

Evento: X Seminário de Inovação e Tecnologia  
ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável

## UMA PROPOSTA INOVADORA PARA AJUSTE DA DENSIDADE DE SEMEADURA DA AVEIA PELO EMPREGO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL<sup>1</sup>

### AN INNOVATIVE PROPOSAL FOR ADJUSTING THE OAT SEEDING DENSITY BY THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

**Natiane Carolina Ferrari Basso<sup>2</sup>, Claudia Vanessa Argenta<sup>3</sup>, Ester Mafalda Matter<sup>4</sup>, Julio Daronco Berlezi<sup>5</sup>, Leonardo Norbert<sup>6</sup>, José Antonio Gonzalez da Silva<sup>7</sup>**

<sup>1</sup> Pesquisa institucional desenvolvida no Departamento de Estudos Agrários-DEAg/UNIJUÍ

<sup>2</sup> Estudante de Agronomia/bolsista PIBITI/UNIJUÍ, DEAg/UNIJUÍ, natianeferrari@gmail.com

<sup>3</sup> Estudante de Agronomia/bolsista PIBIC/CNPq, DEAg/UNIJUÍ, claudia\_argenta@yahoo.com

<sup>4</sup> Estudante de Agronomia/bolsista PIBIC/CNPq, DEAg/UNIJUÍ, estermafaldamatter@gmail.com

<sup>5</sup> Estudante de Agronomia/bolsista PIBITI/CNPq, DEAg/UNIJUÍ, julio.berlezi28@hotmail.com

<sup>6</sup> Estudante de Agronomia/bolsista PROBIC/FAPERGS, DEAg/UNIJUÍ, norbert.leonardo6@gmail.com

<sup>7</sup> Professor orientador, DEAg/UNIJUÍ, jagsfaem@yahoo.com.br

## INTRODUÇÃO

A expressão de componentes de rendimento da aveia branca está associada às técnicas de manejo, entre elas, a população de plantas, disponibilidade de nutrientes, controle fitossanitário entre outros (SILVA et al., 2012). A produtividade da aveia é dependente da população de plantas, portanto, a densidade de semeadura influencia de forma direta o número de espigas e/ou panículas produzidas por área (CASTRO et al., 2012). Atualmente a densidade de semeadura recomendada para aveia é de 200 a 300 sementes viáveis m<sup>-2</sup> em um espaçamento entre linhas ao redor de 20 cm (INDICAÇÃO TÉCNICA AVEIA, 2014). No entanto, o contínuo melhoramento genético da espécie tem modificado significativamente a arquitetura de planta através da redução na estatura, ciclo, área foliar, entre outras características (CRESTANI, 2011) gerando a necessidade de ajustes na população de plantas utilizada em escala comercial. Além disso, a necessidade de ajuste da densidade de cultivo também busca promover mais rápida cobertura do solo, melhor aproveitamento de luz e nutrientes e controle mais efetivo de espécies invasoras. Dentre as espécies invasoras, a maior dificuldade é o controle do azevem, já que não há molécula química seletiva de controle (LAMEGO et al., 2013).

Devido à constante preocupação mundial voltada a produção de alimentos de forma mais sustentável, se tem buscado aprimorar as técnicas utilizadas na simulação e otimização de resultados que expressem melhor uso dos insumos nas diversas áreas (LEAL et al., 2015). Nesse contexto, as técnicas de inteligência artificial (IA) vêm se apresentando como alternativa no desenvolvimento de modelos de simulação e otimização (SOARES et al., 2015). Dentre as técnicas de inteligência artificial, as redes neurais artificiais (RNAs), apresentam um modelo matemático inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes, capazes de realizar o aprendizado computacional e o reconhecimento de padrões (ÇELEBI et al., 2017). O algoritmo genético também é uma técnica de inteligência artificial inspirado nos mecanismos de evolução de seres vivos, os quais proporcionam agilidade na formulação e solução de problemas de otimização (ZHENG et al., 2017).

A aveia é uma das espécies mais cultivadas no sul do Brasil, sendo a expressão da produtividade de grãos fortemente dependente da densidade de semeadura. Dessa forma, a utilização de diferentes densidades de semeadura na alteração da produtividade de grãos de aveia pode servir de base para o treinamento da rede e validar o uso de inteligência artificial à simulação e otimização de

**Evento:** X Seminário de Inovação e Tecnologia

**ODS:** 2 - Fome zero e agricultura sustentável

recomendações mais ajustadas de semeadura para o atual biótipo cultivado, com qualidade de grãos e sustentabilidade. O objetivo do estudo é propor o uso de inteligência artificial em aveia, via redes neurais artificiais e algoritmos genéticos, na simulação da produtividade de grãos e otimização da densidade de semeadura, voltado ao aumento da produção com habilidade competitiva no atual biótipo cultivado em escala comercial.

**Palavras-chave:** *Avena sativa*; inovação; redes neurais artificiais; algoritmos genéticos.

**Keywords:** *Avena sativa*; innovation; artificial neural networks, genetic algorithms.

## METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido no ano de 2019 no município de Augusto Pestana, RS, Brasil. O delineamento foi o de blocos casualizados com quatro repetições, seguindo esquema fatorial 4 x 2, para densidades de semeadura (100, 300, 600 e 900 sementes viáveis m<sup>-2</sup>) e cultivares de aveia (Brisasul e URS-Taura) em dois sistemas de cultivo, milho/aveia e soja/aveia. As cultivares empregadas apresentam ciclo precoce, estatura de reduzida e resistência ao acamamento, porém, diferem na capacidade de afilamento. O controle de plantas daninhas foi efetuado com herbicida metsulfuron-metil na dose de 4 g ha<sup>-1</sup>. A semeadura foi realizada na primeira semana de junho com semeadora-adubadora para composição das unidades experimentais de 5 m<sup>2</sup>. A produtividade de grãos foi obtida pelo corte das três linhas centrais de cada parcela na maturidade de colheita e trilhadas em colheitadeira estacionária. Após, direcionadas ao laboratório para correção da umidade de grãos para 13% e pesagem para estimativa da produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>).

Para simulação da produtividade da aveia pelas distintas densidades de semeadura, foi implementado em linguagem de programação Java, uma RNA de múltiplas camadas. A estrutura da RNA foi constituída por três camadas, contendo 1 neurônio na camada de entrada, 3 neurônios na camada escondida e 1 neurônio na camada de saída. Para o treinamento da RNA foi utilizado o algoritmo backpropagation, considerando a densidade de semeadura como dado de entrada da rede e a produtividade de grãos como dado de saída. O treinamento da RNA foi realizado de forma individual para cada cultivar e sistema de sucessão, com 70% dos dados utilizados para treinamento e 30% para validação. Na otimização da densidade ideal de semeadura foi implementado um algoritmo genético em linguagem de programação Java, com a definição de uma população de 100 indivíduos e um limite de 50 gerações, sendo fixado em 5% a taxa para mutação e 2% para taxa de elitismo. No processo de seleção foi utilizado o método da roleta e para o cruzamento o método denominado de um ponto ou método simples, os mais ajustados a partir dos testes de otimização.

Os dados obtidos a campo das diferentes densidades de semeadura foram submetidos à análise de regressão polinomial de grau dois. Ao atender os pressupostos de homogeneidade e normalidade via testes de Bartlett, foi realizada análise de variância de regressão para detecção dos efeitos principais e de interação. Com base nestas informações procedeu-se o ajuste de equação de grau dois para otimização da densidade de semeadura à máxima eficiência técnica e posterior simulação da produtividade de grãos pela densidade ótima obtida. Os resultados de otimização e simulação por regressão foram utilizados como base de comparação dos resultados de otimização e simulação por inteligência artificial via algoritmos genéticos e redes neurais artificiais, respectivamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, do sistema soja/aveia, os valores de produtividade de grãos das cultivares de aveia,

**Evento:** X Seminário de Inovação e Tecnologia

**ODS:** 2 - Fome zero e agricultura sustentável

evidenciaram similaridade com os obtidos por simulação via redes neurais artificiais, independente das densidades de semeadura avaliadas. Destaca-se neste sistema, uma tendência de aumento da produtividade de grãos nos pontos de 300 e 600 sementes  $m^{-2}$ , com queda da produtividade na densidade mais elevada. Este mesmo comportamento ocorreu com o processo de simulação por redes neurais, dando consistência ao uso das técnicas empregadas de inteligência artificial. No sistema milho/aveia, os valores reais de produtividade de grãos e os obtidos por simulação também evidenciaram alta similaridade. Neste sistema, o aumento das densidades de semeadura também favoreceu maior expressão da produtividade de grãos, porém, diferenciando o comportamento entre as duas cultivares. Os valores observados da cultivar URS Taura mostraram maior expressão da produtividade de grãos nos pontos de 600 e 900 sementes  $m^{-2}$ . Por outro lado, a cultivar Brisasul indicou maiores produtividades reais nos pontos de 300 e 600 sementes  $m^{-2}$ . Estes comportamentos eram esperados, por se tratar de um sistema mais restritivo de nitrogênio residual e pela menor capacidade de afilhamento da cultivar URS Taura, demandando maior quantidade de sementes por área. As condições reais obtidas que diferenciaram o comportamento das cultivares nos sistemas de sucessão também foram reconhecidas pelo sistema de simulação por inteligência artificial, reforçando a possibilidade de uso desta ferramenta na simulação dos processos de cultivo da aveia.

Tabela 1. Valor observado e simulado por redes neurais artificiais, da produtividade de grãos de aveia pelas densidades de semeadura nos sistemas de sucessão.

Genótipo	100 sementes $m^{-2}$		300 sementes $m^{-2}$		600 sementes $m^{-2}$		900 sementes $m^{-2}$	
	PG <sub>o</sub>	PG <sub>s</sub>						
Sistema soja/aveia								
URS Taura	2753	2757	3268	3268	3443	3443	2737	2739
Brisasul	2687	2688	3857	3857	3668	3668	2223	2224
Média Geral	2720	2722,5	3562,5	3562,5	3555,5	3555,5	2480	2481,5
Sistema milho/aveia								
URS Taura	2171	2171	2764	2764	3034	3033	2912	2913
Brisasul	2080	2082	2865	2865	2959	2959	2464	2465
Média Geral	2125,5	2126,5	2814,5	2814,5	2546,5	2996	2688	2689

PG<sub>o</sub>- valor observado da produtividade de grãos em condições reais de campo; PG<sub>s</sub> - valor simulado da produtividade de grãos por inteligência artificial via redes neurais

Na Tabela 2, está apresentado o processo de otimização e simulação da densidade de semeadura das cultivares de aveia de alto e reduzido afilhamento nos sistemas de sucessão. No sistema soja/aveia, para a cultivar URS Taura, a equação de regressão mostrou uma densidade ideal de semeadura com 505 sementes  $m^{-2}$ , e expectativa de produtividade de grãos com 3480  $kg ha^{-1}$ . A densidade ideal de semeadura com o uso de algoritmos genéticos foi de 480 sementes  $m^{-2}$  e a simulação da produtividade por redes neurais artificiais de 3560  $kg ha^{-1}$ . Na cultivar Brisasul, a densidade de semeadura por regressão foi de 460 sementes  $m^{-2}$  e expectativa de produtividade de 3960  $kg ha^{-1}$ . Nesta cultivar, o uso de algoritmo genético indicou densidade ótima com 405 sementes  $m^{-2}$  com simulação de produtividade esperada de 3990  $kg ha^{-1}$ . Os resultados apresentados no sistema soja/aveia evidenciam a elevada similaridade dos valores de produtividade obtidos por regressão e redes neurais artificiais. Além disso, a otimização via algoritmos genéticos mostrou a possibilidade

**Evento:** X Seminário de Inovação e Tecnologia

**ODS:** 2 - Fome zero e agricultura sustentável

de menor quantidade de sementes nas cultivares testadas, mantendo a mesma expectativa de produtividade. Destaca-se também, a eficiência das técnicas de inteligência artificial no reconhecimento de padrões entre as cultivares, indicando maior densidade de semeadura na URS Taura, decorrente da característica genética de menor expressão do afilhamento.

No sistema milho/aveia, a cultivar URS Taura mostrou densidade ajustada por regressão com 650 sementes  $m^{-2}$  e produtividade estimada de 3080  $kg\ ha^{-1}$ . A densidade ideal de semeadura pelo uso de algoritmos genéticos foi de 540 sementes  $m^{-2}$  e expectativa de produtividade por redes neurais artificiais de 3040  $kg\ ha^{-1}$ . Na cultivar Brisasul, a densidade ideal por regressão foi de 545 sementes  $m^{-2}$ , com expectativa de produtividade de 3060  $kg\ ha^{-1}$ . Nesta cultivar, a densidade ideal por algoritmo genético foi de 460 sementes  $m^{-2}$  e produtividade estimada por redes neurais artificiais em 3020  $kg\ ha^{-1}$ . Independente da cultivar utilizada, foi constatado similaridade da produtividade estimada por regressão e redes neurais, com maior qualidade de otimização via algoritmos genéticos, indicando redução do uso de sementes com expectativa de produtividade similar.

Tabela 2. Análise de regressão e inteligência artificial na otimização da densidade de semeadura e simulação da produtividade de grãos de aveia

Genótipo	Regressão $y = a \pm bx \pm cx^2$	Regressão				Inteligência Artificial	
		$R^2$	P ( $cx^2$ )	DI ( $s\ m^{-2}$ )	$PG_S$ ( $Kg\ ha^{-1}$ )	DI (AG) ( $s\ m^{-2}$ )	$PG_S$ (RNA) ( $Kg\ ha^{-1}$ )
sistema soja/aveia							
URS Taura	$2333 + 4,55x - 0,004x^2$	0,99	*	505	3480	480	3560
Brisasul	$1992 + 8,51x - 0,009x^2$	0,98	*	460	3960	405	3990
Média Geral	-	-		482,5	3720	442,5	3775
sistema milho/aveia							
URS Taura	$1842 + 3,79x - 0,002x^2$	0,99	*	650	3080	540	3040
Brisasul	$1655 + 5,14x - 0,004x^2$	0,96	*	545	3060	460	3020
Média Geral	-	-		597,5	3070	500	3030

$R^2$ - coeficiente de determinação; P( $cx^2$ )- probabilidade do parâmetro de inclinação da equação de regressão em nível de 5% de probabilidade de erro; \*- significativa em nível de 5% de probabilidade do erro; DI- densidade ideal obtida por regressão;  $PG_E$ - produtividade estimada por regressão pelo uso da densidade ideal; DI (AG)- densidade ideal obtida por inteligência artificial via algoritmos genéticos;  $PG_E$  (RNA)- produtividade estimada por inteligência artificial via redes neurais artificiais.

O reconhecimento de padrões por inteligência artificial entre os sistemas de cultivo também foi identificado, mostrando na média geral (Tabela 1 e 2), maior produtividade de grãos no sistema soja/aveia em comparação ao sistema milho/aveia.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de inteligência artificial via redes neurais e algoritmos genéticos permite simular com eficiência a produtividade de grãos de aveia com melhor otimização da densidade de semeadura

**Evento:** X Seminário de Inovação e Tecnologia

**ODS:** 2 - Fome zero e agricultura sustentável

na comparação com regressão polinomial, considerando os principais sistemas de sucessão no sul do Brasil. Além disso, possibilita o reconhecimento da necessidade de maior densidade de sementes para o sistema milho/aveia, principalmente quando utilizada a cultivar URS Taura de menor afillamento. A densidade ideal média para ambas as cultivares ficou em 443 e 500 sementes  $m^{-2}$ , considerando os sistemas soja/aveia e milho/aveia, respectivamente. A utilização destas densidades garante produtividades satisfatórias com habilidade competitiva.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, G.S.A.; COSTA, C.H.M.; FERRARI NETO, J. Ecofisiologia da aveia branca. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 3, p. 1-15, 2012.

ÇELEBI, K.; ULUDAMAR, E.; TOSUN, E.; YILDIZHAN, S.; AYDIN, K.; OZCANLI, M. Experimental and artificial neural network approach of noise and vibration characteristic of an unmodified diesel engine fuelled with conventional diesel, and biodiesel blends with natural gas addition. **Fuel**, v.197, p.159–173, 2017.

CRESTANI, M. Interação genótipo vs. ambiente e capacidade combinatória para caracteres de interesse agrônômicos na cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.). Pelotas, Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”: UFPel, 2011, 201p. Tese Doutorado.

Indicação técnica par a cultura da aveia. Passo Fundo, 2014. 136 p. ISBN: 978-85-7515-842-2.

LAMEGO, F. P.; RUCHEL, Q.; KASPARY, T.E.; GALLON, M.; BASSO, C.J.; SANTI A.L. (2013). Habilidade competitiva de cultivares de trigo com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 31, n. 3, 2013.

LEAL, A.J.F.; MIGUEL, E.P.; BAILO, F.H.R.; NEVES, D.DE.C.; LEAL, U.A.S. Redes neurais artificiais na predição da produtividade de milho e definição de sítios de manejo diferenciado por meio de atributos do solo. **Bragantia**, v.74, n.4, p.436-444, 2015.

SILVA, J.A.G.; FONTANIVA, C.; COSTA, J.S.P.; KRÜGER, C.A.M.B.; UBESSI, C.; PINTO, F.B.; ARENHARDT, E.G.; GEWEHR, E. Uma proposta na densidade de semeadura de um biotipo atual de cultivares de aveia. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.18, n.4, p.253-263, 2012.

SOARES, F.C.; ROBAINA, A.D.; PEITER, M.X.; RUSSI, J.L. Predição Da Produtividade Da Cultura Do Milho Utilizando Rede Neural Artificial. **Ciência Rural**, v.45, n.11, p. 1987–1993, 2015.

ZHENG, Z.Y.; GUO, X.N.; ZHU, K.X.; PENG, W.; ZHOU, H.M. Artificial neural network – genetic algorithm to optimize wheat germ fermentation condition: Application to the production of two anti-tumor benzoquinones. **Food Chemistry**, v.227, p.264–270, 2017.

**Parecer CEUA:** 01/2015