

ANÁLISE TEMPORAL DA FERRUGEM ALARANJADA EM GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM ALAGOAS

Emanuel Araujo do Nascimento¹, Adelson Mascarenhas de Oliveira Silva¹, Paulo Pedro da Silva¹, Carlos Assis Diniz¹, João Messias dos Santos¹, Marcelo de Menezes Cruz¹, Geraldo Veríssimo de Souza Barbosa¹

¹Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas; Rio Largo - AL;

RESUMO: A ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*) é uma das principais doenças da cana-de-açúcar, especialmente em regiões tropicais, podendo reduzir a produtividade em mais de 40% em variedades suscetíveis. Este estudo avaliou a resistência de 12 genótipos de cana-de-açúcar à ferrugem alaranjada, conduzido no PMGCA/CECA/UFAL, em Rio Largo/AL. Utilizou-se delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. As avaliações de severidade foram realizadas quinzenalmente entre novembro de 2022 e agosto de 2023, utilizando a escala de Amorim et al. (1987). A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi calculada, e os dados submetidos à análise estatística. Diferenças significativas foram observadas entre os genótipos, com RB0636, RB0531 e RB12371 apresentando os menores valores de AACPD e maior resistência. Os resultados evidenciam o potencial desses genótipos para uso em programas de melhoramento genético e em sistemas de cultivo em condições similares às do experimento.

PALAVRAS CHAVE: *Saccharum* spp., *Puccinia kuehnii*, melhoramento genético.

TEMPORAL ANALYSIS OF ORANGE RUST SEVERITY IN SUGARCANE GENOTYPES AT ALAGOAS

ABSTRACT: Orange rust (*Puccinia kuehnii*) is one of the most significant sugarcane diseases, especially in tropical regions, potentially reducing yields by over 40% in susceptible varieties. This study evaluated the resistance of 12 sugarcane genotypes to orange rust at PMGCA/CECA/UFAL, Rio Largo/AL. A randomized block design with four replicates was used. Severity assessments were performed biweekly between November 2022 and August 2023, using the scale proposed by Amorim et al. (1987). The area under the disease progress curve (AUDPC) was calculated, and data were subjected to statistical analysis. Significant differences were observed among genotypes, with

RB0636, RB0531, and RB12371 showing the lowest AUDPC values and highest resistance. The results highlight the potential of these genotypes for use in breeding programs and cultivation systems under similar conditions to the experiment.

KEYWORDS: *Saccharum* spp., *Puccinia kuehnii*, genetic breeding.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma das culturas agrícolas mais importantes do Brasil, representando uma das principais fontes de açúcar, etanol e bioenergia do mundo. O Brasil é o maior produtor global de cana, responsável por aproximadamente 40% da produção mundial, contribuindo com 713,2 milhões de toneladas na safra 2023/24, e por mais de 50% das exportações de açúcar (CONAB, 2024; UNICA, 2024). Contudo, o potencial produtivo da cultura é frequentemente ameaçado por doenças, incluindo a ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*), que se tornou uma das maiores preocupações do setor nos últimos anos (Araújo et al., 2013).

A ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*) é uma das doenças mais relevantes na cultura da cana-de-açúcar, especialmente em regiões tropicais como o Brasil. A doença é caracterizada por pústulas alaranjadas na superfície das folhas, reduzindo a área foliar ativa e impactando a fotossíntese (Chapola et al., 2016). Seu desenvolvimento é favorecido por condições climáticas típicas dessas regiões, como alta umidade relativa do ar e temperaturas amenas (entre 20°C e 28°C), que proporcionam ambiente ideal para a germinação de esporos e infecção do patógeno (Lima et al., 2017).

Em variedades suscetíveis, a ferrugem pode causar perdas superiores a 40% na produtividade (Araújo et al., 2013). Isso evidencia a necessidade de estratégias eficazes de manejo, tais como: (i) a seleção de genótipos geneticamente resistentes; (ii) o monitoramento contínuo das condições climáticas para prever períodos de maior risco de infecção, utilizando modelos epidemiológicos; (iii) a implementação de práticas culturais, como espaçamento adequado e manejo da densidade de plantio, para reduzir a umidade foliar; (iv) o uso racional de fungicidas em programas de manejo integrado, com base em níveis de dano econômico; e (v) inclusão de genótipos promissores em estudos genômicos para identificação de genes de resistência e desenvolvimento de variedades melhoradas (Racedo et al., 2023).

A identificação e avaliação de genótipos resistentes à ferrugem alaranjada são essenciais para programas de melhoramento genético e manejo integrado da cultura.

Métodos como o cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) têm se mostrado eficazes na classificação da resistência varietal, especialmente quando associados a técnicas estatísticas robustas, tais como o teste de Scott-Knott (Araújo et al., 2013). Esses métodos permitem discriminar genótipos com maior precisão, oferecendo suporte para decisões agronômicas mais assertivas.

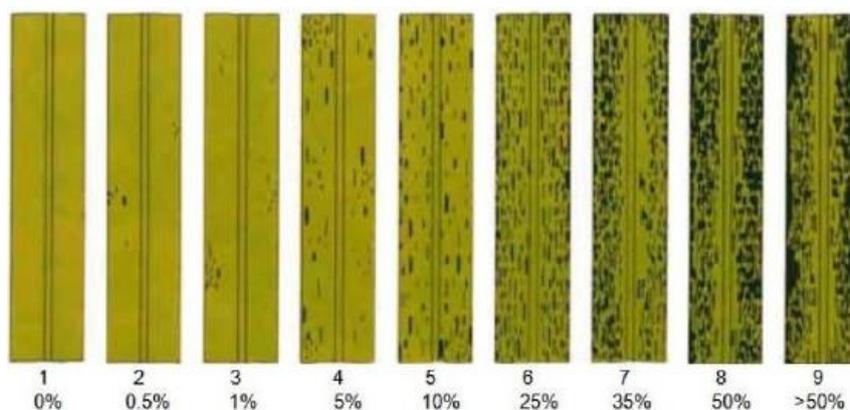
Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar a progressão temporal da ferrugem alaranjada em 12 genótipos de cana-de-açúcar em condições de campo no Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (PMGCA/CECA/UFAL), visando a seleção de materiais genéticos mais resistentes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo no Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (PMGCA/CECA/UFAL), Rio Largo, Alagoas (09° 28' S; 35°49' W, 127 m), em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Doze genótipos de cana-de-açúcar foram avaliados: RB0636, RB0531, RB12371, RB12860, RB07662, RB10254, RB06404, RB0764, RB12360, RB10427, incluindo os padrões RB951541 (suscetível) e RB867515 (resistente). Cada parcela experimental consistiu em quatro sulcos de 3 m, espaçadas por 1,0 m, totalizando 12 m² por unidade experimental.

A ferrugem alaranjada foi avaliada quinzenalmente em 18 levantamentos realizados entre novembro de 2022 e agosto de 2023, iniciando 60 dias após o plantio. As avaliações foram feitas em cinco plantas ao acaso por parcela, utilizando a folha +3 como padrão de amostragem. A severidade foi estimada com base na escala diagramática proposta por Amorim et al. (1987), que varia de 1 (sem lesão) a 9 (>50% da área foliar lesionada) (Figura 1).

Figura 1. Escala de notas diagramática para avaliação da ferrugem em cana-de-açúcar.



Fonte: Amorim et al. (1987).

A progressão da doença foi analisada por meio do cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para cada genótipo, utilizando a equação de Campbell e Madden (1990):

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \times (t_{i+1} - t_i) \right]$$

Em que: y_i e y_{i+1} = nota da doença em duas avaliações consecutivas; t_i e t_{i+1} = tempo das avaliações consecutivas, em dias; e n = número total de avaliações.

Os valores da AACPD foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5%, utilizando o software R. Os genótipos foram classificados em categorias de resistência com base nos valores médios de severidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância indicaram que houve diferença significativa a 1% de probabilidade de erro entre os genótipos de cana-de-açúcar avaliados quanto à área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). O coeficiente de variação (CV) de 3,65% revela alta precisão experimental, confirmando a robustez dos dados obtidos. A média geral de AACPD foi de 455,31, com variação ampla entre os genótipos, reforçando a diversidade genética quanto à resistência à ferrugem alaranjada.

Tabela 1. Quadro da análise de variância da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), avaliados entre novembro de 2022 e agosto de 2023 em cana-planta no PMGCA/CECA/UFAL, Rio Largo/AL.

F.V.	G.L.	SQ	QM
Genótipos	11	127,89	353070,98**
Blocos	3	278,35	92,78
Resíduo	33	9096,15	275,64
CV (%)	3,65		
Média	455,31		

** Significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste F.

Os genótipos foram classificados em diferentes grupos de resistência com base nos valores médios de AACPD e no teste de Scott-Knott (5%). O genótipo RB951541 foi o mais suscetível, apresentando AACPD de 1359,25, significativamente superior aos demais. Em contraste, genótipos como RB0636, RB0531 e RB12371 demonstraram os menores valores de AACPD, com médias de 274,50, 289,00 e 295,00, respectivamente, sendo classificados como resistentes (Tabela 2).

A evolução da ferrugem alaranjada nos genótipos avaliados revelou diferenças no comportamento entre os materiais, com a maioria mantendo notas de severidade menores ou iguais a 3 ao longo dos levantamentos (Figura 2). O genótipo RB951541, no entanto, destacou-se pela progressão mais acentuada da doença, atingindo notas próximas a 9 nas avaliações finais, comportamento semelhante ao descrito por Chapola et al. (2016) para genótipos suscetíveis sob alta pressão de inóculo. Em contrapartida, genótipos como RB0636, RB0531 e RB12371 mantiveram níveis de severidade consistentemente baixos, refletindo resistência elevada, conforme também relatado por Klosowski et al. (2015) para materiais resistentes.

Conclui-se que a metodologia empregada foi eficaz para discriminar genótipos quanto à resistência à ferrugem alaranjada, destacando-se os genótipos RB0636, RB0531 e RB12371 como os mais promissores. Esses materiais são recomendados para uso em programas de melhoramento genético e sistemas de cultivo sob condições edafoclimáticas similares às de Alagoas. Para continuidade, sugere-se a inclusão de avaliações em diferentes ambientes, a ampliação do número de genótipos testados e a integração com

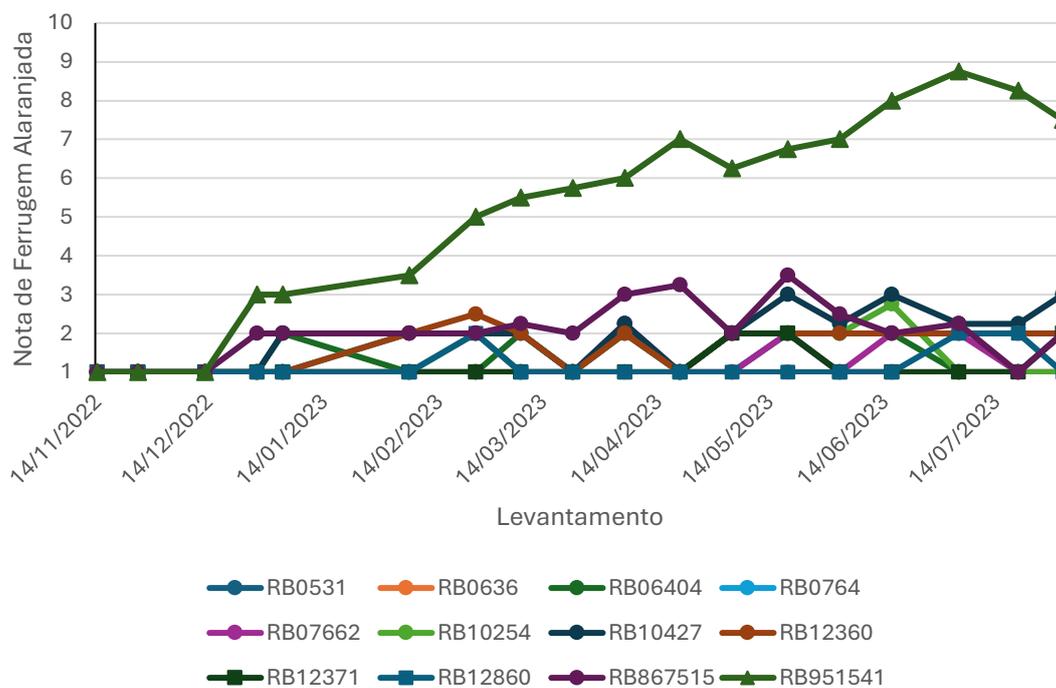
fatores climáticos, o que auxiliaria no desenvolvimento de estratégias integradas de manejo da doença.

Tabela 2. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e nível de resistência dos genótipos de cana-de-açúcar, avaliados entre novembro de 2022 e agosto de 2023 em cana-planta no PMGCA/CECA/UFAL - Rio Largo/Alagoas.

Genótipos	AACPD	Nível de resistência
RB0636	274,50 a	Resistente
RB0531	289,00 a	Resistente
RB12371	295,00 a	Resistente
RB12860	306,00 a	Resistente
RB07662	325,63 b	Resistente
RB10254	346,00 b	Resistente
RB06404	373,00 c	Resistente
RB0764	428,13 d	Resistente
RB12360	432,00 d	Resistente
RB10427	496,38 e	Resistente
RB867515	538,88 f	Resistente
RB951541	1359,25 g	Suscetível

*Medias seguidas da mesma letra não difere entre si pelo teste de agrupamento Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Figura 2. Evolução das notas de ferrugem alaranjada em doze genótipos de cana-de-açúcar avaliados quinzenalmente no PMGCA/CECA/UFAL, em Rio Largo/AL, de novembro de 2022 a agosto de 2023.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amorim, L.; Bergamin Filho, A.; Sanguino, A.; Cardoso, C. O. N.; Moraes, V. A.; Fernandes, C. R. Metodologia de avaliação da ferrugem da cana-de-açúcar (*Puccinia melanocephala*). *Ciência Agrícola*. **1987**, 39, 13-16.
- Araújo, K. L.; Canteri, M. G.; Gilio, T. A. S.; Neubauer, R. A.; Sanches, P. B.; Sumida, C. H.; Giglioti, E. A. Resistência genotípica e monitoramento da favorabilidade para ocorrência da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar. *Summa Phytopathologica*. **2013**, 39, 271-274.
- Campbell, C. L.; Madden, L. V. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley and Sons: New York, USA, **1990**, pp. 1-532.
- Chapola, R. G.; Hoffmann, H. P.; Massola, N. S. Reaction of sugarcane varieties to orange rust (*Puccinia kuehnii*) and methods for rapid identification of resistant genotypes. *Tropical Plant Pathology*. **2016**, 41, 139-146.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira - Cana-de-açúcar. Quarto levantamento Safra 2023/2024. Brasília: CONAB Abril, 2024.

Klosowski, A. C.; Bessalho Filho, J. C.; Ruaro, L.; Fragoso, R. B.; Mio, L. L. Reação de cultivares e época de avaliação da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar. *Bioscience Journal*. **2015**, 31, 489-498.

Lima, L. L. D.; Scaloppi, É. A. G.; Barreto, L. F.; Barreto, M. Temperaturas e períodos de molhamento foliar no desenvolvimento da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar (*Puccinia kuehnii*). *Summa Phytopathologica*. **2017**, 43, 132–135.

Racedo, J.; Noguera, A. S.; Castagnaro, A. P.; & Perera, M. F. Biotechnological Strategies Adopted for Sugarcane Disease Management in Tucumán, Argentina. *Plants*, **2023**, 12, 23, 3994.

UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar. **2024**. Disponível em: <http://www.unica.com.br>. Acesso em: 20 out. 2024.