



**FÓRUM INTERNACIONAL ON-LINE DE EMPREENDEDORISMO E INOVAÇÃO NO AGRO**  
**07 a 09 de dezembro de 2020**

---

**Modelo de simulação para avaliação econômica de sistemas integrados de produção agropecuária**

Gustavo Lineu Sartorello<sup>1\*</sup>, Oscar Alejandro Ojeda-Rojas<sup>1</sup>, José Carlos de Oliveira Júnior<sup>2</sup>, Flávia Fernanda Simili<sup>3</sup> e Augusto Hauber Gameiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Análises Socioeconômicas e Ciência Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo

<sup>2</sup>Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo

<sup>3</sup>Instituto de Zootecnia /APTA, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

\*gsartorello@gmail.com

**Resumo:** As previsões de crescimento da população mundial apontam que em 2050 serão mais de 10 bilhões de pessoas, conforme relatório divulgado e atualizado pela FAO (2017 e 2009). Isso tem motivado o aumento de produtividade agrícola e pecuária pelo avanço tecnológico e melhor gestão dos recursos produtivos em todo o mundo. No entanto, suprir as necessidades da população no presente, em termos de produção alimentar, sem comprometer a capacidade de produção dos recursos naturais das futuras gerações é condição *sine qua non*. Assim, torna-se relevante entender os benefícios tecno-econômicos dos sistemas integrados de produção agropecuária a partir da elaboração de modelos híbridos de simulação. O objetivo deste estudo foi calcular e comparar os indicadores tecno-econômico de sistemas integrados de produção de milho e de bovinos de corte e monocultivos dessas produções a partir de modelo híbrido de simulação.

**Palavras-chave:** agricultura, bovinocultura, custo de produção, iLP

**Abstract:** World population growth forecasts point to more than 10 billion people in 2050, according to a report released and updated by FAO (2017 e 2009). This has motivated the increase in agricultural and livestock productivity through technological advances and better management of productive resources around the world. However, satisfying the needs of the population in the present, in terms of food production, without affecting the production capacity of the natural resources of future generations is a *sine qua non* condition. Thus, it becomes relevant to understand the techno-economic benefits of integrated crop and livestock systems from the elaboration of hybrid simulation models. The aim of this study was to calculate and compare the techno-economic indicators of integrated corn and beef production systems and monoculture of these productions from a hybrid simulation model.

**Keywords:** crop, iCLS, livestock, production cost

## **1. Introdução**

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs) proporciona inúmeros benefícios para o meio ambiente em relação aos sistemas de monocultivos, pois são mais adequados ao que se preza em economia circular. No entanto, ainda se questiona sobre as vantagens econômico-financeiras,



## **FÓRUM INTERNACIONAL ON-LINE DE EMPREENDEDORISMO E INOVAÇÃO NO AGRO**

**07 a 09 de dezembro de 2020**

bem como os benefícios de mais longo prazo entre SIPAs e sistemas de monocultivos (Schiere et al., 2002). Os experimentos para capturar as vantagens nos comparativos deveriam ser conduzidos em prazos superiores aos que são feitos tradicionalmente em monocultivos. Garrett et al. (2020) afirmaram que o apoio de preços e renda para a produção especializada, e programas de seguro subsidiados que protegem os agricultores dos riscos ecológicos, climáticos e de mercado, todos interferem a adoção de sistemas que são mais adequados ambientalmente, como aqueles de produção integradas. Isso confere as produções agropecuárias maior complexidade de organização e comparação.

Os modelos de simulação que utilizam métodos da Pesquisa Operacional (PO) têm reunido diferentes áreas do conhecimento para apoiar decisões nas quais, tradicionalmente, os julgamentos empíricos de experiências representam a base da gestão (Thornley and France, 2007). A PO assume um ponto de vista organizacional para a solução de problemas complexos ao identificar as melhores decisões e construir sistemas produtivos mais eficientes (IFORS, 2019). O progresso na ciência tem proporcionado o desenvolvimento de ferramentas cada vez mais proeminentes nos processos de decisões gerenciais e o aumento do poder da computação e a abundância de dados disponíveis têm impulsionado os modelos a serem mais complexos (Saltelli et al., 2019). Por isso, o objetivo deste estudo foi, a partir de modelo de simulação, calcular e comparar os indicadores tecno-econômico de sistemas integrados de produção de milho e de bovinos de corte e monocultivos dessas produções.

### **2. Material e Métodos**

Os seguintes procedimentos metodológicos foram utilizados para elaboração do modelo híbrido de simulação (MHS), conforme descreveu Brailsford et al. (2019).

- Modelagem conceitual, em que a partir de dados de campo coletados no Centro de Bovinos de Corte do Instituto de Zootecnia do Estado de São Paulo em experimento realizado entre os anos de 2015 e 2017 e mais dados disponíveis da literatura científica especializada foi traduzido ao que acontece no mundo real para o modelo conceitual.
- Implementação do modelo conceitual em computacional, para isso foi utilizado o software AnyLogic® versão 7.1. A propriedade representativa modelada contava com 75 ha úteis para a produção, os quais foram utilizados para agricultura e/ou pecuária.
- Experimentação, que consistiu na verificação dos cenários desejados. Os tratamentos foram produção de milho (M); pecuária, com recria de bovinos em 480 dias de pastejo (P480); sistema integrado de produção anual de milho e bovinos em 78 dias de pastejo (SIPA1) e; produção de milho bianualmente com 443 dias de pastejo entre a produção agrícola (SIPA2).
- Validação operacional, que foi analisar os resultados gerados pelo MHS a partir daqueles dados utilizados de experimento de campo.

### **3. Resultados e Discussão**

A produtividade projetada foi de 197 sacas de 60 quilos de milho por hectare (já descontada umidade) e para bovinos foi 16, 33 e 14 @/ha.ano<sup>-1</sup> para P480, SIPA1 e 2, respectivamente. O período de análise foi de dez anos. Os resultados indicaram que o custo total (CT) por quilo de milho foi menor nos sistemas integrados SIPA 1 e 2 quando comparado com o sistema de produção M, R\$ 0,26/kg e R\$0,48/kg, respectivamente, em que a redução no CT representou 46%, em média.



## FÓRUM INTERNACIONAL ON-LINE DE EMPREENDEDORISMO E INOVAÇÃO NO AGRO

07 a 09 de dezembro de 2020

Tabela 1. Custo total por quilograma de produto produzido nos diferentes cenários de simulação realizados

	M		P480		SIPA1		SIPA2	
CT-milho/kg	R\$	0.48	-		R\$	0.26	R\$	0.26
CT-boi/kg		-	R\$	23.09	R\$	42.41	R\$	11.06
<b>CustoTotal/kg</b>	<b>R\$</b>	<b>0.48</b>	<b>R\$</b>	<b>23.09</b>	<b>R\$</b>	<b>0.80</b>	<b>R\$</b>	<b>0.65</b>

Na bovinocultura o SIPA1 apresentou o maior CT por quilo de carcaça produzida (R\$ 42,41/kg), frente ao P480 e SIPA2, de R\$ 23,09/kg e R\$ 11,06/kg, respectivamente. O maior custo em SIPA1 pode ser explicado pela formação anual de pasto que, mesmo rateando custos com a agricultura, ainda onerou bastante o sistema de produção de bovinos. Enquanto em SIPA2 identificou-se o menor custo devido, muito provavelmente, ao compartilhamento de recursos e custos entre as atividades produtivas milho e boi.

Em estudo para avaliar em condições reais as dimensões ambientais e econômicas dos sistemas de produção em monocultivos agrícolas e pecuários e também em sistemas integrados, Ryschawy et al. (2012) desenvolveram estudo no sudoeste da França – subsídios financeiros aos produtores não foram considerados nas análises para efeito de comparação. Os resultados de custos demonstraram que não houve diferença estatística entre as propriedades de bovinos corte, agricultura e SIPAs.

Em SIPA ocorre a maximização da autonomia e a diversificação da produção, que parecem ser os aspectos mais promissores (Ryschawy et al., 2017). A diversificação de unidades de produtos propicia a lógica da economia de escopo ao combinar diferentes produtos e reduzir os custos fixos do sistema ao ser rateados para todas as atividades produtivas. Na economia de escopo os custos unitários de produção integrada são mais baixos do que quando a produção é separada (Mendonça et al., 2020; Panzar and Willig, 1981).

A gestão da produção agropecuária é qualitativa e quantitativamente confrontada com condições climáticas, disparidades inter-regionais no clima, qualidade do solo, fatores sazonais ao longo do tempo, disponibilidade de capital, entre outros (Weintraub and Romero, 2006). Os modelos bioeconômicos geralmente são conhecidos pela ligação entre as diferentes disciplinas para promover respostas multidisciplinares e multiescalares para um determinado problema. Esse elo não deveria ser apenas uma troca de informações, mas uma integração real em termos conceituais e técnicos. Isso tem duas implicações: primeiro, uma nova abordagem em relação ao posicionamento no corpus científico econômico e agropecuário, e, segundo, o desenvolvimento deveria levar em consideração a especificidade da base conceitual um do outro (Flichman et al., 2011). Portanto, identificar modelos de simulação adequados que contemplem a produção agrícola e pecuária caracteriza-se um desafio.

#### 4. Considerações Finais

Evidencia-se o potencial do compartilhamento de custos das atividades produtivas em sistemas integrados, característica explicada pela Economia de Escopo. Os indicadores técnicos podem ser contestados, pois são muitas as variáveis que impactam as produções vegetais e de bovinos e, por isso, uma grande variedade de combinações torna-se possível. Em relação aos modelos de simulação, se faz necessário desenvolver ferramentas que permita entender o sistema como um todo e que sejam robustas e flexíveis para se fazer várias combinações dos sistemas produtivos. Os modelos de simulação, desde que bem elaborados e com base de dados adequada, têm potencial de fazer boas previsões de resultados e riscos dos sistemas de produção, além de atender profissionais de campo e pesquisadores na academia no planejamento produtivo.

#### 5. Agradecimentos (opcional)



## FÓRUM INTERNACIONAL ON-LINE DE EMPREENDEDORISMO E INOVAÇÃO NO AGRO 07 a 09 de dezembro de 2020

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de doutorado do primeiro autor.

### 6. Literatura citada

- Black, J.L., 2014. Brief history and future of animal simulation models for science and application. *Anim. Prod. Sci.* 54, 1883–1895. <https://doi.org/10.1071/AN14650>
- Brailsford, S.C., Eldabi, T., Kunc, M., Mustafee, N., Osorio, A.F., 2019. Hybrid simulation modelling in operational research: A state-of-the-art review. *Eur. J. Oper. Res.* 278, 721–737. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.10.025>
- FAO, 2017. Food and agriculture data [WWW Document]. URL <http://faostat3.fao.org/> (accessed 6.15.18).
- FAO, 2009. How to feed the world in 2050.
- Flichman, G., Louhichi, K., Boisson, J.M., 2011. Modelling the relationship between agriculture and the environment using Bio-Economic models: some conceptual issues, in: Flichman, Guillermo (Ed.), *Bio-Economic Models Applied to Agricultural Systems*. Springer Netherlands, Dordrecht, p. 220. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1902-6>
- Garrett, R.D., Ryschawy, J., Bell, L.W., Cortner, O., Ferreira, J., Garik, A.V.N., Gil, J.D.B., Klerkx, L., Moraine, M., Peterson, C.A., dos Reis, J.C., Valentim, J.F., 2020. Drivers of decoupling and recoupling of crop and livestock systems at farm and territorial scales. *Ecol. Soc.* 25. <https://doi.org/10.5751/ES-11412-250124>
- IFORS, 2019. What is OR [WWW Document]. URL <https://ifors.org/what-is-or/> (accessed 3.1.20).
- Mendonça, G.G., Simili, F.F., Augusto, J.G., Bonacim, P.M., Menegatto, L.S., Gameiro, A.H., 2020. Economic gains from croplivestock integration in relation to conventional systems. *Rev. Bras. Zootec.* 49. <https://doi.org/10.37496/RBZ4920190029>
- Panzar, J.C., Willig, R.D., 1981. Economies of Scope. *Am. Econ. Rev.* 71, 268–272.
- Russelle, M.P., Entz, M.H., Franzluebbers, A.J., 2007. Reconsidering integrated crop-livestock systems in North America. *Agron. J.* 99, 325–334. <https://doi.org/10.2134/agronj2006.0139>
- Ryschawy, J., Choisis, N., Choisis, J.P., Joannon, A., Gibon, A., 2012. Mixed crop-livestock systems: an economic and environmental-friendly way of farming? *Animal* 6, 1722–1730. <https://doi.org/10.1017/S1751731112000675>
- Ryschawy, J., Martin, G., Moraine, M., Duru, M., Therond, O., 2017. Designing crop–livestock integration at different levels: toward new agroecological models? *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 108, 5–20. <https://doi.org/10.1007/s10705-016-9815-9>
- Saltelli, A., Aleksankina, K., Becker, W., Fennell, P., Ferretti, F., Holst, N., Li, S., Wu, Q., 2019. Why so many published sensitivity analyses are false: A systematic review of sensitivity analysis practices. *Environ. Model. Softw.* 114, 29–39. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.01.012>
- Schiere, J.B., Ibrahim, M.N.M., Van Keulen, H., 2002. The role of livestock for sustainability in mixed farming: criteria and scenario studies under varying resource allocation. *Agric. Ecosyst. Environ.* 90, 139–153. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00176-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00176-1)
- Thornley, J.H.M., France, J., 2007. *Mathematical models in agriculture : quantitative methods for the plant, animal and ecological sciences*. CABI Pub, Oxon.
- Weintraub, A., Romero, C., 2006. Operations Research Models and the Management of Agricultural and Forestry Resources: A Review and Comparison. *Interfaces (Providence)*. 36, 446–457. <https://doi.org/10.2307/20141426>