- IAPAR,– INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Médias Históricas – **Estação de São Miguel do Iguçu**. 2016a. Disponível em <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Sao_Miguel.htm>. Acesso em 20 set. de 2016.
- IAPAR,– INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Tabela de Radiação Solar Global Extraterrestre**. 2016b. Disponível em <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/radiacao_solar.pdf>. Acesso em 20 set. de 2016.

IAPAR, – INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Zoneamento Agrícola**. Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1044>>. Acesso em 20 set. de 2016c.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA – IBRE. **Índices Gerais de Preços**. 2016. Disponível em <<http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumChannelId=402880811D8E34B9011D92B6160B0D7D>>. Acesso em 23 set. de 2016.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Base de Dados do Estado**. 2016. Disponível em <<http://www.ipardes.pr.gov.br/imp/index.php>>. Acesso em 06 ago. de 2016.

KARAMI, A. A multi period programming model for farm planning under uncertainty: a farm-level analysis in Fars Province of Iran. **Advances in Environmental Biology**, p. 180-185, 2014.

LACERDA, Z. C.; TURCO, J. E. P. Comparação de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), para Uberlândia-MG. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 1, 2016.

MARKOWITZ, H. Portfolio selection. **The journal of finance**, v. 7, n. 1, p. 77-91, 1952.

MORAIS, J. E. F., SILVA, T. G. F., DE SOUZA, L. S. B., SOELMA, M., DE MOURA, B., DA SILVA DINIZ, W. J. SOUZA, C. A. A. Avaliação do Método de Penman Monteith FAO 56 com Dados Faltosos e de Métodos Alternativos na Estimativa da Evapotranspiração de Referência no Submédio Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 6, p. 1644-1660, 2015. Disponível em <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/viewArticle/1521>>. Acesso em 11 mai. de 2017

MOSCIARO, M.; IORIO, C. Tendency of production decisions of the farmers of the Southeast Pampa region in Argentina under uncertainty conditions. In: **Methods and Procedures for Building Sustainable Farming Systems**. Springer Netherlands, 2013. p. 259-269.

OLISZESKI, C. A. N.. Modelos de planejamento agrícola: um cenário para otimização de processos agroindustriais. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Ponta Grossa, 2011.

OLIVEIRA, S.; DE SOUZA TURCO, L. A.; PEREIRA, J. A.M. Um estudo sobre o sistema de metas de inflação e sua execução no período do plano real. **Anais do SEPE-Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFFS**, v. 5, n. 1, 2015.

OSAKI, M.; BATALHA, M. O. Optimization model of agricultural production system in grain farms under risk, in Sorriso, Brazil. **Agricultural Systems**, v. 127, p. 178-188, 2014.

PORTAL BRASIL. **Índice Geral De Preços Do Mercado - IGP-M**. 2017. Disponível em <<http://www.portalbrasil.net/igpm.htm>>. Acesso em 23 mai. de 2017.

ROZAKIS, S.; SINTORI, A.; TSIBOUKAS, K. Estimating utility functions of Greek dairy sheep farmers: A multicriteria mathematical programming approach. **Language**, v. 13, n. 1, p. 111-120, 2016.

SAMBUICHI, R. H. R., GALINDO, E. P., OLIVEIRA, M. A. C., PEREIRA, R. M. A diversificação produtiva como forma de viabilizar o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar no Brasil. **Brasil em Desenvolvimento**, p. 61-84, 2014.

SANTOS, N. C. B.; MARTINS, V. W. B. Programação linear como ferramenta à maximização de receitas—estudo de caso de uma fazenda de produção agrícola. **XXII Simpósio de Engenharia de Produção**. 2015. Bauru-SP.

SOUZA, P. M. D.; FERREIRA, V. R.; PONCIANO, N. J.; BRITO, M. D. N. Otimização econômica, sob condições de risco, para agricultores familiares das regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa operacional**, v. 28, n. 1, p. 123-139, 2008.

TURVEY C.G.; ESCALANTE C.L.; NGANJE, W., Developments in portfolio management and risk programming techniques for agriculture. **Agriculture Finance Review**, p. 219-244, 2005. Disponível em <<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/00214660580001174>>. Acesso em 02 set. de 2016.

VALLORY, N. D.; DOHLER, R. E.; CECÍLIO, R. A.; ZANETTI, S. S. Métodos empíricos para estimativa da evapotranspiração de referência no estado do rio de janeiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 10, n. 2, p. 576-585, 2016.

WEN, D.; LI, J. Optimization of facility crop combinations based on the target-MOTAD improved model. **Journal of China Agricultural University**, v. 4, p. 017, 2016.

WILM, H. G., THORNTHWAITE, C. W., COLMAN, E. A., CUMMINGS, N. W., CROFT, A. R., GISBORNE, H. T., S. T. HARDING, A. H. HENDRICKSON, M. D. HOOVER, I. E. HOUK, J. KITTREDGE, C. H. LEE, C. G. ROSSBY, T. SAVILLE, C. A. TAYLOR. Report of the committee on transpiration and evaporation, 1943–44. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 25, n. 5, p. 683-693, 1944. Disponível em <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/TR025i005p00683/full>>. Acesso em 08 jun. de 2017.