

Nota Técnica

Escala diagramática para avaliação da severidade de oídio em eucalipto

Diagrammatic scale for evaluation of powdery mildew in eucalyptus

Anny Mery Marcon Ruiz^I
Cristiane de Pieri^I
Lisandro de Proença Pieroni^I
Alex Sander Porcena^{II}
Fábio Suzart Albuquerque^{III}
Edson Luiz Furtado^I

^IUniversidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, SP, Brasil

^{II}Pesquisador Autônomo, Botucatu, SP, Brasil

^{III}Arizona State University, Tempe, Arizona, Estados Unidos da América

RESUMO

O oídio do eucalipto, causado por *Podosphaera pannosa*, acarreta prejuízos em viveiros de eucalipto no Brasil. A avaliação dessa doença e os danos causados pela mesma, bem como a busca de formas eficientes de controle, justificam a necessidade da confecção de uma escala visual para quantificar a severidade nesse patossistema. O objetivo deste estudo foi elaborar uma escala diagramática para quantificar a severidade de oídio em folhas de eucalipto em viveiro. Para isso, folhas sintomáticas foram coletadas, escaneadas e digitalizadas para determinar sua área total e a área com sintomas. Dessa maneira, foram obtidos oito níveis de severidade, com base na distribuição das amostras. Para validação da escala, a severidade da doença foi estimada por dez avaliadores sem o auxílio da escala, e em seguida, com a utilização da escala proposta, em 60 folhas de eucalipto, com níveis de severidade heterogêneos. Determinou-se a precisão das estimativas obtidas calculando o coeficiente de determinação (R^2) e realizou-se uma análise de regressão linear simples. Constatou-se precisão nas estimativas visuais de severidade do oídio em eucalipto com o uso da escala diagramática proposta, portanto, sua utilização é adequada e pode ser aplicada em estudos epidemiológicos e para avaliar estratégias de controle e manejo.

Palavras-chave: *Podosphaera pannosa*; *Eucalyptus* sp.; Escala de severidade; Avaliação de doença

ABSTRACT

The Eucalyptus powdery mildew caused by *Podosphaera pannosa* can cause losses in eucalyptus nurseries in Brazil. The evaluation of this disease and the damages that could be caused by it, as well as the investigation for the efficient controlling forms, lead us to the need of having a visual scale, as means to quantify the severity of this pathosystem. This study had, as its goals, the development of a diagrammatic scale to evaluate the powdery mildew severity in eucalyptus leaves in a nursery home. To do so, symptomatic eucalyptus leaves were collected, scanned, and digitalized to determine the total leaf area and the area occupied with symptoms. Thus, we were able to obtain eight levels of severity based on the sample distribution. To validate the scale, the disease severity had been estimated by ten evaluators, which did not have the scale in hands, and in the sequence, the disease severity was estimated by using the proposed scale in 60 eucalyptus leaves, which had heterogeneous levels of severity. The precision of the obtained estimates obtained was by calculating the coefficient of determination (R^2) and a simple linear regression analysis was performed. Precision was found in the visual estimates of the severity of powdery mildew in eucalyptus using the proposed diagrammatic scale, therefore, its use is adequate and being this possible to be used for epidemiological researches and to evaluate control and management strategies.

Keywords: *Podosphaera pannosa*; *Eucalyptus* sp.; Severity scale; Disease evaluation

1 INTRODUÇÃO

A cultura do eucalipto tem sido utilizada em plantios florestais no Brasil, sendo que em 2016 atingiu 5,67 milhões de hectares plantados, o que corresponde a 91% de toda madeira produzida para fins industriais no país (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2017). A adequação do eucalipto no Brasil deve-se ao fato deste gênero apresentar características de rápido crescimento, alta produtividade, ampla diversidade de espécies, capacidade de adaptação em diferentes condições edafoclimáticas e aplicações para diferentes finalidades (MORA; GARCIA, 2000).

Diante da expansão do mercado de fornecimento da matéria-prima dos produtos derivados do eucalipto, torna-se necessária a produção de mudas e o correto manejo no viveiro, uma vez que doenças que ocorrem nessa etapa podem comprometer a cadeia produtiva de mudas, principalmente quando se iniciam no minijardim clonal, ocasionando perda econômica (ALFENAS *et al.*, 2009).

Dentre as doenças que ocorrem em viveiros de eucalipto, destaca-se o oídio, que no Brasil é causado pelo patógeno *Podosphaera pannosa* (Wallr.) de Bary (FONSECA *et al.*, 2017).

O oídio do eucalipto é uma doença causada por um fungo biotrófico obrigatório, e seu processo de infecção inicia-se quando o conídio da fase assexuada chega à superfície da folha. O conídio germina formando tubos germinativos, através do apressório, adere e se mantém na superfície foliar. As hifas, formadas a partir do apressório, rompem a cutícula foliar e com a dilatação do seu ápice formam o haustório no interior do citoplasma, estruturas que retiram nutrientes da planta e nutrem o fitopatógeno (BEDENDO, 2018). No hospedeiro, sua sintomatologia característica é a formação de uma camada esbranquiçada com aspecto pulverulento na superfície das folhas, interferindo nos processos fotossintéticos da planta (BEDENDO, 2018), e como consequência, reduz o número de miniestacas produzidas pelas cepas no minijardim clonal e interfere no enraizamento das estacas na casa de vegetação (KRUGNER; AUER, 2005).

Essa doença é frequentemente encontrada em viveiros e minijardins clonais com fertirrigação por gotejamento, nos quais há pouco molhamento foliar (ALFENAS *et al.*, 2009).

O controle do oídio é realizado com o uso de híbridos de eucalipto resistentes, uso de fungicidas (ZAMBOLIM; COSTA; VALE, 2001) ou de produtos alternativos, como leite fresco de vaca na concentração de 20% (BIZI *et al.*, 2008). Para verificar a eficácia no controle e também para estudos epidemiológicos, quantificar os sintomas da doença é fundamental (ZAMBOLIM; COSTA; VALE, 2001, AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2018). A severidade da doença é a quantificação mais utilizada nas avaliações, pois é avaliada por meio de estimativas visuais da porcentagem de área lesionada em relação à área total (DUARTE *et al.*, 2013). As estimativas visuais podem variar com a habilidade de cada avaliador e estão sujeitas à subjetividade, portanto, recomenda-se o uso de escalas diagramáticas para padronizar as estimativas (MADDEN; HUGHES; VAN DEN BOSCH, 2007).

As escalas diagramáticas são representações gráficas dos órgãos das plantas com a presença de sintomas de doenças em diferentes níveis de severidade. Após a

elaboração de uma escala, estas devem ser testadas por diferentes indivíduos, a fim de comprovar sua eficiência na estimativa da severidade, por essa razão, a escala é uma ferramenta confiável (SILVA; GUIMARÃES; CANTERI, 2014) que fornece resultados acurados, precisos, reproduzíveis e diminuem o erro na estimativa visual da severidade de doenças foliares (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2018). Atualmente, as escalas diagramáticas são a principal ferramenta para quantificar a severidade de muitas doenças (SANTOS *et al.*, 2011; TUMURA *et al.*, 2013; LAGE *et al.*, 2015; CAMARA *et al.*, 2018; LIMA *et al.*, 2018). Devido à ausência de métodos padronizados e precisos para quantificar a severidade de oídio em eucalipto, o uso de uma escala diagramática constitui-se como uma excelente alternativa.

Nesse contexto, objetivou-se com este estudo desenvolver e validar uma escala diagramática quantitativa para estimar a severidade do oídio em folhas de eucalipto e analisar a precisão, acurácia e reprodutibilidade das estimativas geradas com a sua utilização.

2 MATERIAL E MÉTODO

A escala diagramática foi elaborada com a coleta de 400 folhas de eucalipto infectadas naturalmente com oídio em diferentes níveis de severidade, no minijardim clonal do Viveiro Florestal (S 22°51.375' W 048°26.015') do Departamento da Ciência Florestal da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) – UNESP, Botucatu - SP.

No Laboratório de Patologia Florestal – FCA/UNESP, as folhas foram digitalizadas em *scanner* de mesa com resolução de 300 dpi. A área foliar sadia, área lesionada e área externa das folhas foram determinadas em escala RGB (Red, Green, Blue) (MASSON *et al.*, 2008). Baseando-se na lei da acuidade visual de Weber-Fechner, determinou-se o valor máximo e mínimo da severidade da doença. A escala diagramática foi confeccionada de acordo com a forma, distribuição e frequência das lesões (HORSFALL; COWLING, 1978). Como a área total da folha foi determinada usando reconhecimento de formas, foi possível calcular a área total e a porcentagem da área sadia e da área doente.

Para os testes de validação da escala diagramática, foram selecionadas 60 imagens de folhas de eucalipto digitalizadas, abrangendo diferentes níveis de severidade. A escala foi utilizada por dez avaliadores que não possuíam experiência com escala diagramática.

As imagens com as folhas selecionadas foram projetadas para os avaliadores, utilizando o *software* PowerPoint 2016, por 15 segundos cada folha, em duas etapas: a primeira observação foi realizada sem o uso de uma escala diagramática, na qual os avaliadores realizaram a avaliação colocando um valor, expresso em porcentagem. Na segunda etapa, os avaliadores receberam a escala diagramática proposta para referência, e estimaram a severidade nas mesmas imagens avaliadas anteriormente. Dessa maneira, foi determinado o desempenho dos avaliadores quanto à precisão das estimativas obtidas.

A acurácia e precisão das estimativas visuais de cada avaliador foram determinadas pela análise de regressão linear simples, considerando a severidade real como variável independente e a severidade estimada, como variável dependente. A precisão dos avaliadores nas avaliações com e sem escalas foi avaliada calculando o coeficiente de determinação (R^2), considerando que quanto mais próximo de um, maior a precisão. As análises de regressão linear foram realizadas com o auxílio do *software* Microsoft Excel 2016.

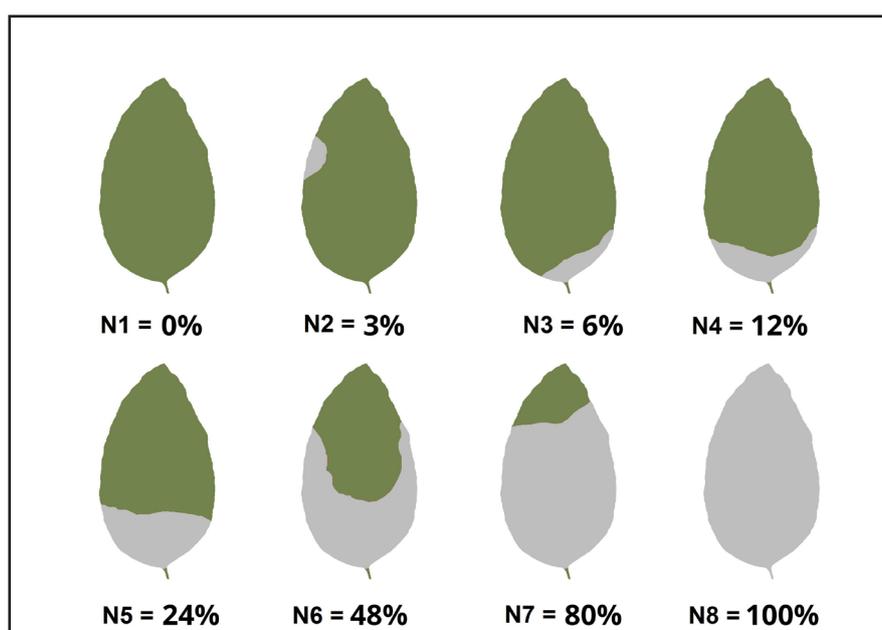
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escala diagramática de oídio do eucalipto apresentou oito níveis de severidade, com base na distribuição da amostra: N1 = 0% (sem sintomas ou sinais); N2 = 3%; N3 = 6%; N4 = 12%; N5 = 24%; N6 = 48%; N7 = 80%, N8 = 100%, exponencialmente, de acordo com a lei de Weber-Fechner, como mostra a Figura 1.

A severidade mínima e máxima encontradas para o oídio em eucalipto foi de 3% e 100%, respectivamente, mostrando que é possível encontrar folhas totalmente cobertas pelas estruturas do patógeno. O valor máximo da severidade da doença não

está de acordo com Valeriano *et al.* (2015), que observaram a máxima severidade de oídio do eucalipto em folhas coletadas no viveiro próxima de 50%. No míldio na soja, foi possível encontrar a doença em folhas com aproximadamente 90% de sua área coberta com fungo (KOWATA *et al.*, 2008). Godoy, Koga e Canteri (2006) realizaram a escala diagramática da ferrugem na soja, na qual afirmam que é raro encontrar folhas com severidade acima de 80% no campo, devido à rápida desfolha ocasionada pela doença.

Figura 1 – Escala diagramática para avaliação da severidade de oídio do eucalipto causado por *Podosphaera pannosa*

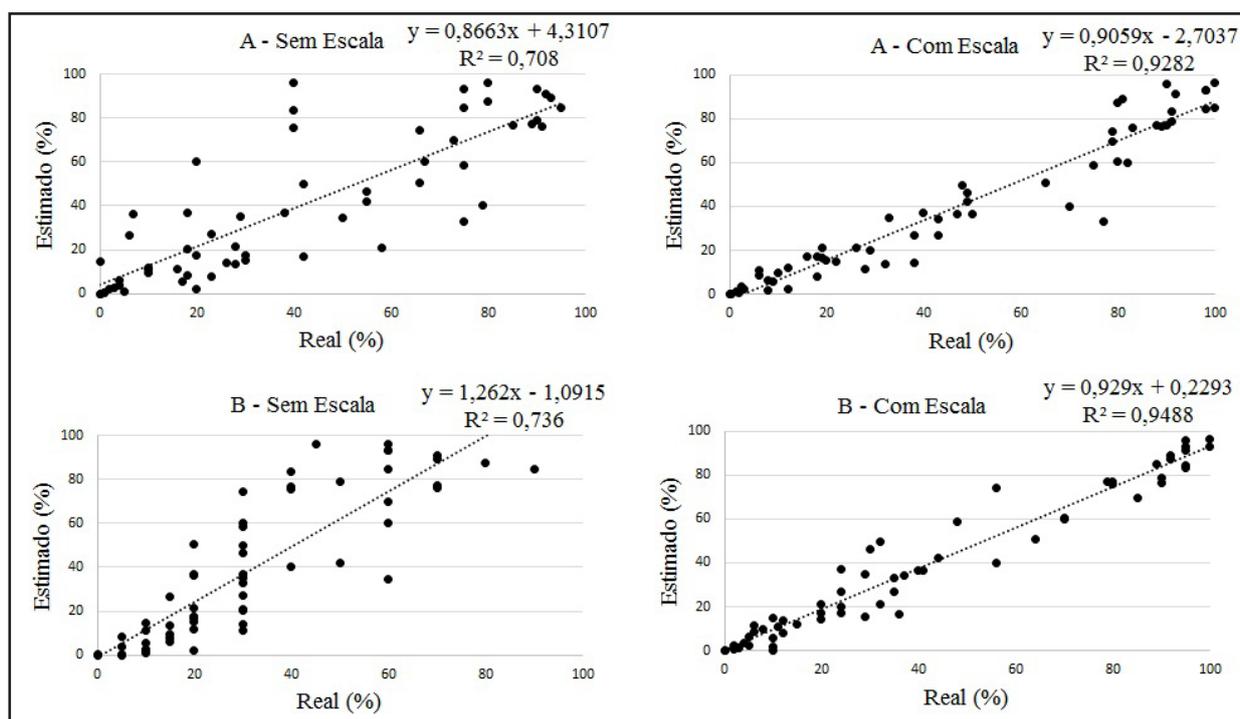


Fonte: Autores (2019)

Em que: * A área cinza representa valores em porcentagem da área com sintomas.

Os dez avaliadores apresentaram estimativas adequadas na validação da escala, que podem ser visualizadas nos resultados da regressão entre a primeira e a segunda avaliação (com e sem escala). Na Figura 2, observa-se as linhas de regressão obtidas entre a severidade real e a estimada dos avaliadores 3 e 6, pois foram os que demonstraram melhor precisão.

Figura 2 – Validação estatística da escala diagramática para avaliar a severidade de oídio no eucalipto. Os avaliadores 3 (A) e 6 (B) foram selecionados para representar a análise de regressão linear entre a gravidade real e estimada, com e sem a utilização da escala diagramática



Fonte: Autores (2019)

A validação da escala diagramática apresentou resultados promissores, pois os dez avaliadores diferiram na percepção dos níveis de severidade da doença. Os avaliadores não apresentaram acurácia sem a escala, entretanto, com o uso da escala a acurácia aumentou, pois os valores estimados de severidade ficaram próximos dos valores da severidade real. Isso pode ser observado no aumento dos R^2 , quando a escala diagramática foi utilizada como auxílio para a avaliação (Tabela 1). Com o uso da escala diagramática proposta, todos os avaliadores melhoraram a precisão, aumentando a média do coeficiente de determinação (R^2) de 0,78 para 0,89.

Os valores estimados quando próximos aos valores reais, determinam a acurácia das avaliações. A acurácia é avaliada pela determinação do coeficiente de análise de regressão, que deve ser próximo de 1 (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN FILHO, 2018). Dessa maneira, a escala diagramática desenvolvida resultou em melhor acurácia das estimativas realizadas, podendo ser utilizada para auxiliar na avaliação de oídio em eucalipto. Os valores de severidade estimados com o auxílio da escala diagramática foram acurados e precisos para todos os avaliadores. Além disso, a escala obtida proporcionou repetibilidade e alta reprodutibilidade entre os avaliadores, principalmente pelo fato de os avaliadores não terem sido submetidos a nenhum tipo de treinamento.

Tabela 1 – Coeficientes de determinação (R^2) obtidos da regressão linear simples entre os valores reais e estimados da severidade de oídio no eucalipto realizado por dez avaliadores com e sem o uso da escala diagramática

Avaliador	R^2 (sem escala)	R^2 (com escala)
1	0,782	0,875
2	0,775	0,820
3	0,708	0,928
4	0,797	0,884
5	0,841	0,875
6	0,736	0,949
7	0,835	0,881
8	0,782	0,888
9	0,720	0,880
10	0,819	0,881

Fonte: Autores (2019)

O uso de escalas diagramáticas melhora substancialmente a precisão e a acurácia das avaliações de doenças visuais (NUTTER JUNIOR; ESKER; COELHO NETTO, 2006). Os avaliadores apresentaram bons níveis de acurácia nas estimativas, semelhante ao confirmado na validação de escalas diagramáticas para oídio no mamoeiro (SANTOS *et al.*, 2011), em castanhas do cajueiro (LIMA *et al.*, 2018), alface (CAMARA *et al.*, 2018),

tomate (LAGE *et al.*, 2015) e seringueira (TUMURA *et al.*, 2013). A escala elaborada neste trabalho atende a critérios estabelecidos para condução e validação de escalas diagramáticas proposta por Del Ponte *et al.* (2017), como por exemplo o uso de plantas infectadas naturalmente, validação da escala e a aplicação da estatística na validação, demonstrando aumento da acurácia.

Os resultados demonstram a importância do uso de escalas diagramáticas no processo de avaliação de doenças. A importância está relacionada com o desenvolvimento de métodos padronizados de avaliação, proporcionando maior confiabilidade no monitoramento e auxiliando em estudos sobre o controle da doença. As escalas auxiliam nos programas de melhoramento através da seleção de genótipos resistentes às doenças e na tomada de decisão em relação às medidas fitossanitárias, minimizando custos operacionais e de insumos (MARTINS *et al.*, 2007; OLIVEIRA, 2018).

4 CONCLUSÕES

A escala diagramática proposta é adequada para quantificar a severidade de oídio em folhas de eucalipto em viveiro. A escala fornece precisão e repetibilidade das estimativas, portanto, é apta de ser utilizada em estudos epidemiológicos, avaliação de estratégias de controle e manejo do oídio em eucalipto e como referencial para futuros métodos quantitativos de sintomas.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A.C. *et al.* **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009. 442 p.
- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 5. ed. Ouro Fino, MG: Agronômica Ceres, 2018. v. 1. 573 p.
- BEDENDO, I. P. Oídios. *In*: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 5. ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2018. v. 1. p. 351-355.
- BIZI, R. M. *et al.* Produtos alternativos no controle do oídio em mudas de eucalipto. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 2, p. 144-148, 2008.

CAMARA, G. R. *et al.* Elaboration and validation of diagrammatic scale for lettuce powdery mildew. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 44, n. 2, p. 116-121, 2018.

DEL PONTE, E. M. *et al.* Standard area diagrams for aiding severity estimation: scientometrics, pathosystems and methodological trends in the last 25 years. **Phytopathology**, [s. l.], v. 107, n. 10, p. 1161-1174, 2017.

DUARTE, H. S. S. *et al.* Development and validation of a set of standard area diagrams to estimate severity of potato early blight. **European Journal of Plant Pathology**, [s. l.], v. 137, n. 2, p. 249-257, 2013.

FONSECA, N. R. *et al.* Eucalypt powdery mildew caused by *Podosphaera pannosa* in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 42, p. 261-272, 2017.

GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 63-68, 2006.

HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. Pathometry: the measurement of plant disease. *In*: HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. (ed.) **Plant disease: an advanced treatise – how disease develops in populations**. New York: Academic Press, 1978. v. 2. p. 119-136.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2017**. São Paulo, 2017. Disponível em: https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf. Acesso em: 2 ago. 2018.

KOWATA, L. G. *et al.* Escala diagramática para avaliar severidade de míldio na soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 105-110, 2008.

KRUGNER, T. L.; AUER, C. G. Doenças dos eucaliptos. *In*: KIMATI, H. *et al.* **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 319-332.

LAGE, D. A. C. *et al.* Standard area diagrams for assessment of powdery mildew severity on tomato leaves and leaflets. **Crop Protection**, [s. l.], v. 67, p. 26-34, 2015.

LIMA, J. S. *et al.* Escala diagramática para avaliação da severidade do oídio em castanhas de caju. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 44, n. 3, p. 252-260, 2018.

MADDEN, L. V.; HUGHES, G.; VAN DEN BOSCH, F. **The study of plant disease epidemics**. Saint Paul: APS Press, 2007.

MARTINS, J. A. S. *et al.* Período latente e uso da análise de componentes principais para caracterizar a resistência parcial à ferrugem da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.33, n.4, p.364-371, 2007.

MASSON, M. V. *et al.* Escala diagramática para determinação de mancha foliar do Eucalyptus, causada por *Mycosphaerella nubilosa*. **Summa Phytopathologica**, v. 34. p. S66-S66, 2008.

MORA, A.; GARCIA, C. **A cultura do Eucalipto no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000.

NUTTER JUNIOR., F.W.; ESKER, P.D.; COELHO NETTO, R.A. Disease assessment concepts and the advancements made in improving the accuracy and precision of plant disease data. **European Journal of Plant Pathology**, [s.l.], v. 115, p. 95-103, 2006.

OLIVEIRA, A. S. **Potencial genético de populações exóticas de milho para o melhoramento visando caracteres agrônômicos e resistência aos fitopatógenos**. 2018. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

SANTOS, P. H. D. *et al.* Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade de oídio em folhas de mamoeiro. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 37, n. 4, p. 215-217, dez. 2011.

SILVA, S. F.; GUIMARÃES, A. M.; CANTERI, M. G. Determinação de modelo estatístico para meta-análise na validação da escala diagramática usando o ambiente R. *In*: CONGRESSO SUL BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO, 7., 2014, Criciúma. **Anais [...]**. Criciúma: Unesc, 2014. v. 4.

TUMURA, K. G. *et al.* Avaliação de clones de seringueira quanto à resistência ao oídio. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 39, n. 4, p. 252-257, 2013.

VALERIANO, R. *et al.* Escala diagramática e reação diferencial de clones para oídio do eucalipto. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 51-61, 2015.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VALE, F. X. R. Efeito da nutrição mineral sobre doenças de plantas causadas por patógenos do solo. *In*: ZAMBOLIM, L. (ed.). **Manejo integrado, fitossanidade, cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. Viçosa, MG: Suprema, 2001. p. 347-408.

Contribuição de Autoria

1 – Anny Mery Marcon Ruiz

Engenheira Florestal, Ma.

<https://orcid.org/0000-0001-5224-1699> • annymery_ruiz@hotmail.com

Contribuição: Conceituação, Curadoria de dados, Metodologia, Administração do projeto, Validação, Visualização de dados, Escrita – primeira redação

2 – Cristiane de Pieri

Bióloga, Dra., Professora

<https://orcid.org/0000-0002-7104-8058> • pieri_cris@yahoo.com.br

Contribuição: Conceituação, Investigação, Metodologia, Supervisão, Visualização de dados, Validação, Escrita – revisão e edição

3 – Lisandro de Proença Pieroni

Engenheiro Florestal, Me.

<https://orcid.org/0000-0002-4795-2688> • lisandro.pieroni@hotmail.com

Contribuição: Validação, Escrita – revisão e edição

4 – Alex Sander Porcena

Técnico em Contabilidade, Pesquisador Autônomo

<https://orcid.org/0000-0002-1936-7107> • asporcena@gmail.com

Contribuição: Metodologia, Software

5 – Fábio Suzart Albuquerque

Biólogo, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0001-9981-4757> • fabio.albuquerque@asu.edu

Contribuição: Supervisão, Software, Visualização de dados, Metodologia, Escrita – revisão e edição

6 – Edson Luiz Furtado

Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0002-6924-835X> • edson.furtado@unesp.br

Contribuição: Obtenção de financiamento, Supervisão, Escrita – revisão e edição

Como citar este artigo

Ruiz, A. M. M.; Pieri, C.; Pieroni, L. P.; Porcena, A. S.; Albuquerque, F. S.; Furtado, E. L. Escala diagramática para avaliação da severidade de oídio em eucalipto. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 1535-1546, 2021. DOI 10.5902/1980509840568. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509840568>. Acesso em: xx mês-abreviado. 2021.