

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E FENOTIPAGEM DE BRASSICACEAS PRODUZIDAS COM ADIÇÃO DE BIOESTIMULANTES

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND PHENOTYPING OF BRASSICACEAS PRODUCED WITH THE ADDITION OF BIOESTIMULANTS

Ana Grasiella Moraes Matos

Discente do Curso Técnico em Agropecuária do Instituto Federal de Sergipe. E-mail: grasymatos9@gmail.com

Luiza Camille de Andrade Oliveira

Discente do Curso Técnico em Agropecuária do Instituto Federal de Sergipe. E-mail: luizacamille10@hotmail.com

Lívia da Silva Santana

Discente do Curso Técnico em Agropecuária do Instituto Federal de Sergipe. E-mail: liahsilva809@gmail.com

Danilo Dantas de Souza

Especialista em Educação e Professor da Escola Municipal Fausto Cardoso. E-mail: danilogeografo@hotmail.com

Ana Catarina Lima de Oliveira

Doutora em Fitotecnia e Professora do Instituto Federal de Sergipe. E-mail: ana.oliveira@ifs.edu.br

Mateus de Carvalho Furtado

Doutorando em Agricultura e Biodiversidade e Professor do Instituto Federal de Sergipe. E-mail: mateusdecarvalho@hotmail.com

Resumo: A fenotipagem das plantas é uma fonte de dados extensa e complexa que pode ser utilizada para predição da produção agrícola por meio de modelos matemáticos. O objetivo do presente trabalho foi realizar a fenotipagem de mudas *Brassica oleracea* var. *Acephala* (couve manteiga) e var. *Italica* (brócolos) produzidas em substratos com adição de diferentes bioestimulantes agrícolas, inferindo qual bioestimulante é o mais recomendado para essas culturas. O experimento foi conduzido em DBC, na qual testou-se 2 tipos de algas [terra diatomácea e *Kappaphycus alvarezii* (extrato e pó)]. Aos 30 dias de plantio, foram avaliadas emergência (%), enraizamento (%), comprimento de raízes (cm), número de folhas e comprimento da parte aérea (cm), havendo diferença estatística para todas as variáveis analisadas. Nesse contexto, a fenotipagem é uma fonte de dados promissora para o estabelecimento de modelos matemáticos, sendo recomendada a pulverização de mudas de couve manteiga e brócolos com *Kappaphycus alvarezii*.

Palavras-Chave: Modelagem Matemática. Couve Manteiga. Brócolos.

Abstract: Plant phenotyping is an extensive and complex data source that can be used to predict agricultural production through mathematical models. The objective of this work was to perform the phenotyping of *Brassica oleracea* var. *Acephala* (kale butter) and var. *Italica* (broccoli) produced on substrates with the addition of different agricultural biostimulants, inferring which one is the most recommended for these cultures. The experiment was conducted in DBC, where 2 types of algae were tested [diatomaceous earth and *Kappaphycus alvarezii* (extract and powder)]. At 30 days of planting, emergence (%), rooting (%), length of roots (cm), number of leaves and length of shoot (cm) were evaluated, having a statistical difference for all variables analyzed. In this context, phenotyping is a promising data source for establishing mathematical models and it is recommended to spray kale and broccoli seedlings with *Kappaphycus alvarezii*.

Keywords: Mathematical Modeling. Kale Butter. Broccoli.

INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA), que inclui o aprendizado de máquina, pode ser definida como área da ciência da computação que usa algoritmos de computador para aprender com os dados, ajudando a identificar padrões nos dados e fazer previsões (COLLINS; MOONS, 2019). Possui potencial para analisar estruturas de dados grandes e complexas e assim podem, a exemplo, criar modelos de previsão de produção de culturas agrícolas.

Nesse contexto, a IA, com o uso de modelagem matemática, é uma ferramenta auxiliar na predição do comportamento de plantas, especialmente na fase jovem (mudas). Esses modelos são úteis ao olericultor que, devido à dinâmica de produção de suas lavouras, não possuem tempo hábil para determinar o comportamento de suas plantas (HIRAMA, 2013).

Entre as hortaliças com maior destaque na produção nacional estão as pertencentes a família *Brassicaceae*, desempenhando papel crucial na segurança alimentar e geração de renda na agricultura. Essa família, predominantemente herbácea, apresenta cerca de 3700 espécies, bem como muitas variedades, das quais podemos citar a var. *Acephala* (couve manteiga) e var. *Italica* (brócolos), que são provenientes da espécie *Brassica oleracea*.

Observa-se, nos últimos anos, um crescente interesse em substâncias bioestimulantes naturais com uso na agricultura. As algas constituem um grupo que tem mostrado efeitos favoráveis sobre hortaliças no campo (MATYSIAK *et al.*, 2011). A fenotipagem a campo (caracterização e mensuração das características físicas e bioquímicas dos indivíduos citados) é uma fonte extensa de dados que podem ser utilizados na aprendizagem de máquina, gerando modelos matemáticos que por sua vez podem atuar na predição da produtividade destas (FERRAZ-FILHO; MARCELINO, 2017).

Trabalhos que buscam o estabelecimento de novos substratos geralmente produzem um volume de dados extenso e complexo, devido,

especialmente, a necessidade de fenotipagem das mudas recém-produzidas.

A aprendizagem de máquinas é uma metodologia rotineiramente empregada na Inteligência Artificial (IA). Tais algoritmos podem, por exemplo, criar modelos de previsão de produção de culturas agrícolas, tais como as espécies da família *Brassicaceae*.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi realizar a fenotipagem de mudas de *Brassica oleracea* var. *Acephala* (couve manteiga) e var. *Italica* (brócolos) produzidas em substratos com adição de diferentes bioestimulantes agrícolas, inferindo qual deles é o mais recomendado para essas culturas.

MATERIAL E MÉTODOS

- Local

Os ensaios foram conduzidos na cidade de Nossa Senhora da Glória/SE (latitude 10°13'06" sul e longitude 37°25'13" oeste) que pertence à microrregião do alto sertão do São Francisco, localizada ao noroeste do Estado de Sergipe, estado este que compõe a Região Nordeste do Brasil. O clima da região é do tipo megatérmico semiárido e o solo é classificado como Planossolo Solódico Eutrófico. O viveiro utilizado para a realização dos experimentos é protegido com tela de polipropileno de coloração preta, com retenção de 50% do fluxo de radiação solar.

- Material vegetal e substrato

Os materiais propagativos empregados nos experimentos foram sementes de *Brassica oleracea* var. *Acephala* (couve manteiga) e var. *Italica* (brócolos), adquiridas com recursos de projeto. As sementes foram semeadas em bandejas de polietileno expandido próprias para produção de mudas dessa espécie, distribuindo o substrato composto por dois diferentes tipos de algas e um tratamento testemunha contendo apenas solo do município. Foram semeadas três sementes por saco plástico, as plântulas foram irrigadas diariamente

(com água potável) a fim de manter a umidade do solo ideal para o enraizamento e posterior desenvolvimento das mudas.

- Ensaio

Ensaio I – Influência de algas marinhas na produção de mudas de couve manteiga (*Brassica oleracea* var. *Acephala*)

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 4 repetições por tratamento, sendo 5 sacos plásticos por repetição. Foram testados dois diferentes tipos de algas (T1 – solo, T2 - Solo + Terra Diatomácea (2:1), T3 - *Kappaphycus alvarezii* em pó BRASPO (2:1), T4 - extrato de *Kappaphycus alvarezii* Estimubras pulverizado semanalmente na proporção de 1:10).

Ensaio II – Influência de algas marinhas na produção de mudas de brócolos (*Brassica oleracea* var. *Italica*).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 4 repetições por

tratamento, sendo 5 sacos plásticos por repetição. Foram testados dois diferentes tipos de algas (T1 – solo, T2 - Solo + Terra Diatomácea (2:1), T3 - *Kappaphycus alvarezii* em pó BRASPO (2:1), T4 - extrato de *Kappaphycus alvarezii* Estimubras pulverizado semanalmente na proporção de 1:10)

- Fenotipagem e análise estatística

As características físicas (variáveis fitotécnicas) analisadas aos 30 dias após plantio foram: emergência (%), enraizamento (%), comprimento de raízes (cm), número de folhas e comprimento da parte aérea (cm). Os dados em porcentagem foram transformados em arco seno da raiz quadrada de $x/100$. Todos os dados foram submetidos à análise de variância com teste F e, quando significativos, as médias serão comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferenças estatísticas para todas as variáveis analisadas nos dois ensaios (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 - Valores médios de emergência (%), enraizamento (%), comprimento de raiz (cm), número de folhas e Comprimentos da parte aérea (cm) de *Brassica oleracea* var. *Acephala* (couve manteiga) em função dos diferentes substratos.

	Emergência	Enraizamento	Comprimento Raiz	Número de Folhas	C. da Parte Aérea
T1	0,84 a	0,84 a	1,28 b	1,154 a	1,70 a
T2	1,11 a	1,11 a	2,04 b	2,20 a	2,36 a
T3	0,11 b	0,11 b	0,01 c	0,15 b	0,12 b
T4	1,00 a	1,00 a	4,42 a	1,40 a	2,91 a
CV (%)	38,19	38,19	38,68	56,85	37,36

*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

T1 – solo;

T2 - Solo + Terra Diatomácea (2:1);

T3 - *Kappaphycus alvarezii* em pó BRASPO (2:1);

T4 - extrato de *Kappaphycus alvarezii* Estimubras pulverizado semanalmente na proporção de 1:10.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 2 - Valores médios de emergência (%), enraizamento (%), comprimento de raiz (cm), número de folhas e Comprimentos da parte aérea (cm) de *Brassica oleracea* var. *Italica* (brócolos) em função dos diferentes substratos.

	Emergência	Enraizamento	Comprimento Raiz	Número de Folhas	C. da Parte Aérea
T1	1,06 a	1,06 a	2,74 a	2,00 a	1,78 a
T2	0,95 a	0,95 a	2,57 a	1,75 a	2,06 a
T3	0,11 b	0,11 b	0,03 b	0,15 b	0,12 b
T4	0,73 a	0,73 a	2,53 a	1,10 a	1,42 a
CV (%)	39,27	39,27	65,91	41,44	45,14

*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

T1 – solo;

T2 - Solo + Terra Diatomácea (2:1);

T3 - *Kappaphycus alvarezii* em pó BRASPO (2:1);

T4 - extrato de *Kappaphycus alvarezii* Estimubras pulverizado semanalmente na proporção de 1:10.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para couve manteiga, assim como para brócolos, o tratamento que apresentou resultados inferiores para todas as variáveis analisadas foi o T3 [*Kappaphycus alvarezii* em pó BRASPO (2:1)], sendo que o tratamento que possibilitou maior desenvolvimento radicular das mudas de brócolos foi o T4 [extrato de *Kappaphycus alvarezii* Estimubras pulverizado semanalmente na proporção de 1:10 (Figuras 1 e 2)].

Os bioestimulantes podem ser definidos como mistura de biorreguladores, com outros compostos de natureza química diferente: aminoácidos, vitaminas e sais minerais. Entre esses bioestimulantes, as algas marinhas são largamente utilizadas na agricultura, na cafeicultura (AZEVEDO *et al.*, 2019), milho (OLIVEIRA *et al.*, 2016) e em brassicas (SOUZA *et al.*, 2018).

Souza *et al.* (2020), avaliando a utilização de terra diatomácea na produção de rabanete (*Raphanus sativus* L - Brassicaceae), também encontraram resultados satisfatórios, pois não houve incremento nos parâmetros fitotécnicos.

Possivelmente, essa alga não forneceu nutrientes suficientes para estas plantas ou então alterou aspectos físicos do solo, importantes na fase de produção das mudas por interferir diretamente no desenvolvimento radicular.

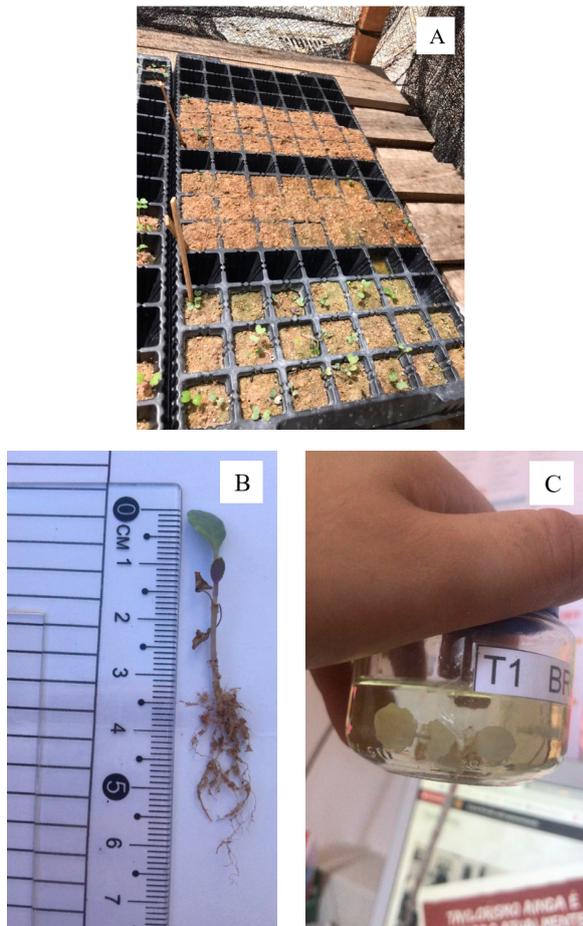
Fato esse que pode ter ocorrido no substrato composto por *Kappaphycus alvarezii* em pó (T3) deste experimento.

Figura 1 - Etapas da produção de mudas de couve e brócolis. A – Enchimento dos sacos plásticos com os substratos, B – Estrutura montada com tele sombrite.



Fonte: Os autores.

Figura 2 - A – Crescimento das mudas. B – Fenotipagem das mudas nos diferentes substratos. C- Fixação de material vegetal em álcool 70% para posteriores análises anatômicas.



Fonte: Os autores.

O comprimento de raiz está diretamente relacionado ao desenvolvimento radicular. Segundo Taiz e Zeiger (2017), a habilidade das plantas em obter água e nutrientes minerais está relacionada à sua capacidade de desenvolver um bom sistema radicular. Por isso, essa característica se torna importante, estando intimamente relacionada à qualidade e desenvolvimento da muda.

A fenotipagem das plantas desses experimentos mostrou-se fonte de dados promissora para modelagem matemática e a união destes dados com as informações da análise anatômica dos tecidos (em execução) será suficiente para a implementação de modelos matemáticos capazes de preverem o comportamento de *Brassicaceas* na presença de algas marinhas como bioestimulante.

CONCLUSÕES

A fenotipagem é uma fonte de dados promissora para o estabelecimento de modelos matemáticos sendo recomendada a pulverização de mudas de couve manteiga e brócolos com *Kappaphycus alvarezii* Estimubras.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, H. P. A.; VIANA, M. T. R.; VIDAL, D. A.; RODRIGUES, J. D.; SILVA, C. A.; FILHO, C. P. H.; MATOSET, N. M. S. *Enraizamento de estacas de café arábica utilizando bioestimulantes como indutores*. Anais In. X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2019.

COLLINS, G. S.; MOONS, K.G. Reporting of artificial intelligence prediction models. *The Lancet*, 393: 1577, 2019.

FERRAZ FILHO, B. S.; MARCELINO, R. *Agentes inteligentes: uma revisão de aplicabilidade na agricultura*. Anais In. 6º SICT-SUL, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35: 1039, 2011.

HIRAMA, C. S. F. Y. *O fluxo de comunicação na cadeia produtiva de hortaliças no município de Dourados-MS*. 110 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados/MS, 2013.

MATYSIAK, K.; KACZMAREK, S.; KRAWCZYK, R. Influence of seaweed extracts and mixture of humic and fulvic acids on germination and growth of *Zea mays* L. *Acta Scientiarum Polonorum*, 10: 33, 2011.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; CUNHA, R. C.; SOUZA, M. W. L.; LIMA, L. A. Uso de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho pipoca. *Revista Ciência Agrônoma*, 47:307, 2016.

SOUSA, E. M. M.; MACHADO, A. C. O.; NEPOMUCENO, A. L. O.; FURTADO, M. C. Uso de bioestimulantes na produção de mudas de variedades de *Brassica oleracea* L. *Cadernos de Agroecologia* 13, - 2018.

SOUSA, R. R. P.; ASSIS, F. A.; ASSIS, G. A.; CARVALHO, F. J.; FERNANDES, M. I. S. Parâmetros fitotécnicos e entomofauna associada ao rabanete submetido à aplicação de terra diatomácea. *Scientia Rural*. 21:-, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.