

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

FERNANDA DORNELAS SOARES

**ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA ESCALA DIAGRAMÁTICA PARA
ESTIMAR A SEVERIDADE DA MANCHA ANGULAR DO FEIJOEIRO**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2017

FERNANDA DORNELAS SOARES

**ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA ESCALA DIAGRAMÁTICA PARA
ESTIMAR A SEVERIDADE DA MANCHA ANGULAR DO FEIJOEIRO**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Viçosa como parte das
exigências para a obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo. Modalidade: trabalho científico.**

Orientador: Prof. Fabrício de Ávila Rodrigues

Coorientadores: Dr. Jonas Alberto Rios

Dr. Doc. Daniel Debona

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2017

FERNANDA DORNELAS SOARES

**ELABORAÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA ESCALA DIAGRAMÁTICA PARA
ESTIMAR A SEVERIDADE DA MANCHA ANGULAR DO FEIJOEIRO**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Viçosa como parte das
exigências para a obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo. Modalidade: trabalho científico.**

APROVADO: 07 de junho de 2017

Prof. Fabrício de Ávila Rodrigues

(orientador)

(UFV)

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitopatologia, por proporcionarem condições para realização deste trabalho.

Ao Professor Fabrício Ávila Rodrigues pelo exemplo de disciplina, profissionalismo, orientação e pela oportunidade de realizar esse trabalho.

Aos Doutores Daniel Debona e Jonas Rios pela orientação, apoio e paciência.

Aos colegas do Laboratório da Interação Planta-Patógeno por me ensinarem a ser uma profissional melhor e pela preocupação constante com o meu desenvolvimento.

Aos meus pais Paulo e Jany, pelo amor, dedicação incondicional e pelo referencial de humildade, perseverança e caráter.

A todos que, diretamente ou indiretamente, contribuíram para a realização desta conquista, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Esse trabalho teve por objetivo elaborar e validar uma escala diagramática para quantificar a severidade da mancha angular do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), causada por *Pseudocercospora griseola*. Para a elaboração da escala, foram considerados os limites de severidade mínima e máxima da doença nos folíolos de plantas de feijoeiro com os níveis intermediários seguindo incrementos lineares. A escala possui dez níveis: 0,5; 2,2; 4,5; 9,6; 20,1; 30,8; 41,2; 52,1; 67,4 e 77,3% de severidade. A validação foi realizada por 20 avaliadores, 10 sem experiência e 10 com experiência na quantificação da mancha angular, sendo as estimativas da severidade feita em 50 folíolos com diferentes níveis de severidade sem e com o uso da escala proposta. A utilização da escala diagramática melhorou a acurácia a precisão e a repetibilidade das estimativas. Portanto, a escala proposta no presente trabalho mostrou-se adequada para estimar a severidade da mancha angular do feijoeiro podendo ser utilizada em qualquer estudo em que se faz necessário quantificar a severidade da doença com o propósito de avaliar a eficiência de estratégias de controle ou a tomada de decisão para o controle.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, *Pseudocercospora griseola*, fitopatometria.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3 RESULTADOS.....	10
4 DISCUSSÃO.....	12
5 CONCLUSÃO.....	14
6 REFERÊNCIAS.....	15
7 TABELAS E FIGURAS.....	19

1. INTRODUÇÃO

A mancha angular, causada pelo fungo *Pseudocercospora griseola*, é uma das principais doenças do feijoeiro podendo causar perdas de até 70% na produtividade (Sartorato & Rava, 1994). Os sintomas desta doença podem ser observados no caule, vagens e folhas (Bianchini *et al.*, 1997; Carneiro *et al.*, 2000). Nas folhas primárias, os sintomas apresentam-se como lesões necróticas de coloração castanho escuro e halos concêntricos. Nas folhas trifolioladas, as lesões necróticas apresentam formato angular, sintoma característico da doença, sendo delimitadas pelas nervuras no limbo foliar (Sartorato & Rava, 1985; Sartorato, 2003; Bianchini *et al.*, 2005). As condições favoráveis para o desenvolvimento da doença são temperaturas entre 16 e 28° C associadas a períodos de alta umidade relativa (Cardona-Alvarez & Walker, 1956; Correavictoria *et al.*, 1989). Entre as estratégias de manejo para minimizar as perdas causadas por esta doença estão o uso de cultivares resistentes e a aplicação de fungicidas (Bianchini *et al.*, 2005).

A quantificação de doenças possui grande importância para a avaliação da eficiência de medidas de controle, porém é um procedimento de difícil execução e relativamente oneroso (Capucho *et al.*, 2010). Os dados obtidos em uma quantificação de doenças são importantes para avaliar as diferentes medidas de controle, resistência varietal e testar a eficiência de produtos fitossanitários (Vale *et al.*, 2004). A maneira mais apropriada de quantificar as doenças como a mancha angular do feijoeiro é por meio da severidade, a qual representa a porcentagem de tecido foliar doente em relação à área foliar sadia (Amorim, 1995). A avaliação de uma determinada doença utilizando critérios subjetivos induz, na maioria das vezes, ao erro, sendo necessária a adoção de critérios precisos na quantificação delas (Lenz *et al.*, 2009). Dentre as estratégias para quantificar a severidade de doenças com precisão, as escalas diagramáticas surgem como a principal ferramenta de avaliação (Bergamin Filho & Amorim, 1996; Martins *et al.*, 2004). Estas representam ilustrações de plantas, folhas, ou partes de plantas apresentando os sintomas em diferentes níveis de severidade (Bergamin Filho & Amorim, 1996). A utilização de escalas diagramáticas pode diminuir a subjetividade das estimativas da severidade entre os avaliadores, melhorando a acurácia e a precisão nas avaliações (Martins *et al.*, 2004). As características desejáveis para uma escala diagramática envolvem a facilidade e a rapidez em utilizá-las, a obtenção de resultados reproduzíveis, a aplicabilidade, bem como a presença de intervalos que representem todos os estádios de desenvolvimento da doença e que permitam uma avaliação imediata (Berger, 1980). Assim,

na construção de uma escala, alguns aspectos importantes devem ser considerados, tais como os limites superiores e inferiores da escala correspondentes, respectivamente, à máxima e à mínima severidade da doença observada no campo, sendo os sintomas representados os mais próximos possíveis dos observados em condições de infecção natural (Horsfall & Barrat, 1945). Antes de serem propostas como um método padrão de quantificação de doenças, as escalas diagramáticas devem ser validadas e, se os resultados produzidos forem insatisfatórios, essas devem ser prontamente corrigidas (Martins *et al.*, 2004).

Diante da necessidade de realização de estudos epidemiológicos da mancha angular do feijoeiro e da falta de um método padronizado de quantificação dessa doença, este trabalho buscou elaborar e validar uma escala diagramática para avaliar a severidade dessa doença.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção do material: Folhas trifolioladas de feijoeiro da cultivar Ouro Vermelho, suscetível à mancha angular, apresentando diferentes níveis de sintomas da mancha-angular, foram coletadas em um campo experimental da Universidade Federal de Viçosa, com plantas de feijoeiro infecta por *P. griseola*.

Elaboração da escala diagramática: Para a elaboração da escala, 150 folíolos com diferentes níveis de severidade da mancha angular foram coletados. Os folíolos foram digitalizados individualmente para a obtenção de imagens com resolução de 300 dpi. Em seguida, cada folíolo foi analisado quanto à proporção de área sintomática, utilizando-se o programa QUANT (Vale *et al.*, 2003). A partir da severidade mínima e máxima encontrada nos folíolos, outros oito níveis intermediários, com incrementos lineares, foram estabelecidos para compor a escala diagramática. Após o estabelecimento dos níveis de severidade da escala, foram escolhidos 10 folíolos para representar cada nível.

Validação da escala diagramática: A validação da escala foi realizada por 20 avaliadores, sendo 10 experientes e 10 inexperientes na quantificação da mancha angular do feijoeiro. Na primeira etapa, foram apresentadas 50 imagens de folíolos com diferentes níveis de severidade da doença em slides individuais para a visualização no programa Power Point. Os avaliadores não utilizaram a escala diagramática proposta para determinar a severidade da doença. Na segunda etapa da validação da escala, os avaliadores estimaram a severidade do mesmo conjunto de imagens de folíolos de feijoeiro com a escala proposta. Para avaliar cada

folíolo, o avaliador comparou a imagem do folíolo à escala e, em seguida, fez uma estimativa da porcentagem de área doente (necrótica).

A partir dos dados de cada avaliador, a acurácia e a precisão foram determinadas pelo coeficiente de correlação concordante de Lin (ρ_c). O coeficiente de correlação concordante de Lin constitui a análise mais apropriada para este tipo de experimento, pois combina as medidas de acurácia e precisão e é baseado na relação dos dados com a linha concordante (45°): $\rho_c = C_b \times r$ em que: C_b é um fator que mede a distância da linha ajustada dos desvios em relação à linha concordante e, portanto, é uma medida de acurácia e r é o coeficiente de correlação entre a severidade estimada (Y) e severidade real (X), sendo uma medida de precisão. C_b é derivado de: $C_b = 2 / [(v + 1/v + u^2)]$ onde: $v = \sigma_y / \sigma_x$ sendo σ o desvio padrão de Y e X , respectivamente; e $u = (\mu_y - \mu_x) / \sqrt{(\sigma_y \cdot \sigma_x)}$ em que μ é o valor médio de Y e X , respectivamente, σ é definido conforme descrito acima. O componente v mede a diferença na escala entre os valores de severidade estimada (Y) e severidade real (X) que essencialmente é definida como desvio de inclinação das duas linhas (linha da regressão com a linha concordante). Inclinações iguais das duas linhas significam valor de v igual a 1. O termo u reflete o desvio de localização da linha da regressão em relação à linha concordante, a qual é refletida pela diferença de altura entre as linhas. Alturas iguais significam um valor de u igual a 0. Uma medida perfeita de acurácia ocorre quando os dados coincidem com a linha concordante como, por exemplo, $r = 1$, $C_b = 1$ [$v = 1$, $u = 0$] e, conseqüentemente, $\rho_c = 1$ (Bock *et al.*, 2010; Nita *et al.*, 2003).

Para todos os parâmetros analisados (v , μ , C_b , ρ_c e r), a diferença entre as médias (ou seja, com escala menos sem escala) foram calculadas. Posteriormente, o teste de equivalência foi utilizado para testar a significância das diferenças encontradas (Yi *et al.*, 2008; Bardsley & Ngugi, 2013; Yadav *et al.* 2013). O teste de equivalência foi utilizado para calcular intervalos de confiança de 95% para cada diferença entre as médias pela análise de “bootstrapping”. Todas as análises foram baseadas em 2000 amostras de “bootstraps” balanceadas utilizando intervalos de confiança de 95% de probabilidade que foram calculados como a diferença entre as médias dos grupos. Caso o intervalo de confiança inclua o zero, não haveria uma diferença significativa ($P > 0,05$). As análises de equivalência foram realizadas usando o software SAS (SAS Instituto Inc., Cary, NC). A precisão foi determinada utilizando-se a análise dos erros absolutos (severidade estimada menos a severidade real).

A reprodutibilidade das avaliações foi determinada baseada nos valores de R^2 da regressão linear entre as severidades estimadas pelos diferentes avaliadores combinados aos pares (Nutter Júnior & Schultz, 1995). A regressão entre a severidade real e a severidade estimada para cada avaliador, bem como entre os avaliadores foram realizadas utilizando-se o programa MINITAB versão 14.

3 RESULTADOS

A escala desenvolvida no presente trabalho foi constituída por 10 imagens de folíolos de feijoeiro com sintomas da mancha angular, cujos níveis de severidade variaram de 0,5 a 77,3% (Fig. 1). O coeficiente de correlação de concordância de Lin mostrou que as estimativas de severidade da mancha angular foram mais próximas do real quando os avaliadores usaram a escala, independentemente de sua experiência. Houve uma relação linear entre a severidade estimada e real para todos os avaliadores, sendo que a severidade estimada se aproximou da real com o uso da escala (Fig. 3). Independentemente da experiência dos avaliadores, o emprego da escala resultou em melhoria significativa de todos os parâmetros estatísticos de acurácia e desvio do coeficiente de correlação concordante de Lin (v , u , C_b , ρ_c e r) (Tabela 1).

O uso da escala reduziu significativamente o desvio de escala (v) para os avaliadores inexperientes, variando de 0,85 a 1,44 (média de 1,21) e de 0,90 a 1,10 (média de 0,99) sem e com o uso da escala, respectivamente (Tabela 1). Para os avaliadores experientes, o uso da escala aumentou significativamente o v , variando de 0,74 a 1,15 (média de 0,90) e de 0,87 a 1,06 (média de 0,96) sem e com o uso da escala, respectivamente. A proporção de avaliadores que tiveram valores de v entre 0,90 e 1,10 aumentou de 30 para 85% com o uso da escala, indicando que o coeficiente angular do melhor ajuste da linha foi mais próximo da linha de concordância quando a escala foi usada (Fig. 2a).

O desvio de localização (μ) foi significativamente reduzido para os avaliadores inexperientes (Tabela 1). A maioria (70%) dos avaliadores inexperientes superestimaram a severidade da mancha angular sem o uso da escala [μ variou de -0,35 a 0,89 (média de 0,28)], enquanto que com o uso da escala os valores de μ variaram entre -0,09 e 0,13 (média de -0,02). Contrariamente, a maioria (90%) dos avaliadores experientes subestimaram a severidade da mancha angular sem o uso da escala [μ variou de -0,46 a 0,13 (média de -0,28)] e o uso da escala resultou em aumento significativo em μ , cujos valores variaram entre -0,16 e 0,13

(média de -0,05). A proporção de avaliadores com valores de μ entre -0,10 e 0,10 foi nula e de 65% sem e com o uso da escala, respectivamente (Fig. 2b).

A acurácia (C_b) foi significativamente aumentada quando os avaliadores tanto experientes quanto inexperientes usaram a escala (Tabela 1). A acurácia sem o uso da escala variou de 0,70 a 0,94 (média de 0,86) para os avaliadores inexperientes e de 0,90 a 0,98 (média de 0,94) para os avaliadores experientes. Em contraste, a acurácia com o uso da escala variou de 0,99 a 1,00 tanto para os avaliadores experientes quanto para os inexperientes. O uso da escala aumentou a proporção de avaliadores com acurácia $>0,95$ de 25 para 100% (Fig. 2c).

Sem a escala, a precisão (r) variou de 0,76 a 0,96 (média de 0,91) e de 0,75 a 0,98 (média de 0,91) para avaliadores inexperientes e experientes, respectivamente (Tabela 1). Quando as avaliações foram feitas com o emprego da escala, a precisão melhorou tanto para os avaliadores inexperientes [0,96 a 0,98 (média de 0,97)] quanto para os experientes [0,95 a 0,99 (média de 0,97)]. A proporção de avaliadores com $r >0,95$ foi de 20 e 95% sem e com o uso da escala, respectivamente, indicando aumento na precisão com o uso da escala (Fig. 2d).

O coeficiente de concordância de Lin (ρ_c), que combina medidas de acurácia e precisão, foi significativamente melhorada com o uso da escala para todos os avaliadores, independentemente da experiência (Tabela 1). Na ausência da escala, ρ_c para os avaliadores inexperientes variou de 0,61 a 0,90 (média de 0,79) e, para os avaliadores experientes, de 0,68 a 0,91 (média de 0,86). Quando os avaliadores usaram a escala, no entanto, os avaliadores inexperientes apresentaram ρ_c que variou de 0,95 a 0,98 (média de 0,96) e, os experientes, de 0,94 a 0,98 (média de 0,96). A melhoria na concordância foi refletida no aumento na proporção de avaliadores com valores de $\rho_c > 0,90$ (15 e 100% sem e com o uso da escala, respectivamente) (Fig. 2e).

O aumento na precisão e acurácia também foi indicado pela redução nos erros absolutos e na maior proximidade das linhas entre a severidade estimada e real e a linha de concordância quando os avaliadores usaram a escala, sendo particularmente evidente para os avaliadores inexperientes (Figs. 3 e 4). Quando as estimativas foram feitas sem a escala, 90% dos avaliadores inexperientes tiveram erro $>25\%$ em alguma das estimativas. Quando a escala foi usada, nenhum erro excedeu 20%.

O uso da escala resultou em aumento significativo da repetibilidade (R^2) tanto para os avaliadores inexperientes quanto para os experientes (Tabela 1). Sem a escala, R^2 para os avaliadores inexperientes variou de 0,41 a 0,91 (média de 0,70) e, para os experientes, de 0,47 a 0,92 (média de 0,76). Com a escala, os avaliadores inexperientes e experientes apresentaram R^2 que variou de 0,82 a 0,95 (média de 0,91) e de 0,87 a 0,96 (média de 0,92), respectivamente. Sem o uso da escala, 89% das combinações de avaliadores aos pares teve $R^2 < 0,85$, mas, quando a escala foi usada, apenas 0,5% das combinações mostrou $R^2 < 0,85$, indicando que o uso da escala resultou em aumento na repetibilidade entre os avaliadores (Fig. 2f).

Sem a escala, os avaliadores experientes apresentaram melhor acurácia (v e μ) e repetibilidade (R^2) do que os avaliadores inexperientes (Tabela 2). No entanto, o uso da escala eliminou tais diferenças, indicando que a sua utilização equiparou a acurácia, precisão e repetibilidade dos avaliadores inexperientes àquela dos experientes. Apesar de as estimativas de severidade terem sido melhoradas para todos os avaliadores independentemente de sua experiência, as maiores reduções nos erros e os maiores ganhos em acurácia, precisão e concordância foram obtidos para os avaliadores inexperientes (Fig. 5).

4 DISCUSSÃO

Escalas diagramáticas são consideradas importantes ferramentas na quantificação da severidade de doenças durante estudos epidemiológicos por proporcionar uma estimativa mais acurada sendo, portanto, determinante na tomada de decisão visando o controle (Nutter *et al.*, 1993). Vários estudos têm demonstrado que a utilização de escalas diagramáticas durante a estimativa de severidade de doenças foliares aumenta a acurácia e a precisão dos avaliadores, incluindo a ferrugem (Godoy *et al.*, 2006) e mancha olho de rã (Debona *et al.*, 2015) em soja, brusone (Rios *et al.*, 2013) e mancha marrom (Domiciano *et al.*, 2014) em trigo, mancha marrom no arroz (Lenz *et al.*, 2010), requeima da batata (Duarte *et al.*, 2013) e ferrugem do cafeeiro (Capucho *et al.*, 2011). Embora a mancha angular seja um fator limitante para a produtividade do feijoeiro, não existe um método adequado de determinação de severidade devidamente validado, o qual possa assegurar acurácia das estimativas. A escala proposta e validada neste estudo para avaliar a mancha angular do feijoeiro foi demonstrada fornecer maior acurácia, precisão e reprodutibilidade das estimativas desta doença conferindo, portanto, maior proximidade entre a severidade estimada e a real.

A escala proposta neste estudo apresenta 10 níveis de severidade, variando de 0,5 a 77,3%. Tais níveis foram considerados suficientes por abranger toda a variação de severidade da doença encontrada no campo. Adicionalmente, níveis de severidades em folíolos com valores inferiores a 0,5% são difíceis de serem detectados. Por outro lado, os folíolos senescem quando a severidade é superior a 77,3%. Portanto, os 10 níveis propostos para composição da escala de mancha angular são considerados adequados e suficientes para uma determinação rápida e acurada da severidade. Um número de níveis de severidade similar tem sido utilizado em escalas diagramáticas propostas para estimar a severidade de outras doenças (Corrêa et al. 2009; Yadav et al. 2013; González-Domínguez et al. 2014). Os dez níveis sugeridos nesta escala apresentaram uma tendência de aumento linear, em contraste a outras escalas propostas que utilizaram uma tendência logarítmica de incremento nos níveis de severidade. Esta tendência obedece a lei de Weber-Fechner, a qual presume uma relação logarítmica entre a severidade estimada e a real (Horsfall & Barrat 1945; Godoy *et al.*, 2006; Lenz *et al.*, 2010). Contudo, esta lei não foi bem fundamentada e estudos recentes têm questionado sua utilidade para fornecer boas estimativas de severidade (Nutter & Esker 2006; Bock *et al.*, 2010). Portanto, a escala aqui proposta é consistente com as escalas recentemente desenvolvidas por considerar existir uma relação linear entre a severidade real e a estimada (Duarte *et al.*, 2013; Rios *et al.*, 2013; Yadav *et al.*, 2013; Domiciano *et al.*, 2014; González-Domínguez *et al.*, 2014; Debona et al., 2015).

Os avaliadores inexperientes tenderam a superestimar a severidade da mancha angular (valores de μ positivos) corroborando com trabalhos anteriores (Newton & Hackett, 1994; Parker *et al.*, 1995; Diaz *et al.*, 2001). Soluções para corrigir a superestimação dos níveis de severidade da doença variam de acordo com a magnitude do erro e o nível do treinamento dos avaliadores (Nutter Júnior & Schultz, 1995). Contudo, entre os avaliadores com experiência a tendência foi de subestimar a severidade (valores de μ negativos), algo que também já foi demonstrado em outros trabalhos (Michereff *et al.*, 2000; Gomes *et al.*, 2004). A precisão é definida como a exatidão de uma operação onde há rigor e/ou refinamento na medida (Bergamin Filho & Amorim, 1996). Os valores de R^2 foram superiores a 85% para a maioria dos avaliadores que utilizaram a escala, sendo considerado ideal para este tipo de avaliação (Bergamin Filho & Amorim, 1996). A acurácia refere-se à proximidade existente entre a severidade estimada e a real na avaliação de uma doença (Nutter Júnior & Schultz, 1995). Assim, avaliadores considerados acurados apresentam a média das estimativas de severidade

próxima à média da severidade real (Martins *et al.*, 2004). A escala proposta neste trabalho para a estimativa da severidade da mancha angular proporcionou uma significativa melhora na acurácia (evidenciada pelos valores de C_b e ρ_c) dos avaliadores experientes e inexperientes. Adicionalmente, houve uma redução dos erros absolutos das estimativas com o uso da escala, sendo este efeito particularmente evidente para os avaliadores inexperientes. Para todos os avaliadores o desvio da escala (v) e o desvio de localização (μ) foram próximas de 0 e 1, respectivamente, quando a escala foi utilizada, indicando que a inclinação e altura se aproximaram da linha concordante. Além disso, as outras mensurações de precisão, acurácia e concordância (r , C_b e ρ_c) foram todas melhoradas com a utilização da escala para todos os avaliadores (independentemente da sua experiência), indicando que todas as estimativas de severidade da mancha angular foram mais acuradas e precisas quando os avaliadores utilizaram a escala proposta no presente estudo. Esses resultados demonstraram que a escala proposta foi importante para melhorar o desempenho dos avaliadores durante as estimativas de severidade da mancha angular, mesmo para os avaliadores considerados experientes.

Vários estudos demonstraram que avaliadores experientes, por serem mais familiarizados com os sintomas e possuírem treinamento na avaliação da severidade, apresentam uma maior reprodutibilidade e acurácia na estimativa da severidade de doenças (Bradsley & Ngugi 2013). De modo geral, os avaliadores experientes apresentaram estimativas de severidade da mancha angular mais acuradas e precisas em comparação aos avaliadores inexperientes, sendo consistente com relatos na literatura (Nita *et al.*, 2003; Yadav *et al.*, 2013; González-Domínguez *et al.*, 2014). De acordo com Yadav *et al.* (2013), um avaliador inexperiente pode ocasionalmente apresentar um alto grau de acurácia e precisão mas, para as maiorias das estimativas dos avaliadores inexperientes, ocorrerá uma menor acurácia comparada com as estimativas dos avaliadores experientes. Assim, é esperado que avaliadores inexperientes obtenham um maior benefício com o uso da escala diagramática, melhorando consideravelmente a sua reprodutibilidade durante as estimativas de severidade (Yadav *et al.*, 2013).

5 CONCLUSÃO

A escala para avaliar a mancha angular do feijoeiro deve ser considerada uma importante ferramenta nas estimativas de severidade com o objetivo de comparar a eficiência de

tratamentos para o manejo dessa doença, em estudos epidemiológicos ou para o monitoramento da doença para uma correta tomada de decisão visando o controle.

6 REFERÊNCIAS

Aquino, L.A., *et al.* Elaboração e validação de escala diagramática para quantificação da mancha de ramulária do algodoeiro. *Summa Phytopathologica*, v.34, n.4, 2008. p.361-363.

Amorim L., Avaliação de doenças. In: Bergamim Filho A, Kimathi H, Amorim L (eds) *Manual de Fitopatologia*. Ceres, São Paulo, 1995. p.647-671.

Bardsley,S.J., & Ngugi,H.K. Reliability and accuracy of visual methods used to quantify severity of foliar bacterial spot symptoms on peach and nectarine. *Plant Pathology*, 2013. 62, p.460–474.

Bergamim Filho A., Amorim L. *Doenças de Plantas Tropicais: Epidemiologia e Controle Econômico*. Editora Ceres, São Paulo, 1996. p.289

Berger, R. D., Measuring disease intensity. In: TENG, P. S.; KRUPA, S. V. (Ed.). *Crop loss assessment wich constrain production and crop improvement in agriculture and forestry*. St. Paul: University of Minnesota, 1980. p. 28-31.

Bianchini, A., Maringoni, A.C., Carneiro, S.M.T.P.G. Doenças do feijoeiro. In: Kimati, H. et al. *Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres Ltda, 1997. p.376-99.

Bianchini, A., et al. Doenças do feijoeiro. In: KIMATI, H. et al. *Manual de Fitopatologia*. São Paulo: Editora Ceres, 2005. v.2, p.333-349

Bock CH., Poole G., Parker PE., Gottwald TR. Plant disease severity estimated visually, by digital photography and image analysis, and by hyperspectral imaging. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2010. 29, p59-107.

Capucho, A. S., Zambolim, L., Duarte, H. S. S., & Vaz, G. R. O. Development and validation of a standard area diagram set to estimate severity of leaf rust in *Coffea arabica* and *Coffea canephora*. *Plant Pathology*, 2011. 60, p.1144 –1150.

Cardona-Alvarez, C., Walker, J.C. Angular leaf spot of bean. *Phytopathology*, 1956. v. 49, p.610-615.

Corrêa, F. M., Bueno Filho, J. S. S., & Carmo, M. G. F. Comparison of three diagrammatic keys for the quantification of late blight in tomato leaves. *Plant Pathology*,2009. 58, 1128–1133

Correa-Victoria, F.J., Angular leaf spot. In: Schwartz, H.F. & Pastor-Corrales, M.A. (Eds.). Bean Production Problems in the Tropics. Cali. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1989. p.59-75.

Debona, D., A set of standard area diagrams to assess severity of frogeye leaf spot on soybean. *Plant Pathology*, 2015. 142, p.603–614.

Diaz CG., Bassanezi RB., Bergamin Filho A. Desenvolvimento e validação de uma escala diagramática para *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* em feijoeiro. *Summa Phytopathologica*, 2001. 27, p.35-39.

Domiciano,G.P.,Duarte,H.S.S.,Moreira,E.N.,&Rodrigues,F. A. Development and validation of a set of standard area diagrams to aid in estimation of spot blotch severity on wheat leaves. *Plant Pathology*, 2014. 63, p.922 –928.

Duarte,H.S.S., Zambolim,L., Capucho,A.S., Nogueira Júnior, A. F.,Rosado, A. W. C.,Paul, P.A., Cardoso, C.R., & Mizubuti, E. S. G. Development and validation of a set of standard area diagrams to estimate severity of potato early blight. *European Journal of Plant Pathology*, 2013. 137, p.249 –257.

Godoy, C. V., Koga, L. J., & Canteri, M. G. Diagramatic scale for assessment of soybean rust severity. *Fitopatologia Brasileira*, 2006. 31, p.63 –68.

Gomes AMA., Michereff SJ., Mariano RLR.. Elaboração e validação de escala diagramática para cercosporiose da alface. *Summa Phytopathologica* 2004. 30, p.38-42.

González-Domínguez, E., Martins, R. B., Del Ponte., E. M., Michereff, S. J., García-Jiménez, J., & Armengol, J. Development and validation of a standard area diagram set to aid assessment of severity of loquat scab on fruit. *European Journal of Plant Pathology*, 2014. 139, p.413.

Horsfall JG., Barrat RW. An improved grading system for measuring plant disease. *Phytopathology*, 1945. 35,p. 655.

Lenz, G., et al. Escala diagramática para avaliação de severidade de mancha-de-septoria em girassol. *Ciência Rural*, ahead of print, 2009.

Lenz, G., Balardin, R. S., Corte, G. D., Marques, L. N., & Debona, D. Diagrammatic scale for assessment of rice brown spot severity. *Ciência Rural*, 2010. 40, p.752–758 (in Portuguese).

Martins MC., Guerzoni RA., Câmara GMS., Mattiazzi P., Lourenço SA., Amorim L. Escala diagramática para a quantificação do complexo de doenças foliares de final de ciclo em soja. *Fitopatologia Brasileira*, 2004. 29, p.179-184.

Michereff SJ., Maffia LA., Noronha MA. Escala diagramática para avaliação da severidade da queima das folhas do inhame. *Fitopatologia Brasileira*, 2000. 25, p.612-629.

Newton AC., Hackett CA. Subjective components of mildew assessment on spring barley. *European Journal of Plant Pathology*, 1994. 100, p.395-412.

Nita M., Ellis MA., Madden LV. Reliability and accuracy of visual estimation of Phomopsis leaf blight of strawberry. *Phytopathology*, 2003. 93, p.995-1005.

Nutter FW., Gleason ML., Jenco JH., Christinas NC. Assessing the accuracy, intra-rater repeatability, and inter-rater reliability of disease assessment systems. *Phytopathology*, 1993. 83, p.806-812

Nutter FW., Schultz PM. Improving the accuracy and precision of disease assessments: selection of methods and use of computer-aided training programs. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 1995.17, p.174-184.

Nutter, F. W., & Esker, P. D. The role of psychophysics in phytopathology. *European Journal of Plant Pathology*, 2006. 114, p.199–213.

Parker SR., Shaw MW., Royle DJ. The reliability of visual estimates of disease severity on cereal leaves. *Plant Pathology*, 1995. 43, p.856-865.

Rios, J. A., Debona, D., Duarte, H. S. S., & Rodrigues, F. A. Development and validation of a standard area diagram set to assess blast severity on wheat leaves. *European Journal of Plant Pathology*, 2013. 6, p.603 –611.

Sartorato, A., & Rava, C.A. Yield losses in dry bean (*Phaseolus vulgaris L.*) caused by angular leaf spot (*Isariopsis griseola Sacc.*). Annual Report of the Bean Improvement Cooperative. New York, 1985. v.28, p. 5-6.

Sartorato, A., & Rava, C.A. Mancha-angular. In: SARTORATO, A. & RAVA, C.A. (Eds.). Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle. Brasília: EMBRAPA, 1994. pp. 41-68.

Sartorato, A., & Rava, C.A. Controle químico da mancha angular do feijoeiro comum. *Summa Phytopathologica*, 2003. v.29, p.202-204.

Vale FXR., Jesus Junior WC., Zambolim L. Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas. *Perffil*, Belo Horizonte, 2004 .p. 531.

Yadav, N. V., Vos, S. M., Bock, C. H., & Wood, B. W. Development and validation of standard área diagramsto aid assessment of pecan scab symptoms on fruit. *Plant Pathology*, 2013. 62, p.325 –335.

Yi, Q., Wang, P. P., & He, Y. (2008). Reliability analysis for continuous measurements: equivalence test for agreement. *Statistics in Medicine*, 27, 2816

7. TABELAS E FIGURAS

Tabela 1 Efeito do uso da escala diagramática para comparar precisão e acurácia na estimativa da severidade da mancha angular do feijoeiro. Comparando avaliadores com e sem experiência e com e sem o uso da escala.

Experiência	Coeficientes estatísticos	Médias		95% CI ^a diferença entre médias
		Sem Escala	Com Escala	
Inexperiente	Desvio de escala (v) ^b	1,21	0,99	-0.330, -0.089
	Desvio de localização (μ) ^c	0,28	-0,02	-0.572, -0.035
	Acurácia (C_b) ^d	0,86	1,00	0.073, 0.196
	Precisão (r) ^e	0,91	0,97	0.035, 0.098
	Coeficiente de correlação concordante de Lin's (ρ_c) ^f	0,79	0,96	0.114, 0.252
	Repetibilidade (R^2) ^g	0,70	0,91	0.171, 0.246
Experiente	Desvio de escala (v)	0,90	0,96	0.021, 0.092
	Desvio de localização (μ)	-0,28	-0,05	0.142, 0.318
	Acurácia (C_b)	0,94	0,99	0.034, 0.078
	Precisão (r)	0,91	0,97	0.029, 0.101
	Coeficiente de correlação concordante de Lin's (ρ_c)	0,86	0,96	0.063, 0.159
	Repetibilidade (R^2)	0,76	0,92	0.126, 0.187

^a “Bootstrap” cálculo da diferença entre médias e intervalos de confiança (ICs). Caso as ICs adotem zero, a diferença não é significativa ao nível de 5%. Os números em negrito representam o significado da diferença.

^b Desvio da escala ou inclinação (tendência sistemática), 1 = relação perfeita entre x e y).

^c Desvio de localização (polarização constante), 0 = relação perfeita entre x e y.

^d É uma função da mudança de localização (u) e a mudança de escala (v) indicando alteração na altura e na inclinação da linha, respectivamente. é um fator de correção que mede o quão distante a linha se desvia de 45 °, na melhor situação $C_b = 1$.

^e Coeficiente de correlação (r) que mensura precisão.

Tabela 2 Efeito da experiência do avaliador sobre a precisão e acurácia nas estimativas de severidade da Mancha Angular realizada por avaliadores, quer sem ajuda, quer auxiliada por uma escala diagramática.

Avaliação	Coeficientes estatísticos	Médias		95% CI ^a diferença entre médias
		Inexperiente	Experiente	
Sem Escala	Desvio de escala (v) ^b	1,21	0,90	-0.442, -0.185
	Desvio de localização (μ) ^c	0,28	-0,28	-0.814, -0.291
	Acurácia (C_b) ^d	0,86	0,94	-0.001, 0.151
	Precisão (r) ^e	0,91	0,91	-0.051, 0.059
	Coeficiente de correlação concordante de Lin's (ρ_c) ^f	0,79	0,86	-0.028, 0.174
	Repetibilidade (R^2) ^g	0,70	0,76	0.009, 0.111
Com Escala	Desvio de escala (v)	0,99	0,96	-0.087, 0.018
	Desvio de localização (μ)	-0,02	-0,05	-0.106, 0.051
	Acurácia (C_b)	1,00	0,99	-0.007, 0.001
	Precisão (r)	0,97	0,97	-0.003, 0.009
	Coeficiente de correlação concordante de Lin's (ρ_c)	0,96	0,96	-0.006, 0.004
	Repetibilidade (R^2)	0,91	0,92	-0.002, 0.016

^a “Bootstrap” cálculo da diferença entre médias e intervalos de confiança (ICs). Caso as ICs adotem zero, a diferença não é significativa ao nível de 5%. Os números em negrito representam o significado da diferença.

^b Desvio da escala ou inclinação (tendência sistemática), 1 = relação perfeita entre x e y).

^c Desvio de localização (polarização constante), 0 = relação perfeita entre x e y.

^d É uma função da mudança de localização (u) e a mudança de escala (v) indicando alteração na altura e na inclinação da linha, respectivamente. é um fator de correção que mede o quão distante a linha se desvia de 45 °, na melhor situação $C_b = 1$.

^e Coeficiente de correlação (r) que mensura precisão.

^f Coeficiente de correlação concordante de Lin's (ρ_c) combina precisão (r) e acurácia (C_b) ($\rho_c = r.C_b$) que mensura a concordância com o valor real (Lin, 1989).

^g Os coeficientes médios de determinação estimados a partir de comparações por pares de avaliadores.

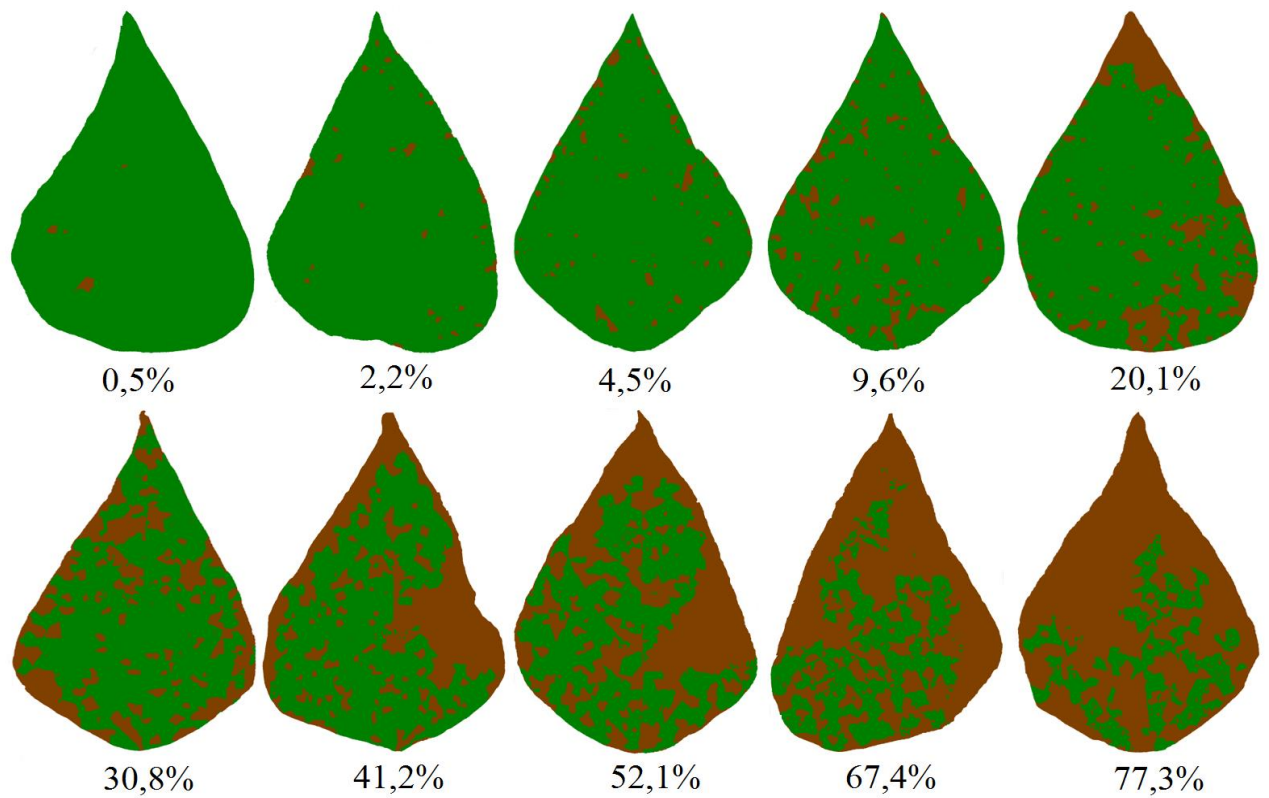


Figura 1. Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha angular do feijoeiro causada por *Pseudocercospora griseola*. Valores em porcentagem (%) referem-se a área foliar com sintomas da doença.

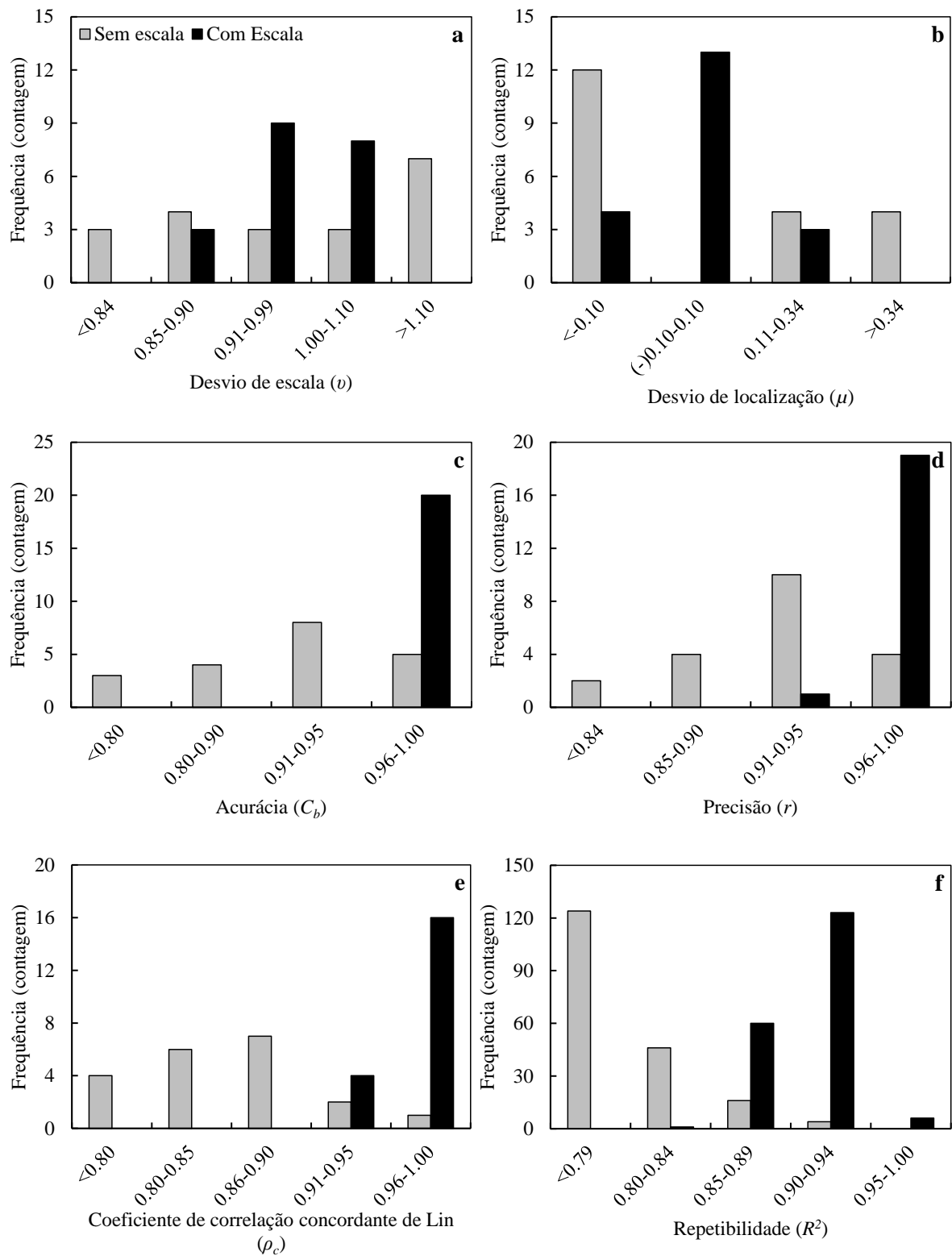
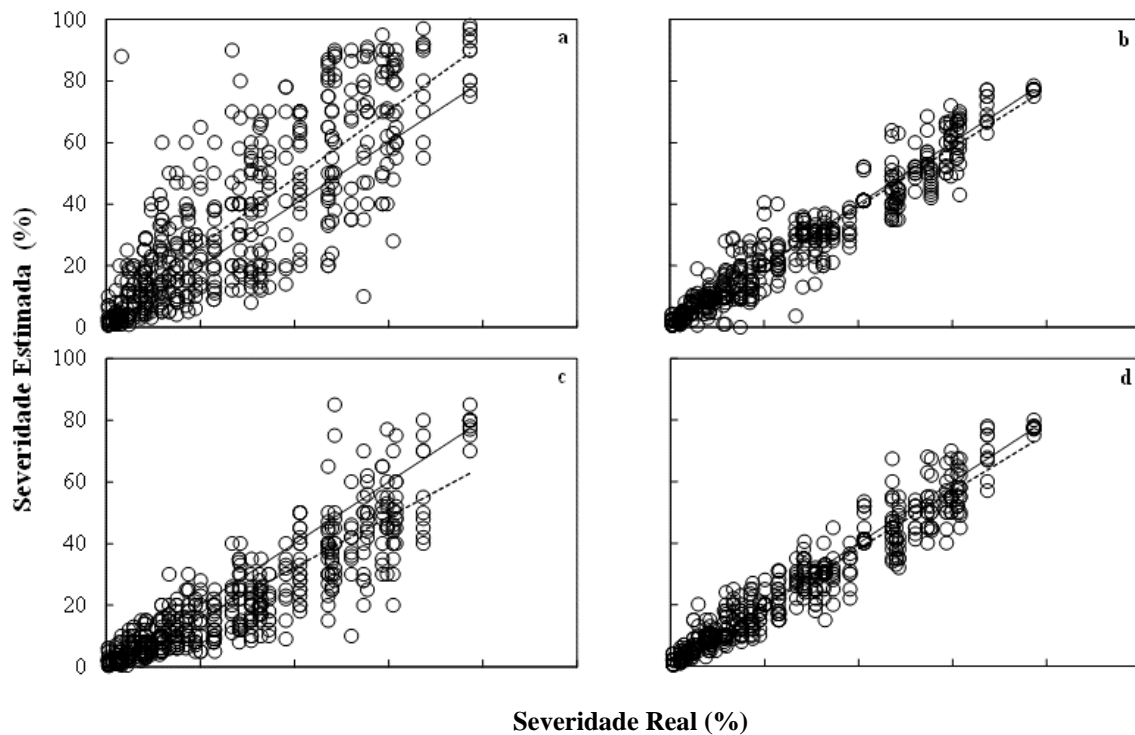


Fig. 2 Avaliação realizada por 20 avaliadores em 50 imagens de trifólios de feijoeiro. (a) Desvio de escala (v), (b) Desvio de localização (u), (c) Acurácia (C_b), (d) Precisão (r), (e) Coeficiente de correlação concordante de Lin (ρ_c), (f) Repetibilidade (R^2).



Severidade Real (%)

Fig. 3 Severidade estimada com e sem o uso da escala diagramática elaborada (pontos cheios) e linha de regressão obtida entre a severidade real e a severidade estimada (linha sólida) da mancha angular pelos 20 avaliadores. A linha pontilhada é a linha de concordância representando a perfeita correlação entre a severidade real e a estimada (inclinação de 1 e intercepto de 0. (a,b) Referentes as avaliações de 10 avaliadores sem experiência, (c,d) 10 avaliadores com experiência, sem (a e c) e com (b, d) o uso da escala diagramática.

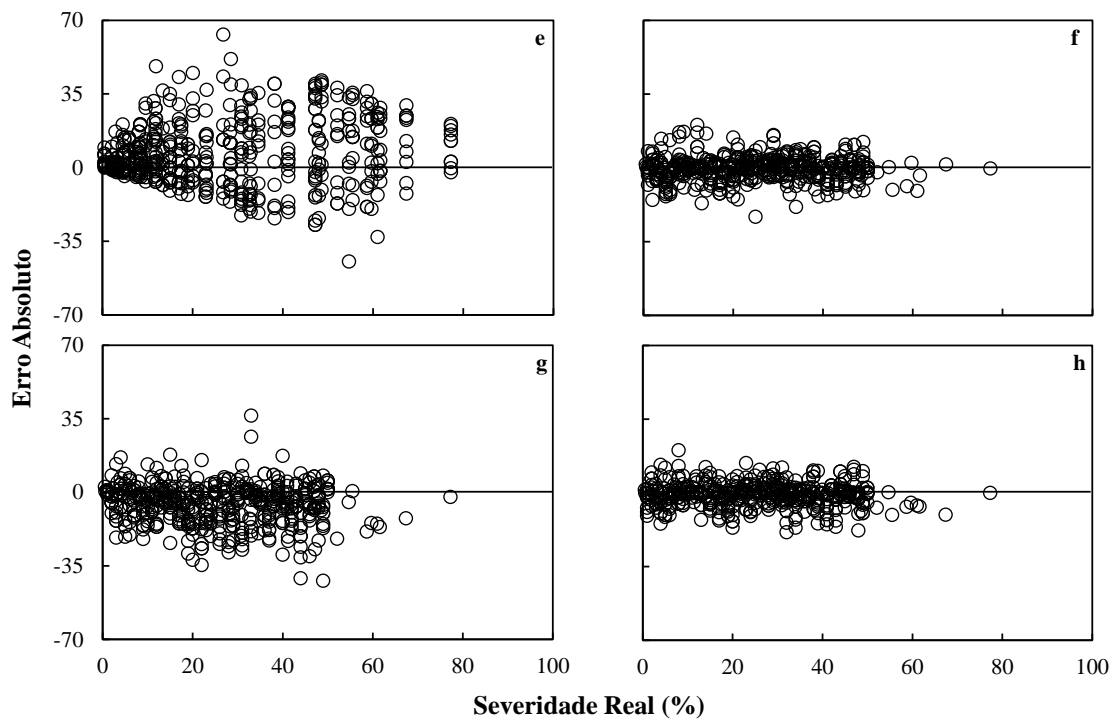


Fig. 4 Erro absoluto (severidade estimada menos a severidade real) das estimativas de severidade em 50 trifólios de feijão com a presença de mancha angular. (e, f) Referentes as avaliações de 10 avaliadores sem experiência e (g, h) 10 avaliadores com experiência, sem (e,g) e com (f, h) o uso da escala diagramática. O erro absoluto indica que a estimativa de severidade foi similar com severidade real.

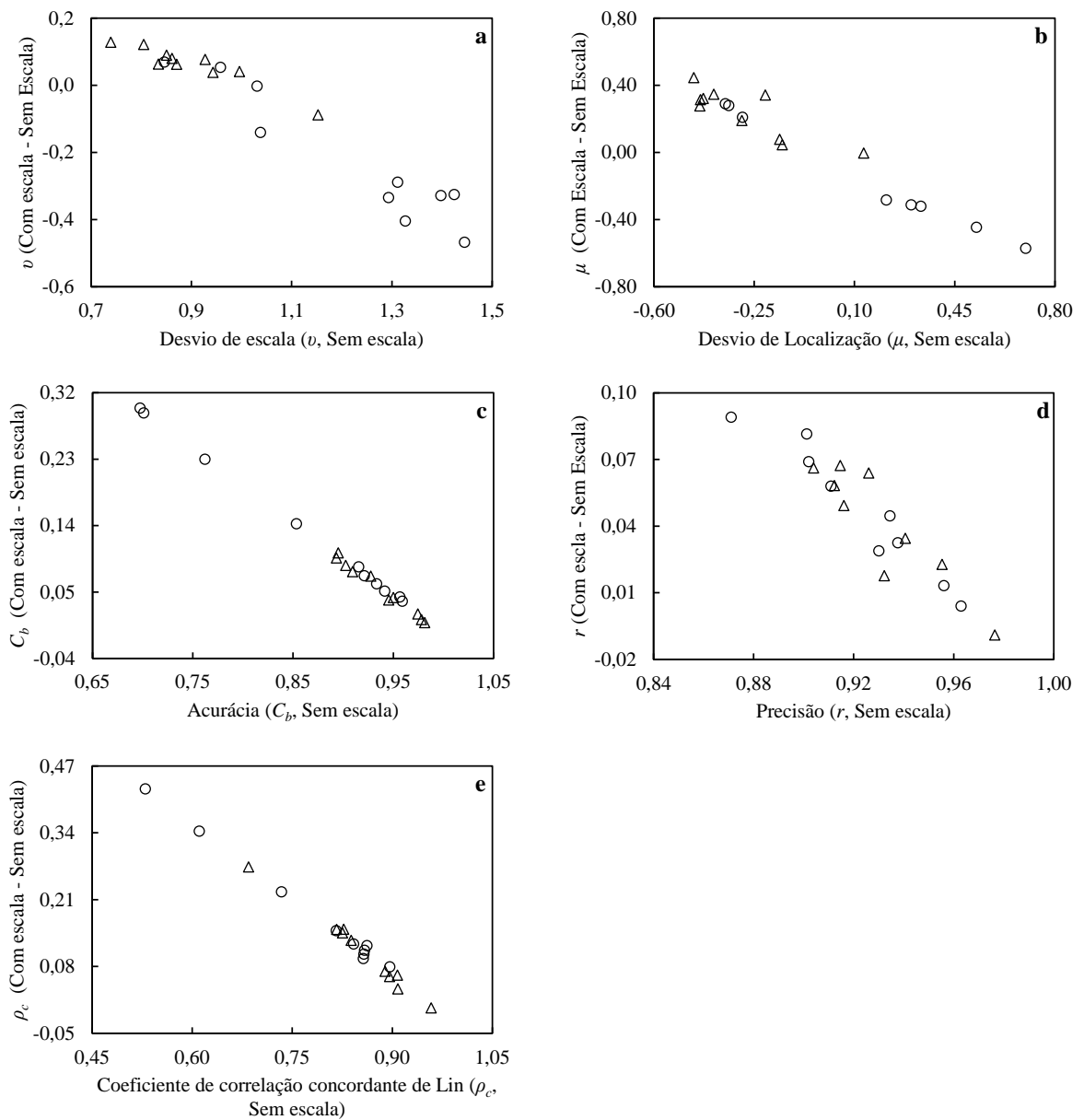


Fig. 5 Relação entre ganho [diferença entre as estimativas com e sem o uso da escala diagramática] para mensurar (a) Desvio de localização (v), (b) Desvio de escala, (c) Acurácia (C_b), (d) e precisão (e) Coeficiente de correlação concordante de Lin's (ρ_c) da estimativa da severidade realizada por 10 avaliadores inexperientes (círculos) e 10 avaliadores experientes (triângulos) em 50 imagens de folíolos de feijoeiro com sintomas da mancha angular.

