

QUINTILIANO SIQUEIRA SCHRODEN NOMELINI

ENFOQUE ESTATÍSTICO NA VALIDAÇÃO DE MÉTODOS PARA TESTE DE
GERMINAÇÃO DE SEMENTES FLORESTAIS

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia,
como parte das exigências do Programa de Pós-graduação
em Agronomia – Doutorado, área de concentração em
Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Profa. Dra. Denise Garcia de Santana

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

QUINTILIANO SIQUEIRA SCHRODEN NOMELINI

**ENFOQUE ESTATÍSTICO NA VALIDAÇÃO DE MÉTODOS PARA TESTE DE
GERMINAÇÃO DE SEMENTES FLORESTAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia,
como parte das exigências do Programa de Pós-graduação
em Agronomia – Doutorado, área de concentração em
Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 13 de fevereiro de 2012.

Profa. Dra. Marli Aparecida Ranal

UFU

Prof. Dr. Marcelo Tavares

UFU

Prof. Dr. Anderson Castro Soares de Oliveira

UFMT

Profa. Dra. Patrícia Neves Mendes

UNIFAL

Profa. Dra. Denise Garcia de Santana
ICIAG-UFU
(Orientadora)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

N851e Nomelini, Quintiliano Siqueira Schroden, 1982-
2012 Enfoque estatístico na validação de métodos para teste de ger-
minação de sementes florestais / Quintiliano Siqueira Schroden
Nomelini. -- 2012.
163 f. : il.

Orientadora: Denise Garcia de Santana.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Pro-
grama de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. Sementes - Teses. 3. Germinação -
- Teses. 4. Árvores - Semente -Teses. 5. Modelos lineares (Estatís-
tica) - Teses. 6. Estatística agrícola - Teses. I. Santana, Denise
Garcia de. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de
Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU:

À

Minha esposa Albaniza, e meu filho, Thiago,

pelo amor e dedicação,

OFEREÇO.

Aos meus pais, Neilton e Sandra, e minha irmã, Germana,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Hoje eu sei, tenho muito a agradecer...

Primeiramente a Deus, por ter colocado todas essas pessoas no meu caminho. Eu sei que Ele as escolheu de modo que a minha vida pudesse ser mais feliz, e de maneira que eu conseguisse chegar aonde cheguei.

À minha esposa Albaniza, aos meus pais, Neilton e Sandra, a minha irmã, Germana, à toda minha família, que tanto me incentivou e me deu forças, agradeço pela compreensão e pelo apoio sem os quais eu jamais conseguiria realizar este trabalho.

À professora Denise Garcia de Santana, pela oportunidade, paciência, pelo convívio, aprendizado, pelas sugestões e críticas durante meu percurso.

À Universidade Federal de Uberlândia, em especial ao Instituto de Ciências Agrárias, pela oportunidade de concretização deste trabalho.

Aos amigos da Faculdade de Matemática (FAMAT/UFU), em especial, Janser, Marcelo Tavares, Rogério, Leandro, José Waldemar, Lúcio e Ednaldo pelo apoio e incentivo.

Aos professores do ICIAG, em especial, Marcus Vinícius e Marli. Também à Eduardo Isaac e Maria Aparecida (“Cida”), pelo carinho e pela disposição em ajudar.

Aos amigos do curso de doutorado e mestrado. Jamais esquecerei da nossa convivência, os momentos de risos, de choro e de estudos.

“À CAPES, ao CNPQ (Processo: 578207/2008-7 e 474009/2009-2) e à Fapemig (APQ-02844-09) pelo apoio financeiro.”

Muito obrigado!

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| RESUMO..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| CAPÍTULO 1: Situação das espécies florestais quanto aos métodos para teste de germinação de sementes..... | 01 |
| 1 Introdução Geral..... | 02 |
| 2 Referências..... | 04 |
| CAPÍTULO 2: Reprodutibilidade e repetitividade da validação de métodos para teste de germinação de sementes de espécies florestais..... | 05 |
| 1 Resumo..... | 06 |
| 2 Abstract..... | 07 |
| 3 Introdução..... | 08 |
| 4 Material e Métodos..... | 11 |
| 4.1 Identificação de valores discrepantes e exclusão de lotes..... | 15 |
| 4.2 Identificação de variâncias heterogêneas..... | 18 |
| 4.3 Medidas de repetitividade e reproduzibilidade (estudo de R&R)..... | 19 |
| 4.3.1 Medidas de repetitividade e reproduzibilidade pelo modelo de análise de variância..... | 20 |
| 4.4 Estatísticas h e k de Mandel..... | 25 |
| 5 Resultados e discussão..... | 28 |
| 6 Conclusões..... | 58 |
| 7 Referências..... | 59 |
| CAPÍTULO 3: Modelos lineares clássicos e generalizados na validação de métodos para teste de germinação de sementes de espécies florestais..... | 72 |
| 1 Resumo..... | 73 |
| 2 Abstract..... | 74 |
| 3 Introdução..... | 75 |
| 4 Material e Métodos..... | 76 |
| 4.1 Modelos lineares clássicos no processo de validação..... | 80 |
| 4.1.1 O modelo de análise de variância com dois fatores e interação..... | 80 |
| 4.1.2 Análise conjunta de experimentos..... | 82 |
| 4.2 Modelos lineares generalizados no processo de validação..... | 83 |
| 5 Resultados e discussão..... | 90 |
| 6 Conclusões..... | 114 |
| 7 Referências..... | 115 |
| ANEXOS..... | 118 |

RESUMO

NOMELINI, QUINTILIANO SIQUEIRA SCHRODEN. **Enfoque estatístico na validação de métodos para teste de germinação de sementes de florestais.** 2012. 163p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.¹

Os resultados interlaboratoriais obtidos pelos métodos sugeridos para teste de germinação de sementes de 25 espécies florestais nativas foram submetidos a diferentes ferramentas estatísticas. Os pré-testes e re-testes de germinação para elaboração dos métodos foram conduzidos na Universidade Federal de Uberlândia. Com o objetivo de validar estes métodos, foram enviados aos laboratórios lotes de sementes com qualidades fisiológicas distintas e os respectivos croquis com o sorteio dos lotes e sementes para formar as repetições de um delineamento inteiramente casualizado (DIC). Dentre as várias metodologias de estatística no processo de validação, utilizou-se a identificação de *outliers* nos dados o estudo gráfico de Boxplot e a medida de *DFFITS*. Depois de eliminados, passou-se para a detecção de discrepâncias nas variâncias pelos métodos de Cochran e Levene centrado na média e mediana. Para verificar a consistência e precisão dos resultados obtidos pelos laboratórios, para cada lote, foi realizado o estudo da repetitividade e reproduzibilidade (R&R) pelo método da análise de variância, o qual estimou as componentes de variância dessas medidas e a porcentagem de contribuição das mesmas em relação à variação total. Nos casos em que foi possível identificar possíveis tendências em superestimar essas estimativas, o mesmo foi feito utilizando as ferramentas de gráficos de controle para média e amplitude, excluindo-se os resultados dos laboratórios identificados fora dos padrões esperados. Aos conjuntos de observações restantes foram calculadas às medidas de *h* e *k* de Mandel. Os dados obtidos do estudo de R&R foram submetidos a uma análise de variância em DIC, avaliando-se o efeito de três fatores, incluindo laboratório, lote e interação (laboratório*lote) sendo testadas suas pressuposições. Outro estudo foi feito pela metodologia da análise conjunta. Além desses, foi feita a comparação entre a análise de variância clássica, utilizando a distribuição Normal, com a análise de desvios pelos modelos lineares generalizados para a distribuição Binomial. Na identificação de *outliers*, foi observado que a medida *DFFITS* encontrou maior número de pontos discrepantes em relação ao Boxplot. No geral, a maioria das espécies teve variâncias homogêneas. O estudo de R&R pelo método da análise de variância identificou, com auxílio dos gráficos de controle, lotes tendenciosos a superestimar as variâncias de repetitividade e reproduzibilidade, chegando-se em um conjunto de informações consistentes. Não foram observadas grandes diferenças entre a análise dos experimentos por meio da análise de variância clássica ou a conjunta, mas o mesmo não foi observado quando utilizada distribuição Binomial na modelagem da variável original número de plântulas normais, sendo que esta distribuição se adequou melhor na maioria das espécies quando comparada com a distribuição Normal. Desta forma, foi validado o método para 20 espécies, de um total de 25, sendo que destas, 18 utilizando-se da distribuição Binomial. Além disso, o estudo de R&R pelo método da análise de variância se mostrou mais interessante que as estatísticas *h* e *k* de Mandel.

Palavras-Chave: Repetitividade. Reproduzibilidade. Modelos lineares. Modelos lineares Generalizados.

¹ Orientadora: Denise Garcia de Santana – UFU

ABSTRACT

NOMELINI, QUINTILIANO SIQUEIRA SCHRODEN. **Statistical approach to validation of methods for forest seed germination testing.** 2012. 163 p. Uberlândia: UFU, 2012. 163p. Thesis (Doctorate Program Agronomy/Crop Science) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia.²

Interlaboratory results obtained by recommended methods for seed germination testing of 25 native forest species were subjected to different statistical tools. The pre-testing and re-testing methods for the preparation of germination were conducted at the Federal University of Uberlândia. In order to validate these methods, seed lots of different physiological qualities and their randomization diagrams of lots and seeds, and the repetitions in completely randomized design (CRD), were sent to laboratories. Among the various statistical methods in the validation process, data *outliers* were identified by the study of Boxplots and measure *DFFITS*. After elimination of the outliers, discrepancies in variances were studied by the methods of Cochran and Levene for the mean and median. The consistency and accuracy of results obtained by the laboratories for each lot was done by the study of repeatability and reproducibility (R&R) by the method of analysis of variance, which estimated the variance components of these measures and the their percentage contribution in relation to the total variation. Where it was possible to identify eventual superestimation of these estimates, the same was done using the tools of control charts for mean and range, excluding the results from laboratories identified outside the expected standards. The remaining sets of observations were used to calculate Mandel's *h* and *k* measures. The data obtained from the study of R&R were subjected to analysis of variance in CRD evaluating the effect of factors: laboratories, lots and their interaction (laboratory*lots), and their assumptions tested, and another study by the grouped analysis method. In addition to these, a comparison between the classical analysis of variance, using the Normal distribution, with variance analysis by generalized linear models for the Binomial distribution was done. It was observed that the measure *DFFITS* found a greater number of *outlier* points in relation to Boxplot. In general, most species had homogeneous variances. The study of R&R by the method of analysis of variance identified, with the aid of control charts, lots tending to overestimate the variance of repeatability and reproducibility, resulting in a set of consistent information. There were no major differences between the choice of experiment analysis by the classic or grouped analysis of variance. However, the same was not observed when using the Binomial distribution to model the original variable number of normal seedlings, in which this distribution was best suited for most species in contrast with the normal distribution. Therefore, the method was validated for 20 species, from a total of 25, and 18 of these using the Binomial distribution. Moreover, the study of R&R by the method of analysis of variance was more interesting than the statistics Mandel's *h* e *k*.

Keywords: Repeatability. Reproducibility. Linear models. Generalized linear models.

² Supervisor: Denise Garcia de Santana - UFU

CAPÍTULO 1

**SITUAÇÃO DAS ESPÉCIES FLORESTAIS QUANTO AOS MÉTODOS PARA
TESTE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES**

1 INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos, o Brasil vem se destacando no mercado mundial devido à produtividade e produção de várias culturas. Parte disso, atribui-se aos estudos de melhoramento genético e ao controle de qualidade de sementes. A maioria dos estudos de controle de qualidade de sementes é feito em relação à avaliação de algumas características físicas, fisiológicas e sanitárias (MARCHEZAN et al., 2001; COSTA et al., 2003), pois a qualidade da semente depende de alguns fatores como o vigor, o percentual de germinação de sementes, entre outros (BHERING et al., 2000).

Uma situação atual preocupante no Brasil é a destruição crescente e contínua da vegetação nativa para a implantação de sistemas agropastoris e extração madeireira, sem a manutenção das áreas de reserva legal e proteção permanente. Problema igualmente sério é o desmatamento, com posterior abandono do solo, deixando-o descoberto, sujeito ao empobrecimento e à erosão. Observa-se que nas últimas décadas a conscientização enfocando a conservação dos bens naturais vem crescendo e é cada vez maior o número de entidades e pessoas trabalhando na preservação e recuperação de ambientes naturais (SCREMIN-DIAS et al., 2006).

Existe hoje grande preocupação de pesquisadores de sementes, sobretudo os que trabalham com espécies florestais, em conduzir estudos que forneçam informações sobre a qualidade das sementes, especialmente no que diz respeito à padronização, agilização, aperfeiçoamento e estabelecimento dos métodos de análise, pois a maioria em estudo é de espécies cultivadas (MACHADO et al., 2002). Segundo Oliveira et al. (1996), as espécies florestais nativas representavam menos de 0,1% das Regras de análise de sementes publicadas em 1992, proporção que se mantém na revisão publicada em 2009.

Estudos envolvendo sementes florestais são recentes se comparados com os de espécies cultivadas, mas se assemelham a estas em relação às pesquisas envolvendo o controle de qualidade de sementes, em que se estuda principalmente a porcentagem germinação. Uma dificuldade no controle de qualidade da germinação é o impedimento da desta pela dormência da semente, porém vários estudos têm sido realizados para sua superação. Algumas dessas características são citadas pelas Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 1992), mas poucas espécies florestais têm seus procedimentos de análise listados pela dificuldade de se determinar procedimentos para

espécies que carregam grande variabilidade genética e interação dessa variabilidade com seus locais de ocorrência, dificultando a padronização (SANTANA, 2008). Além da RAS, existem associações internacionais como a International Seed Testing Association (ISTA) que têm como meta a padronização de métodos para avaliar a qualidade de sementes.

Para validar esses métodos faz-se necessária a utilização de métodos estatísticos robustos que possam garantir esta validação.

Existem várias metodologias estatísticas convencionais, padronizadas pelas associações nacionais e internacionais, como os Modelos de Análise de Variância (ANOVA), Modelos Lineares Generalizados (GLM), estatísticas *h* e *k* de Mandel e estudos de repetitividade e reproduzibilidade (SANTANA, 2008). Há também a possibilidade do emprego do Controle Estatístico do Processo (CEP) na validação de métodos para análise de germinação de sementes, mas até o momento são raras as publicações sobre esse tema.

Neste contexto, objetiva-se neste trabalho a utilização de diversas ferramentas estatísticas aplicadas aos resultados de testes de germinação de sementes em espécies florestais, obtidos por laboratórios credenciados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) na intenção de validar os métodos formulados e testados pelos mesmos, para posterior publicação nas Regras para Análise de Sementes (RAS).

2 REFERÊNCIAS

- BHERING, M. C.; DIAS, D. C. F. S.; GOMES, J. M.; BARROS, D. I. Métodos para avaliação do vigor de sementes de pepino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 2, p.171-175, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.
- COSTA, N. P. da; MESQUITA, C. de M.; MAURINA, A. C.; NETO, J. de B. F.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 25, n. 1, p.128-132, 2003.
- MACHADO, C. F.; OLIVEIRA, J. A. de; DAVIDE, A. C.; GUIMARÃES, R. M. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de Ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nicholson). **CERNE**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 17-25, 2002.
- MARCHEZAN, E.; MENEZES, N. L. de; SIQUEIRA, C. do A. Controle da qualidade das sementes de arroz irrigado utilizadas em Santa Maria/RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 375-379, 2001.
- OLIVEIRA, E. de C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. Propostas para a padronização de metodologias em análise de sementes florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 11, n. 1,2,3, p. 1-42, 1996.
- SANTANA, D. G. de. Validação em análise de sementes. In: Encontro Nacional sobre metodologias de laboratório, 13., 2008, Belém. **Anais...** Belém: Embrapa, 2008. p. 03.
- SCREMIN-DIAS, E.; BATTILANI, J. L.; SOUZA, A. L. T. de; PEREIRA, S. R.; KALIFE, C.; SOUZA, P. R. de; JELLER, H. **Produção de sementes de espécies florestais nativa: manual**. Ed. UFMS: Campo Grande, 2006. p. 46.

CAPÍTULO 2

**REPRODUTIBILIDADE E REPETITIVIDADE DA VALIDAÇÃO DE
MÉTODOS PARA TESTE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ESPÉCIES
FLORESTAIS**

1. RESUMO: Os incentivos a programas de reposição florestal, reflorestamento, recuperação de áreas degradadas, arborização urbana e preservação das espécies florestais nativas são crescentes e com isso, cresce a necessidade de pesquisas para a produção e comercialização de sementes de espécies florestais nativas. Diante disso, o objetivo deste capítulo foi calcular medidas de variabilidade do processo de validação de métodos para teste de germinação de sementes de espécies florestais nativas, incluindo o teste de repetitividade e reproduzibilidade (R&R), estatísticas k e h de Mandel e gráficos de controle, além da análise prévia de valores discrepantes. A primeira etapa foi a verificação da existência de *outliers* no conjunto de dados e nas variâncias para 25 espécies florestais nativas. Numa segunda etapa, foram calculadas as medidas de h e k de Mandel e comparadas com os resultados finais do estudo de R&R pelo método de análise de variância. No estudo de *outliers* destacou-se a medida de *DFFITS* que detectou maior quantidade de discrepâncias quando comparado ao Boxplot, além disso, observou-se maior quantidade de *outliers* em lotes de menor variabilidade. Depois de eliminados, passou-se a identificar variâncias discrepantes pelos testes de Cochran e Levene para média e mediana, sendo que na maioria das espécies houve homogeneidade nos lotes. Para o estudo de R&R, apesar de calculadas as estimativas de variâncias de repetitividade e reproduzibilidade, estas não auxiliaram na tomada de decisão sobre a consistência dos dados. Logo, estimou-se as porcentagens de contribuição das variâncias do estudo de R&R sobre a variação total, em que se observou, na maioria das espécies, um conjunto de dados com baixas variações de repetitividade e reproduzibilidade. Aos conjuntos com possibilidade de redução destas medidas, utilizou-se dos gráficos de controle para a média na detecção de dados com tendência à superestimação da variância de reproduzibilidade e do gráfico para a amplitude na detecção de superestimação da variância de repetitividade e assim, no geral, foi reduzida a variação devida a essas medidas. Esses resultados foram semelhantes aos obtidos pelas medidas de h e k de Mandel a 0,01 de significância, com poucas diferenças em algumas espécies em que as medidas Mandel detectaram maior número de lotes com problemas de R&R. Por fim, chegou-se a conjuntos de dados que puderam ser considerados precisos e consistentes, sendo assim confiáveis para dar continuidade no processo de validação de métodos para teste de germinação dessas 25 espécies florestais nativas.

Palavras-chave: *Outliers*. Teste de Cochran. Teste de Levene. Repetitividade e Reproduzibilidade. Gráficos de Controle.

2. ABSTRACT: The incentives for reforest compensation programs, reforestation, reclamation, urban tree planting and preservation of native forest species are growing and with it the need for research about production and marketing of seeds of native forest species also grows. Therefore, this study calculated measures of variability of the process of validation of methods for testing the germination of native species, including repeatability and reproducibility, Mandel's k and h statistics and control charts, in addition to the previous analysis of *outliers*. The first step was to determine the existence of *outliers* in the data set and the variances for 25 native forest species. In the second step, measures of Mandel's h and k were calculated and compared with the final results of the study of R&R by the method of analysis of variance. In the study of *outliers* the measure *DFFITS* detected a greater number of *outliers* in comparison with the Boxplot. Also, that measure detected a greater number of *outliers* in lots of lower variability. After eliminating the outliers, the identification of discrepant variances by Cochran and Levene tests for mean and median was done, and in most species there was homogeneity in lots. In the study of R&R, although estimates of variances of repeatability and reproducibility were calculated, these did not aid in making decisions about data consistency; therefore, the percentage contribution of the variances of the study of R&R on the total variation was estimated, observing in most species a set of data with low variation of repeatability and reproducibility. Also, in the groups with the possibility of reduction of these measures, control charts for the average data were used for detection of a trend to overestimate the variance reproducibility, and the amplitude graph was used for the detection of overestimation of the variance of repeatability; thus, in general, the variation due to these measures was reduced. These results were similar to those obtained by measurements of Mandel's h and k at the 0.01 level of significance, with few differences in some species, for which Mandel's measures found a greater number of problems with lots of R&R. Finally, a group of data was found that could be considered accurate and consistent, therefore reliable, to continue the process of validation of methods for testing the germination of these 25 native forest species.

Keywords: *Outliers*. Cochran. Levene's test. Repeatability and Reproducibility. Control Charts.

3. INTRODUÇÃO

Os incentivos a programas de reposição florestal, reflorestamento, recuperação de áreas degradadas, arborização urbana e preservação das espécies florestais nativas são crescentes e, com isso, cresce a necessidade de pesquisas para a produção e comercialização de sementes de espécies florestais nativas. Uma primeira etapa para esse processo é a padronização e normatização de métodos para testes de germinação de sementes, processo conhecido como validação por associações nacional e internacional de análise de sementes e análises métricas. Segundo a Associação Internacional para Teste de Sementes (ISTA, 2007), validação é a investigação crítica de procedimentos para assegurar que a descrição do método seja clara, completa e forneça exatidão, precisão e robustez. A validação é definida pela International Organization for Standardization (ISO) 9000:2000 como a comprovação, por meio do fornecimento de evidência objetiva, de que os requisitos para aplicação ou uso específicos pretendidos foram atendidos.

Procedimentos de validação de metodologias em teste de germinação foram inicialmente descritos pela ISTA (ISTA, 2007), com ênfase nos métodos para teste de sanidade (SHEPPARD; COCKERELL, 2000; REMEEUS, 2008). Em 2002, o Comitê Executivo da ISTA decidiu que a validação deveria ser realizada para todos os testes de qualidade de sementes. O processo de validação de métodos para testes de germinação de sementes inicia-se pela elaboração de protocolos contendo informações detalhadas sobre o método a ser avaliado para cada espécie de interesse. Posteriormente, formam-se, no mínimo, três lotes de sementes que serão encaminhados para, pelo menos, seis laboratórios, entre oficiais ou credenciados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

O primeiro passo da análise estatística do processo de validação de métodos para germinação de sementes é a verificação da existência de *outliers* no conjunto de dados e nas variâncias (ISTA, 2007). Estes são observações que apresentam um grande afastamento das restantes ou são inconsistentes e por isso são também conhecidos por discrepantes ou aberrantes. O seu distanciamento em relação a estas observações é fundamental para fazer sua caracterização (FIGUEIRA, 1998).

Para identificar os *outliers* nos dados, existem diversas ferramentas estatísticas. Pela ISTA (2007), uma ferramenta muito útil para se obter rapidamente uma visão geral das observações é a representação gráfica pelo Boxplot. Também conhecido como

diagrama de caixa, esta representação descreve simultaneamente várias características importantes de um conjunto de dados, tais como a posição, dispersão, desvio de simetria e até mesmo a ocorrência de valores atípicos (MONTGOMERY; RUNGER, 1999; MAGALHÃES; LIMA, 2010). Além da técnica gráfica, existem também métodos numéricos, como o método de Hampel, o qual usa estimativas da mediana e de desvio absoluto mediano, citado pela ISTA (2007). A ISO 5725-2:1994 e Luping e Schouenborg (2000) citam também o teste de Grubb, mas este exibe apenas os valores que estão na extremidade alta ou baixa. Há vários outros relacionados na literatura como o teste de Dixon, Bonferroni e qui-quadrado. Para *outliers* nas variâncias, segundo a ISTA (2007) e a ISO 5725-2:1994, utiliza-se do teste de Cochran que verifica a homogeneidade entre a maior variância com relação às demais. Outros testes para a homocedasticidade são muito utilizados, como o teste de Levene, Bartlett, Hartley, Fligner-Killeen, distância de Mahalanobis.

Os resultados de um processo de validação devem ser analisados estatisticamente, a partir de ferramentas robustas que não deixem dúvidas sobre as inferências e decisões tomadas. A validação de uma metodologia visa, em geral, quantificar a precisão dos resultados, avaliando os efeitos sistemáticos e aleatórios (EURACHEM, 1998). Dentre as várias técnicas estatísticas para verificar a consistência, estão a repetitividade e a reproduzibilidade, também conhecidas como estudo de R&R. Num conceito mais sintetizado, a primeira é a variação das medidas obtidas por um único laboratório ao medir repetidas vezes um mesmo lote e a segunda é a variação obtida por diferentes laboratórios em medir repetidamente o mesmo lote (PINTO JÚNIOR, 2003). Segundo a ISTA (2007) e ISO 5725-2:1994 uma alternativa para o estudo de repetitividade e reproduzibilidade são, respectivamente, as estatísticas k e h de Mandel.

O controle estatístico de processo também é importante no monitorando e na comparação dos resultados obtidos nos testes interlaboratoriais. Com a aplicação de gráficos de controle, pode-se não somente fazer este monitoramento, como também detectar problemas de valores discrepantes (BENHAM et al., 2002). O estudo de R&R, juntamente com o controle de qualidade, especialmente os gráficos de controle, podem auxiliar no mapeamento das diferenças encontradas ao analisar as amostras enviadas aos laboratórios e assim, confirmar que a metodologia e os laboratórios executores estão sob controle e produzindo resultados satisfatórios (EURACHEM, 1998).

Diante disso, o objetivo deste estudo foi calcular medidas de variabilidade do processo de validação de métodos para teste de germinação de sementes de espécies florestais nativas, incluindo os testes de repetitividade e reproduzibilidade, estatísticas k e h de Mandel e gráficos de controle, além da análise prévia de valores discrepantes.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo das variabilidades foram selecionadas 25 espécies florestais dos diferentes Biomas brasileiros. Depois de ampla revisão bibliográfica, foram executados vários pré-testes e re-testes de germinação de sementes, conforme metodologias descritas na literatura, com ajustes, e confeccionados protocolos com informações detalhadas sobre o método, incluindo imagens de plântulas. Destas espécies, formou-se, no mínimo, três lotes de sementes que, segundo a ISTA (2007), devem apresentar qualidades distintas (alta, baixa e intermediária). Estes lotes foram encaminhados para, pelo menos, seis laboratórios, entre oficiais e não oficiais credenciados pelo MAPA, além dos de pesquisa, denominados executores, para analisar a metodologia proposta para cada espécie (Tabela 1).

TABELA 1. Relação das espécies (família, nome popular e registro nacional de cultivar), com o método mais eficiente para teste de germinação incluindo substrato, temperatura, regime de luz, pré-tratamento, assepsia e contagens.

| Espécie (família) Nome popular/RNC | Metodologia | | | Bibliografia | |
|---|-----------------|---|---------|---|--|
| | Substrato | Rolo de Papel | | | |
| <i>Acacia polyphylla</i> D.C. (FABACEAE) Acácia-monjolo 23371 | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | | Araújo Neto et al. (2002); Araújo Neto et al. (2003); Araújo Neto et al. (2005); Carvalho et al. (2006); Silva et al. (2007); Lima et al. (2008) | |
| | Pré-tratamento | - | | | |
| | Assepsia | Solução de detergente ¹ | | | |
| | Avaliação | 1 ^a contagem | 7 dias | | |
| | | final | 14 dias | | |
| | | | | | |
| <i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex. Spreng. (ANACARDIACEAE) Gonçalo-alves 23512 | Substrato | Rolo de Papel | | Melo et al. (1979); Martins Netto e Faiad (1995); Aguiar et al. (2001); Lima et al. (2008) | |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | | | |
| | Pré-tratamento | - | | | |
| | Assepsia | Solução de detergente ¹ | | | |
| | Avaliação | 1 ^a contagem | 7 dias | | |
| | | final | 10 dias | | |
| | | | | | |
| <i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze (LECYTHIDACEAE) Jequitibá-rei 23660 | Substrato | Rolo de Papel | | Bilia et al. (1995); Figliolia et al. (2000); Kopper et al. (2010) | |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | | | |
| | Pré-tratamento | - | | | |
| | Assepsia | Lavagem em água corrente + Solução de detergente ¹ + 1% da solução de NaClO ² | | | |
| | Avaliação | 1 ^a contagem | 14 dias | | |
| | | final | 28 dias | | |

...Continua...

TABELA 1, Cont.

| | | | | |
|--|--|--------------------------------------|---|--|
| <i>Cedrela fissilis</i> Vell. (MELIACEAE) Cedro-vermelho 23708 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia | Substrato | Rolo de Papel | Bilia et al. (1995); Barbedo et al. (1997); Corvello et al. (1999a); Corvello et al. (1999b); Meneghelli e Mattei (2004); Santos Júnior et al. (2004); Wielewicki et al. (2006); Martins e Lago (2008) |
| | | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | |
| | | Pré-tratamento | - | |
| | | Assepsia | 1% da solução de NaClO ² | |
| | Avaliação | 1 ^a contagem | 14 dias | |
| | | final | 21 dias | |
| | | | | |
| | | | | |
| | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia | Substrato | Rolo de Papel | |
| | | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | |
| | | Pré-tratamento | - | |
| | | Assepsia | 1% da solução de NaClO ² | |
| <i>Cedrela odorata</i> L. (MELIACEAE) Cedro-cheiroso 23709 | Avaliação | 1 ^a contagem | 14 dias | Andrade et al. (1994); Passos et al. (2008) |
| | | 2 ^a contagem e final | 21 e 28 dias | |
| | | | | |
| | | | | |
| <i>Ceiba speciosa</i> (A. St. Hill) (MALVACEAE) Sumaúma-speciosa 23717 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia | Substrato | Rolo de Papel | Luca (2002); Wetzel (2003); Fanti e Perez (2005); Jardim et al. (2007); Lazarotto et al. (2009) |
| | | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | |
| | | Pré-tratamento | - | |
| | | Assepsia | 1% da solução de NaClO ² | |
| | | 1 ^a contagem final | 7 dias 10 dias | |
| <i>Citharexylum myrianthum</i> Cham. (VERBENACEAE) Pau-de-viola 23795 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia | Substrato | Rolo de Papel | Zanon et al. (1997); Leonhardt et al. (2001); Alves et al. (2007) |
| | | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | |
| | | Pré-tratamento | - | |
| | | Assepsia | Solução de detergente ¹ + 10% da solução de NaClO ² | |
| | | 1 ^a contagem final | 21 dias 35 dias | |
| <i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart (BIGNONIACEAE) Ipê-caroba-da-flor-verde 23668 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia | Substrato | Rolo de Papel | Wetzel (1997); Santos et al. (1998); Ferronato et al. (2000); Ortolani et al. (2008); Melo (2009) |
| | | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | |
| | | Pré-tratamento | - | |
| | | Assepsia | Solução de detergente ¹ ; 10% da solução de NaClO ² | |
| | | 1 ^a contagem final | 14 dias 35 dias | |
| <i>Enterolobium</i> <i>contortisiliquum</i> (Vell.) Morong. (FABACEAE) Tamboril-da-mata 24025 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia | Substrato | Rolo de Papel | Lima et al. (1997); Malavasi e Malavasi (2004); Scalon et al. (2005); Silva e Santos (2009) |
| | | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | |
| | | Pré-tratamento | Escarificação na extremidade oposta à micrópila | |
| | | Assepsia | Solução de detergente ¹ | |
| | | Avaliação | 1 ^a contagem final | |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (MALVACEAE) Mutamba-verdadeira 24131 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia | Substrato | Rolo de Papel/Gerbox | Motta et al. (2006); Nunes et al. (2006); Carvalho (2007); Sobrinho e Siqueira (2008); Gonçalves et al. (2009) |
| | | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | |
| | | Pré-tratamento | Tratamento térmico a 90°C | |
| | | Assepsia | Solução de detergente ¹ | |
| | | 1 ^a contagem Avaliação | 7 dias 2 ^a contagem e final | |
| ...Continua... | | | | |

TABELA 1, Cont.

| | | | | | |
|--|-----------------|---|---|--|--|
| <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (BIGNONIACEAE) Carobão 24233 | Substrato | Rolo de Papel | Salomão et al. (2003); Scalon et al. (2006); Martins et al. (2008) | | |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | | | |
| | Pré-tratamento | - | | | |
| | Assepsia | Solução de detergente ¹ | | | |
| <i>Jacaranda micrantha</i> Cham. (BIGNONIACEAE) Caroba-rosa 24235 | Avaliação | 1 ^a contagem final | 21 dias 28 dias | Ramos (1980); Tedesco et al. (1999) | |
| | Substrato | Rolo de Papel (substrato mais seco) | | | |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | | | |
| | Pré-tratamento | - | | | |
| <i>Lafoensia pacari</i> A. St.- Hil. (LYTHRACEAE) Pacari-verdeadeiro 24305 | Assepsia | Solução de detergente ¹ | Salomão et al. (2003); Medeiros e Abreu (2005); Mendonça et al. (2006); Seneme et al. (2010) | | |
| | Avaliação | 1 ^a contagem final | 21 dias 14 dias 21 dias | | |
| | Substrato | Rolo de Papel | | | |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | | | |
| <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> Benth. (FABACEAE) Sansão-do-campo 12505 | Pré-tratamento | Desponte na lateral da semente/terço superior | Martins et al. (1992); Bruno et al. (2001); Alves et al. (2002); Alves et al. (2005); Novembre et al. (2007) | | |
| | Assepsia | Solução de detergente ¹ | | | |
| | Avaliação | 1 ^a contagem final | 5 dias 10 dias | | |
| | Substrato | Rolo de Papel | | | |
| <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms (FABACEAE) Tento-vermelho 24527 | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | Lopes et al. (2004); Marques et al. (2004); Zamith e Scarano (2004) | | |
| | Pré-tratamento | Escarificação manual no terço superior da lateral vermelha+embebição 24 h + reumedeçimento | | | |
| | Assepsia | 2% da solução de NaClO ² | | | |
| | Avaliação | 1 ^a contagem final | 21 dias 28 dias | | |
| <i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan (FABACEAE) Angico-vermelho 24547 | Substrato | Rolo de Papel | Ramos et al. (1995); Fowler e Carpanezzi (1998); Vaz Mondo et al. (2008) | | |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | | | |
| | Pré-tratamento | - | | | |
| | Assepsia | Solução de detergente ¹ | | | |
| <i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. Ex Walp. (FABACEAE) Visgueiro-bolota 24554 | Avaliação | 1 ^a contagem final | 7 dias 14 dias | Oliveira et al. (2006); Câmara et al. (2008); Pinedo e Ferraz (2008); Rosseto et al. (2009) | |
| | Substrato | Rolo de Papel | | | |
| | Temperatura/Luz | 30°C/ contínua | | | |
| | Pré-tratamento | Desponte manual | | | |
| | Assepsia | 2% da solução de NaClO ² + Lavagem em água corrente | ...Continua... | | |
| | Avaliação | 1 ^a contagem final | 7 dias 14 dias | | |

TABELA 1, Cont.

| | Substrato | Rolo de Papel | | | |
|---|-----------------|---|---------------|---|--|
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | | Perez et al. (1999); Donadio e Demattê (2000); Perez et al. (2001); Wanli et al. (2001); Oliveira et al. (2003); Oliveira et al. (2005); Piroli et al. (2005); Oliveira et al. (2008); Nakagawa et al. (2010) | |
| <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub. (FABACEAE) Canafistula-branca 23304 | Pré-tratamento | Desponte na extremidade oposta a micrópila | | | |
| | | Assepsia | | | |
| | Avaliação | 1ª contagem | 7 dias | | |
| | | final | 14 dias | | |
| | | | | | |
| <i>Plathymenia reticulata</i> Benth. (FABACEAE) Vinhático-do-campo 24607 | Substrato | Rolo de Papel | | | |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | | | |
| | Pré-tratamento | Desponte manual | | | |
| | Assepsia | 20% da solução de NaClO ² + 1% da solução de NaClO ² | | | |
| | | 1ª contagem | 10 dias | | |
| <i>Pseudobombax tomentosum</i> (C. Martius & Zuccarini) Robyns (MALVACEAE) Embiruçu-peludo 25344 | Avaliação | final | 16 dias | | |
| | | Substrato | Rolo de Papel | | |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | | | |
| | Pré-tratamento | - | | | |
| | Assepsia | 0,5% da solução de NaClO ² | | | |
| | | 1ª contagem | 10 dias | | |
| <i>Pterogyne nitens</i> Tul. (FABACEAE) Pau-amendoim 25362 | Avaliação | final | 17 dias | | |
| | Substrato | Rolo de Papel | | | |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | | | |
| | Pré-tratamento | Desponte no terço superior da semente | | | |
| | Assepsia | 1% da solução de NaClO ² + Solução de detergente ¹ | | | |
| | | 1ª contagem | 7 dias | | |
| <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>Amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby (FABACEAE) Paricá 25496 | Avaliação | final | 14 dias | | |
| | Substrato | Rolo de Papel | | | |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | | | |
| | Pré-tratamento | Escarificação + Embebição 24h | | | |
| | Assepsia | 1% da solução de NaClO ² + Lavagem em água corrente + Solução de detergente ¹ | | | |
| | | 1ª contagem | 7 dias | | |
| <i>Senna macranthera</i> (DC. Ex Collad.) H. S. Irwin & Barneby (FABACEAE) Sena-fedegosão 25516 | Avaliação | final | 10 dias | | |
| | Substrato | Rolo de Papel | | | |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | | | |
| | Pré-tratamento | Desponte manual no terço superior da semente | | | |
| | Assepsia | 2% da solução de NaClO ² | | | |
| | | 1ª contagem | 7 dias | | |
| | Avaliação | final | 14 dias | | |

...Continua...

TABELA 1, Cont.

| | Substrato | Rolo de Papel | | |
|---|-----------------|------------------------------------|---------|--|
| <i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. Ex A. DC.) Standl. (BIGNONIACEAE) Ipê-dourado 23305 | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | | Carvalho et al. (1976); Nogueira (2001); Santos et al. (2005); Martins et al. (2008); Martinelli- Seneme et al. (2008) |
| | Pré-tratamento | - | | |
| | Assepsia | Solução de detergente ¹ | | |
| | | 1 ^a contagem | 7 dias | |
| | Avaliação | final | 14 dias | |
| <i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridl.) Sand. (BIGNONIACEAE) Ipê-branco 23308 | Substrato | Rolo de Papel | | Degan et al. (1997); Santos et al. (2005); Stockman et al. (2007) |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua | | |
| | Pré-tratamento | - | | |
| | Assepsia | Solução de detergente ¹ | | |
| | Avaliação | 1 ^a contagem | 10 dias | |
| | | final | 17 dias | |

¹ Solução de detergente: lavagem das sementes na proporção de 5 gotas de detergente neutro para cada 2L de água destilada; ² Solução de NaClO: os percentuais se referem à concentração da solução de hipoclorito de sódio (2 a 2,5% da NaClO).

Cada laboratório recebeu um croqui com sorteio de lotes e sementes para formar oito repetições de 25 sementes, perfazendo duzentas sementes. Apenas dois laboratórios receberam tamanhos de amostras duplicadas e formaram 16 de repetições de 25 sementes, perfazendo 400 sementes. Esta amostra duplicada representa a melhor estimativa dos lotes. Segundo as recomendações da ISTA (2004), tanto as oito, quanto as 16 repetições, foram agrupadas formando quatro repetições. De todas as características enviadas pelos laboratórios, apenas o de percentual de plântulas normais foi utilizado na análise. Plântulas normais são aquelas que mostram potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais, quando desenvolvidas sob condições favoráveis. As análises foram realizadas utilizando o ambiente R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011) e o software Minitab® 16 release (2010).

4.1 Identificação de valores discrepantes e exclusão de lotes

Com as fichas de análise dos resultados de todos os laboratórios, a tabulação dos dados e a redução do número de repetições de 16 e oito, ambas com quatro repetições, a primeira etapa realizada foi a identificação de valores discrepantes ou extremos por lote para as 25 espécies, utilizando o método de Boxplot e a medida de *DFFITS* (*Difference in fits*).

O Boxplot é definido por um retângulo no qual as arestas inferior e superior coincidem com o primeiro ($\hat{Y}_{0,25}$) e o terceiro quartis ($\hat{Y}_{0,75}$), respectivamente. O traço

interno é o valor mediano. O segmento de reta partindo do primeiro e terceiro quartis é a amplitude entre os quartis, dada por $\hat{\delta} = \hat{Y}_{0,75} - \hat{Y}_{0,25}$. O intervalo entre o primeiro quartil e o terceiro quartil contém 50% das observações centrais, dando uma idéia da dispersão. O valor fora dos pontos de corte, porém a menos de três amplitudes interquartis da extremidade do retângulo, é o chamado de *outlier*. O ponto a mais de três faixas interquartis da extremidade do retângulo, é chamado de valor extremo. Ocasionalmente, eles são representados com símbolos diferentes (Figura 1). Inicialmente, utilizou-se o Boxplot para representar a distribuição das porcentagens de plântulas normais para os quatro lotes, dentre estes, eliminou-se o lote com mediana próxima a de outro lote e com maior variabilidade. Aos três lotes restantes, iniciou-se a identificação dos discrepantes.

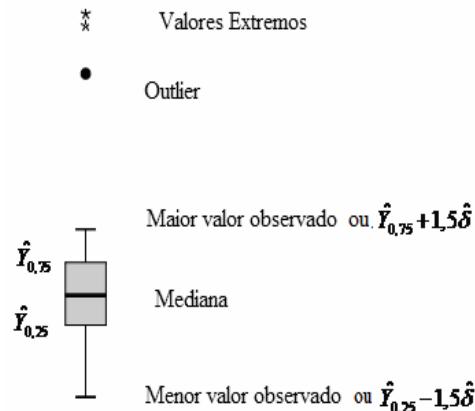


FIGURA 1. Representação gráfica de um Boxplot contendo os limites superior, inferior e mediano, além de *outlier* e valores extremos.

Para a detecção de *outliers* pela medida de *DFFITS* proposta por Belsley et al. (1980), inicialmente, ajustou-se, por lote, um modelo com p parâmetros, linearmente independentes, $y_{ik} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ik}$, em que y_{ik} : percentual de plântulas normais obtido pelo i -ésimo lote na k -ésima repetição; μ : média geral; α_i : efeito do i -ésimo lote e ε_{ik} : erro ou resíduo normalmente distribuído com média zero e variância constante. A estatística *DFFITS* é dada por:

$$DFFITS_i = \frac{|r_i|}{s_i \sqrt{1 - h_{ii}}} \left\{ \frac{h_{ii}}{(1 - h_{ii})} \right\}^{1/2} = |t_i^*| \left\{ \frac{h_{ii}}{(1 - h_{ii})} \right\}^{1/2}, \quad (1)$$

em que $r_i = y_i - \hat{y}_i$: resíduo ordinário da i -ésima observação; t_i^* : resíduo estudentizado; h_{ii} conhecida como medida de “leverage”, é elemento da diagonal principal da matriz de projeção $H = X(X^T X)^{-1} X^T$, em que X é a matriz do modelo ou delineamento. O quociente $h_{ii}/(1-h_{ii})$ mede a distância de um ponto y_i em relação às demais observações e s_i é o desvio padrão do resíduo do modelo.

Dos vários critérios propostos na literatura para a interpretação desta medida, foi utilizado o ponto de corte proposto por Belsley et al. (1980) e Paula (2010) aos dados de plântulas normais, em que para um ponto ser considerado discrepante, em relação aos demais, este deve estar acima do ponto de corte definido pela expressão (Figura 2):

$$|DFFITS_i| \geq 2 \sqrt{\frac{p}{(n-p)}} ; \quad (2)$$

em que p : número de parâmetros e n : número de observações.

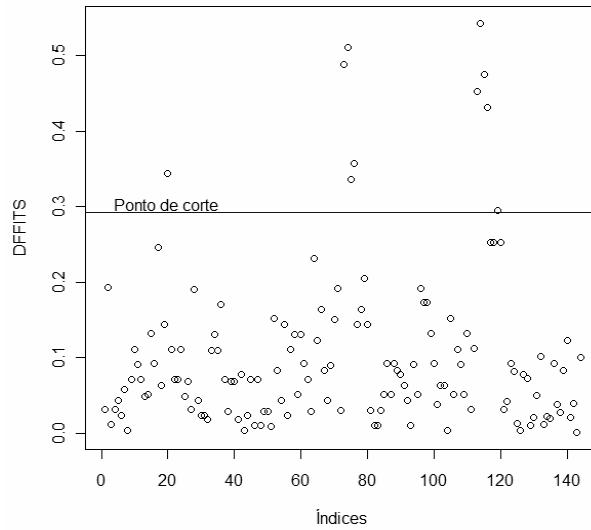


FIGURA 2. Representação do ponto de corte e valores discrepantes da medida $DFFITS$, segundo Belsley et al. (1980) e Paula (2010).

A identificação dos *outliers* e valores discrepantes foi realizado pelo método gráfico de Boxplot e pela medida de $DFFTIS$. Dos discrepantes identificados, foram eliminados somente os resultados daqueles laboratórios em que os *outliers* apareciam em duas ou mais repetições de um mesmo lote, permanecendo assim, os demais valores discrepantes na massa de dados para a realização da próxima etapa que é a identificação de variâncias heterogêneas. A opção de manter esses *outliers* foi feita por se tratar de

espécies florestais, em que estas têm uma grande variabilidade genética intrínseca, e com isso, não se corre o risco de perder informações importantes pela retirada indiscriminada de observações.

4.2 Identificação de variâncias heterogêneas

Além do Boxplot e do *DFFITS*, foram aplicados os testes de Cochran e de Levene para a verificação da heterogeneidade das variâncias geradas por lote, o chamado *outlier* nas variâncias. Para as 25 espécies, um dos testes utilizados foi o de Cochran (COCHRAN, 1941), recomendado pela ISTA (2007) e ISO 5725-2:1994, dado pela seguinte expressão:

$$C_i = \frac{\max(s_{ij}^2)}{\sum_{j=1}^{n_j} s_{ij}^2}, \quad (3)$$

em que n_j : número de laboratórios e s_{ij}^2 : estimador da variância do j -ésimo laboratório do i -ésimo lote. $C_{\alpha,(n_j,n_k-1)}$: valor crítico do teste com $n_k - 1$ graus de liberdade, n_k : número de repetições e α : valor da significância. Se o número de repetições não é igual em todos os laboratórios, então n_k : maior valor ou a média harmônica do número de repetições (VORAPONGSATHORN et al., 2004).

Outro teste sugerido pela ISO 5725-2:1994 e aplicado foi o de Levene (LEVENE, 1960). Segundo Filliben e Heckert (2000), apud Vorapongsathorn et al. (2004), dada uma variável aleatória Y com uma amostra de tamanho n e dividida em n_j subgrupos (laboratórios), de tamanhos n_t , a estatística do teste de Levene é definida por:

$$F = \frac{(n-n_j) \sum_{j=1}^{n_j} n_t (\bar{Z}_{j.} - \bar{Z}_{..})^2}{(n_j-1) \sum_{j=1}^{n_j} \sum_{v=1}^n (Z_{jv} - \bar{Z}_{j.})^2}, \quad (4)$$

em que $\bar{Z}_{j.} = n_t^{-1} \sum_{j=1}^{n_t} Z_{jv}$, $\bar{Z}_{..} = n^{-1} \sum_{j=1}^{n_j} n_t \bar{Z}_{j.}$ e Z_{jv} pode ser dado por:

1. $Z_{jv} = |y_{jv} - \bar{y}_{j.}|$, onde $\bar{y}_{j.}$ é a média de plântulas normais para o j -ésimo laboratório, neste caso, teste de Levene modificado para a média;

2. $Z_{jv} = |y_{jv} - \tilde{y}_{j.}|$, onde $\tilde{y}_{j.}$ é a mediana de plântulas normais para o j -ésimo laboratório e, neste caso, trata-se do teste de Levene modificado para a mediana.

$F_{\alpha(n_j-1, n-n_j)}$: quantil da distribuição F -Snedecor e α é o valor da significância do teste (VORAPONGSATHORN et al., 2004; KATAOKA, 2009).

A detecção de *outliers* nas variâncias foi realizada considerando-se os testes de Cochran, Levene para a mediana e Levene para a média. Para o primeiro, eliminaram-se laboratórios com maiores variâncias até que houvesse homocedasticidade e, para os outros dois, maiores ou menores variâncias, com o cuidado de ter um mínimo de seis laboratórios para continuar o processo de validação, como descrito pela ISTA (2007).

4.3 Medidas de repetitividade e reprodutibilidade (estudo de R&R)

Segundo a ISO 5725-2:1994, a repetitividade, é a variação esperada entre os resultados, quando uma amostra é analisada em duplicata. A reprodutibilidade é a medida da comparação entre os laboratórios e a média geral. O objetivo do estudo de R&R não é identificar o melhor laboratório para o teste de germinação de sementes, mas validar o método formulado e auxiliar os laboratórios a identificarem possíveis problemas, sugerindo medidas corretivas para elevar seu padrão de qualidade. Para os dados da validação, a estimativa para a variância de repetitividade para o i -ésimo lote e a variância do j -ésimo laboratório foi expressa, respectivamente, por:

$$s_{ri}^2 = \frac{\sum_{j=1}^P (n_{kj} - 1) s_{ji}^2}{\sum_{j=1}^P (n_{kj} - 1)}, \quad \text{em que: } s_{ji}^2 = \frac{\sum_{k=1}^{n_{kj}} (y_{jik} - \bar{y}_{ji})^2}{n_{kj} - 1}, \quad (5)$$

onde n_{kj} : número de repetições do j -ésimo laboratório no i -ésimo lote; P : número de laboratórios com pelo menos um resultado no i -ésimo lote; y_{jik} e \bar{y}_{ji} são, respectivamente, percentuais de plântulas normais obtidas do j -ésimo laboratório no i -ésimo lote na k -ésima repetição e o percentual médio de plântulas normais do j -ésimo laboratório no i -ésimo lote, respectivamente.

A estimativa da reprodutibilidade para o i -ésimo lote foi obtida por (ISO 5725-2:1994):

$$s_{Ri}^2 = s_{ri}^2 + s_{Li}^2, \text{ em que: } s_{Li}^2 = \frac{s_{di}^2 - s_{ri}^2}{\bar{n}_i}, \quad s_{di}^2 = \frac{\sum_{j=1}^P n_{kj} (\bar{y}_{ji} - \bar{\bar{y}}_i)^2}{P-1}, \quad (6)$$

onde s_{Li}^2 : diferença entre a variância de laboratórios no i -ésimo lote e a variância de repetitividade ponderada por \bar{n}_i ;

$$\text{em que } \bar{\bar{y}}_i = \frac{\sum_{j=1}^P n_{kj} \bar{y}_{ji}}{\sum_{j=1}^P n_{kj}}, \quad \bar{y}_{ji} = \frac{1}{n_k} \sum_{k=1}^{n_k} y_{jik} \quad \text{e} \quad \bar{n}_i = \frac{1}{(P-1)} \left(\sum_{j=1}^P n_{kj} - \frac{\sum_{j=1}^P n_{kj}^2}{\sum_{j=1}^P n_{kj}} \right), \quad (7)$$

respectivamente, média ponderada das médias do j -ésimo laboratório no i -ésimo lote, média do j -ésimo laboratório no i -ésimo lote e a média ponderada do número de repetições em caso de conjunto de dados desbalanceados.

4.3.1 Medidas de repetitividade e reproducibilidade pelo modelo de análise de variância

Pela falta de valores de referência, as estatísticas R&R se tornam difíceis de serem interpretadas. O método de estimativa das variações de repetitividade e reproducibilidade, a partir da análise de variância de um delineamento inteiramente casualizado do experimento, levou em consideração o efeito da interação entre laboratórios e lotes e também critérios bem elaborados para tomadas de decisões sobre as respectivas medidas, facilitando sua interpretação (Tabela 2). Assim, os resultados de porcentagem de plântulas normais por laboratório e por lote foram expressos por:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, n_i; \quad j = 1, 2, \dots, n_j \quad k = 1, 2, \dots, n_k \quad (8)$$

onde y_{ijk} : porcentagem de plântulas normais obtida do i -ésimo lote, feita pelo j -ésimo laboratório na k -ésima repetição; μ : percentual médio de plântulas normais dos lotes; α_i : efeito do i -ésimo lote; β_j : efeito do j -ésimo laboratório; γ_{ij} : efeito da interação do j -ésimo laboratório no i -ésimo lote; ε_{ijk} : erro obtido pelas diferenças entre plântulas normais de um mesmo lote, com o mesmo método e pelo mesmo laboratório; n_i : número de lotes; n_j : número de laboratórios e n_k : número de repetições.

Os efeitos α_i , β_j , γ_{ij} e ε_{ijk} são aleatórios e suas respectivas variâncias são dadas por σ_i^2 , σ_j^2 , σ_{ij}^2 e σ_{ijk}^2 . Assim, a variável aleatória Y tem variância total dada por:

$$VAR(Y) = \sigma_i^2 + \sigma_j^2 + \sigma_I^2 + \sigma_E^2. \quad (9)$$

Segundo Automotive Industry Action Group (AIAG) (2002) e Pinto Júnior (2003), o método de análise de variância consiste em estimar as componentes de variância pelo método de Hicks (1973) do modelo dado pela expressão (8).

TABELA 2. Análise de variância de um delineamento inteiramente casualizado, com dois fatores, laboratório e lote, com seus respectivos graus de liberdade, soma de quadrado, quadrado médio, componentes de variância e estatística F .

| Fontes de Variação ¹ | gl | SQ | QM | $E(QM)$ | Estatística F |
|---------------------------------|----------------------|-------------|-------------|--|--------------------------|
| Lote | $n_i - 1$ | SQ_{Lote} | QM_{Lote} | $\sigma_E^2 + n_k \sigma_I^2 + n_k n_j \sigma_i^2$ | $\frac{QM_{Lote}}{QM_I}$ |
| Laboratório | $n_j - 1$ | SQ_{Lab} | QM_{Lab} | $\sigma_E^2 + n_k \sigma_I^2 + n_k n_i \sigma_j^2$ | $\frac{QM_{Lab}}{QM_I}$ |
| Lote*Laboratório | $(n_i - 1)(n_j - 1)$ | SQ_I | QM_I | $\sigma_E^2 + n_k \sigma_I^2$ | $\frac{QM_I}{QM_E}$ |
| Repetitividade (Resíduo) | $n_i n_j (n_k - 1)$ | SQ_E | QM_E | σ_E^2 | |
| Total | $n - 1$ | SQ_T | | σ_T^2 | |

¹ n_i : número de lotes, n_j : número de laboratórios, n_k : número de repetições e n : número total de observações, SQ : soma de quadrados, QM : quadrado médio, $E(QM)$: esperança do quadro médio; $\sigma_i^2, \sigma_j^2, \sigma_I^2, \sigma_E^2$: variâncias de lotes, laboratórios, da interação e do resíduo, respectivamente.

As somas de quadrados total, de lote e de laboratório e os quadrados médios são dados pelas expressões usuais (STEEL; TORRIE, 1981; NETER et al., 1985):

$$SQ_T = \sum_{i=1}^{n_i} \sum_{j=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{n_k} (y_{ijk}^2 - \bar{y}_{...})^2; \quad (10)$$

$$SQ_{Lote} = n_j n_k \sum_{i=1}^{n_i} (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2; \quad (11)$$

$$SQ_{Lab} = n_i n_k \sum_{j=1}^{n_j} (\bar{y}_{.j.} - \bar{y}_{...})^2; \quad (12)$$

$$SQ_{Resíduo} = \sum_{j=1}^{n_j} \sum_{i=1}^{n_i} \sum_{k=1}^{n_k} (y_{ijk} - \bar{y}_{ij.})^2; \quad (13)$$

$$SQ_{Int} = n_k \sum_{j=1}^{n_j} \sum_{i=1}^{n_i} (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{...})^2. \quad (14)$$

Os componentes de variância foram estimados, sendo o quadrado médio do resíduo (erro) um estimador não viesado para a variância da repetitividade, representado por:

$$\hat{\sigma}_E^2 = QM_E = \hat{\sigma}_r^2; \text{ variância da repetitividade.} \quad (15)$$

Da esperança do quadrado médio estimada por Hicks (1973), tem-se:

$$\hat{\sigma}_E^2 + n_k \hat{\sigma}_I^2 = QM_I \rightarrow \hat{\sigma}_I^2 = \frac{QM_I - QM_E}{n_k}; \text{ variância da interação.} \quad (16)$$

$$\hat{\sigma}_E^2 + n_k \hat{\sigma}_I^2 + n_k n_i \hat{\sigma}_j^2 = QM_j \rightarrow \hat{\sigma}_j^2 = \frac{QM_j - QM_I}{n_k n_i}; \text{ variância do laboratório.} \quad (17)$$

$$\hat{\sigma}_E^2 + n_k \hat{\sigma}_I^2 + n_k n_j \hat{\sigma}_i^2 = QM_i \rightarrow \hat{\sigma}_i^2 = \frac{QM_i - QM_I}{n_k n_j}; \text{ variância do lote.} \quad (18)$$

$$\hat{\sigma}_R^2 = \hat{\sigma}_j^2 + \hat{\sigma}_i^2; \text{ variância da reproduzibilidade.} \quad (19)$$

$$\hat{\sigma}_{R\&R}^2 = \hat{\sigma}_r^2 + \hat{\sigma}_R^2; \text{ variância total do estudo de R&R.} \quad (20)$$

$$\hat{\sigma}_T^2 = \hat{\sigma}_{R\&R}^2 + \hat{\sigma}_i^2; \text{ variância total.} \quad (21)$$

A variação total que está distribuída na variação de cada fator envolvido no modelo foi representada na tabela 3.

TABELA 3. Componentes de variâncias estimadas e respectivas porcentagens de contribuição em relação à variação total.

| Fontes de Variação | Variâncias | Contribuição (%) |
|----------------------|---|--|
| Repetitividade | $\hat{\sigma}_r^2$ | $100 * (\hat{\sigma}_r^2 / \hat{\sigma}_T^2)$ |
| Reprodutibilidade | $\hat{\sigma}_R^2$ | $100 * (\hat{\sigma}_R^2 / \hat{\sigma}_T^2)$ |
| R&R Total | $\hat{\sigma}_{R\&R}^2 = \hat{\sigma}_r^2 + \hat{\sigma}_R^2$ | $100 * (\hat{\sigma}_{R\&R}^2 / \hat{\sigma}_T^2)$ |
| Laboratório | $\hat{\sigma}_j^2$ | $100 * (\hat{\sigma}_j^2 / \hat{\sigma}_T^2)$ |
| Lote * Laboratório | $\hat{\sigma}_I^2$ | $100 * (\hat{\sigma}_I^2 / \hat{\sigma}_T^2)$ |
| Entre Partes (Lotes) | $\hat{\sigma}_i^2$ | $100 * (\hat{\sigma}_i^2 / \hat{\sigma}_T^2)$ |
| Total | $\hat{\sigma}_T^2$ | 100,0 |

Como ainda não existem publicações sobre a porcentagem ideal de contribuição das variações de repetitividade e reproduzibilidade no estudo de germinação de sementes florestais, adotou-se a eliminação de laboratórios que estejam inflacionando as estimativas das variâncias de repetitividade e reproduzibilidade, com isso obtendo-se menor porcentagem de contribuição possível, tomando-se o cuidado para manter o mínimo de seis laboratórios. Esta eliminação foi baseada no estudo com gráficos de controle para a média e amplitude.

Além dessa análise, outra medida auxiliou a tomada de decisão, conhecida como número de categorias distintas (*ndc*), que detecta as diferenças entre os lotes e suas repetições, dada por:

$$ndc = 1,41 \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_i^2}{\hat{\sigma}_{R\&R}^2}}. \quad (22)$$

Segundo Pinto Júnior (2003), o *ndc* representa a capacidade do sistema em discriminar categorias em um sistema de medição, considerando-se a variação do processo. Para *ndc* igual a um, o sistema distingue apenas uma categoria, sendo então considerado ruim; se o *ndc* for igual a dois, discrimina duas categorias; se o *ndc* for igual a três discrimina três categorias e assim por diante. Quanto maior for o valor de *ndc*, melhor será a discriminação do sistema de medição. Há uma recomendação de que esse valor seja maior que cinco para um sistema ideal, mas para um sistema aceitável, valor maior ou igual a três (AIAG, 2002). No caso da validação, em que o número de lotes foi igual a três, espera-se um valor mínimo para o *ndc* igual a três, podendo ser

maior, pois apesar dos lotes serem homogêneos, as repetições não são idênticas, o que dá a possibilidade de se distinguir também as repetições dentro de um mesmo lote.

Apenas as estimativas dos componentes de variância do estudo de R&R e suas respectivas contribuições não são suficientes para decidir quais laboratórios estão inflacionando as variações de repetitividade ou reproduzibilidade. Segundo Pinto Júnior (2003), os gráficos de controle para a média e amplitude são ferramentas robustas que auxiliam a decisão de quais laboratórios contribuíram mais para a porcentagem de variação do R&R.

Segundo Montgomery (2004), para $n_k \leq 6$ sub-amostras, como foi o caso da validação, é usual a aplicação dos gráficos \bar{X} e R , calculados pelos seguintes limites, respectivamente:

$$\begin{cases} LSC = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \\ LM = \bar{\bar{x}} \\ LIC = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \end{cases} \quad (23)$$

$$\begin{cases} LSC = D_4 \bar{R} \\ LM = \bar{R} \\ LIC = D_3 \bar{R} \end{cases}, \quad (24)$$

em que $\bar{\bar{x}}$ é a média das médias das porcentagens de plântulas normais para cada lote em cada laboratório e \bar{R} é a amplitude média obtida em cada lote por laboratório. A constante A_2 é dada por:

$$A_2 = \frac{3}{d_2 \sqrt{n}}$$

sendo n: número de repetições; d_2 : média da variável aleatória $W = R/\sigma$, onde valores para diferentes tamanhos de amostras são encontradas nas tabelas de Montgomery (2004). As constantes D_3 e D_4 são dadas por:

$$D_3 = 1 - 3 \frac{d_3}{d_2}$$

$$D_4 = 1 + 3 \frac{d_3}{d_2}$$

d_3 : desvio padrão da variável aleatória $W = R/\sigma$, onde valores para diferentes tamanhos de amostras também são encontradas nas tabelas de Montgomery (2004).

Segundo Montgomery (2004), o gráfico \bar{X} monitora a variabilidade, entre amostras, no processo de validação. Isso é o mesmo que monitorar a variabilidade entre lotes e laboratórios. O gráfico R mede a variabilidade dentro das amostras, ou seja, entre as repetições de cada lote.

As interpretações dos gráficos de controle foram feitas a partir de padrões de não aleatoriedade, em que para o gráfico da amplitude foi avaliado os pontos fora dos limites de controle e também pontos muito próximos a esses limites. Para os laboratórios que se encontraram nestas situações, seus resultados foram retirados do processo de validação. Aos laboratórios restantes, com amplitudes dentro dos limites de controle, existe-se consistência dos dados em relação à repetitividade.

O gráfico para a média mostra a consistência externa entre laboratórios e detecta variações entre lotes. Segundo Benham et al. (2002), deve-se ter mais de 50% dos pontos fora dos limites de controle, para mostrar a distinção entre as amostras. No processo de validação, é o mesmo que mostrar que os laboratórios conseguem distinguir os lotes. Além dessa avaliação, também foram observados, os resultados dos laboratórios, em cada lote, e feita a comparação entre eles. Aqueles laboratórios que tinham nítida inconsistência de resultados para um determinado lote quando comparado aos demais, foram retirados. Feito isto, geraram-se novos resultados de R&R, inclusive novos gráficos de controle, até constatar a queda na variação da repetitividade e reprodutibilidade, e mostrando a consistência do grupo de laboratórios.

4.4 Estatísticas h e k de Mandel

Embora as medidas de repetitividade e reprodutibilidade sejam as ferramentas padrão para o estudo das variabilidades dentro de um mesmo laboratório e entre laboratórios, elas não permitem, por si só, qualquer inferência. Para auxiliar, as medidas relacionadas com o estudo de R&R que são as estatísticas h e k de Mandel (LUPING; SCHOUENBORG, 2000; ISTA, 2007; KATAOKA, 2009), foram utilizadas.

A estatística k é o desvio do laboratório quando comparado com o desvio padrão da repetitividade, sendo então uma medida da variabilidade interna do laboratório. A estatística h mede o desvio da média de um laboratório, quando comparado à média geral obtida de todos os laboratórios, ou seja, uma medida externa de variabilidade.

Para estimar os valores das estatísticas de Mandel, é necessário o cálculo das variâncias de repetitividade e reprodutibilidade para cada lote. A partir destas

estimativas, foi calculada a estatística k para o j -ésimo laboratório no i -ésimo lote, dada por (ISO 5725-2:1994):

$$k_{ji} = \frac{s_{ji}}{s_{ri}}, \quad (25)$$

em que s_{ri} : estimativa para o desvio padrão de repetitividade para o i -ésimo lote e s_{ji} : desvio padrão do j -ésimo laboratório no i -ésimo lote.

Segundo Luping e Schouenborg (2000) e Kataoka (2009), o valor crítico para inferir sobre a estatística k é dado por:

$$k_c = \sqrt{\frac{n_j F_{(\alpha, n_1, n_2)}}{F_{(\alpha, n_1, n_2)} + (n_j - 1)}}, \quad (26)$$

em que $F_{(\alpha, n_1, n_2)}$: quantil da distribuição F -Snedecor com $n_1 = n_k - 1$ graus de liberdade para o numerador e $n_2 = (n_j - 1)(n_k - 1)$ graus de liberdade para o denominador, onde n_k : número de repetições; n_j número de laboratórios. Se o valor da estatística de k estiver acima do valor crítico, rejeita-se a hipótese de que o laboratório tenha medidas consistentes em relação à repetitividade (ISO 5725-2:1994).

A estatística h para o i -ésimo lote foi calculada por (ISO 5725-2:1994):

$$h_{ji} = \frac{(\bar{y}_{ji} - \bar{\bar{y}}_i)}{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{P_i} (\bar{y}_{ji} - \bar{\bar{y}}_i)^2}{(P_i - 1)}}}, \quad (27)$$

em que $\bar{\bar{y}}_i$: média ponderada das médias do j -ésimo laboratório no i -ésimo lote e \bar{y}_{ji} : média do j -ésimo laboratório no i -ésimo lote.

Segundo Luping e Schouenborg (2000) e Kataoka (2009), os valores críticos da estatística h são dados por:

$$h_c = \pm \frac{(P_i - 1) t_{(\alpha/2, n_3)}}{\sqrt{P_i \left(t_{(\alpha/2, n_3)}^2 + P_i - 2 \right)}}, \quad (28)$$

onde $t_{(\alpha/2, n_3)}$: quantil da distribuição t -Student, com $n_3 = P_i - 2$ graus de liberdade e valor de significância α . Se o valor da estatística de h estiver abaixo ou acima dos valores críticos, rejeita-se a hipótese de que o laboratório tem medidas consistentes em relação à reproduzibilidade (ISO 5725-2:1994). Para facilitar a interpretação sobre a inferência

dos valores de h e k de Mandel, estes resultados, além de calculados para todas as espécies, foram representados graficamente. Não foram eliminados laboratórios com valores de h e k acima dos valores críticos, pois, sendo esta a metodologia usual no processo de validação, recomendada pela ISTA (2007), o seu cálculo foi feito com o intuito de compará-la com o estudo de R&R pelo método da análise de variância e, assim, confirmar, nesta última ,os pontos positivos e negativos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Identificação de valores discrepantes e exclusão de lotes

Para as espécies *Parapiptadenia rigida* e *Parkia pendula*, o Boxplot não foi aplicado para a eliminação de lotes, uma vez que foram encaminhados para a validação apenas o número mínimo. Pelo Boxplot foi detectado quais lotes tinham medianas de plântulas normais próximas, destas foi eliminado o lote com maior variabilidade indicado pelo comprimento da caixa do Boxplot. Nessa eliminação, além do critério da mediana e da variabilidade foi observado se os lotes que ficaram formavam três qualidades distintas (Figura 3a-w).

Numa análise geral dos resultados do Boxplot, foi possível constatar que as maiores variabilidades nos resultados de plântulas normais foram para lotes de qualidade intermediária, entre 40 e 60%. Em lotes com percentuais de plântulas normais acima de 70% e abaixo de 20%, as amplitudes foram menores (Figura 3a-w). Além disso, pode-se observar que, para a muitas espécies, a maioria dos lotes foi simétrico.

Lotes de melhor qualidade, em geral, possuem maior quantidade de plântulas normais intactas e lotes de baixa qualidade possuem grande número de sementes não germinadas, as quais segundo a RAS podem ser duras, dormentes, mortas ou pertencentes a outras categorias (BRASIL, 2009). Ambos os lotes geram menor dúvida quanto à classificação de plântulas normais/anormais e quanto à porcentagem de germinação. Lotes com qualidade intermediária apresentam sementes de diferentes qualidades fisiológicas, o que influencia na variação dos resultados entre repetições (ILLIPRONT JÚNIOR, 1997). Isto explica a grande variação encontrada nos lotes com qualidades intermediárias e a baixa variação nos lotes com alta e baixa porcentagem de germinação. Além disso, a variância da proporção é uma função quadrática da própria proporção (p), ou seja, quanto mais próximo de 0,5 (50%), maior é a variação (KATAOKA, 2009).

Na identificação de *outliers* no conjunto de dados, a medida de *DFFITS*, de maneira geral, detectou maior quantidade de discrepantes, quando comparada ao Boxplot (ANEXO A, Figura 1A-25A). Como consequência, a maioria dos discrepantes identificados pelo Boxplot também foi detectadas pelo *DFFITS*, mas o contrário não ocorreu (Tabela 4).

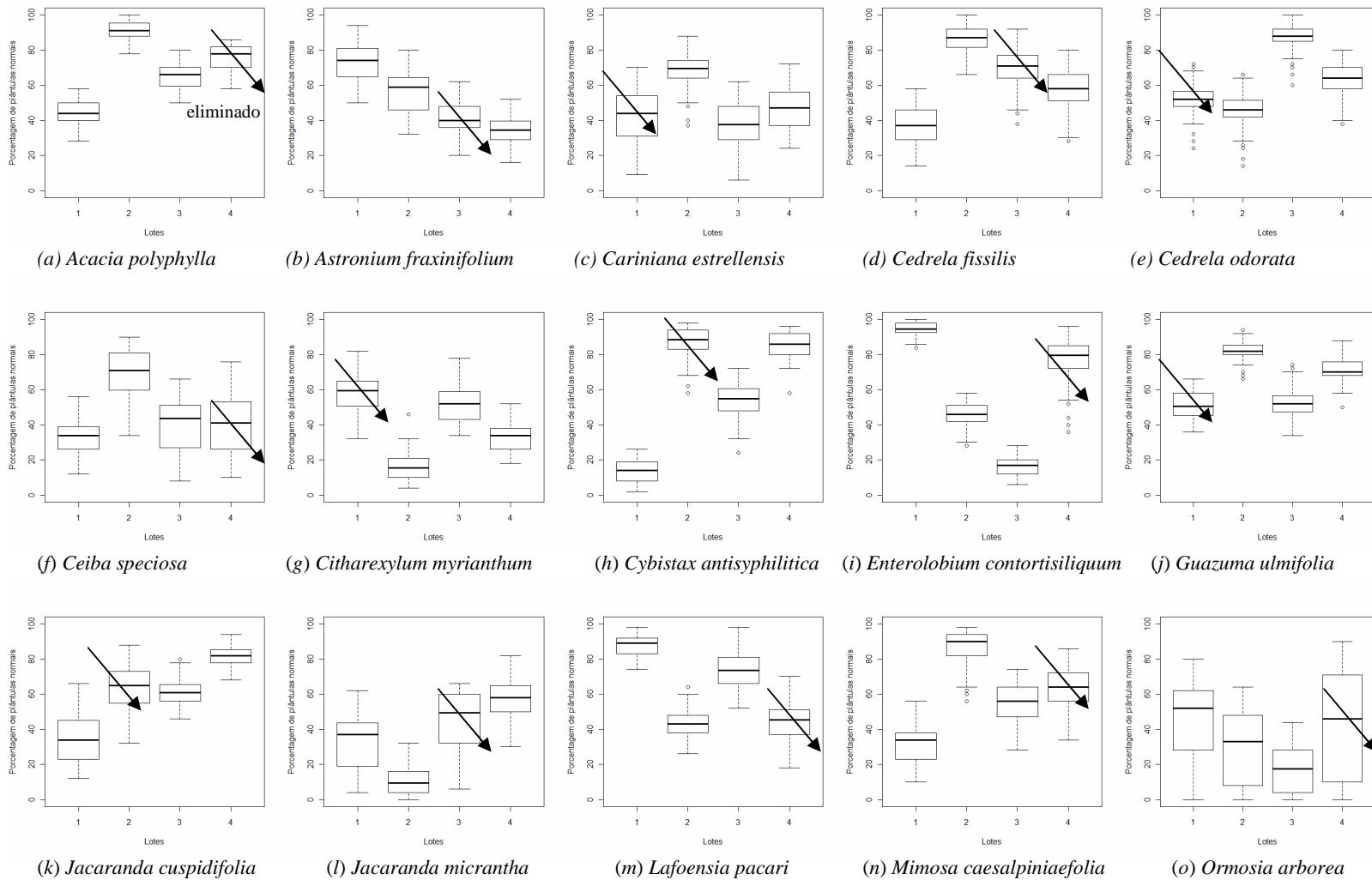
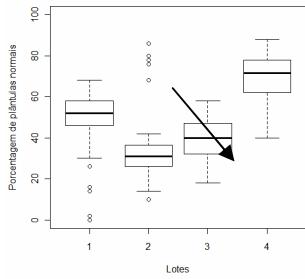
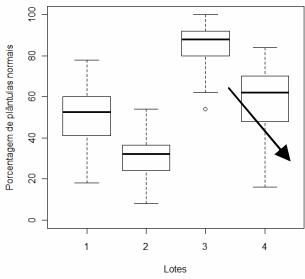


FIGURA 3. Boxplot para plântulas normais do teste de germinação do processo de validação de métodos para 23 espécies florestais nativas, indicando os lotes eliminados. As setas indicam que os lotes foram eliminados. (...Continua...)

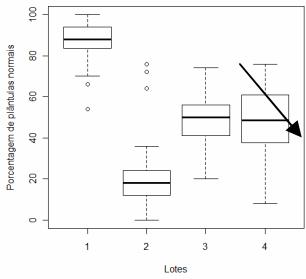
FIGURA 3, Cont.



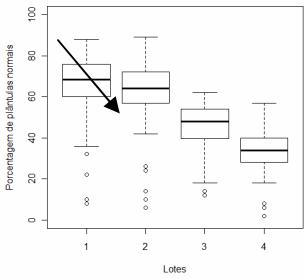
(p) *Peltophorum dubium*



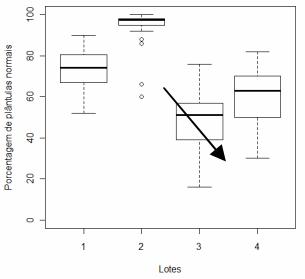
(q) *Platymenia reticulata*



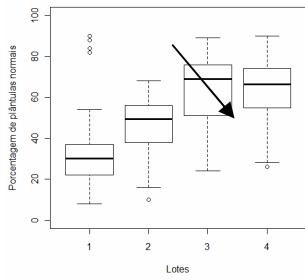
(r) *Pseudobombax tomentosum*



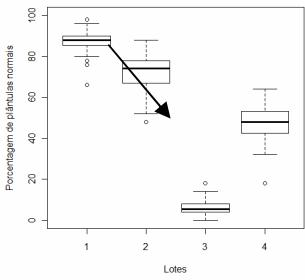
(s) *Pterogyne nitens*



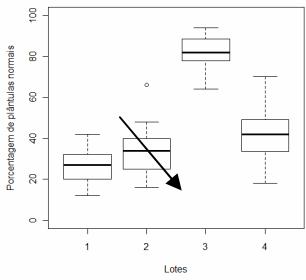
(t) *Schizolobium parahyba*
var. *amazonicum*



(u) *Senna macranthera*



(v) *Tabebuia chrysotricha*



(w) *Tabebuia rosea-alba*

Em algumas espécies como *Cedrela odorata*, *Guazuma ulmifolia*, *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* e *Tabebuia chrysotricha*, foram observados lotes com baixa variabilidade e, como consequência, grande quantidade de *outliers*, ou seja, nos Boxplots, lotes em que a distância entre as faixas interquartis foram pequenas, observou-se maior quantidade de discrepantes, o que também foi detectado pelo *DFFITS*. Behrens (1997) também observou, no estudo de Boxplot, grande quantidade de *outliers* em situações de baixa variabilidade. Como consequência, em lotes com alta variabilidade, como *Astronium fraxinifolium*, *Ceiba speciosa*, *Citharexylum myrianthum* e *Ormosia arborea*, foram observados poucos discrepantes. Exceção ocorreu para *Enterolobium contortisiliquum* e *Tabebuia chrysotricha* em que, mesmo com baixa variabilidade, registrou-se poucos discrepantes.

Foi observado que a medida *DFFITS*, no ponto de corte empregado (BELSLE et al., 1980; PAULA, 2010), identificou grande quantidade de discrepantes e uma opção para o rigor de detecção é o emprego de outros pontos de corte (DEMÉTRIO; CORDEIRO, 2007).

O excesso de detecção de *outliers* pode ser devido às variabilidades inerentes e características das espécies florestais e sua exclusão pode levar a uma minimização ou subestimação dessa variabilidade. Esses valores podem ser parte da variação natural das observações (características das espécies florestais), podem ser eventos inesperados na geração dos dados (fungos), podem ser decorrente de terem uma distribuição diferente do restante das observações e ainda, se tiver a mesma distribuição, os parâmetros podem ser diferentes (BARNETT; LEWIS, 1994; FIGUEIRA, 1998; MAGALHÃES; LIMA, 2010). Isto explica a opção em manter alguns valores identificados como *outliers*.

As espécies com maior registro de discrepantes foram *Acacia polyphylla*, *Cariniana estrellensis*, *Cedrela fissilis*, *Cedrella odorata*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Guazuma ulmifolia*, *Jacaranda cuspidifolia*, *Jacaranda micrantha*, *Lafoensia pacari*, *Mimosa caesalpiniæfolia*, *Ormosia arborea*, *Parapiptadenia rigida*, *Parkia pendula*, *Peltophorum dubium*, *Platymenia reticulata*, *Pseudobombax tomentosum*, *Pterogyne nitens*, *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, *Senna macranthera* e *Tabebuia chrysotricha* e as com menos discrepantes foram *Astronium fraxinifolium*, *Ceiba speciosa*, *Citharexylum myrianthum*, *Cybistax antisiphilitica* e *Tabebuia rosea-alba*. Dentre os laboratórios eliminados, aqueles que tiveram maiores problemas de *outliers* foram o 5, em 16 situações, seguido do 7 e 11, em oito situações.

Dentre as espécies com muitos registros de discrepantes tem-se que as espécies *Enterolobium contortisiliquum*, *Guazuma ulmifolia*, *Mimosa caesalpiniæfolia*, *Ormosia*

arbórea, *Parkia pendula*, *Peltophorum dubium*, *Platymenia reticulata*, *Pterogyne nitens*, *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* e *Senna macranthera* caracterizam por terem dificuldade de germinação por causa da dormência, necessitando de pré-tratamento para a quebra desta dormência, diferenças no procedimento para realizar esses pré-tratamentos podem explicar a ocorrência desses discrepantes.

A análise exploratória e identificação de *outliers* é muito importante para o reconhecimento dos dados e para descrever padrões nos mesmos. Nos casos em que há retiradas de valores discrepantes, eles devem ser documentados e detalhados, pois a identificação de outliers não deve servir apenas para melhorar o modelo dos dados restantes, mas também para chamar a atenção a aspectos importantes desses valores eliminados, como apontar causas imprevistas no processo ou experimento estudado e, se possível, verificar os erros que os gerou e corrigí-los (BEHRENS, 1997).

TABELA 4. Identificação de *outliers* de plântulas normais do processo de validação de métodos para teste de germinação de 25 espécies florestais nativas por meio das estatísticas DFFITS e Boxplot, eliminação nas linhas hachuradas.

| Espécie | Método (Totais) | Laboratório | Lote | repetição |
|------------------------------------|--------------------|-------------|------|------------|
| <i>Acacia polyphylla</i> | DFFITS (12) | 1 | 1 | 2 |
| | | 1 | 3 | 1, 3 |
| | | 2 | 3 | 3 |
| | | 3 | 3 | 4 |
| | | 6 | 1 | 1 |
| | | 7 | 2 | 4 |
| | | 7 | 3 | 2, 3 |
| | Boxplot (1) | 9 | 3 | 3 |
| | | 14 | 1 | 1 |
| | | 7 | 2 | 4 |
| Espécie | Método (Totais) | Laboratório | Lote | repetição |
| <i>Astronium fraxinifolium</i> | DFFITS (1) | 12 | 2 | 1 |
| | Boxplot (0) | Nenhum | | |
| Espécie | Método (Totais) | Laboratório | Lote | repetição |
| <i>Cariniana estrellensis</i> | DFFITS (11) | 1 | 3 | 1 |
| | | 2 | 2 | 3 |
| | | 2 | 4 | 2, 4 |
| | | 3 | 3 | 1 |
| | | 4 | 3 | 1, 4 |
| | | 4 | 4 | 3 |
| | | 9 | 4 | 2 |
| | | 11 | 2 | 1 |
| | | 11 | 3 | 4 |
| | Boxplot (8) | 1 | 2 | 3 |
| | | 2 | 2 | 1, 2, 3 |
| | | 4 | 2 | 2 |
| | | 7 | 2 | 2 |
| | | 11 | 2 | 1, 2 |
| Espécie | Método (Totais) | Laboratório | Lote | repetição |
| <i>Cedrela fissilis</i> | DFFITS (13) | 2 | 1 | 2 |
| | | 4 | 1 | 1 |
| | | 5 | 1 | 1, 2, 3, 4 |
| | | 5 | 4 | 1, 2 |
| | | 7 | 1 | 1 |
| | | 7 | 4 | 4 |
| | | 11 | 4 | 3 |
| | | 14 | 2 | 1, 3 |
| | Boxplot (1) | 5 | 4 | 1 |

| Espécie | Método (Totais) | Laboratório | Lote | repetição |
|------------------------------------|--------------------|-------------|------|------------|
| <i>Cedrela odorata</i> | DFFITS (11) | 3 | 2 | 1 |
| | | 5 | 2 | 1, 2, 3, 4 |
| | | 5 | 3 | 2 |
| | | 6 | 2 | 3 |
| | | 9 | 4 | 2 |
| | | 10 | 3 | 1 |
| | | 11 | 2 | 1 |
| | Boxplot (12) | 14 | 4 | 2, 3 |
| | | 3 | 2 | 1 |
| | | 5 | 2 | 1, 3 |
| | Boxplot (12) | 5 | 3 | 1, 2, 3, 4 |
| | | 6 | 2 | 3 |
| | | 9 | 2 | 2 |
| | | 10 | 3 | 1 |
| | | 14 | 2 | 3, 4 |
| Espécie | Método (Totais) | Laboratório | Lote | repetição |
| <i>Ceiba speciosa</i> | DFFITS (9) | 2 | 3 | 1 |
| | | 3 | 3 | 1 |
| | | 5 | 3 | 3, 4 |
| | | 7 | 3 | 1 |
| | | 12 | 2 | 1, 2, 3, 4 |
| | Boxplot (0) | Nenhum | | |
| Espécie | Método (Totais) | Laboratório | Lote | repetição |
| <i>Citharexylum myrianthum</i> | DFFITS (5) | 2 | 3 | 4 |
| | | 3 | 3 | 1 |
| | | 7 | 2 | 2 |
| | | 7 | 3 | 4 |
| | | 9 | 4 | 1 |
| | Boxplot (1) | 7 | 2 | 2 |
| Espécie | Método (Totais) | Laboratório | Lote | repetição |
| <i>Cybistax antsyphilitica</i> | DFFITS (8) | 3 | 3 | 3 |
| | | 4 | 3 | 1, 2, 4 |
| | | 4 | 4 | 1, 4 |
| | | 5 | 3 | 3 |
| | | 7 | 3 | 2 |
| | Boxplot (2) | 4 | 3 | 1 |
| | | 4 | 4 | 4 |

...Continua...

TABELA 4, Cont.

| Espécie | Método (Totais) | Laboratório | Lote | repetição | Espécie | Método (Totais) | Laboratório | Lote | repetição |
|--------------------------------------|--------------------|-------------|------|-----------|--------------------------------|--------------------|-------------|------|-----------|
| <i>Enterolobium contortisiliquum</i> | DFFITS (13) | 1 | 3 | 4 | <i>Jacaranda micrantha</i> | DFFITS (13) | 1 | 1 | 3, 4 |
| | | 2 | 2 | 1, 3 | | | 2 | 4 | 3 |
| | | 4 | 3 | 3 | | | 5 | 1 | 4 |
| | | 5 | 3 | 1, 2 | | | 5 | 4 | 4 |
| | | 7 | 2 | 4 | | | 5 | 2 | 4 |
| | | 8 | 3 | 3 | | | 6 | 2 | 3 |
| | | 9 | 2 | 3 | | | 7 | 1 | 4 |
| | Boxplot (5) | 10 | 20 | 2 | | | 7 | 4 | 2, 4 |
| | | 12 | 3 | 3 | | | 9 | 4 | 1 |
| | | 13 | 2 | 1, 2 | | | 11 | 1 | 1, 3 |
| | | 1 | 1 | 2 | | Boxplot (4) | 2 | 1 | 2 |
| | | 2 | 1 | 3 | | | 11 | 1 | 1, 3, 4 |
| | | 7 | 1 | 3 | | | | | |
| | | 9 | 1 | 4 | | | | | |
| | | 13 | 2 | 1 | | | | | |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> | DFFITS (13) | 1 | 4 | 2 | <i>Lafcoensis pacari</i> | DFFITS (15) | 1 | 2 | 2 |
| | | 1 | 3 | 3 | | | 2 | 3 | 2 |
| | | 2 | 3 | 3, 4 | | | 6 | 2 | 1 |
| | | 5 | 3 | 3 | | | 6 | 3 | 1 |
| | | 5 | 4 | 1, 4 | | | 10 | 2 | 4 |
| | | 7 | 3 | 3 | | | 10 | 3 | 2, 4 |
| | | 7 | 4 | 4 | | | 12 | 3 | 2 |
| | Boxplot (12) | 10 | 3 | 2 | | | 13 | 2 | 4 |
| | | 11 | 4 | 3 | | | 13 | 3 | 1, 3, 4 |
| | | 14 | 3 | 4 | | | 15 | 2 | 3 |
| | | 14 | 4 | 1 | | | 15 | 3 | 3, 4 |
| | | 1 | 3 | 4 | | Boxplot (2) | 1 | 2 | 2 |
| | | 1 | 4 | 2 | | | 13 | 2 | 4 |
| | | 2 | 3 | 3 | | | | | |
| | | 3 | 2 | 2 | | | | | |
| | | 5 | 2 | 1 | | | | | |
| | | 7 | 4 | 4 | | | | | |
| | | 9 | 2 | 1, 3, 4 | | | | | |
| | | 12 | 2 | 1 | | | | | |
| | | 14 | 2 | 2 | | | | | |
| | | 14 | 4 | 1 | | | | | |
| <i>Jacaranda cuspidifolia</i> | DFFITS (14) | 1 | 1 | 3 | <i>Mimosa caesalpiniæfolia</i> | DFFITS (19) | 1 | 2 | 4 |
| | | 4 | 1 | 4 | | | 1 | 3 | 3 |
| | | 5 | 1 | 1, 2 | | | 3 | 3 | 2, 3 |
| | | 6 | 1 | 1, 2, 3 | | | 4 | 3 | 3, 4 |
| | | 9 | 1 | 4 | | | 5 | 1 | 2 |
| | | 10 | 1 | 1, 2 | | | 5 | 2 | 3, 4 |
| | | 11 | 1 | 2 | | | 6 | 3 | 2 |
| | Boxplot (4) | 14 | 1 | 2, 4 | | | 7 | 1 | 2 |
| | | 15 | 1 | 2 | | | 7 | 2 | 2, 4 |
| | | 1 | 3 | 3, 4 | | | 11 | 1 | 3, 4 |
| | | 3 | 4 | 3 | | | 11 | 3 | 4 |
| | | 4 | 4 | 2 | | | 12 | 2 | 3 |
| | | 1 | 2 | 4 | | | 12 | 3 | 1 |
| | | 1 | 1 | 3 | | | 13 | 3 | 1 |
| | | 3 | 1 | 2 | | | | | |
| | | 4 | 1 | 1 | | | | | |
| | | 5 | 2 | 2, 3, 4 | | | | | |
| | | 7 | 2 | 3, 4 | | | | | |
| | | 9 | 1 | 1 | | | | | |
| | | 11 | 1 | 4 | | | | | |
| | | 12 | 2 | 3, 4 | | | | | |

...Continua...

TABELA 4, Cont.

| Espécie | Método (Totais) | Laboratório | Lote | repetição | |
|------------------------------|--------------------|-------------|------|------------|--|
| <i>Ormosia arborea</i> | DFFITS (13) | 2 | 1 | 1, 2, 3, 4 | |
| | | 3 | 1 | 3 | |
| | | 3 | 2 | 2 | |
| | | 9 | 1 | 1, 3 | |
| | | 10 | 2 | 1, 3 | |
| | Boxplot (3) | 12 | 1 | 1, 2, 4 | |
| | | 2 | 1 | 1, 3, 4 | |
| <i>Parapiptadenia rigida</i> | DFFITS (21) | 1 | 3 | 3 | |
| | | 2 | 1 | 2 | |
| | | 2 | 3 | 2 | |
| | | 5 | 3 | 1 | |
| | | 5 | 1 | 2, 3 | |
| | | 6 | 3 | 4 | |
| | | 10 | 1 | 3, 4 | |
| | | 11 | 1 | 2, 4 | |
| | | 12 | 1 | 3 | |
| | | 12 | 3 | 1, 3 | |
| | Boxplot (3) | 13 | 1 | 1, 3 | |
| | | 13 | 3 | 1 | |
| | | 14 | 1 | 3 | |
| | | 15 | 1 | 1, 3, 4 | |
| | | 12 | 2 | 1 | |
| <i>Parkia pendula</i> | DFFITS (13) | 15 | 1 | 3 | |
| | | 15 | 2 | 4 | |
| | | 1 | 2 | 1, 4 | |
| <i>Peltophorum dubium</i> | | 2 | 1 | 3 | |
| | | 3 | 2 | 3 | |
| | | 6 | 3 | 2 | |
| | | 7 | 1 | 1 | |
| | | 7 | 2 | 1 | |
| | | 10 | 1 | 2 | |
| | | 11 | 1 | 2, 3, 4 | |
| | | 11 | 3 | 1, 2 | |
| Boxplot (5) | 3 | 2 | 3, 4 | | |
| | 7 | 1 | 1 | | |
| | 7 | 2 | 1, 2 | | |

| Espécie | Método (Totais) | Laboratório | Lote | repetição |
|--|--------------------|-------------|------|------------|
| <i>Platymenia reticulata</i> | DFFITS (16) | 1 | 1 | 4 |
| | | 2 | 1 | 4 |
| | | 3 | 1 | 1 |
| | | 4 | 1 | 3, 4 |
| | | 5 | 1 | 2, 3 |
| | Boxplot (1) | 5 | 3 | 2 |
| | | 6 | 1 | 3, 4 |
| | | 9 | 1 | 4 |
| | | 9 | 2 | 3, 4 |
| | | 14 | 1 | 2 |
| <i>Pseudobombax tomentosum</i> | Boxplot (6) | 14 | 2 | 1 |
| | | 15 | 1 | 1 |
| | | 5 | 3 | 2 |
| | | 12 | 1 | 3 |
| | | 12 | 2 | 1, 2, 3, 4 |
| Espécie | Método (Totais) | Laboratório | Lote | repetição |
| <i>Pterogyne nitens</i> | DFFITS (12) | 4 | 3 | 1, 4 |
| | | 5 | 2 | 1, 2, 3, 4 |
| | | 6 | 3 | 3 |
| | | 6 | 2 | 4 |
| | | 7 | 3 | 1, 4 |
| | Boxplot (10) | 12 | 1 | 3 |
| | | 5 | 2 | 1, 2, 3, 4 |
| | | 11 | 4 | 2 |
| | | 11 | 2 | 1, 2, 3 |
| | | 12 | 3 | 4 |
| Espécie | Método (Totais) | Laboratório | Lote | repetição |
| <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> | DFFITS (12) | 1 | 1 | 2 |
| | | 1 | 4 | 4 |
| | | 2 | 2 | 1, 4 |
| | | 2 | 4 | 3 |
| | | 5 | 4 | 3, 4 |
| | Boxplot (4) | 4 | 4 | 3 |
| | | 9 | 4 | 3 |
| | | 10 | 4 | 2, 3, 4 |
| | | 2 | 2 | 1, 2, 4 |
| | | 4 | 2 | 2 |

...Continua...

TABELA 4, Cont.

| Espécie | Método (Totais) | Laboratório | Lote | repetição |
|------------------------------|--------------------|-------------|------|------------|
| <i>Senna macranthera</i> | DFFITS (16) | 1 | 2 | 1 |
| | | 5 | 4 | 2, 4 |
| | | 6 | 1 | 1, 2, 3, 4 |
| | | 6 | 2 | 3 |
| | | 9 | 1 | 4 |
| | | 10 | 1 | 1, 4 |
| | | 10 | 2 | 4 |
| | | 11 | 4 | 3 |
| | | 14 | 2 | 3 |
| | | 14 | 4 | 1, 2 |
| | Boxplot (9) | 1 | 2 | 1 |
| | | 3 | 2 | 4 |
| | | 5 | 4 | 2 |
| | | 6 | 1 | 1, 2, 3, 4 |
| | | 6 | 2 | 3 |
| | | 9 | 2 | 1 |
| Espécie | Método (Totais) | Lab. | Lote | Rep. |
| <i>Tabebuia chrysotricha</i> | DFFITS (6) | 12 | 2 | 1 |
| | | 7 | 1 | 1 |
| | | 7 | 4 | 4 |
| | | 14 | 1 | 1 |
| | | 14 | 4 | 1, 4 |
| | | 3 | 1 | 3, 4 |
| | Boxplot (9) | 7 | 1 | 1 |
| | | 7 | 3 | 2, 4 |
| | | 7 | 4 | 4 |
| | | 9 | 3 | 3 |
| | | 11 | 1 | 4 |
| | | 14 | 1 | 1 |
| Espécie | Método (Totais) | Lab. | Lote | Rep. |
| <i>Tabebuia rosea-alba</i> | DFFITS (4) | 2 | 3 | 2 |
| | | 2 | 4 | 4 |
| | | 9 | 4 | 2 |
| | | 10 | 4 | 3 |
| | Boxplot (0) | Nenhum | | |

5.2 Identificação de variâncias heterogêneas

Na identificação de *outliers* nas variâncias, para os três testes, Cochran, Levene para mediana e média, a maioria das espécies teve um conjunto de dados com homogeneidade em todos os lotes. Isto se deve ao grande número de valores discrepantes eliminados pelo Boxplot e DFFITS (Tabela 5). Este resultado não implica em dizer que as variâncias foram baixas; apenas que entre seus valores não houve discrepância. As variâncias, mesmo que homogêneas, podem ser extremamente altas ou baixas em relação as suas médias.

O valor-p da mediana é quase sempre maior que o valor-p para a média. Isso ocorre, pois a estatística estimada pelo teste da mediana é menor que o da média. Como nos dois casos os valores são comparados com quantil da distribuição *F*-Snedecor; logo, quanto maior a distância da cauda da distribuição, maior será o valor-p. Além disto, foi observado que quanto mais próximos os valores das estatísticas, mais simétrica é a distribuição. Para as espécies *Citharexylum myrianthum* e *Parapiptadenia rigida*, com seus respectivos lotes de baixa e média qualidade, as quais os dados não seguem a distribuição Normal, fica evidente a distância entre os valores das estatísticas destes testes. Nos casos que não houve desvio de normalidade, o teste de Cochran teve os maiores valores-p. Isto se deve ao fato da distribuição desta estatística ser diferente à de Levene, não permitindo a comparação deles apenas por estes resultados.

Observa-se que na maioria das espécies as estatísticas de Levene para média e mediana têm valores muito próximos, exceto naquelas em que houve desvio de normalidade. Segundo Almeida et al. (2008), isto ocorre pois as distribuições foram assintoticamente normais (“simétricas”), não havendo diferença no uso do Levene para a média ou mediana, podendo ser usadas sem alterações significativas no tamanho do teste.

Em casos de distribuições assimétricas deve-se utilizar o teste de Levene modificado para a mediana (BROWN; FORSYTHE, 1974). Logo, quando se tem indícios de desvio de normalidade, a estimativa da média na estatística de Levene deve ser substituída por uma estimativa mais robusta do parâmetro de localização, como por exemplo, a mediana.

Para as espécies *Citharexylum myrianthum* e *Parapiptadenia rigida*, apenas o teste de Cochran identificou a heterocedasticidade nos lotes de qualidade baixa e média, respectivamente, levando então à eliminação do laboratório 7, com maior variância para *Citharexylum myrianthum*. Para *Parapiptadenia rigida*, não foi eliminado nenhum laboratório, pois só restavam seis após a identificação de discrepantes nos dados.

Ainda para estas espécies, observa-se que nos lotes com desvio de normalidade, o valor da estatística para o teste de Levene modificado pela mediana foi muito próximo aos seus respectivos valores-p, resultado semelhante aos apresentados por Carroll e Schneider (1985), os quais observaram esta aproximação em casos de distribuições assimétricas.

Nas espécies *Cybistax antisiphilitica* e *Pterogyne nitens*, apesar de não terem desvios de normalidade, apenas o teste de Levene detectou a heterogeneidade das

variâncias nos lotes com alta qualidade, sendo na primeira pelos testes da média e mediana e na segunda apenas pela média. Nesta última, foi observada a presença de vários zeros estruturais. Assim, este teste pela média é mais confiável que o da mediana (HINES e O'HARA HINES, 2000; VORAPONGSATHORN et al., 2004). Foram eliminados o laboratório 2 para *Cybistax antisyphilitica* e os laboratórios 1, 10 e 13 para *Pterogyne nitens*, dois deles com maiores valores para a variância e um com variância de menor valor.

No geral, a maioria das espécies apresentou, para os testes de Levene da mediana e média, valores-*p* altos para lotes com baixa qualidade, pequenos valores-*p* para lotes com alta qualidade e valores-*p* intermediários nos lotes com qualidade intermediária. Para o teste de Cochran, não foi observado nenhum padrão relacionando o valor-*p* à qualidade do lote.

TABELA 5. Identificação de laboratórios com variâncias discrepantes do processo de validação de métodos para teste de germinação de 25 espécies florestais nativas por meio das estatísticas Cochran, Levene para a mediana e média.

| | Qualidade do lote | Estatística (valor- <i>p</i>) | | | Qualidade do lote | Estatística (valor- <i>p</i>) | | |
|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------|
| | | χ^2 | <i>F</i> (mediana) | <i>F</i> (média) | | χ^2 | <i>F</i> (mediana) | <i>F</i> (média) |
| <i>Acacia polypyphylla</i> | Alta | 0,33 (0,29) | 1,12 (0,38) | 1,67 (0,16) | <i>Cybistax antisyphilitica</i> | 0,38 (0,04) | 3,09 (0,01) | 3,80 (0,003) |
| | Média | 0,36 (0,17) | 1,41 (0,25) | 1,64 (0,17) | | 0,20 (1,0) | 1,51 (0,20) | 1,88 (0,10) |
| | Baixa | 0,28 (0,59) | 2,17 (0,07) | 2,64 (0,04) | | 0,22 (0,74) | 1,49 (0,20) | 2,13 (0,06) |
| | Alta | 0,22 (0,51) | 0,95 (0,51) | 1,80 (0,09) | | 0,25 (0,65) | 1,57 (0,18) | 2,29 (0,05) |
| | Média | 0,23 (0,40) | 1,42 (0,21) | 1,50 (0,17) | | 0,32 (0,14) | 1,89 (0,09) | 2,38 (0,04) |
| | Baixa | 0,23 (0,38) | 0,44 (0,93) | 0,83 (0,61) | | 0,34 (0,16) | 2,06 (0,08) | 2,51 (0,04) |
| | Alta | 0,35 (0,33) | 2,05 (0,10) | 2,30 (0,07) | | 0,23 (1,0) | 0,65 (0,71) | 1,21 (0,33) |
| | Média | 0,35 (0,32) | 0,72 (0,64) | 1,24 (0,33) | | 0,35 (0,20) | 1,16 (0,36) | 1,59 (0,18) |
| | Baixa | 0,32 (0,46) | 0,69 (0,66) | 0,84 (0,55) | | 0,32 (0,32) | 0,77 (0,62) | 0,97 (0,47) |
| <i>Astronium fraxinifolium</i> | Alta | 0,25 (0,62) | 0,91 (0,52) | 1,24 (0,32) | <i>Enterolobium contortisiliquum</i> | 0,33 (0,28) | 0,87 (0,54) | 2,33 (0,06) |
| | Média | 0,32 (0,22) | 1,38 (0,25) | 1,52 (0,19) | | 0,37 (0,16) | 0,69 (0,68) | 1,15 (0,37) |
| | Baixa | 0,24 (0,72) | 0,48 (0,86) | 0,76 (0,64) | | 0,19 (1,0) | 0,33 (0,93) | 0,48 (0,84) |
| | Alta | 0,21 (0,89) | 1,87 (0,10) | 2,09 (0,06) | | 0,38 (0,22) | 0,87 (0,53) | 1,06 (0,41) |
| | Média | 0,22 (0,81) | 1,37 (0,24) | 1,90 (0,09) | | 0,36 (0,28) | 0,95 (0,48) | 1,17 (0,36) |
| | Baixa | 0,23 (0,63) | 0,82 (0,60) | 1,46 (0,21) | | 0,40 (0,16) | 2,09 (0,10) | 2,70 (0,04) |
| | Alta | 0,25 (0,67) | 1,24 (0,31) | 1,38 (0,25) | | 0,36 (0,47) | 0,93 (0,49) | 1,21 (0,34) |
| | Média | 0,26 (0,52) | 0,91 (0,52) | 1,04 (0,43) | | 0,47 (0,11) | 1,01 (0,44) | 1,05 (0,42) |
| | Baixa | 0,22 (0,97) | 0,42 (0,90) | 1,04 (0,43) | | 0,25 (1,0) | 0,55 (0,73) | 0,61 (0,69) |
| <i>Cedrela odorata</i> | Alta | 0,19 (0,93) | 0,59 (0,81) | 0,86 (0,57) | <i>Jacaranda micrantha</i> | 0,26 (0,58) | 0,73 (0,66) | 1,32 (0,28) |
| | Média | 0,21 (0,86) | 0,67 (0,73) | 0,96 (0,49) | | 0,36 (0,10) | 1,71 (0,14) | 2,13 (0,07) |
| | Baixa | 0,31 (0,11) | 1,20 (0,33) | 1,41 (0,22) | | 0,23 (0,87) | 0,45 (0,88) | 0,70 (0,69) |
| | Alta | 0,34 (0,10) | 1,30 (0,28) | 1,56 (0,17) | | 0,53 (0,05) | 1,91 (0,14) | 2,38 (0,08) |
| | Média | 0,41* (0,01) | 0,62 (0,79) | 2,18 (0,04) | | 0,35 (0,51) | 1,15 (0,37) | 1,27 (0,32) |
| | Baixa | 0,19 (1,0) | 0,67 (0,72) | 1,29 (0,28) | | 0,40 (0,28) | 0,44 (0,81) | 1,10 (0,39) |
| | Alta | | | | | | | |
| | Média | | | | | | | |
| | Baixa | | | | | | | |
| <i>Citharexylum myrianthum</i> | Alta | | | | <i>Mimosa caesalpiniæfolia</i> | | | |
| | Média | | | | | | | |
| | Baixa | | | | | | | |

...Continua...

TABELA 5, Cont.

| | Qualidade do lote | Estatística (valor- <i>p</i>) | | | | Estatística (valor- <i>p</i>) | | |
|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------|------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------|--------------------|
| | | χ^2 | <i>F</i> (mediana) | <i>F</i> (média) | | Qualidade do lote | χ^2 | <i>F</i> (mediana) |
| <i>Ormosia arborea.</i> | Alta | 0,48 (0,02) | 1,97 (0,10) | 3,04 (0,02) | <i>Pterogyne nitens</i> | Alta | 0,32 (0,22) | 2,18 (0,06) |
| | Média | 0,35 (0,22) | 1,20 (0,34) | 1,92 (0,11) | | Alta | 0,27 (1,0) | 2,78 (0,05) |
| | Baixa | 0,47 (0,03) | 1,14 (0,37) | 1,34 (0,27) | | Média | 0,42 (0,03) | 0,55 (0,80) |
| | Alta | 0,36 (0,42) | 2,12 (0,11) | 2,35 (0,08) | | Baixa | 0,29 (0,86) | 1,18 (0,74) |
| | Média | 0,7* (0,002) | 0,96 (0,46) | 3,41 (0,02) | | Alta | 0,38 (0,07) | 0,45 (0,88) |
| | Baixa | 0,31 (0,78) | 0,27 (0,92) | 0,56 (0,73) | | Média | 0,32 (0,66) | 1,27 (0,78) |
| <i>Parapiptadenia rigida</i> | Alta | 0,36 (0,42) | 2,12 (0,11) | 2,35 (0,08) | <i>Schizolobium parahyba</i> | Baixa | 0,32 (0,66) | 0,48 (0,78) |
| | Média | 0,7* (0,002) | 0,96 (0,46) | 3,41 (0,02) | | Alta | 0,48 (0,10) | 1,80 (0,16) |
| | Baixa | 0,31 (0,78) | 0,27 (0,92) | 0,56 (0,73) | | Média | 0,37 (0,40) | 0,57 (0,72) |
| | Alta | 0,27 (0,64) | 0,86 (0,55) | 1,14 (0,37) | | Baixa | 0,26 (1,0) | 0,18 (0,96) |
| | Média | 0,25 (0,87) | 0,47 (0,85) | 0,57 (0,77) | | Alta | 0,48 (0,10) | 2,22 (0,10) |
| | Baixa | 0,24 (0,88) | 1,43 (0,24) | 1,87 (0,12) | | Média | 0,37 (0,40) | 0,64 (0,67) |
| <i>Parkia pendula</i> | Alta | 0,27 (0,64) | 0,86 (0,55) | 1,14 (0,37) | <i>Senna macranthera</i> | Baixa | 0,26 (1,0) | 0,32 (0,96) |
| | Média | 0,25 (0,87) | 0,47 (0,85) | 0,57 (0,77) | | Alta | 0,20 (1,0) | 0,80 (0,60) |
| | Baixa | 0,24 (0,88) | 1,43 (0,24) | 1,87 (0,12) | | Média | 0,28 (0,56) | 1,09 (0,44) |
| | Alta | 0,37 (0,24) | 0,86 (0,54) | 0,95 (0,48) | | Baixa | 0,21 (1,0) | 0,21 (0,98) |
| | Média | 0,32 (0,50) | 0,23 (0,96) | 1,48 (0,23) | | Alta | 0,40 (0,17) | 1,05 (0,42) |
| | Baixa | 0,26 (0,92) | 0,55 (0,77) | 0,86 (0,54) | | Média | 0,26 (0,93) | 1,21 (0,35) |
| <i>Peltophorum dubium</i> | Alta | 0,21 (1,0) | 1,10 (0,39) | 1,65 (0,17) | <i>Tabebuia chrysotricha</i> | Baixa | 0,45 (0,08) | 3,27 (0,02) |
| | Média | 0,26 (0,70) | 0,55 (0,79) | 0,81 (0,59) | | Alta | 0,40 (0,17) | 1,21 (0,42) |
| | Baixa | 0,22 (1,0) | 0,20 (0,98) | 0,37 (0,92) | | Média | 0,26 (0,93) | 1,86 (0,35) |
| | Alta | 0,21 (1,0) | 1,10 (0,39) | 1,65 (0,17) | | Baixa | 0,45 (0,08) | 4,18 (0,02) |
| | Média | 0,26 (0,70) | 0,55 (0,79) | 0,81 (0,59) | | Alta | 0,21 (1,0) | 0,51 (0,84) |
| | Baixa | 0,22 (1,0) | 0,20 (0,98) | 0,37 (0,92) | | Média | 0,25 (0,64) | 0,61 (0,76) |
| <i>Platymenia reticulata</i> | Alta | 0,31 (0,39) | 0,82 (0,58) | 1,38 (0,26) | <i>Tabebuia rosea-alba</i> | Baixa | 0,30 (0,28) | 0,61 (0,15) |
| | Média | 0,40 (0,09) | 0,51 (0,82) | 0,94 (0,49) | | Alta | 0,25 (1,0) | 0,78 (0,76) |
| | Baixa | 0,40 (0,09) | 1,02 (0,44) | 1,24 (0,32) | | Média | 0,30 (0,28) | 0,78 (0,62) |
| | Alta | 0,31 (0,39) | 0,82 (0,58) | 1,38 (0,26) | | Baixa | 0,30 (0,28) | 1,82 (0,12) |
| | Média | 0,40 (0,09) | 0,51 (0,82) | 0,94 (0,49) | | Alta | 0,21 (1,0) | 0,61 (0,76) |
| | Baixa | 0,40 (0,09) | 1,02 (0,44) | 1,24 (0,32) | | Média | 0,30 (0,28) | 1,82 (0,12) |
| <i>Pseudobombax tomentosum</i> | Alta | 0,31 (0,39) | 0,82 (0,58) | 1,38 (0,26) | <i>Tabebuia rosea-alba</i> | Baixa | 0,30 (0,28) | 0,61 (0,15) |
| | Média | 0,40 (0,09) | 0,51 (0,82) | 0,94 (0,49) | | Alta | 0,25 (1,0) | 0,78 (0,76) |
| | Baixa | 0,40 (0,09) | 1,02 (0,44) | 1,24 (0,32) | | Média | 0,30 (0,28) | 0,78 (0,62) |
| | Alta | 0,31 (0,39) | 0,82 (0,58) | 1,38 (0,26) | | Baixa | 0,30 (0,28) | 1,82 (0,12) |
| | Média | 0,40 (0,09) | 0,51 (0,82) | 0,94 (0,49) | | Alta | 0,21 (1,0) | 0,61 (0,76) |
| | Baixa | 0,40 (0,09) | 1,02 (0,44) | 1,24 (0,32) | | Média | 0,30 (0,28) | 1,82 (0,12) |

¹Valores em negrito indicam variâncias heterogêneas; ²Lotes com desvios de normalidade. ² Segunda linha nos lotes são valores após a retirada de laboratórios com variâncias altas ou baixas que super ou subestimavam as variâncias globais.

5.3 Medidas de repetitividade e reprodutibilidade (estudo de R&R)

Em algumas espécies, foram observados valores de variâncias de reprodutibilidade menores que os de repetitividade (Tabela 6). Apesar deste resultado parecer inconsistente, pois a variância de reprodutibilidade é obtida a partir da soma da variância de repetitividade com outra componente, $s_{Ri}^2 = s_{ri}^2 + s_{Li}^2$, em que S_{Li}^2 não pode

ser considerada uma variância, mas isto já era de se esperar, pois a segunda componente da equação pode ser negativa.

A interpretação dessas medidas pelos valores das variâncias não é simples, aparecendo a dificuldade de se decidir sobre qual laboratório ou lote apresenta-se inconsistências de resultados, sejam elas em relação à repetitividade ou à reproduzibilidade.

TABELA 6. Variâncias de repetitividade e reproduzibilidade por lote, para cada uma das 25 espécies florestais nativas do processo de validação de metodologia para teste de germinação de sementes.

| <i>Acacia polystachya</i> | | | <i>Astronium fraxinifolium</i> | | | <i>Cariniana estrellensis</i> | | | | | |
|--------------------------------|--------|-------|---------------------------------|-------------|-------|--------------------------------------|--------|-------------|--------|-------|--------|
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| Var ¹ | 93 | 67 | 45 | Var | 78 | 63 | 35 | Var | 71 | 43 | 38 |
| $S_{r_i}^2$ | 11,87 | 30,54 | 39,47 | $S_{r_i}^2$ | 30,81 | 30,60 | 46,10 | $S_{r_i}^2$ | 25,56 | 64,93 | 62,61 |
| $S_{R_i}^2$ | 18,41 | 32,96 | 34,90 | $S_{R_i}^2$ | 49,97 | 75,31 | 44,47 | $S_{R_i}^2$ | 26,24 | 97,46 | 74,10 |
| <i>Cedrela fissilis</i> | | | <i>Cedrela odorata</i> | | | <i>Ceiba speciosa</i> | | | | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| Var | 88 | 63 | 43 | Var | 90 | 68 | 50 | Var | 75 | 45 | 34 |
| $S_{r_i}^2$ | 33,10 | 68,89 | 60,10 | $S_{r_i}^2$ | 19,37 | 36,91 | 57,12 | $S_{r_i}^2$ | 85,10 | 89,04 | 86,28 |
| $S_{R_i}^2$ | 32,59 | 65,77 | 58,51 | $S_{R_i}^2$ | 21,99 | 39,39 | 56,48 | $S_{R_i}^2$ | 73,77 | 95,09 | 97,15 |
| <i>Citharexylum myrianthum</i> | | | <i>Cybistax antisyphilitica</i> | | | <i>Enterolobium contortisiliquum</i> | | | | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| Var | 50 | 34 | 14 | Var | 87 | 55 | 13 | Var | 94 | 47 | 17 |
| $S_{r_i}^2$ | 64,37 | 34,0 | 18,93 | $S_{r_i}^2$ | 22,18 | 53,62 | 40,51 | $S_{r_i}^2$ | 16,69 | 30,58 | 21,32 |
| $S_{R_i}^2$ | 101,74 | 46,30 | 32,66 | $S_{R_i}^2$ | 32,03 | 62,38 | 50,36 | $S_{R_i}^2$ | 15,34 | 42,93 | 28,26 |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> | | | <i>Jacaranda cuspidifolia</i> | | | <i>Jacaranda micrantha</i> | | | | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| Var | 80 | 69 | 50 | Var | 80 | 59 | 35 | Var | 63 | 42 | 14 |
| $S_{r_i}^2$ | 33,81 | 39,0 | 36,26 | $S_{r_i}^2$ | 17,37 | 31,90 | 62,75 | $S_{r_i}^2$ | 82,76 | 53,28 | 45,44 |
| $S_{R_i}^2$ | 30,93 | 42,32 | 41,89 | $S_{R_i}^2$ | 23,19 | 36,23 | 120,20 | $S_{R_i}^2$ | 85,43 | 66,90 | 61,95 |
| <i>Lafoensia pacari</i> | | | <i>Mimosa caesalpiniæfolia</i> | | | <i>Ormosia arborea</i> | | | | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| Var | 88 | 75 | 41 | Var | 92 | 60 | 36 | Var | 62 | 44 | 24 |
| $S_{r_i}^2$ | 17,69 | 29,64 | 25,25 | $S_{r_i}^2$ | 18,58 | 62,53 | 32,54 | $S_{r_i}^2$ | 44,89 | 78,67 | 61,17 |
| $S_{R_i}^2$ | 42,54 | 32,35 | 39,08 | $S_{R_i}^2$ | 18,0 | 51,29 | 27,77 | $S_{R_i}^2$ | 140,73 | 137,0 | 117,22 |

...Continua...

TABELA 6, Cont.

| <i>Parapiptadenia rigida</i> | | | <i>Parkia pendula</i> | | | <i>Peltophorum dubium</i> | | |
|------------------------------|-------|--------|--------------------------------|-------------|-------|------------------------------|-------|-------------|
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | |
| Var | 95 | 49 | 47 | Var | 89 | 51 | 19 | Var |
| $S_{r_i}^2$ | 11,39 | 62,93 | 83,32 | $S_{r_i}^2$ | 21,32 | 89,01 | 27,10 | $S_{r_i}^2$ |
| $S_{R_i}^2$ | 12,08 | 72,16 | 67,20 | $S_{R_i}^2$ | 46,03 | 89,82 | 68,12 | $S_{R_i}^2$ |
| <i>Platymenia reticulata</i> | | | <i>Pseudobombax tomentosum</i> | | | <i>Pterogyne nitens</i> | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | |
| Var ¹ | 86 | 53 | 31 | Var | 89 | 54 | 20 | Var |
| $S_{r_i}^2$ | 41,32 | 64,83 | 32,25 | $S_{r_i}^2$ | 21,40 | 33,04 | 28,65 | $S_{r_i}^2$ |
| $S_{R_i}^2$ | 46,53 | 106,40 | 51,79 | $S_{R_i}^2$ | 42,13 | 59,34 | 47,50 | $S_{R_i}^2$ |
| <i>Schizolobium parahyba</i> | | | <i>Senna macranthera</i> | | | <i>Tabebuia chrysotricha</i> | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | |
| Var | 97 | 76 | 67 | Var | 71 | 55 | 34 | Var |
| $S_{r_i}^2$ | 6,76 | 36,39 | 64,65 | $S_{r_i}^2$ | 57,49 | 39,60 | 93,87 | $S_{r_i}^2$ |
| $S_{R_i}^2$ | 8,28 | 50,13 | 53,60 | $S_{R_i}^2$ | 65,78 | 37,21 | 80,05 | $S_{R_i}^2$ |
| <i>Tabebuia rosea-alba</i> | | | | | | | | |
| Qualidade dos lotes | | | | | | | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | |
| Var | 82 | 43 | 27 | | | | | |
| $S_{r_i}^2$ | 43,71 | 66,62 | 68,21 | | | | | |
| $S_{R_i}^2$ | 56,04 | 54,62 | 89,42 | | | | | |

¹Var: variâncias; $S_{r_i}^2$: variância de repetitividade; $S_{R_i}^2$: variância de reprodutibilidade.

A ISO 5725-2:1994 sugere a interpretação destas variâncias a partir de modelos matemáticos (constante, linear ou exponencial), estimando seus coeficientes e resumindo todas as variâncias numa medida de repetitividade e outra para reprodutibilidade, sendo a interpretação feita verificando se estas medidas estão abaixo de um valor de referência. Além de resumir as várias medidas em uma só, tem-se ainda que estas variâncias não consideram, em suas estimativas, a variabilidade da interação laboratório e lote. Logo, seria interessante utilizar de outra metodologia para estudo de R&R tal, que mensure a variância do efeito da interação, e esta seja inserida no estudo de R&R.

5.3.1 Medidas de repetitividade e reprodutibilidade pelo modelo de análise de variância

Nas espécies em que não havia a possibilidade de diminuir a variação do R&R total, devido a quantidade mínima de seis laboratórios ou por este valor já estar muito

baixo (Tabela 7), após a retirada dos *outliers*, foram observados baixos valores de porcentagens de contribuição sobre a variação total, tanto para a medida de repetitividade, quanto para a reproduzibilidade, em que a soma dessas duas medidas (R&R total) não ultrapassou 9%. Exceções foram as espécies *Pterogyne nitens*, *Jacaranda cuspidifolia*, *Jacaranda micrantha* e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. Isto mostra o quanto os resultados gerados pelos laboratórios podem ser confiáveis para se realizar o estudo de validação de métodos para teste de germinação de sementes, em que quanto menor for a variabilidade, devida à reproduzibilidade e repetibilidade, maiores serão as condições dos laboratórios reproduzirem e repetirem o método empregado no processo de validação.

Para as espécies *Pterogyne nitens*, *Jacaranda cuspidifolia*, *Jacaranda micrantha* e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, mesmo tendo superado o valor de 9%, em se tratando de espécies florestais, essa variação foi considerada razoável (Tabela 7). Esse valor foi recomendado pela AIAG (2002) no controle de qualidade em indústrias automobilísticas. No geral, pôde-se observar que grande parte da variação observada no estudo de R&R (Tabela 7) esteve relacionada com a medida de repetitividade. Isto se deve ao fato de que, mesmo sendo enviados lotes homogêneos aos laboratórios, estes têm uma variação genética intrínseca, diferentemente do caso de estudo de R&R realizado nas indústrias de autopeças, nas quais as peças são controladas em todos os fatores de sua produção.

Todas as espécies apresentaram valores de *ndc* superiores ou iguais a três, confirmando o resultado já observado pela porcentagem de contribuição do estudo de R&R, em que quanto maior o valor do *ndc*, maior é a detecção de diferença, pelo estudo de R&R, entre as repetições dos lotes. Logo, para as espécies *Pterogyne nitens* e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, pôde-se detectar a distinção de apenas três categorias, ou seja, os três lotes, podendo caracterizar grande homogeneidade dos mesmos. Para as outras espécies, foram observados valores de *ndc* acima de três, caracterizando que o estudo de R&R conseguiu discriminar, além dos três lotes, os diferentes resultados entre as repetições. Espécies em que os efeitos da interação foram não significativos, a 0,01 e 0,05 de significância, a componente de variância para esse fator foi nula. O mesmo ocorreu para a porcentagem de contribuição sobre a variação total.

Para as espécies que, depois da retirada de laboratórios com *outliers*, permaneceram com o número de laboratórios superior a seis (Tabela 8), exceção para

Astronium fraxinifolium, *Cariniana estrellensis*, *Ceiba speciosa*, *Citharexylum myrianthum* e *Ormosia arborea*, foi observado que a porcentagem de contribuição do R&R total ficou abaixo de 11% e os valores do *ndc* superiores a três, o que acarreta em resultados confiáveis. Como para estas espécies há um número de laboratórios maior que o mínimo recomendado pela ISTA (2007), que é de seis laboratórios, optou-se por realizar um estudo que identificasse laboratórios problemáticos e sua possível eliminação. Esta eliminação foi realizada com respaldo da ISO 5725-2:1994. Os laboratórios com problemas de R&R devem ser contatados e o pesquisador pode escolher se seus resultados vão continuar ou se os dados serão removidos do estudo.

O estudo de R&R foi feito utilizando-se o apoio de gráficos de controle para detectar laboratórios com problemas ou que estariam influenciando na superestimação das medidas de repetitividade e reproduzibilidade (ANEXO B, Figura 1B, 2B, 3B e 4B). Após detectados, foram eliminados com a intenção de melhorar os resultados do estudo de R&R, seja diminuindo a porcentagem de variação do R&R total e/ou o aumento no *ndc*. Tal estudo foi realizado para todas as espécies, inclusive aquelas consideradas anteriormente com porcentagem de contribuição abaixo de 11%, encontrando-se assim um conjunto de dados ideal para o estudo de validação de métodos para teste de germinação.

Logo após a identificação e a retirada, pelos gráficos de controle (ANEXO B, Figura 1B, 2B, 3B e 4B), de laboratórios que apresentavam incoerência nos resultados quando comparados aos demais, no geral, observou-se quedas drásticas nos valores das porcentagens de contribuições e aumento considerável do valor do *ndc*. Exceção foi observada para as espécies *Cariniana estrellensis* e *Ormosia arborea*, em que as duas primeiras, apesar de terem diminuído a porcentagem de contribuição e aumentado o *ndc*. Esses resultados não foram satisfatórios, pois os valores de porcentagens permaneceram altos, acima de 18%, e o número de categorias distintas igual a dois, não conseguindo discriminar os três lotes. Isto pode ser devido ao fato dos lotes com qualidades fisiológicas baixa e intermediária serem muito próximos.

Altas porcentagens de contribuição e grandes alterações nos padrões dos gráficos de controle podem ocorrer devido à variabilidade inerente às espécies florestais, mas também devido à falta de padronização interna na execução dos testes, como a escolha de sementes mais vigorosas nas primeiras repetições, sobrando sementes menos vigorosas para as últimas; inexperiência nos critérios de avaliação de plântulas normais; contaminação durante as avaliações, entre outros. Outros fatores que

podem acarretar problemas de repetitividade e reproduzibilidade, detectados em alguns laboratórios, são a utilização de diferentes critérios na avaliação de plântulas normais, em detrimento do protocolo fornecido; equipamentos mal calibrados; interrupção do fornecimento de luz; oscilações na temperatura nas câmaras de germinação; excesso de umidade no substrato; falta de sanidade na elaboração e leitura das repetições; entre outros fatores.

O seguimento impreterível do protocolo e completa padronização dos testes são de fundamental importância para se ter repetitividade e reproduzibilidade das metodologias. Variações no cumprimento deste influenciam a porcentagem de germinação e, consequentemente, a quantidade de plântulas normais.

Dentre os fatores citados, a temperatura para a germinação de sementes apresenta grande influência tanto na porcentagem final de germinação, como também na velocidade do processo germinativo (ANDRADE; PEREIRA, 1994). Nos testes realizados em laboratório, o substrato deve ser suficientemente umedecido para garantir o crescimento do embrião e a formação da plântula. A deficiência de água impossibilita a seqüência dos processos bioquímicos, físicos e fisiológicos que determinam a retomada do crescimento do embrião (MARCOS-FILHO, 1986). Por outro lado, o excesso é prejudicial porque dificulta a respiração, causando atraso ou paralisação do desenvolvimento ou, ainda, anormalidades nas plântulas, como a ausência de radícula e a aparência hialina das plântulas (MARCOS-FILHO et al., 1987). A padronização do volume de água que favoreça a germinação, conforme a espécie, provavelmente minimizaria as variações nos resultados dos testes (GENTIL; TORRES, 2001). O posicionamento correto das sementes no rolo de papel também é de grande importância na análise dos resultados pois, segundo Andrade e Pereira (1994), anormalidades podem ser causadas pelas dobras do rolo de papel toalha.

Assim, o estudo R&R constitui a chave para o processo de validação (BRITO et al., 2003) e contribui para o monitoramento da precisão de métodos, representando subsídios para a implementação de programas para a melhoria da qualidade em laboratórios de medições (CHUI et al., 2002).

TABELA 7. Componentes de variâncias estimadas porcentagens de contribuição em relação à variação total e número de categorias distintas (*ndc*) para o percentual de plântulas normais de cada espécie da Tabela 1, sem possibilidade de melhorar no estudo de R&R.

| Fontes de Variação | <i>Cybistax antisiphilitica</i> | | <i>Enterolobium contortisiliquum</i> | | <i>Jacaranda cuspidifolia</i> | | <i>Jacaranda micrantha</i> | |
|---------------------|--|-------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| | $\hat{\sigma}^2$ (2) | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ (2) | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ (2) | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ (2) | %C ⁽²⁾ |
| Repetitividade | 38,7 | 2,7 | 22,9 | 1,5 | 37,3 | 6,9 | 62,5 | 9,1 |
| Reprodutibilidade | 8,9 | 0,6 | 6,5 | 0,4 | 22,5 | 4,1 | 8,6 | 1,3 |
| R&R Total | 47,6 | 3,4 | 29,3 | 1,9 | 59,8 | 11,0 | 71,1 | 10,4 |
| Laboratório | 8,9 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 7,4 | 1,3 | 8,6 | 1,3 |
| Lote*Laboratório | 0,0 | 0,0 | 6,5 | 0,4 | 15,1 | 2,8 | 0,0 | 0,0 |
| Entre Partes(Lotes) | 1363,9 | 96,6 | 1531,3 | 98,1 | 482,9 | 89,0 | 612,7 | 89,6 |
| Total | 1411,5 | 100,0 | 1560,6 | 100,0 | 542,7 | 100,0 | 683,8 | 100,0 |
| <i>ndc</i> | 7 | | 10 | | 4 | | 4 | |
| Fontes de Variação | <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> | | <i>Parapiptadenia rigida</i> | | <i>Peltophorum dubium</i> | | <i>Pterogyne nitens</i> | |
| | $\hat{\sigma}^2$ (2) | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ (2) | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ (2) | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ (2) | %C ⁽²⁾ |
| Repetitividade | 34,2 | 4,2 | 51,7 | 6,7 | 32,0 | 6,5 | 27,7 | 8,8 |
| Reprodutibilidade | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 11,9 | 2,4 | 9,6 | 3,0 |
| R&R Total | 34,2 | 4,2 | 51,7 | 6,7 | 43,9 | 8,9 | 37,3 | 11,8 |
| Laboratório | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,9 | 0,4 | 9,6 | 3,0 |
| Lote*Laboratório | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,0 | 2,0 | 0,0 | 0,0 |
| Entre Partes(Lotes) | 785,3 | 95,8 | 721,9 | 93,3 | 448,4 | 91,1 | 278,2 | 88,2 |
| Total | 819,4 | 100,0 | 773,6 | 100,0 | 492,3 | 100,0 | 315,5 | 100,0 |
| <i>ndc</i> | 6 | | 5 | | 4 | | 3 | |
| Fontes de Variação | <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> | | <i>Tabebuia chrysotricha</i> | | | | | |
| | $\hat{\sigma}^2$ (2) | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ (2) | %C ⁽²⁾ | | | | |
| Repetitividade | 34,2 | 12,7 | 17,5 | 1,0 | | | | |
| Reprodutibilidade | 3,4 | 1,3 | 1,1 | 0,1 | | | | |
| R&R Total | 37,6 | 14,0 | 18,6 | 1,1 | | | | |
| Laboratório | 3,4 | 1,3 | 1,1 | 0,1 | | | | |
| Lote*Laboratório | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | | | |
| Entre Partes(Lotes) | 231,1 | 86,0 | 1735,4 | 98,9 | | | | |
| Total | 268,7 | 100,0 | 1754,0 | 100,0 | | | | |
| <i>ndc</i> | 3 | | 13 | | | | | |

%C: porcentagem de contribuição com relação à variação total; ¹estudo com a retirada de laboratórios pelo estudo dos gráficos de controle; ²estudo com retirada de laboratórios pelos *outliers*.

TABELA 8. Componentes de variâncias estimadas porcentagens de contribuição em relação à variação total e número de categorias distintas (*ndc*) para o percentual de plântulas normais de cada uma das espécies descritas na Tabela 1, com possibilidade de melhorar o estudo de R&R.

| Fontes de Variação | <i>Acacia polyphylla</i> | | | | <i>Astronium fraxinifolium</i> | | | | <i>Cariniana estrellensis</i> | | | |
|---------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|
| | $\hat{\sigma}^2$ ⁽²⁾ | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽¹⁾ | %C ⁽¹⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽²⁾ | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽¹⁾ | %C ⁽¹⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽²⁾ | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽¹⁾ | %C ⁽¹⁾ |
| Repetitividade | 31,4 | 5,1 | 24,3 | 3,9 | 46,5 | 9,4 | 35,8 | 6,9 | 56,2 | 15,6 | 51,0 | 13,5 |
| Reprodutibilidade | 6,8 | 1,1 | 4,9 | 0,8 | 77,3 | 15,6 | 20,8 | 4,0 | 17,1 | 4,8 | 18,4 | 4,8 |
| R&R Total | 38,2 | 6,2 | 29,2 | 4,7 | 123,8 | 25,0 | 56,6 | 10,9 | 73,3 | 20,4 | 69,4 | 18,3 |
| Laboratório | 6,8 | 1,1 | 4,9 | 0,8 | 53,4 | 10,8 | 11,9 | 2,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Lote*Laboratório | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 23,9 | 4,8 | 8,9 | 1,7 | 17,1 | 4,8 | 18,4 | 4,8 |
| Entre Partes(Lotes) | 582,3 | 93,8 | 595,3 | 95,3 | 371,6 | 75,0 | 459,0 | 89,1 | 286,9 | 79,6 | 309,4 | 81,7 |
| Total | 620,5 | 100,0 | 624,5 | 100,0 | 495,4 | 100,0 | 515,6 | 100,0 | 360,2 | 100,0 | 378,8 | 100,0 |
| <i>ndc</i> | 5 | | 6 | | 2 | | 4 | | 2 | | 2 | |
| Fontes de Variação | <i>Cedrela fissilis</i> | | | | <i>Cedrela odorata</i> | | | | <i>Ceiba speciosa</i> | | | |
| | $\hat{\sigma}^2$ ⁽²⁾ | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽¹⁾ | %C ⁽¹⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽²⁾ | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽¹⁾ | %C ⁽¹⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽²⁾ | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽¹⁾ | %C ⁽¹⁾ |
| Repetitividade | 55,5 | 8,1 | 52,0 | 9,4 | 8,9 | 2,0 | 2,2 | 0,5 | 84,1 | 14,6 | 86,8 | 15,8 |
| Reprodutibilidade | 21,3 | 3,1 | 0,9 | 0,2 | 33,8 | 7,6 | 37,2 | 8,4 | 64,5 | 11,2 | 11,5 | 2,1 |
| R&R Total | 76,8 | 11,2 | 52,9 | 9,6 | 42,7 | 9,6 | 39,4 | 8,9 | 148,6 | 25,9 | 98,3 | 17,9 |
| Laboratório | 12,1 | 1,8 | 0,9 | 0,2 | 6,6 | 1,5 | 2,2 | 0,5 | 47,6 | 8,3 | 11,5 | 2,1 |
| Lote*Laboratório | 9,2 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 2,3 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 16,9 | 2,9 | 0,0 | 0,0 |
| Entre Partes(Lotes) | 608,3 | 88,8 | 500,8 | 90,4 | 403,8 | 90,4 | 405,2 | 91,1 | 425,5 | 74,1 | 450,9 | 82,1 |
| Total | 685,1 | 100,0 | 553,7 | 100,0 | 446,5 | 100,0 | 444,6 | 100,0 | 574,1 | 100,0 | 549,1 | 100,0 |
| <i>ndc</i> | 3 | | 4 | | 4 | | 4 | | 2 | | 3 | |

...Continua...

%C: porcentagem de contribuição com relação à variação total; ¹estudo com a retirada de laboratórios pelo estudo dos gráficos de controle;
²estudo com retirada de laboratórios pelos *outliers*.

TABELA 8, Cont.

| Fontes de Variação | <i>Citharexylum myrianthum</i> | | | | <i>Guazuma ulmifolia</i> | | | | <i>Lafoensis pacari</i> | | | |
|---------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|
| | $\hat{\sigma}^2$ ⁽²⁾ | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽¹⁾ | %C ⁽¹⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽²⁾ | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽¹⁾ | %C ⁽¹⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽²⁾ | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽¹⁾ | %C ⁽¹⁾ |
| Repetitividade | 43,9 | 11,6 | 39,1 | 10,1 | 41,5 | 14,5 | 33,0 | 11,9 | 28,4 | 5,0 | 24,2 | 3,8 |
| Reprodutibilidade | 30,2 | 7,9 | 21,1 | 5,4 | 9,7 | 3,4 | 5,8 | 2,1 | 18,6 | 3,2 | 13,8 | 2,2 |
| R&R Total | 74,1 | 19,5 | 60,2 | 15,5 | 51,2 | 17,9 | 38,9 | 14,0 | 47,0 | 8,2 | 38,0 | 6,0 |
| Laboratório | 25,6 | 6,7 | 18,1 | 4,6 | 9,7 | 3,4 | 5,8 | 2,1 | 3,0 | 0,5 | 5,3 | 0,8 |
| Lote*Laboratório | 4,6 | 1,2 | 3,0 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 15,6 | 2,7 | 8,5 | 1,4 |
| Entre Partes(Lotes) | 305,6 | 80,5 | 327,9 | 84,5 | 234,7 | 82,1 | 239,3 | 86,0 | 523,3 | 91,8 | 591,1 | 94,0 |
| Total | 379,7 | 100,0 | 388,1 | 100,0 | 285,9 | 100,0 | 278,2 | 100,0 | 570,3 | 100,0 | 629,1 | 100,0 |
| ndc | 2 | | 3 | | 3 | | 3 | | 4 | | 5 | |
| Fontes de Variação | <i>Ormosia arborea</i> | | | | <i>Parkia pendula</i> | | | | <i>Platymenia reticulata</i> | | | |
| | $\hat{\sigma}^2$ ⁽²⁾ | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽¹⁾ | %C ⁽¹⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽²⁾ | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽¹⁾ | %C ⁽¹⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽²⁾ | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ ⁽¹⁾ | %C ⁽¹⁾ |
| Repetitividade | 74,2 | 15,7 | 61,6 | 12,6 | 49,5 | 4,2 | 45,8 | 3,6 | 49,2 | 5,4 | 46,1 | 5,6 |
| Reprodutibilidade | 86,2 | 18,2 | 70,1 | 14,3 | 40,3 | 3,4 | 22,2 | 1,8 | 45,0 | 4,9 | 22,1 | 2,7 |
| R&R Total | 160,4 | 33,9 | 131,7 | 26,9 | 89,8 | 7,6 | 68,0 | 5,4 | 94,2 | 10,3 | 68,2 | 8,3 |
| Laboratório | 62,9 | 13,3 | 48,3 | 9,9 | 10,6 | 0,9 | 7,2 | 0,6 | 27,4 | 3,0 | 11,3 | 1,4 |
| Lote*Laboratório | 23,3 | 4,9 | 21,8 | 4,4 | 29,7 | 2,5 | 15,0 | 1,2 | 17,6 | 1,9 | 10,8 | 1,3 |
| Entre Partes(Lotes) | 312,2 | 66,1 | 357,0 | 73,1 | 1077,1 | 92,4 | 1207,2 | 94,3 | 821,4 | 89,7 | 751,7 | 91,7 |
| Total | 472,6 | 100,0 | 488,7 | 100,0 | 1166,9 | 100,0 | 1275,2 | 100,0 | 915,6 | 100,0 | 819,9 | 100,0 |
| ndc | 1 | | 2 | | 4 | | 5 | | 4 | | 4 | |

...Continua...

%C: porcentagem de contribuição com relação à variação total; ¹estudo com a retirada de laboratórios pelo estudo dos gráficos de controle;
²estudo com retirada de laboratórios pelos outliers.

TABELA 8, Cont.

| Fontes de Variação | <i>Pseudobombax tomentosum</i> | | | | <i>Senna macranthera</i> | | | | <i>Tabebuia rosea-alba</i> | | | |
|---------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| | $\hat{\sigma}^2$ (2) | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ (1) | %C ⁽¹⁾ | $\hat{\sigma}^2$ (2) | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ (1) | %C ⁽¹⁾ | $\hat{\sigma}^2$ (2) | %C ⁽²⁾ | $\hat{\sigma}^2$ (1) | %C ⁽¹⁾ |
| Repetitividade | 36,6 | 3,0 | 27,7 | 2,2 | 59,4 | 14,5 | 60,1 | 14,8 | 51,8 | 5,6 | 57,4 | 6,6 |
| Reprodutibilidade | 16,1 | 1,3 | 22,0 | 1,8 | 10,1 | 2,5 | 1,4 | 0,4 | 32,7 | 3,5 | 9,5 | 1,1 |
| R&R Total | 52,7 | 4,3 | 49,7 | 4,0 | 69,5 | 17,0 | 61,5 | 15,2 | 84,5 | 9,1 | 66,9 | 7,7 |
| Laboratório | 7,8 | 0,6 | 8,9 | 0,7 | 10,1 | 2,5 | 1,4 | 0,4 | 23,6 | 2,5 | 9,5 | 1,1 |
| Lote*Laboratório | 8,3 | 0,7 | 13,1 | 1,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 9,1 | 1,0 | 0,0 | 0,0 |
| Entre Partes(Lotes) | 1184,9 | 95,7 | 1188,7 | 96,0 | 338,7 | 83,0 | 343,6 | 84,8 | 840,6 | 90,9 | 808,0 | 92,3 |
| Total | 1237,6 | 100,0 | 1238,4 | 100,0 | 408,2 | 100,0 | 405,1 | 100,0 | 925,1 | 100,0 | 874,9 | 100,0 |
| ndc | 6 | | 6 | | 3 | | 3 | | 4 | | 4 | |

%C: porcentagem de contribuição com relação à variação total; ¹estudo com a retirada de laboratórios pelo estudo dos gráficos de controle; ²estudo com retirada de laboratórios pelos *outliers*.

5.4 Valores das estatísticas k e h de Mandel

Das 25 espécies florestais, em apenas um dos laboratórios executores da metodologia proposta para o teste de germinação de *Mimosa caesalpiniaeefolia* (Figura 4n), *Ormosia arborea* (Figura 4o) e de *Parapiptadenia rigida* (Figura 4p) alcançou valores médios de plântulas normais, acima do limite crítico para a estatística k de Mandel, a 0,01 de significância. A irregularidade das barras das medidas de h foi indicador de que a qualidade do lote não determinou a perda de repetitividade pelos laboratórios (Figura 4). Segundo a ISO 5725-2:1994, esta estatística é utilizada como detector de laboratórios com problemas de repetitividade (valores de k acima do valor crítico). Laboratórios detectados com valores médios de plântulas normais, acima do limite crítico, apresentam grandes variações nas repetições analisadas.

Para *Mimosa caesalpiniaeefolia*, apesar dos pontos no gráfico de controle da amplitude estarem dentro dos limites de controle, pode-se observar um ponto tendencioso no primeiro laboratório (ANEXO B, Figura 4Bj2), resultado também detectado pelo gráfico de k (Figura 5n). Para *Jacaranda cuspidifolia*, foi detectado como discrepante o laboratório 15, pelo gráfico da amplitude, este mesmo laboratório não foi detectado ao nível de 0,01 pelo gráfico de k . Segundo a ISO 5725-2:1994, laboratórios com excesso de valores de k , devem justificar seus resultados. Foi observado que valores altos para k não têm relação com a qualidade dos lotes, havendo a mesma quantidade de valores altos para essa estatística nos três lotes de sementes.

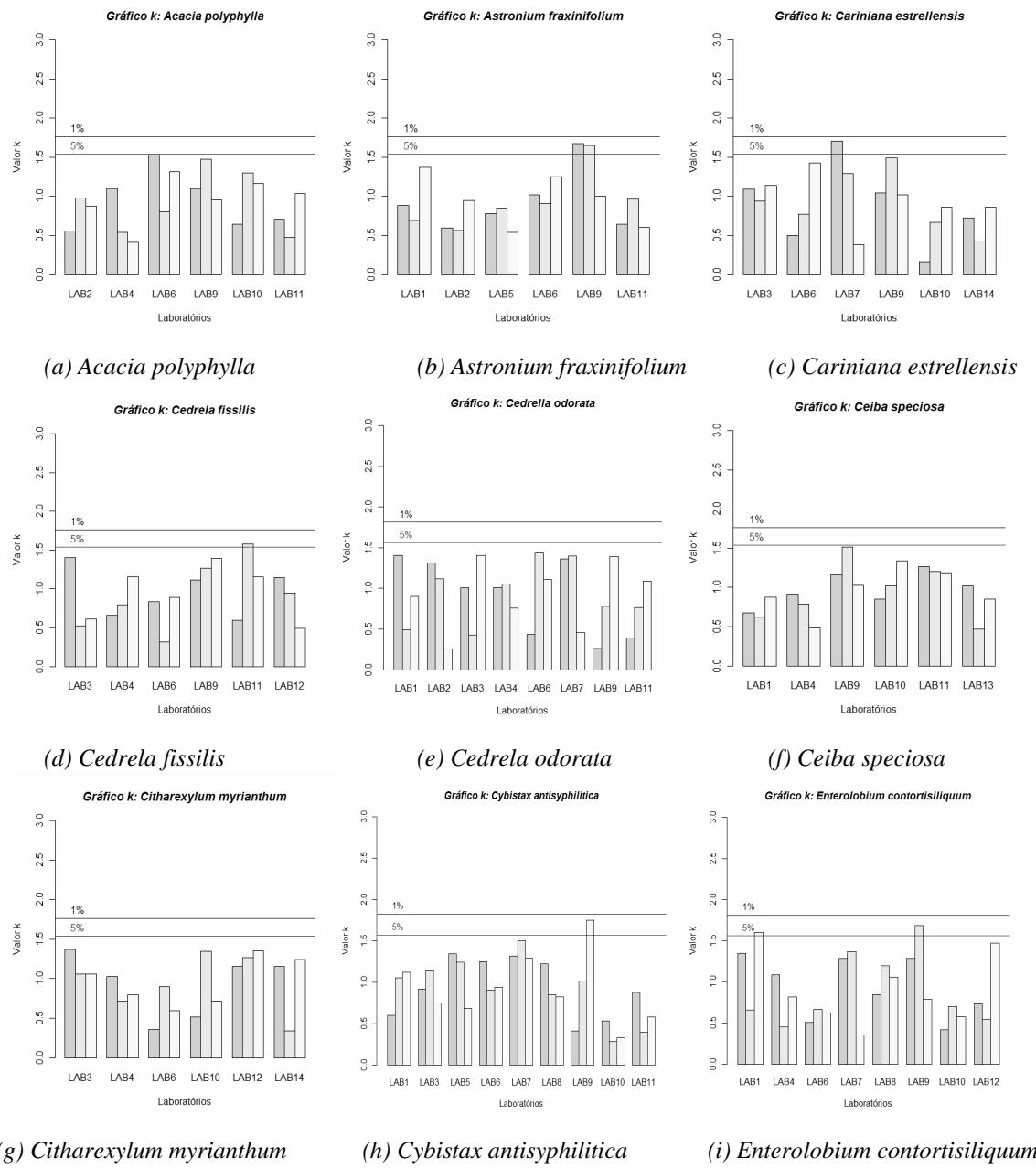


FIGURA 4. Estatística *k* de Mandel para cada uma das 25 espécies florestais e por lote (barras do escuro para o claro: alto, médio e baixo) (ANEXO C, Tabela 1C) do processo de validação de metodologia para teste de germinação de sementes, incluindo valores críticos a 0,01 e 0,05 de significância. (...Continua...)

FIGURA 4, Cont.

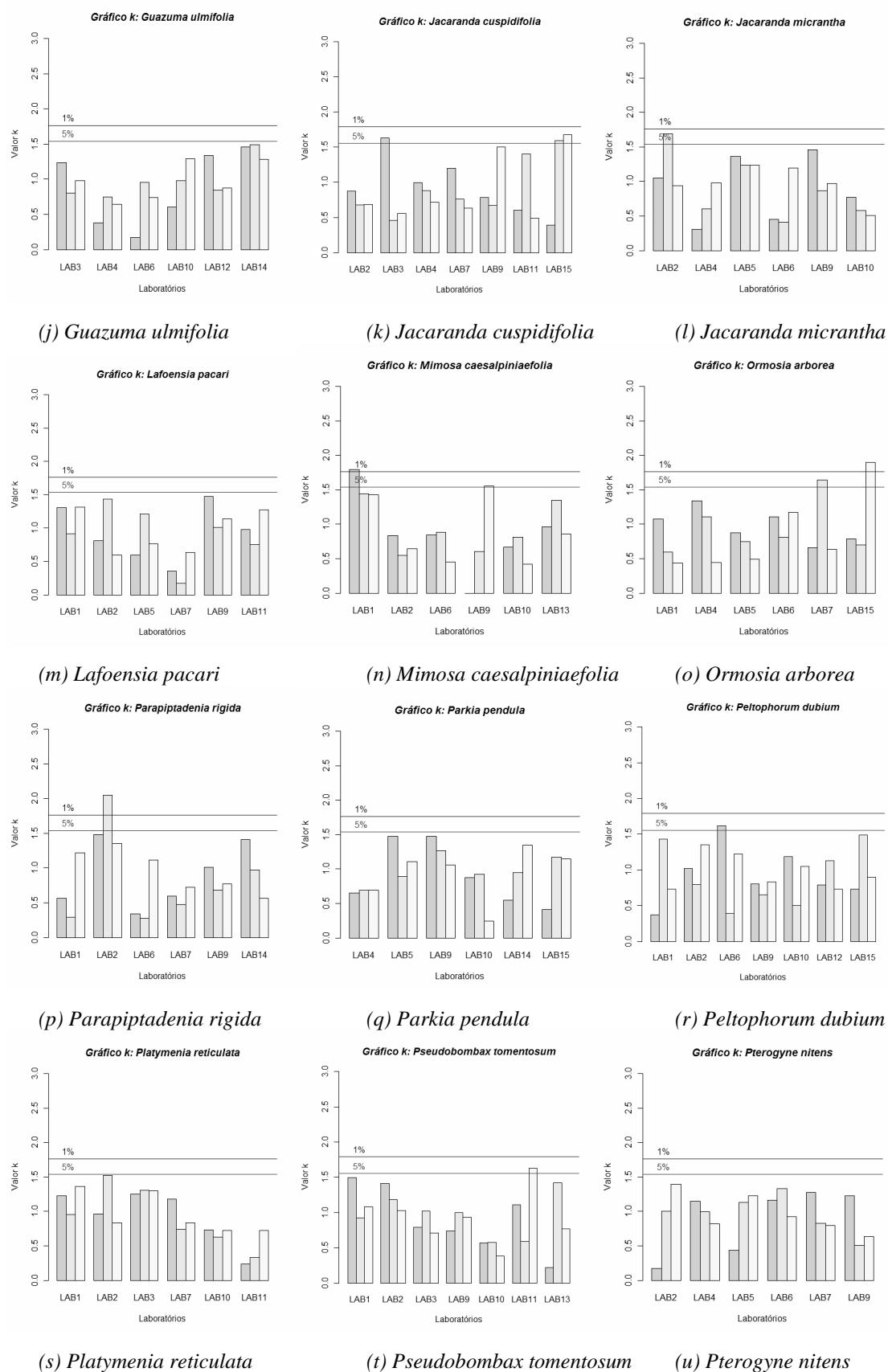
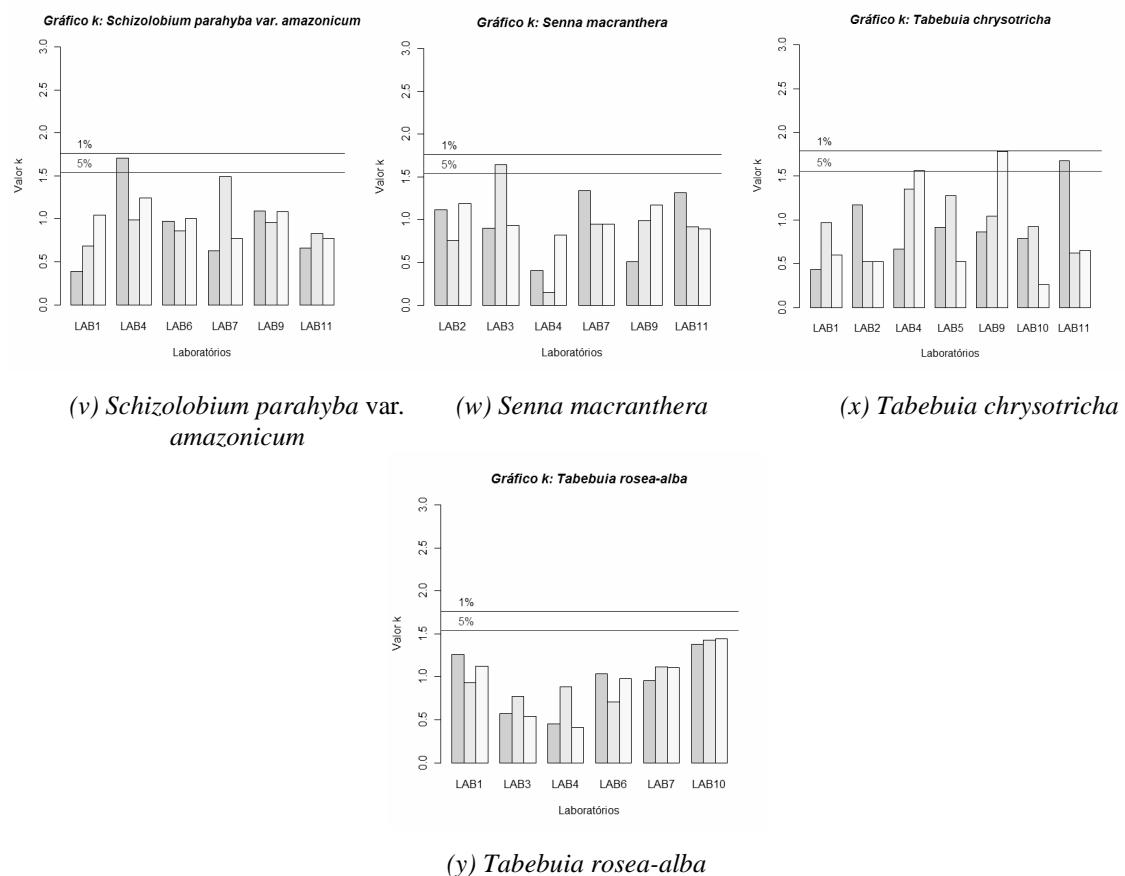


FIGURA 4, Cont.



Poucos foram os problemas de reproduzibilidade e a maioria dos laboratórios esteve dentro dos limites críticos máximos (Figura 5), com exceção de *Cedrela fissilis* e *Cedrela odorata*, em que dois laboratórios subestimaram o percentual de plântulas normais, e de *Parkia pendula*, em que um laboratório superestimou os percentuais (Figuras 5d,e,q). Segundo a ISO 5725-2:1994, esta estatística é utilizada para detectar laboratórios com problemas de reproduzibilidade (valores de h acima do valor crítico) ou ainda para mostrar quais laboratórios seguem padrões diferentes dos demais.

A medida h pode verificar quais laboratórios tendem a superestimar ou subestimar, em comparação à média geral (KATAOKA, 2009; MATTHEWS et al., 2011). Em geral, o laboratório 9 superestimou a qualidade dos lotes e os laboratórios 2 e 4 subestimaram. Foi observado uma tendência maior em superestimar os lotes de baixa qualidade e subestimar os de alta qualidade. Observa-se também um padrão aleatório em relação a valores positivos ou negativos para a estatística h de Mandel.

O laboratório 9, embora dentro do limite a 0,01, é o laboratório com os maiores registros de valores médios de plântulas normais, acima do crítico, h e k , a 0,05, seguido dos laboratórios 4, 2, 3, 11 e 15.

Em geral, os resultados dessas estatísticas, ao nível de 0,01, confirmam os resultados obtidos para o mesmo grupo de laboratórios e mesmas espécies no ítem anterior sobre o estudo de R&R pelo modelo de análise de variância, em que na maioria das espécies foi minimizada a variabilidade da repetitividade e reproduzibilidade, evidenciando-se assim a consistência dos resultados de cada lote por laboratório. Ressalta-se que o método da análise de variância, diferente das estatísticas k e h de Mandel, considera no cálculo das estimativas de R&R a interação entre laboratórios e lotes e a inferência sobre esses parâmetros é feita a partir dos gráficos de controle.

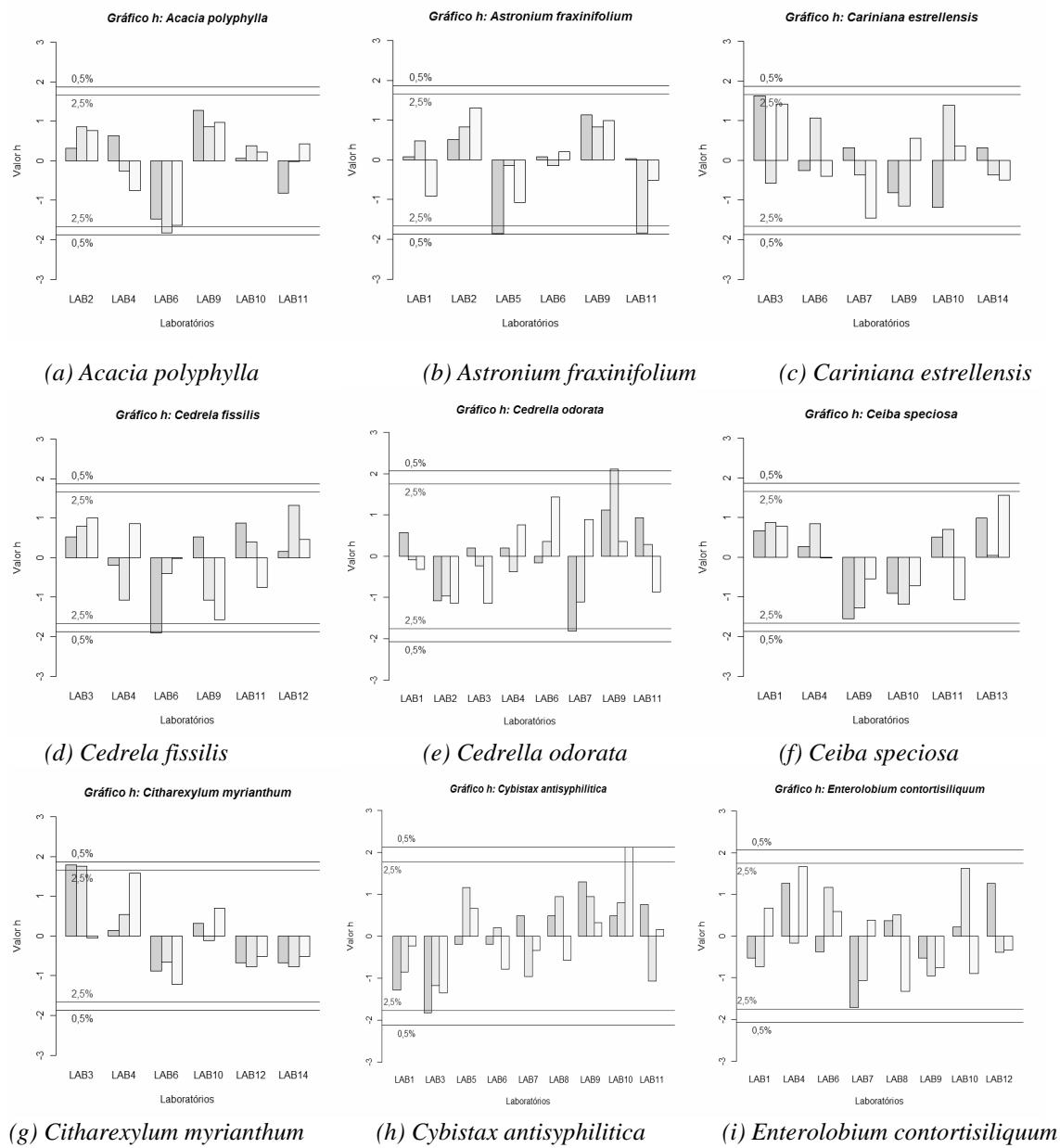


FIGURA 5. Estatística *h* de Mandel para cada uma das 25 espécies florestais e por lote (barras do escuro para o claro: alto, médio e baixo) (ANEXO C, Tabela 2C) do processo de validação de metodologia para teste de germinação de sementes, incluindo valores críticos a 0,01 e 0,05 de significância. (...Continua...)

FIGURA 5, Cont.

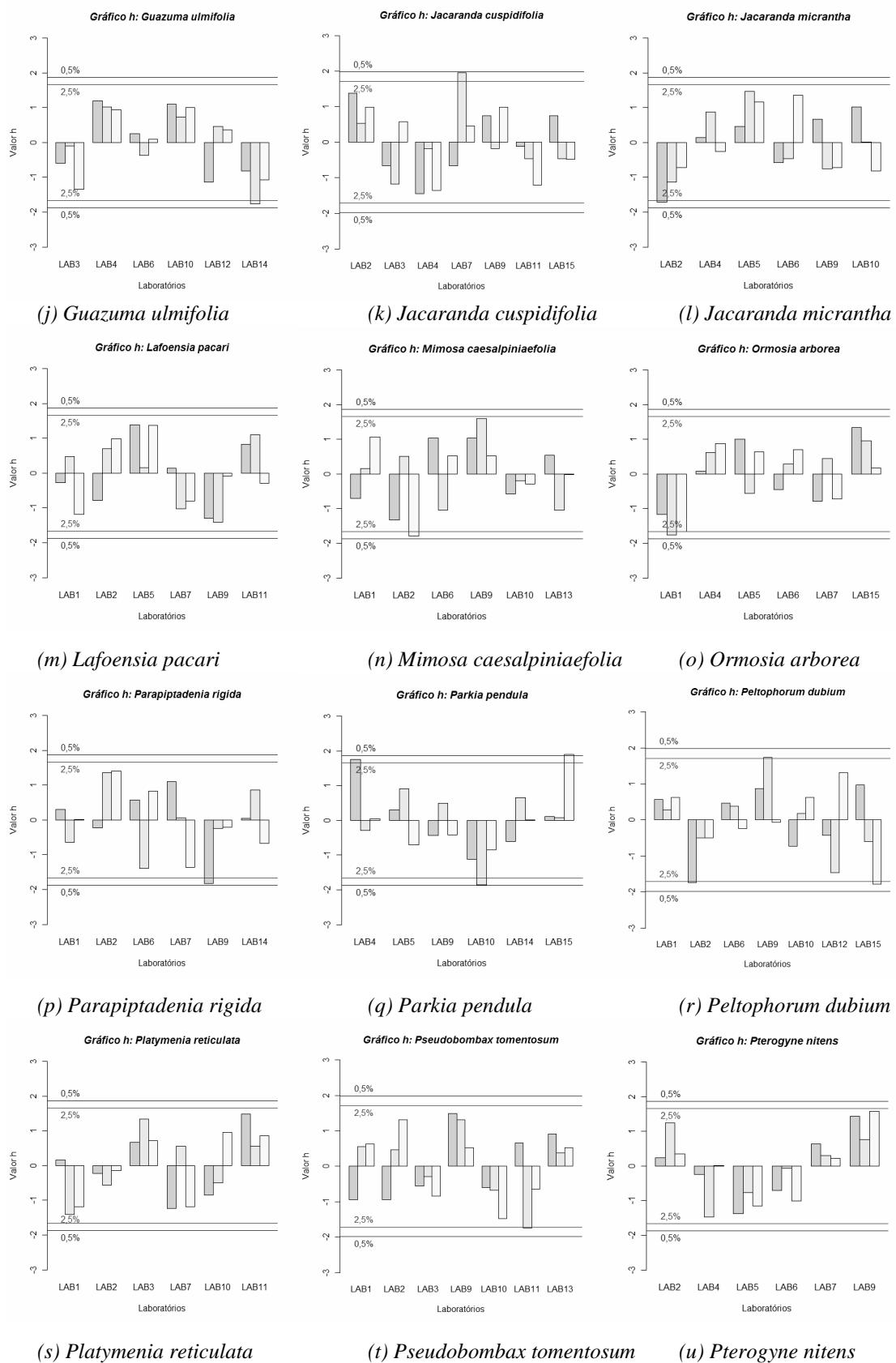
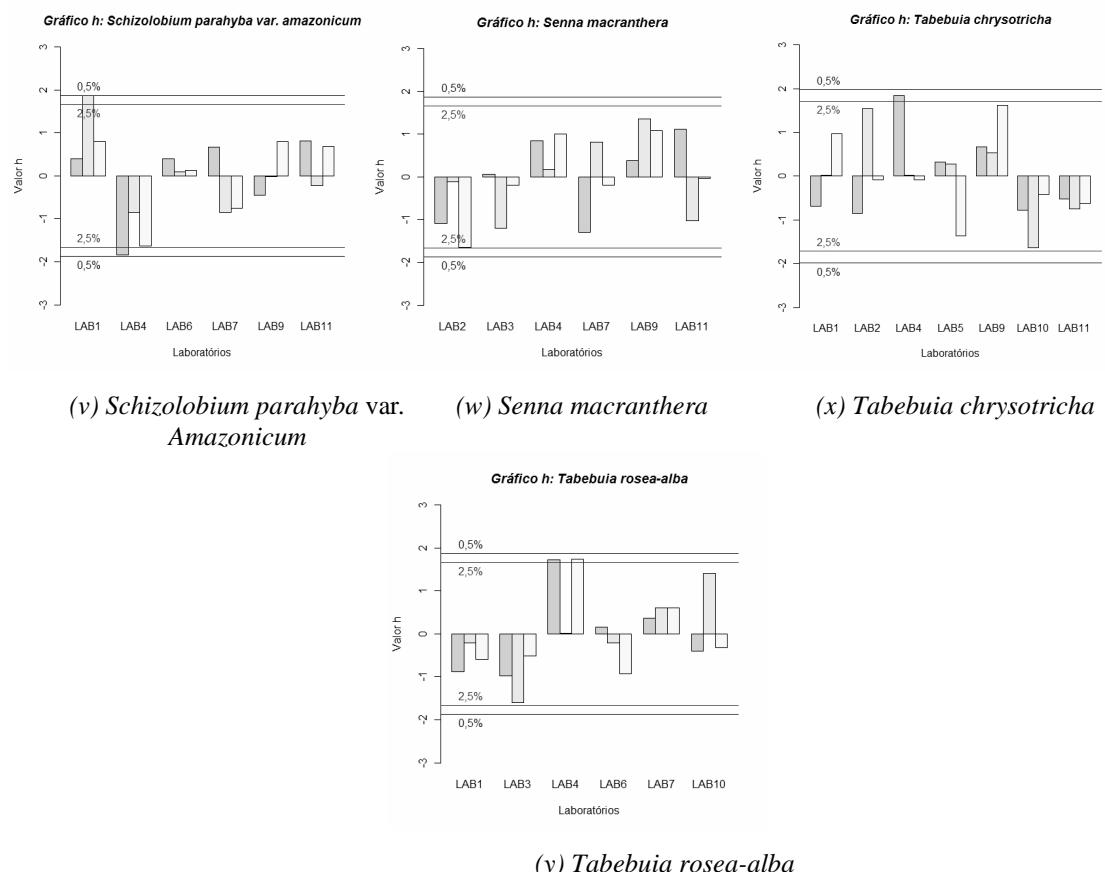


FIGURA 5, Cont.



6. CONCLUSÕES

A medida DFFITS detectou maior quantidade de *outliers*, quando comparada ao Boxplot;

Para a maioria das espécies, as variâncias por lote foram homogêneas e, dentre os testes para a homocedasticidade, os de Levene para média ou mediana levaram a resultados concordantes, sendo robustos para desvios de normalidade e/ou simetria;

Poucos (entre 2 e 3) foram o número de laboratórios com problemas de repetitividade e reproduzibilidade para a característica plântulas normais na maioria das espécies, em função da retirada de *outliers*;

O método da análise de variância para estudo de R&R no processo de validação de métodos para testes de germinação se mostrou promissor, por possibilitar estimar variâncias de repetitividade e reproduzibilidade, incluindo a interação entre os fatores; pela facilidade de tomada de decisão, por ser baseada na porcentagem de contribuição dessas medidas com relação à variação total, buscando sempre a menor variação, ou seja, menor porcentagem de contribuição; por ter mais de uma medida para tomada de decisão, o número distinto de categorias (*ndc*) e

Ao nível de 0,01 de significância o resultado obtido para o estudo de R&R pelas estatísticas *h* e *k* de Mandel foi semelhante aos obtidos pelo método da análise de variância. Já ao nível de 0,05 de significância estas estatísticas de Mandel começam a detectar uma quantidade maior de laboratórios com problemas de R&R;

7. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. V. de; BORTOLOZO, F. R.; MORAES, M. L. T. de; SÁ, M. E. L. de. Determinação de parâmetros genéticos em população de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*) através das características fisiológicas da semente. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 60, p. 89-97, 2001.
- ALMEIDA, A. de; ELIAM, S.; NOBRE, J. Modificações alternativas aos testes de Levene e de Brown e Forysthe para igualdade de variâncias e médias. **Revista Colombiana de Estatística**, Bogotá, v. 31, n. 2, p. 241-260, 2008.
- ALVES, E. U., PAULA, R. C.; OLIVEIRA, A. P.; BRUNO, R. L. A.; DINIZ, A. A. Germinação de sementes de *Mimosa caesalpiniaeefolia* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 169-178, 2002.
- ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; ALVES, A. U.; PAULA, R. C. Influência do tamanho e da procedência de sementes de *Mimosa caesalpiniifolia* Benth. sobre a germinação e vigor. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 877-885, 2005.
- ALVES, E. W.; PESCADOR, R.; STÜRMER, S. L.; UHLMANN, A. Germinação de *Citharexylum myrianthum* Cham. (Verbenaceae) em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 741-743, 2007.
- ANDRADE, A. C.; SOUZA, A. F.; RAMOS, F. N.; PEREIRA, T. S. Efeito do substrato e da temperatura na germinação e no vigor de sementes de cedro - *Cedrela odorata* L. (MELIACEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 34-40, 1994.
- ANDRADE, A. C. S. de; PEREIRA, T. Efeito do substrato e da temperatura na germinação e no vigor de sementes de cedro - *Cedrela odorata* L. (Meliaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 34-40, 1994.
- ARAÚJO NETO, J. C.; AGUIAR, I. B.; FERREIRA, V. M. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 49-256, 2003.
- ARAÚJO NETO, J. C.; AGUIAR, I. B.; FERREIRA, V. M.; PAULA, R. C. Caracterização morfológica de frutos e sementes e desenvolvimento pós-seminal de monjoleiro (*Acacia polyphylla* DC.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 203-211, 2002.
- ARAÚJO NETO, J. C.; AGUIAR, I. B.; FERREIRA, V. M.; RODRIGUES, T. J. D. Armazenamento e requerimento fotoblástico de sementes de *Acacia polyphylla* DC. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 115-124, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9000. Projeto: Sistema de Gestão de Qualidade: Fundamentos e Vocabulário. Set. 2000.

AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP (AIAG). **Measurement Systems Analysis Reference Manual**: Supplier Quality Requirements Task Force. 3rd ed. Southfield: Chrysler, Ford, General Motors, 2002.

BARBEDO, C. J.; MARCOS FILHO, J.; NOVEMBRE, A. D. L. C. Condicionamento osmótico e armazenamento de sementes de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 354-360, 1997.

BARNETT, V.; LEWIS, T. **Outliers in statistical data**. 3 ed. Chichester: J. Wiley, 1994. 604 p.

BEHRENS, J. T. Principles and procedures of exploratory data analysis. **Psychological Methods**, Arizona State, v. 2, n. 2, p. 131-160, 1997.

BELSLEY, D. A.; KU, H. E.; WELSCH, R. E. **Residuals and influence in regression**. London: Chapman & Hall, 1980. 292 p.

BENHAM, D.; CVETKOVSKI, P.; DOWN, M.; GRUSKA, G. **Non-replicable GRR case study**. Southfield: AIAG, 2002. Disponível em: <http://www.aiag.org/staticcontent/files/Non-Replicable_GRR_CaseStudy.pdf>. Acesso em 04 fev. 2011.

BILIA, D. A. C.; BARBEDO, C. J.; COICEV, L.; GUIMARÃES, F. L. C.; MALUF, A. M. Germinação de sementes de *Cedrela fissilis* Vell. e *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze – Efeito da luz e temperatura. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 46, Ribeirão Preto, 22/27 jan. 1995. **Resumos...** Ribeirão Preto, 1995. 225 p.

BIRUEL, R. P.; BORBA FILHO, A. B.; ARAÚJO, E. C. E.; FRACCARO, F. O.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos do condicionamento seguido ou não de secagem em sementes de *Pterogyne nitens* Tul. sob estresse. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 2, p.119-128, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: MAPA, 2009. 365 p.

BRITO, M. N.; AMARANTE-JÚNIOR, O. P.; POLESE, L.; RIBEIRO, M. L. Validação de métodos analíticos: estratégia e discussão. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 13, p. 129-146, 2003.

BROWN, M. B.; FORSYTHE, A. B. Robust Tests for the Equality of Variances, **Journal of the American Statistical Association**, New York, v. 69, p. 364–367, 1974.

BRUNO, R. L. A.; ALVES, E. U.; OLIVEIRA, A. P.; PAULA, R. C. Tratamentos pré-germinativos para superar a dormência de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 136-143, 2001.

CAMARA, C. A.; ARAÚJO NETO, J. C.; FERREIRA, V. M.; ALVES, E. U.; MOURA, F. B. P. Caracterização morfométrica de frutos e sementes e efeito da temperatura na germinação de *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 281-291, 2008.

CARROL, R. J.; SCHNEIDER, H. A Note on Levene's Test for Equality of Variances. **Statistics and Probability Letters**, Amsterdam, v. 3, p. 191–194, 1985.

CARVALHO, L. R.; SILVA, E. A. A.; DAVIDE, A. C. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 15-25, 2006.

CARVALHO, N. M.; GOES, M. de; AGUIAR, I. B.; FERNANDES, P. D. Armazenamento de sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*). **Científica**, Jaboticabal, v. 4, n. 3, p. 315-319, 1976.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras:** recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA – CNPF; Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 640p.

CARVALHO, P. E. R. **Mutamba:** *Guazuma ulmifolia*. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.13 p. (Circular técnica, 141).

CHUI, Q. S. H.; ANTONOFF, H. B.; OLIVIERI, J. C. Utilização de índices r e R obtidos de programas interlaboratoriais para o controle de precisão de método analítico: determinação de água por Karl Fischer. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 657-659, 2002.

COCHRAN, W. G. The distribution of the largest of a set of estimated variance as a fraction of their total. **Annals of Eugenics**, London, n. 11, p. 47-52, 1941.

CORVELLO, W.B.V.; VILLELA, F.A.; NEDEL, J.L.; PESKE, S.T. Maturação fisiológica de sementes de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.2, p.23-27, 1999a.

CORVELLO, W. B. V.; VILLELA, F. A.; NEDEL, J. L.; PESKE, S. T. Época de colheita e armazenamento de sementes de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 28-34, 1999b.

DEGAN, P.; AGUIAR, I.B.; SADER, R.; PINTO, L.R. Composição química, sanidade, secagem e germinação de sementes de ipê-branco (*Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) Sand. – Bignoniaceae). **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 41-47, 1997.

DEMÉTRIO, C. G. B.; CORDEIRO, G. M. Modelos lineares generalizados. In: SEAGRO, 12. E A REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 52. v. 52, 2007, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2007. p. 161.

DONADIO, N. M. M.; DEMATTÊ, M. E. S. P. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.) – Fabaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 64-73, 2000.

ESCHIAPATIA-FERREIRA, M. S.; PEREZ, S. C. J. A. Tratamento para superar a dormência de semente de *Senna macranthera* (Collad.) Irwing et Bran. (Fabaceae-Caesalpinoidea). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 231-237, 1997.

EURACHEM Guide. The fitness for purpose of analytical methods. A laboratory guide to method validation and related topics. Middlesex, 1998. Disponível em : <http://www.eurachem.org/guides/valid.pdf>. Acesso em: jan. 2011.

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. de A. Efeitos do envelhecimento precoce no vigor de sementes de *Chorisia speciosa* St. Hil. - Bombacaceae. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 345-352, 2005.

FERRONATO, A.; DIGNART, S.; CAMARGO, I. P. Caracterização das sementes e comparação de métodos para determinar o teor de água em sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgiliooides* H.B.K. - Papilionoideae) e pé-de-anta (*Cybistax antisiphilitica* Mart. - Bignoniaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, p. 206-214, 2000.

FIGLIOLIA, M. B.; SILVA, A.; AGUIAR, I. B.; PERECIN, D. Conservação de sementes de *Cariniana estrellensis* Kuntze em diferentes condições de acondicionamento e armazenamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 361-368, 2000.

FIGUEIRA, M. M. C. **Identificação de outliers** – Millenium n. 12, Outubro, 1998. Disponível em: <<http://www.ipv.pt/millenium/arq12.htm>>. Acesso em: 03/10/2011.

FILLIBEN, J. J.; HECKERT, A. **Levene's test for equality of variances**. 2000. Disponível em: <<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda35a.htm>>. Acesso em: 10 fev. 2011.

FOWLER, J. A. P.; CARPANEZZI, A. A. Conservação de sementes de angico-gurucaia (*Parapiptadenia rigida* (Bentham) Brenan). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 36, p. 5-10, 1998.

GENTIL, D. F. de O.; TORRES, S. B. Umedecimento do substrato e germinação de sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 113-116, 2001.

GONÇALVES, E. P.; PAULA, R. C. de; DEMATTÊ, M. E. S. P.; SILVA, M. A. D. da. Potencial fisiológico de sementes de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) em diferentes procedências. **Caatinga**, Mossoro, v .22, n. 2, p. 218-222, 2009.

HICKS, C. R. **Fundamental concepts in the design of experiments**. 2 ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1973. 349p.

HINES, W. G. S.; O'HARA HINES, R. J. 'Increased power with modified forms of the levene (Med) test for heterogeneity of variance'. **Biometrics**. Arlington, n. 56, p. 451-454, 2000.

ILLIPRONTI JUNIOR, R. A. **Variation in quality of individual seeds within a seed lot of soybean** (*Glycine Max (L.) Merrill*). 1997. 157 f. Thesis (Doctoral in Agronomy) Wageningen Agricultural University, Wageningen.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 5725-2.** Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method. Genève, 1994.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. Germination. In: _____. **International Rules for Seed Testing.** Bassersdorf: ISTA, 2004.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. Method validation for seed testing. Switzerland: ISTA, 2007. 70 p.

JARDIM, M. M.; PEREZ, S. C. J. G. de A.; SANTIS, L. B. Efeitos do condicionamento da putrescina na germinação de *Chorisia speciosa* St. Hil. sob estresse. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 882-884, 2007.

KATAOKA, V. Y. **Testes estatísticos na validação de métodos e ensaios de proficiência interlaboratoriais em sementes de nabo forrageiro.** 2009. 244 f. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

KOPPER, A. C.; MALAVASI, M. de M.; MALAVASI, U. C. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Cariniana estrellensis* (Raddi Kuntze). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 160-165, 2010.

LACERDA, D. R.; LEMOS FILHO, J. P.; GOULART, M. F.; RIBEIRO, R. A.; LOVATO, M. B. Seed-dormancy variation in natural populations of two tropical leguminous tree species: *Senna multijuga* (Caesalpinoideae) and *Plathymenia reticulata* (Mimosoideae). **Seed Science Research**, Wallingford, v. 14, p. 127–135, 2004.

LAMEIRA, O. A.; GOMES, A. P. do R.; LOPES, S. da C.; LEÃO, N. V. M. **Efeito da escarificação sobre a germinação de sementes de paricá (*Schizolobium amazonicum*) in vitro.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 3p. (Comunicado Técnico, 21).

LAZAROTTO, M.; SANTOS, A. F.; MUNIZ, M. F. B.; FOWLER, J. A. P. **Tratamento químico de sementes de paineira.** Colombo: EMBRAPA-CNPF, 2009. 3p. (Comunicado técnico, 239).

LEÃO, N. M. V.; CARVALHO, J. E. U. de. Métodos para superação da dormência de sementes de paricá, *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 5, n. 2, p. 168, 1995.

LEMOS FILHO, J. P.; GUERRA, S. T. M.; LOVATO, M. B.; SCOTTI, M. R. M. M. Germinação de sementes de *Senna macranthera*, *Senna multijuga* e *Stryphnodendron polphyllum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 4, p. 357-361, 1997.

LEONHARDT, C.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A.; MATTEI, V. L. Maturação fisiológica de sementes de tarumã-de-espinho (*Citharexylum montevidense* (Spreng.) Moldenke - Verbenaceae), no Jardim Botânico de Porto Alegre, RS. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 100-107, 2001.

LEVENE, H. Contributions to probability and statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling. In: OLKIN, I.; CHURYES, S. G.; HEOFFDING, W.; MADOW, W. G.; MANN, H. B. (Ed.). Stanford studies in mathematics and statistics. California: Stanford University Press, 1960. p. 278-292. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?hl=pt-R&lr=&id=ZUSsAAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA278&dq=levene&ots=GakTiBzK1P&sig=W9hFbPqasmXT_ydPwKInd5ajbCg#v=onepage&q=levene&f=false>. Acesso em: 10 fev. 2011.

LIMA, C. M. R.; BORGHETTI, F.; SOUSA, M. V. Temperature and germination of the *Enterolobium contortisiliquum*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 9, n. 2, p. 97-102, 1997.

LIMA, V. V. F. de VIEIRA, D. L. M.; SEVILHA, A. C.; SALOMÃO, A. N. Germinação de espécies arbóreas de floresta estacional decidual do vale do rio Paraná em Goiás após três tipos de armazenamento por até 15 meses. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 8, n. 3, p. 89-97, 2008.

LOPES, J. C.; DIAS, P. C.; MACEDO, C. M. P. de. Tratamentos para superar a dormência de sementes de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms. **Brasil Florestal**, Brasília, n. 80, p. 25-35, 2004.

LUCA, A. Q. **Fenologia, potencial germinativo e taxa de cruzamento de uma população de paineira (*Chorisia speciosa* St. Hil. Bombacaceae) em área ciliar implantada**. 2002. 87 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

LUPING, T.; SCHOUENBORG, B. Methodology of Inter-comparison tests and statistical analysis of the results. [S. l.]: SP Swedish National Testing and Research Institute. SP REPORT, 2000. p. 35. Disponível em: <<http://www.nordicinnovation.net/nordtestfiler/tec482.pdf>>. Acesso em: 2 de fev. 2011.

LUZ, G. R. da; MENINO, G. C. de O.; MOTA, G. da S.; NUNES, Y. R. F. Síndromes de dispersão de espécies arbustivo-arbóreas em diferentes fitofisionomias no norte de Minas Gerais. In: **Simpósio Nacional Cerrado**, 9. Brasília, 2008.

MAGALHÃES, M. N.; LIMA de, A. C. P. **Noções de probabilidade e estatística**. 7. ed. São Paulo: USP. 2010. 408p.

MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Dormancy breaking and germination of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong seed. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 47, n. 6, p. 851-854, 2004.

MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. In: SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PRODUÇÃO DE SEMENTES, 1. 1986. Piracicaba. **Trabalhos apresentados...** Campinas: Fundação Cargill, p. 11-39, 1986.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S. M.; SILVA, W. R. **Avaliação da qualidade fisiológica das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230 p.

MARQUES, M.A.; RODRIGUES, T. de J.D.; PAULA, R.C. de. Germinação de sementes de *Ormosia arborea* (Vell.) Harms submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. **Científica**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 141-146, 2004.

MARTINELLI-SENEME, A.; HOFFMAN, S.; POSSAMAI, E. Colheita e germinação de sementes de ipê (*Tabebuia chrysotricha*). **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 4, p. 419-423, 2008.

MARTINS, C. C.; BELISARIO, L.; TOMAZ, C. A.; ZUCARELI, C. Condições climáticas, características do fruto e sistema de colheita na qualidade fisiológica de sementes de jacarandá. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 627-632, 2008.

MARTINS, C. C.; CARVALHO, N. M. de; OLIVEIRA, A. P. de. Quebra de dormência de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpiniæfolia* Benth.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 5-8, 1992.

MARTINS, C.C.; MARTINELLI-SENEME, A.; NAKAGAWA, J. Estágio de colheita e substrato para o teste de germinação de sementes de ipê (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 27-32, 2008.

MARTINS, L.; LAGO, A. A. Conservação de semente de *Cedrela fissilis*: teor de água da semente e temperatura do ambiente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 161-167, 2008.

MARTINS NETTO, D.A.; FAIAD, M.G.R. Viabilidade e sanidade de sementes de espécies florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, v.17, n.1, p.75-80, 1995.

MATTTHEWS, S.; WAGNER, M. H.; RATZENBOECK, A.; KHAJEH-HOSSEINI, M. CASARINI, E.; EL YAKHLIFI M.; POWELL, A. A. Early counts of radicle emergence during germination as a repeatable and reproducible vigour test for maize. **Seed Testing International**, Bassersdorf, n. 141, p. 39-45. 2011.

MEDEIROS, A. C. S.; ABREU, D. C. A. **Instruções para testes de germinação de sementes florestais nativas da Mata Atlântica**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 5 p. (Comunicado técnico, 151).

MELO, J. T. de; RIBEIRO, J. F.; LIMA, V. L. G. de F. Germinação de sementes de algumas espécies arbóreas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 8-12, 1979.

MELO, P. R. B. **Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de ipê-verde (*Cybistax antisyphilitica* (Mart.) Mart.).** 2009. 136 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2009.

MENDONÇA, E. A. F; COELHO, M. F. B; LUCHESE, M. Teste de tetrazólio em sementes de mangaba-brava (*Lafoensia pacari* St. Hil. - Lythraceae). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 33-38, 2006.

MENEGHELLO, G. E.; MATTEI, V. L. Semeadura direta de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), canafístula (*Peltophorum dubium*) e cedro (*Cedrela fissilis*) em campos abandonados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 21-27, 2004.

MINITAB® 16 RELEASE for Windows. Copyright 1972-2010.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade.** Tradução Ana Maria Lima de Farias. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied statistics and probability for engineers.** 2. ed. J. Wiley & Sons, 1999. 463 p.

MOTTA, M. S.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, R. A. Longevidade de sementes de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam. - Sterculiaceae) no solo em condições naturais. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 07-14, 2006.

NAKAGAWA, J.; MORI, E. S.; PINTO, C. S.; FERNANDES, K. H. P.; SEKI, M. S.; MENEGHETTI, R. A. Maturação e secagem de sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert (canafístula). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 49-56, 2010.

NASCIMENTO, W. M. O.; CRUZ, E. D.; MORAES, M. H. D.; MENTEN, J. O. M. Qualidade sanitária e germinação de sementes de *Pterogyne nitens* Tul. (Leguminosae-Caesalpinoideae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 149-153, 2006.

NASSIF, S. M. L.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeito da temperatura na germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 1-6, 2000.

NASSIF, S. M. L.; PEREZ, S. C. J. G. A. Germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.): influência dos tratamentos para superar a dormência e profundidade de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 171-178, 1997.

NETER, J.; KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C.; WASSERMAN, W.; **Applied linear statistical models.** 2. ed. McGraw-Hill/Irwin: New York, 1985. p. 1127.

NOGUEIRA, A. C. Germinação de sementes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex. DC.) Standl. em diferentes substratos e temperaturas. **Informativo ABRATES**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 274, 2001.

NOVEMBRE, A. D. L. C.; FARIA, T. C.; PINTO, D. H. V.; CHAMMA, H. M. C. P. Teste de germinação de sementes de sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. – Fabaceae-Mimosoideae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 42-45, 2007.

NUNES, Y. R. F.; FAGUNDES, M.; SANTOS, M. R.; BRAGA, R. F.; GONZAGA, A. P. D. Germinação de sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) e *Heteropterys byrsonimifolia* A. Juss. (Malpighiaceae) sob diferentes tratamentos de escarificação tegumentar. **Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 8, n. 1, p. 43-52, 2006.

OLIVEIRA, L. M.; CARVALHO, M. L. M.; DAVIDE, A. C. Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert Leguminosae-Caesalpinioideae. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 159-166, 2005.

OLIVEIRA, L. M.; DAVIDE, A. C.; CARVALHO, M. L. M. Avaliação de métodos para quebra da dormência e para a desinfestação de sementes de canafistula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 597-603, 2003.

OLIVEIRA, L. M.; DAVIDE, A. C.; CARVALHO, M. L. M. Teste de germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert – Fabaceae. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 545-551, 2008.

OLIVEIRA, M. C. P.; FERRAZ, I. D. K.; OLIVEIRA, G. J. Dispersão e superação da dormência de sementes de *Parkia pendula* (Willd.) Walp. (visgueiro) na Amazônia Central, AM, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 485-493, 2006.

ORTOLANI, F. A.; MATAQUEIRO, M. F.; MORO, J. R.; MORO, F. V.; DAMIÃO FILHO, C. F. Morfo-anatomia de plântulas e número cromossômico de *Cybistax antisyphilitica* (Mart.) Mart. (Bignoniaceae). **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 345-353, 2008.

PAULA, G. A. Modelos de regressão com apoio computacional. São Paulo: IME-USP, 2010. 245 p.

PASSOS, M. A. A.; SILVA, F. J. B. C.; SILVA, E. C. A.; PESSOA, M. M. L.; SANTOS, R. C. Luz, substrato e temperatura na germinação de sementes de cedro-vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 281-284, 2008.

PEREZ, S. C. J. G. A.; FANTI, S. C.; CASALI, C. A. Dormancy break and light quality effects on seed germination of *Peltophorum dubium* Taub. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 131-137, 1999.

PEREZ, S. C. J. G. A.; FANTI, S. C.; CASALI, C. A. Influência da luz na germinação de sementes de canafistula submetidas ao estresse hídrico. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 55-166, 2001.

PINEDO, G. J. V.; FERRAZ, I. D. K. Hidrocondicionamento de *Parkia pendula* [Benth ex Walp]: Sementes com dormência física de árvore da Amazônia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 39-49, 2008.

PINTO JÚNIOR, D. L. Repetitividade e reproduzibilidade de sistemas de medição. In: REUNIÃO REGIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTATÍSTICA, 36. 2003, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB, 2003. p. 106.

PIROLI, E. L.; CUSTÓDIO, C. C.; ROCHA, M. R. V.; UDENAL, J. L. Germinação de sementes de canafistula *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. tratadas para superação da dormência. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 1, n. 1, p. 13-18, 2005.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. R Vienna, Áustria: Foundation for Statistical Computing. 2010. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 10 jan. 2011.

RAMOS, A. **Influência de cinco tipos de embalagens na germinação e no vigor de sementes de angico – *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, caixeta – *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC e caroba – *Jacaranda micrantha* (Cham.) armazenadas em câmara fria e à temperatura ambiente.** 1980. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

RAMOS, A.; BIANCHETTI, A.; MARTINS, E. G.; FOWLER, J. A. P; ALVES, V. F. **Substratos e temperaturas para a germinação de sementes de angico (*Parapiptadenia rigida*)**. Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1995. 1p. (Comunicado Técnico, 3).

RAMOS, M. B. P.; VARELA, V. P.; MELO, M. de F. F. Influência da temperatura e da água sobre a germinação de sementes de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke – Leguminosae-Caesalpinoideae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 163-168, 2006.

REMEEUS, P. M.; Detection of Aphelenchoides besseyi Christie in *Oryza sativa* L. seeds. **Method Validation Reports on Proposed Changes to the ISTA International Rules for Seed Testing**. Bassersdorf: International Seed Testing Association, 2008. p. 54-60.

RESSEL, K.; GUILHERME, F. A. G.; SCHIAVINI, I.; OLIVEIRA, P. E. Ecologia morfológica de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 311-323, abr-jun. 2004.

ROSSETTO, J.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; RONDON NETO, R. M.; SILVA, I. C. O. Germinação de sementes de *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp. (Fabaceae) em diferentes temperaturas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 47-55, 2009.

SALOMÃO, A. N.; SOUSA-SILVA, J. C.; DAVIDE, A. C.; GONZÁLES, S.; TORRES, R. A. A.; WETZEL, M. M. V. S.; FIRETTI, F.; CALDAS, L. S. **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do cerrado**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2003. 96p.

SANTARÉM, E. R.; AQUILA, M. E. A. Influência de métodos de superação da dormência e do armazenamento na germinação de sementes de *Senna macranthera*

(Colladon) Irwin & Barneby (Leguminosae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 205–209, 1995.

SANTOS, D. L.; SUGAHARA, V. Y.; TAKAKI, M. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl. e *Tabebuia roseo-alba* (Ridl) Sand – Bignoniaceae. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 87-92, 2005.

SANTOS, M. F.; RIBEIRO, W. R. C.; FAIAD, M. G. R.; SALOMÃO, A. N. Avaliação da qualidade sanitária e fisiológica das sementes de caroba (*Cybistax antisyphilitica* (Mart.) Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 1-6, 1998.

SANTOS, M. J. C.; NASCIMENTO, A. V. S.; MAURO, R. A. Germinação do amendoim bravo (*Pterogyne nitens* Tul) para utilização na recuperação de áreas degradadas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 3, n. 1, p. 31-34, 2008.

SANTOS JÚNIOR, N. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Estudo da germinação e sobrevivência de espécies arbóreas em sistema de semeadura direta, visando à recomposição de Mata Ciliar. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 103-117, 2004.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; WATHIER, F.; GOMES, A. A.; SILVA, K. A.; PIEREZAN, L.; SCALON FILHO, H. Armazenamento, germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 107-112, 2005.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; SCALON FILHO, H.; FRANCELINO, C. S. F.; FLORÊNCIO, D. K. A. Armazenamento e tratamentos pré-germinativos em sementes de jacarandá (*Jacaranda cuspidifolia* Mart.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 179-185, 2006.

SENEME, A. M.; HOFFMAN, S.; POSSAMAI, E.; MORAES, C. P. Germinação e qualidade sanitária de sementes de dedaleiro (*Lafoensia pacari* St. Hil., Lythraceae). **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 019-024, 2010.

SHEPPARD, J. W.; COCKERELL, V. **Handbook of Method Validation for the Detection of Seed born Pathogens**. Bassersdorf: International Seed Testing Association, 2000.

SILVA, A.; FIGLIOLIA, M. B.; AGUIAR, I. B. Germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. (monjoleiro) e de *Aspidosperma ramiflorum* Müll. Arg. (guatambu). **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 353-361, 2007.

SILVA, L. M. M.; MATOS, V. P.; PEREIRA, D. D.; LIMA, A. A. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Luetzelburgia auriculata* Duck (pau-serrote) e *Pterogyne nitens* Tul (madeira nova do brejo) – Leguminosae. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 154-159, 1995.

SILVA, M. S.; SANTOS, S. R. G. Tratamentos para superar dormência em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morang – tamboril. **Instituto Florestal Ser. Reg.**, São Paulo, n. 40, p. 161-165, 2009.

SOBRINHO, S. P.; SIQUEIRA, A. G. Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam. – Sterculiaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 114-120, 2008.

SOUZA, C. R. de; ROSSI, L. M. B.; AZEVEDO, C. P. de A.; VIEIRA, A. H. **Paricá**: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2003, 11p. (Circular Técnica, 18)

SOUZA, D. M. dos S. **Influência da qualidade da luz na germinação de sementes de espécies arbóreas nativas**. 20 f. 2008. (Monografia- Curso de Engenharia Florestal). UFRJ, Seropédica-RJ.

SOUSA-SILVA, J. C.; RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L. da; ANTUNES, N. B. Germinação de sementes e emergência de plântulas de espécies arbóreas e arbustivas que ocorrem em Matas de Galeria. **Cerrado**: caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina: Embrapa-Cerrados, p. 379-422, 2001.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: Mc-Graw Hill, 1981. 633p.

STOCKMAN, A.L.; BRANCALION, P.H.S.; NOVEMBRE, A.D.L.C.; CHAMMA, H.M.C.P. Sementes de ipê-branco (*Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) Sand. - Bignoniaceae): temperatura e substrato para o teste de germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 139-143, 2007.

TEDESCO, N.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V. Influência do vermicomposto na produção de mudas de caroba (*Jacaranda micrantha* Chamisso). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 1-8, 1999.

VAZ MONDO, V. H.; BRANCALION, P. H. S.; CÍCERO, S. M.; NOVEMBRE, A. D. da L. C.; DOURADO NETO, D. Teste de germinação de sementes de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Fabaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 177-183, 2008.

VORAPONGSATHORN, T.; TAEJAROENKUL, S.; VIWATWONGKASEM, C. A comparasion of type I error and power of Bartlett's test, Levene's test and Cochran's test under violations of assumptions. **Journal Science Technology**, Lusaka, v. 26, n. 4, p. 537-547, 2004.

WANLI, Z.; LEIHONG, L.; PEREZ, S. C. J. G. A. pré-condicionamento e seus efeitos em sementes de canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 146-153, 2001.

WETZEL, M. M. V. S. **Época de dispersão e fisiologia de sementes do cerrado**. 1997. 173 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília, Brasília, 1997.

WIELEWICKI, A. P.; LEONHARDT, C.; SCHLINDWEIN, G; MEDEIROS, A. C. S. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 191-197, 2006.

ZAMITH, L. R.; SCARANO, F. R. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 161-176, 2004.

ZANON, A.; CARPANEZZI, A. A.; FOWLER, J. A. P. germinação em laboratório e armazenamento de sementes de tarumã-branco (*Citharexylum myrianthum* Cham.). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 35, p. 75-82, 1997.

CAPÍTULO 3

**MODELOS LINEARES CLÁSSICOS E GENERALIZADOS NA VALIDAÇÃO
DE MÉTODOS PARA TESTE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE
ESPÉCIES FLORESTAIS**

1. RESUMO: Até recentemente o estudo de validação de métodos para testes de germinação de sementes era feito a partir de modelos de análise de variância ou modelos lineares clássicos, que avaliam os efeitos dos fatores laboratório, lote e interação (laboratório*lote). Estes modelos são limitados em atender pressuposições de normalidade, independência dos resíduos e homogeneidade das variâncias que, quando não atendidas, levam os pesquisadores à utilização de transformações de dados por acreditarem que a técnica é uma garantia a esses desvios. Objetivou-se, neste capítulo, apresentar os procedimentos para análise de métodos para testes de germinação de sementes florestais nativas brasileiras, utilizando-se da análise conjunta e modelos lineares generalizados, como também dos modelos lineares clássicos. Foi observado que mesmo não havendo a casualização do fator laboratório, a maioria das espécies teve as pressuposições atendidas e os resultados inferenciais obtidos a partir da análise conjunta não diferiu da fatorial, exceto para aquelas espécies que mostraram interação significativa e razões maiores que sete. Para a aplicação dos modelos lineares generalizados, foi observado que dentre as 25 espécies estudadas, 20 tiveram sua variável resposta adequada melhor à distribuição Binomial do que à Normal, e destas incluem aquelas que tiveram alguma pressuposição do modelo linear não atendida. Sendo assim, dos 20 métodos do processo de validação, 18 foram validados utilizando-se da distribuição Binomial. Das outras cinco espécies, que aderiram melhor à distribuição Normal, apenas duas tiveram seus métodos validados, totalizando então 20 métodos validados dentre os 25 analisados. Desta forma, os resultados mostram que a análise do teste de germinação a partir dos dados originais pelos modelos lineares generalizados pode ser uma boa opção, visto que a grande maioria das espécies estudadas teve a variável resposta aderindo bem à distribuição Binomial. Além disso, esta metodologia não está limitada a atender pressuposições, como no caso da análise de variância fatorial ou conjunta.

Palavras-chave: Análise de variância. Análise conjunta. Modelos Lineares Generalizados. Validação de métodos. Espécies Florestais.

2. ABSTRACT: Until recently the study of validation of methods for seed germination tests were done with analysis of variance models and classical linear models, which evaluate the effects of factors: laboratory, lot and their interaction (laboratory*lot). These models are limited to meeting assumptions of normality and independence of residues and homogeneity of variances, which when not met lead researchers to the use of data transformation, in the assurance that the technique is a guarantee to correct these deviations. This paper presents the procedures for analysis of methods for testing germination of seeds of native forest in Brazil using grouped analysis and generalized linear models, as well as classical linear models. It was observed that even without the laboratory randomization factor, most species met the assumptions and the inferred results obtained from the group analysis of the factor did not differ, except for those species which had significant interaction and ratios greater than seven. In contrast, the application of generalized linear models resulted that among the 25 species studied, 20 had their response variable better adjusted to the binomial distribution than to the normal one, and these include those species that had some of the linear model assumption not met. Thus, from the 20 methods of the validation process, 18 were validated using the Binomial distribution. From the other five species, which are better fitted to the Normal distribution, only two had their methods validated. Therefore, 20 species had their methods validated, from a total of 25 species analyzed. Thus, the results show that germination test analysis using the original data by generalized linear models can be a good option since, for most species studied, the response variable was fitted to the Binomial distribution; moreover, this methodology is not limited to meeting assumptions, such as the factorial or grouped analysis of variance.

Keywords: Analysis of variance. Grouped analysis. Generalized Linear Models. Validation of methods. Forest species.

3. INTRODUÇÃO

Existe uma vasta literatura sobre modelos lineares clássicos (RAO, 1973; SEBER, 1977; DRAPER; SMITH, 1981; ATKINSON, 1985) e neste contexto destacam-se os modelos de análise de variância ou modelos lineares clássicos, propostos inicialmente por Schefféé (1959). Muito empregado em Ciências Agrárias, apresentam pressuposições específicas, o que limita seu uso amplo. Gauss introduziu a distribuição normal dos resíduos como um dispositivo para descrever a variabilidade (MCCULLAGH; NELDER, 1989). No entanto, mostrou que muitas propriedades importantes das estimativas dos mínimos quadrados não dependem de normalidade, mas dos pressupostos de variância constante e não correlacionadas (MCCULLAGH; NELDER, 1989). Até recentemente, a maioria desses modelos tem envolvido o resíduo aleatório de média zero, sendo homocedástico. Estes requisitos são a essência de um modelo linear (MCCULLOCH; SEARLE, 2000).

A pressuposição de normalidade, embora importante como base para a teoria de pequenas amostras, não é tão relevante para grandes amostras. Para tanto, o teorema central do limite oferece proteção a desvios da normalidade, podendo haver, no entanto, uma perda modesta de eficiência, que pode ser recuperada se a verdadeira distribuição for conhecida e usada no lugar da distribuição normal (MCCULLOCH; SEARLE, 2000). Essa informação é muito importante, principalmente em situações em que raramente se tem certeza da distribuição assumida. Atualmente, tem-se que um pressuposto importante é a homogeneidade da variância. Esta é uma suposição que deve ser verificada por meio de testes estatísticos (MCCULLAGH; NELDER, 1989).

Proposto por Nelder e Wedderburn (1972), os modelos lineares generalizados são uma nova forma de investigação e modelagem de dados expressos em proporção/porcentagem ou contagem. Conforme Myers et al. (2002), a teoria desses modelos apresenta opções para a distribuição da variável dependente, permitindo que dados provenientes de uma dada distribuição, como a Binomial, por exemplo, possam ser modelados usando a distribuição original dos dados, se tornando mais flexível que os modelos lineares.

Os modelos lineares generalizados (MLG) são essencialmente uma extensão dos modelos lineares clássicos (análise de variância), permitindo estudar os padrões de variação sistemática da mesma maneira como os modelos lineares são usados para

estudar os efeitos conjuntos de tratamentos e covariáveis. Como nos modelos clássicos, apresentam uma parte aleatória e uma sistemática. A parte aleatória vem de uma família da distribuição exponencial, sendo a distribuição normal um caso especial desta família. Outras distribuições que se enquadram nesta classe são Poisson, Gama, Binomial e Inversa da normal, dentre outras. A parte sistemática descreve, por exemplo, o delineamento estudado. Assim, não há necessidade dos dados seguirem uma distribuição normal e os modelos aceitam também a heterogeneidade das variâncias, como é o caso de muitas destas distribuições (MCCULLAGH; NELDER, 1989; MCCULLOCH; SEARLE, 2000; LEE et al., 2006).

Assim, o objetivo deste capítulo foi fazer um levantamento bibliográfico das ferramentas estatísticas mais robustas e/ou sugeridas pela Associação Internacional para Teste de Sementes (ISTA) para análise estatística de processos de validação de métodos para teste de germinação de sementes de espécies florestais. Como a ISTA não acrescentou na publicação sobre validação (ISTA, 2007) os procedimentos para análise utilizando modelos lineares generalizados e análise conjunta, outro objetivo elencado nessa pesquisa foi descrever estas ferramentas como aplicativos para processos de validação de métodos para teste de germinação de sementes de espécies florestais nativas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Historicamente, todos os experimentos e ensaios relacionados à análise de germinação de sementes são analisados por modelos lineares clássicos, amplamente conhecidos como análise de variância, alguns sem qualquer checagem das pressuposições do modelo. Em muitas situações, são utilizadas as chamadas transformações de dados, por acreditarem que a técnica é uma garantia para corrigir os desvios de normalidade e/ou variâncias heterogêneas do modelo, também aplicadas sem testes prévios de sua necessidade.

Para a análise estatística do processo de validação para teste de germinação de 25 espécies florestais nativas (Tabela 1), foram utilizadas técnicas de modelos lineares usuais, como a análise de variância com e sem transformação após os testes das pressuposições, análise conjunta de experimentos e modelos lineares generalizados. Destas espécies, formou-se, no mínimo, três lotes de sementes que, segundo a ISTA

(2007), devem apresentar qualidades distintas (alta, baixa e intermediária). Estes lotes foram encaminhados para, pelo menos, seis laboratórios, entre os oficiais do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e os credenciados, denominados executores, para analisar a metodologia proposta para cada espécie (Tabela 1).

TABELA 1. Relação das espécies (família, nome popular e registro nacional de cultivar), com o método mais eficiente para teste de germinação incluindo substrato, temperatura, regime de luz, pré-tratamento, assepsia e contagens.

| Espécie (família) Nome popular/RNC | | Metodologia |
|---|---|---|
| <i>Acacia polyphylla</i> D.C. (FABACEAE) Acácia-monjolo 23371 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 25°C/ contínua - Solução de detergente ¹ 1 ^a contagem final 7 dias 14 dias |
| <i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex. Spreng. (ANACARDIACEAE) Gonçalo-alves 23512 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 25°C/ contínua - Solução de detergente ¹ 1 ^a contagem final 7 dias 10 dias |
| <i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze (LECYTHIDACEAE) Jequitibá-rei 23660 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 25°C/ contínua - Lavagem em água corrente + Solução de detergente ¹ + 1% da solução de NaClO ² 1 ^a contagem final 14 dias 28 dias |
| <i>Cedrela fissilis</i> Vell. (MELIACEAE) Cedro-vermelho 23708 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 25°C/ contínua - 1% da solução de NaClO ² 1 ^a contagem final 14 dias 21 dias |
| <i>Cedrela odorata</i> L. (MELIACEAE) Cedro-cheiroso 23709 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 25°C/ contínua - 1% da solução de NaClO ² 1 ^a contagem 2 ^a contagem e final 14 dias 21 e 28 dias |
| <i>Ceiba speciosa</i> (A. St. Hill) (MALVACEAE) Sumaúma-speciosa 23717 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 25°C/ contínua - 1% da solução de NaClO ² 1 ^a contagem final 7 dias 10 dias |
| <i>Citharexylum myrianthum</i> Cham. (VERBENACEAE) Pau-de-viola 23795 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 25°C/ contínua - Solução de detergente ¹ + 10% da solução de NaClO ² 1 ^a contagem 21 dias |

final 35 dias

...Continua...

TABELA 1, Cont.

| | | |
|--|---|---|
| <i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart (BIGNONIACEAE) Ipê-caroba-da-flor-verde 23668 | Substrato | Rolo de Papel |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua |
| <i>Enterolobium</i> <i>contortisiliquum</i> (Vell.) Morong. (FABACEAE) Tamboril-da-mata 24025 | Pré-tratamento | - |
| | Assepsia | Solução de detergente ¹ ; 10% da solução de NaClO ² |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (MALVACEAE) Mutamba-verdadeira 24131 | Avaliação | 1 ^a contagem final |
| | | 14 dias 35 dias |
| <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (BIGNONIACEAE) Carobão 24233 | Substrato | Rolo de Papel/Gerbox |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua |
| <i>Jacaranda micrantha</i> Cham. (BIGNONIACEAE) Caroba-rosa 24235 | Pré-tratamento | Tratamento térmico a90°C |
| | Assepsia | Solução de detergente ¹ |
| <i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil. (LYTHRACEAE) Pacari-verdadeiro 24305 | Avaliação | 1 ^a contagem 2 ^a contagem e final |
| | | 7 dias 14 e 21 dias |
| <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> Benth. (FABACEAE) Sansão-do-campo 12505 | Substrato | Rolo de Papel (substrato mais seco) |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua |
| <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms (FABACEAE) Tento-vermelho 24527 | Pré-tratamento | - |
| | Assepsia | Solução de detergente ¹ |
| | Avaliação | 1 ^a contagem final |
| | | 21 dias 28 e 42 dias |
| <i>Substrato</i> | Rolo de Papel | |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua |
| <i>Pré-tratamento</i> | - | |
| | Assepsia | Solução de detergente ¹ |
| <i>Avaliação</i> | 1 ^a contagem | 21 dias |
| | 2 ^a contagem e final | 28 e 42 dias |
| <i>Substrato</i> | Rolo de Papel | |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua |
| <i>Pré-tratamento</i> | - | |
| | Assepsia | Solução de detergente ¹ |
| <i>Avaliação</i> | 1 ^a contagem final | 14 dias 21 dias |
| | | |
| <i>Substrato</i> | Rolo de Papel | |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua |
| <i>Pré-tratamento</i> | - | |
| | Assepsia | Desponte na lateral da semente/terço superior |
| <i>Avaliação</i> | Solução de detergente ¹ | |
| | 1 ^a contagem final | 5 dias 10 dias |
| <i>Substrato</i> | Rolo de Papel | |
| | Temperatura/Luz | 25°C/ contínua |
| <i>Pré-tratamento</i> | Escarificação manual no terço superior da lateral vermelha+embebição 24 h + reumedecimento | |
| | Assepsia | 2% da solução de NaClO ² |
| <i>Avaliação</i> | 1 ^a contagem final | 21 dias 28 dias |
| | | |

...Continua...

TABELA 1, Cont.

| | | | |
|--|---|--|--------------------|
| <i>Parapiptadenia rígida</i> (Benth.) Brenan (FABACEAE) Angico-vermelho 24547 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 25°C/ contínua - Solução de detergente ¹ 1 ^a contagem final | 7 dias 14 dias |
| <i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. Ex Walp. (FABACEAE) Visgueiro-bolota 24554 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 30°C/ contínua Desponte manual 2% da solução de NaClO ² + Lavagem em água corrente 1 ^a contagem final | 7 dias 14 dias |
| <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub. (FABACEAE) Canafistula-branca 23304 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 25°C/ contínua Desponte na extremidade oposta a micrópila Solução de detergente ¹ 1 ^a contagem final | 7 dias 14 dias |
| <i>Plathymenia reticulata</i> Benth. (FABACEAE) Vinhático-do-campo 24607 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 25°C/ contínua Desponte manual 20% da solução de NaClO ² + 1% da solução de NaClO ² 1 ^a contagem final | 10 dias 16 dias |
| <i>Pseudobombax</i> <i>tomentosum</i> (C. Martius & Zuccarini) Robyns (MALVACEAE) Embiruçu-peludo 25344 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 25°C/ contínua - 0,5% da solução de NaClO ² 1 ^a contagem final | 10 dias 17 dias |
| <i>Pterogyne nitens</i> Tul. (FABACEAE) Pau-amendoim 25362 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 25°C/ contínua Desponte no terço superior da semente 1% da solução de NaClO ² + Solução de detergente ¹ 1 ^a contagem final | 7 dias 14 dias |
| <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>Amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby (FABACEAE) Paricá 25496 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 25°C/ contínua Escarificação + Embebição 24h 1% da solução de NaClO ² + Lavagem em água corrente + Solução de detergente ¹ 1 ^a contagem final | 7 dias 10 dias |
| <i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H. S. Irwin & Barneby (FABACEAE) Sena-fedegosão 25516 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 25°C/ contínua Desponte manual no terço superior da semente 2% da solução de NaClO ² 1 ^a contagem final | 7 dias 14 dias |

...Continua...

TABELA 1, Cont.

| | | | |
|---|---|--|---|
| <i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. Ex A. DC.) Standl. (BIGNONIACEAE) Ipê-dourado 23305 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 25°C/ contínua - Solução de detergente ¹ 1 ^a contagem final | |
| <i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridl.) Sand. (BIGNONIACEAE) Ipê-branco 23308 | Substrato Temperatura/Luz Pré-tratamento Assepsia Avaliação | Rolo de Papel 25°C/ contínua - Solução de detergente ¹ 1 ^a contagem final | 7 dias 14 dias 10 dias 17 dias |

¹ Solução de detergente: lavagem das sementes na proporção de 5 gotas de detergente neutro para cada 2L de água destilada; ² Solução de NaClO: os percentuais se referem a concentração da solução de hipoclorito de sódio (2 a 2,5% da NaClO).

Cada laboratório recebeu um croqui com um sorteio de lotes com repetições e sementes para formar oito repetições de 25 sementes, perfazendo 200 sementes e apenas dois laboratórios receberam tamanhos de amostras duplicadas e formaram 16 repetições de 25 sementes, perfazendo 400 sementes. Esta amostra duplicada representa a melhor estimativa dos lotes. Segundo recomendações da ISTA (2004), tanto as oito, quanto as 16 repetições foram agrupadas formando quatro repetições. De todas as características, apenas o de plântulas normais foi utilizado para fins de validação. Plântulas normais são aquelas que mostram potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais, quando desenvolvidas sob condições favoráveis. As análises foram realizadas ao conjunto de observações após a verificação da consistência pelo estudo de repetitividade e reproduzibilidade, inclusive com retirada de discrepantes nos dados e nas variâncias utilizando o ambiente R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011).

4.1 Modelos lineares clássicos no processo de validação

4.1.1 O modelo de análise de variância com dois fatores e interação

Modelos lineares como a análise de variância, seja com um ou mais fatores, são facilmente encontrados na literatura de estatística. O modelo fatorial com dois fatores (efeitos principais) e interação do processo de validação é definido por:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \varepsilon_{ijk} \text{ para } i = 1, 2, \dots, n_i; j = 1, 2, \dots, n_j; k = 1, 2, \dots, n_k, \quad (1)$$

em que n_i : número de lotes; n_j : número de laboratórios e n_k : número de repetições; y_{ijk} : porcentagem de plântulas normais obtida do i -ésimo lote, pelo j -ésimo laboratório na k -ésima repetição; μ : percentual médio de plântulas normais; α_i : efeito do i -ésimo lote; β_j : efeito do j -ésimo laboratório; γ_{ij} : efeito da interação do j -ésimo laboratório no i -ésimo lote; ε_{ijk} : resíduo associado a y_{ijk} , uma variável aleatória de média zero, variância constante e independentemente distribuído, portanto $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$.

O quadro de análise de variância, forma mais usual de representar o modelo, incluindo graus de liberdade e expressões usuais de soma de quadrados, quadrados médios e estatística F , está representado na Tabela 2.

TABELA 2. Quadro de análise de variância do modelo com dois fatores, lote e laboratório, e interação de um delineamento inteiramente casualizado para o percentual de plântulas normais de cada uma das espécies descritas na Tabela 1.

| Fontes de variação ¹ | gl | SQ | QM | F | F crítico |
|---------------------------------|----------------------|---|----------------|----------------------------------|---|
| Lab. | $(n_j - 1)$ | $SQ_{Lab} = n_i n_k \sum_{j=1}^{n_j} (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{...})^2$ | QM_{Lab} | $\frac{QM_{Lab}}{QM_{Resíduo}}$ | $F_{\alpha, (n_j - 1), (n_j n_i (n_k - 1))}$ |
| Lote | $(n_i - 1)$ | $SQ_{Lote} = n_j n_k \sum_{i=1}^{n_i} (\bar{y}_{i..} - \bar{y}_{...})^2$ | QM_{Lote} | $\frac{QM_{Lote}}{QM_{Resíduo}}$ | $F_{\alpha, (n_i - 1), (n_j n_i (n_k - 1))}$ |
| Lab.*Lote | $(n_j - 1)(n_i - 1)$ | $SQ_{Int} = n_k \sum_{j=1}^{n_j} \sum_{i=1}^{n_i} (\bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{...})^2$ | QM_{Int} | $\frac{QM_{Int}}{QM_{Resíduo}}$ | $F_{\alpha, (n_j - 1)(n_i - 1), (n_j n_i (n_k - 1))}$ |
| Resíduo | $n_j n_i (n_k - 1)$ | $SQ_{Resíduo} = \sum_{j=1}^{n_j} \sum_{i=1}^{n_i} \sum_{k=1}^{n_k} (y_{ijk} - \bar{y}_{ij.})^2$ | $QM_{Resíduo}$ | | |

¹ gl : graus de liberdade; Lab.: Laboratório; Int: Intereração; n_j : número de laboratórios; n_i : número de lotes; n_k : número de repetições; SQ : Somas de quadrados; QM : Quadrado médio; F : estatística F ; F crítico: quantil da distribuição F -Snedecor ao nível de significância α e respectivos graus de liberdade; y_{ijk} : porcentagem de plântulas normais obtida do i -ésimo lote, pelo j -ésimo laboratório na k -ésima repetição; $\bar{y}_{...}$: média geral observada; $\bar{y}_{i..}$: média do i -ésimo lote; $\bar{y}_{.j}$: média do j -ésimo laboratório; $\bar{y}_{ij.}$: média do i -ésimo lote no j -ésimo laboratório.

Para o estudo das pressuposições do modelo, foram empregados os testes de Durbin-Watson (DW) (DURBIN; WATSON, 1950; GUJARATI, 2003) para testar a independência dos resíduos, o de Kolmogorov-Smirnov ($K-S$) com a correção de Lilliefors (LILLIEFORS, 1967) para a normalidade dos resíduos e, para homogeneidade das variâncias, os testes de Bartlett (BARTLETT, 1937) e de Levene (LEVENE, 1960), todos ao nível de 0,01 de significância. Para o percentual de plântulas normais, que não atendeu pelo menos uma das pressuposições, foi feita a transformação angular arcoseno

$\sqrt{x/100}$, onde x é o percentual de plântulas normais, sugerida por Ribeiro Júnior (2001) e Rodrigues (2008), para dados expressos em porcentagem.

4.1.2 Análise conjunta de experimentos

No processo de validação, o fator laboratório, descrito no modelo de análise de variância (1), não seguiu o princípio da casualização, uma vez que experimentos independentes foram conduzidos em cada laboratório onde apenas o fator lote foi causa de variação do modelo, além do resíduo. Para os experimentos independentes, dentro de cada laboratório, o modelo foi dado por:

$$y_{ik} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ik} \text{ para } i = 1, 2, \dots, n_i; k = 1, 2, \dots, n_k, \quad (2)$$

em que n_i : número de lotes; n_k : número de repetições; y_{ik} : porcentagem de plântulas normais do i -ésimo lote na k -ésima repetição; μ : média geral; α_i : efeito do i -ésimo lote e ε_{ik} : resíduo sendo $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$.

Para testar a homogeneidade das variâncias geradas pelos experimentos independentes, foi utilizada a relação 7:1 entre o maior e o menor quadrado médio, segundo Banzatto e Kronka (1995) e Pimentel-Gomes (2000). Segundo esses autores, quando esta razão (R) for menor que sete, o quadrado médio do resíduo da análise conjunta será a média aritmética dos quadrados médios dos resíduos dos experimentos independentes e os graus de liberdade da análise conjunta, a soma dos graus de liberdade dos resíduos dos experimentos independentes.

Se a razão for maior que sete, o quadrado médio do resíduo da análise conjunta é a média ponderada pelos graus de liberdade dos resíduos dos experimentos independentes, definido por:

$$QM_{Erro}^* = \frac{\sum_{j=1}^{n_j} v_j QM_{Erro_j}}{\sum_{j=1}^{n_j} v_j}, \quad (3)$$

em que n_j : número de laboratórios, v_j : graus de liberdade do resíduo dentro de cada laboratório j e QM_{Erro_j} : quadrado médio do resíduo do laboratório j .

Como no processo de validação todos os laboratórios receberam a mesma quantidade de lotes e repetições, os graus de liberdade dos resíduos dos experimentos

independentes (v_j) foram os mesmos e, portanto, o quadrado médio do resíduo da análise conjunta coincide com a média aritmética dos quadrados médios dos resíduos dos experimentos independentes. Contudo, o grau de liberdade do resíduo da análise conjunta deverá ser expresso por:

$$v \equiv \frac{\left[\sum_{j=1}^{n_j} QM_{erro_j} / n_{t_j} \right]^2}{\sum_{j=1}^{n_j} \left(QM_{erro_j} / n_{t_j} \right)^2 / v_j}, \quad (4)$$

em que $n_{t_j} = v_j + 1$, v_j graus de liberdade do resíduo dentro de cada laboratório j , n_j : número de laboratórios e QM_{erro_j} : quadrado médio do resíduo do laboratório j .

Seja a razão menor ou maior que sete (R), quando a interação (lote*laboratório) for não significativa, os efeitos principais (laboratório e lote) foram testados com o quadrado médio do resíduo e, quando significativa, foram testados com o quadrado médio da interação, segundo recomendações de Pimentel-Gomes (2000).

4.2 Modelos lineares generalizados no processo de validação

No processo de validação, embora a variável percentual de plântulas normais seja a característica principal a ser analisada e também a forma de representação mais usual, a variável original não está expressa em porcentagem, mas expressa por contagem do número de plântulas normais em 25 sementes. Na análise pelos laboratórios, foi atribuído o 1 para as plântulas que germinaram e o 0 para aquelas que não germinaram. Como há apenas dois resultados possíveis, sucesso (germinar) ou fracasso (não germinar) para um número fixo de sementes, além do fato de que a germinação de uma semente em relação a outra são eventos independentes e foi considerado constante a probabilidade de germinação das sementes, isto caracteriza o número de plântulas como uma variável com distribuição Binomial.

Normalmente, o número de plântulas normais é convertido em porcentagem e analisado seguindo as pressuposições dos modelos lineares clássicos, como resíduos independentes com distribuição normal e variâncias homogêneas. Como essas pressuposições nem sempre são atendidas, as opções são as transformações de dados do tipo angular ou, recentemente, os modelos lineares generalizados.

Modelos lineares generalizados são um conjunto de variáveis aleatórias independentes, Y_1, \dots, Y_n , com função densidade de probabilidade membro da família exponencial (PAULA, 2010), com parâmetro de perturbação ($\phi > 0$) introduzido à forma canônica para estendê-la à distribuições biparamétricas (NELDER; WEDDERBURN, 1972). A função densidade é dada por:

$$f(y; \theta; \phi) = \exp\left\{\phi^{-1} [y\theta - b(\theta)] + c(y, \phi)\right\}, \quad (5)$$

em que $b(\cdot)$ e $c(\cdot)$ são funções conhecidas (Tabela 3). O valor esperado e a variância da família (5) estimados pela função geradora de momentos são, respectivamente,

$$E(Y) = \mu = b'(\theta) \text{ e } Var(Y) = \phi \cdot b''(\theta), \quad (6)$$

em que ϕ : um parâmetro de dispersão do modelo e seu inverso ϕ^{-1} : uma medida de precisão. A função da média μ na variância é denominada de função de variância e dada por $V(\mu) = b''(\theta)$.

Muitas distribuições conhecidas pertencem à família exponencial como a Normal e a Binomial (Tabela 3). A importância dessa família na teoria de modelos lineares generalizados é a possibilidade de incorporar dados assimétricos, de natureza discreta, como número de plântulas normais, ou contínuas como porcentagem de plântulas normais, ou ainda aqueles restritos a um intervalo.

TABELA 3. Termos da família exponencial para distribuição Normal e Binomial com parâmetro de perturbação descrita na equação (5), adaptado de Demétrio e Cordeiro (2007).

| Distribuição | ϕ | θ | $b(\theta)$ | $c(y, \phi)$ | $\mu(\theta)$ | $V(\mu)$ |
|---------------------------------------|------------|--------------------------------------|----------------------|---|--------------------------------|---------------|
| Normal: $N(\mu, \sigma^2)$ | σ^2 | μ | $\frac{\theta^2}{2}$ | $-\frac{1}{2} \left[\frac{y^2}{\sigma^2} + \log(2\pi\sigma^2) \right]$ | θ | 1 |
| Binomial: $B(n, \pi); 0 < \pi < 1$ | 1 | $\log\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right)$ | $n \log(1+e^\theta)$ | $\log\binom{n}{y}$ | $\frac{ne^\theta}{1+e^\theta}$ | $n\pi(1-\pi)$ |

μ : média; σ^2 : variância; ϕ : parâmetro de dispersão; θ : parâmetro da distribuição; y : variável aleatória; π : na distribuição Binomial é a proporção de sucesso ou percentual de sementes germinadas; n : número de eventos ou de sementes por repetição; π : na distribuição Normal é um constante, de valor aproximadamente 3,14.

Cada variável aleatória Y está associada a um conjunto de variáveis explanatórias x_1, \dots, x_p , em que, para uma amostra de n observações, tem-se (y_i, x_i) , que

$x_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})^T$ é o vetor de variáveis explanatórias (Demétrio; Cordeiro, 2007). Logo, semelhante ao modelo linear, os generalizados são compostos por:

- i. Variável resposta ou componente aleatório; representado por um conjunto de observações independentes, y_1, \dots, y_n , provenientes de uma distribuição da família (5);
- ii. Variável explanatória ou componente sistemático; faz com que as variáveis explicativas entrem na forma de uma soma linear de seus efeitos da seguinte forma:

$$\eta_i = \sum_{r=1}^p x_{ir} \beta_j = x_i^T \beta \text{ ou } \eta = X \beta, \quad (7)$$

em que $X = (x_1, \dots, x_n)^T$ é a matriz do modelo, podendo ser uma regressão ou um delineamento; $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_p)^T$ o vetor de parâmetros e $\eta = (\eta_1, \dots, \eta_n)^T$ o preditor linear;

- iii. Função de ligação; liga ou relaciona o componente aleatório ao sistemático (Tabela 4), ou seja, liga a média das observações ao preditor linear, da seguinte forma:

$$\eta_i = g(\mu_i), \quad (8)$$

sendo $g(\cdot)$ uma função monótona e diferenciável.

Na definição de modelos lineares generalizados pelas equações (5), (7) e (8), não existe a aditividade entre a média e o resíduo aleatório, como no caso dos modelos lineares. Logo, diferente dos modelos lineares, define-se uma distribuição para a variável resposta que representa os dados, no caso, o número ou o percentual de plântulas normais e não uma distribuição para o resíduo aleatório.

Para a distribuição Normal, em que a função de ligação utilizada é a linear ou identidade (Tabela 4), obtém-se o modelo linear clássico de análise de variância como um caso particular dos modelos lineares generalizados. Para os modelos log-lineares, têm-se as funções de ligações logarítmicas como um caso especial da Binomial, ficando claro o nome “generalizada” com significado mais amplo do que nos modelos lineares.

TABELA 4. Funções de ligações para a distribuição Normal e Binomial para a variável percentual e número de plântulas normais, respectivamente, adaptado de Demétrio e Cordeiro (2007).

| Distribuição | Função Canônica |
|--------------|--|
| Normal | Identidade: $\eta = \mu$ |
| Binomial | Logística: $\eta = \log\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right)$ |

Uma importante decisão na aplicação dos modelos lineares generalizados é a escolha do trinômio distribuição da variável resposta, no caso da validação, escolher entre número ou percentual de plântulas normais (discreta ou contínua), matriz do modelo (delineamento) e função de ligação. A seleção pode resultar de simples exame dos dados ou da análise de algumas situações escolhendo-se a que melhor se adequa. Para dados contínuos, o percentual de plântulas normais tem distribuição Normal, com função de ligação identidade, para número de plântulas normais num total de 25 sementes, caso discreto, a distribuição Binomial com função de ligação logística.

Seja um delineamento inteiramente casualizado, com n_k repetições, em um esquema fatorial com dois fatores, laboratório e lote, com respectivamente, níveis n_j e n_i , e interação em que o preditor linear do modelo foi definido por:

$$\eta = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij}, \quad (9)$$

em que μ : média do preditor, α_i : efeito do i -ésimo lote, β_j : efeito do j -ésimo laboratório e γ_{ij} : efeito da interação no i -ésimo lote com o j -ésimo laboratório. A partir desta estrutura, construiu-se uma tabela contendo o modelo saturado (Tabela 5).

TABELA 5. Modelo saturado com dois fatores e interação para o percentual e número de plântulas normais de cada uma das espécies descritas na Tabela 1.

| Fontes do modelo | gl | Desvio (D) |
|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Nulo | $n_k n_j n_i - 1$ | D_0 |
| Laboratório | $n_j (n_k n_i - 1)$ | D_{Lab} |
| Laboratório + Lote | $n_j (n_k n_i - 1) - (n_i - 1)$ | D_{Lote} |
| Laboratório + Lote + Laboratório*Lote | $n_j n_i (n_k - 1)$ | $D_{Interacão}$ |
| Saturado | 0 | 0 |

gl: graus de liberdade; n_j : número de laboratórios; n_i : número de lotes; n_k : número de repetições; Lab: Laboratório.

Na tabela de análise de desvios (Tabela 6), uma generalização da ANOVA, encontra-se o cálculo da diferença entre os desvios e os graus de liberdade, sendo sempre o modelo com menor parâmetro, menos o modelo com maior parâmetro. Quando ϕ é conhecido, as diferenças de desvios, seguem assintoticamente a distribuição qui-quadrado e, caso seja desconhecido com estimativa consistente $\hat{\phi}$, a inferência pode ser baseada na estatística F . Para distribuições em que $\phi = 1$, como a Binomial, deve-se utilizar o teste de qui-quadrado, pois o parâmetro de dispersão é conhecido (DEMÉTRIO; CORDEIRO, 2007; PAULA, 2010).

TABELA 6. Modelo de análise de desvio para um delineamento inteiramente casualizado, com dois fatores e interação, para o percentual e número de plântulas normais de cada uma das espécies descritas na Tabela 1 e valores críticos para os testes Qui-quadrado e F -Snedecor.

| Fontes de variação | Diferença de gl | Diferença de Desvio | $\chi^2_{Crítico}$ | F | $F_{Crítico}$ |
|-----------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------------|--|---|
| Laboratório | $(n_j - 1)$ | $D_0 - D_{Lab}$ | $\chi^2_{(n_j - 1)}$ | $\frac{D_0 - D_{Lab}}{\frac{(n_j - 1)}{\hat{\phi}}}$ | $F_{\alpha, (n_j - 1), (n_j n_i (n_k - 1))}$ |
| Lote | $(n_i - 1)$ | $D_{Lab} - D_{Lote}$ | $\chi^2_{(n_i - 1)}$ | $\frac{D_{Lab} - D_{Lote}}{\frac{(n_i - 1)}{\hat{\phi}}}$ | $F_{\alpha, (n_i - 1), (n_j n_i (n_k - 1))}$ |
| Laboratório*Lote | $(n_j - 1)(n_i - 1)$ | $D_{Lote} - D_{Interação}$ | $\chi^2_{(n_j - 1)(n_i - 1)}$ | $\frac{D_{Lote} - D_{Interação}}{\frac{(n_j - 1)(n_i - 1)}{\hat{\phi}}}$ | $F_{\alpha, (n_j - 1)(n_i - 1), (n_j n_i (n_k - 1))}$ |
| Saturado (Resíduo) | $n_j n_i (n_k - 1)$ | $D_{Interação}$ | | | |

gl : graus de liberdade; Lab: Laboratório; D : desvio; n_j : número de laboratórios; n_i : número de lotes; n_k : número de repetições; $\hat{\phi}$: parâmetro dispersão estimado; F : estatística F ; $F_{crítico}$: quantil da distribuição F -Snedecor à significância α e respectivos graus de liberdade; $\chi^2_{Crítico}$: quantil da distribuição Qui-quadrado a significância α e respectivos graus de liberdade.

O teste consistiu em comparar o valor da diferença de desvio com os percentis da distribuição qui-quadrado. Assim, quando $D_0 - D_{Lab} < \chi^2_{(n_j - 1), \alpha}$, ou seja, quando a diferença de desvio foi menor que o valor crítico, considerou-se o teste não significativo, o mesmo quando a estatística F menor que o valor crítico.

Esses desvios são estimados, segundo Nelder e Wedderburn (1972), a fim de determinar a discrepância entre modelos, e assim tomar decisão sobre os fatores. Desta forma, estes autores propuseram uma medida de discrepancia chamada de “deviance” ou “desvio”, dada pela expressão:

$$S_p = 2(\hat{\ell}_n - \hat{\ell}_p) = \frac{D_p}{\phi}, \quad (10)$$

em que $\hat{\ell}_n$ e $\hat{\ell}_p$ são os valores máximos do logaritmo da função de verossimilhança no modelo saturado e corrente, respectivamente; S_p e D_p denominados de desvio escalonado e desvio, respectivamente, sendo o segundo mais utilizado por estar apenas em função dos dados Y e das médias ajustadas $\hat{\mu}$, descrito por:

$$D_p = 2 \sum_{i=1}^n \left\{ y_i (\tilde{\theta}_i - \hat{\theta}_i) + \left(b(\hat{\theta}_i) - b(\tilde{\theta}_i) \right) \right\} \sim \chi^2_{n-p}, \quad (11)$$

sendo $\tilde{\theta}$ e $\hat{\theta}$ estimativas de máxima verossimilhança do parâmetro canônico sob o modelo saturado (n parâmetros) e corrente (p parâmetros), respectivamente. Sendo assim, modelos com melhores ajustes aos dados têm pequenos desvios, e com piores ajustes, grandes desvios.

Após gerados os resultados das análises de desvios para todas as espécies (Tabela 1) com as distribuições Normal e Binomial, verificou-se em quais dessas situações a modelagem teve melhor ajuste às variáveis número ou percentual de plântulas normais. Para verificar a consistência do ajuste para modelos lineares generalizados, foram utilizadas técnicas semelhantes às de modelos lineares clássicos, com algumas adaptações.

Para verificar a linearidade no modelo linear, foram usados-se os vetores y e $\hat{\mu}$, enquanto no generalizado foram os vetores z , da variável dependente ajustada, e $\hat{\eta}$, preditor linear. A variância residual s^2 foi substituída pela estimativa de ϕ e a matriz de projeção H ficou definida por:

$$H = W^{0.5} X (X^T W X)^{-1} X^T W^{0.5}. \quad (12)$$

sendo H dependente das variáveis explicativas (matriz do delineamento), da função de ligação e da distribuição de probabilidade dos dados e W é uma matriz de pesos.

Assim, a detecção de pontos atípicos ou pontos que exercem um peso desproporcional às estimativas dos parâmetros do modelo foi feita a partir da análise gráfica de algumas medidas, como a medida de leverage (h_{ii}) ou ponto de alavanca, dado pela diagonal principal da matriz de projeção H , que mede a discrepância entre o valor observado e o valor ajustado. Outra medida mais completa aplicada foi a distância

de Cook (D_i), que mede a influência das observações nos parâmetros de posição, que segundo Demétrio e Cordeiro (2007) e Paula (2010) é dada por:

$$D_i \equiv \left\{ \frac{\hat{h}_{ii}}{1 - \hat{h}_{ii}} \right\} \frac{\phi^{0.5}(y_i - \hat{\mu}_i)}{\sqrt{\hat{V}(1 - \hat{h}_{ii})}}. \quad (13)$$

Esta medida foi representada graficamente e são conhecidos como gráficos de índices. Além desses gráficos tem-se também os gráficos do desvio resídual estudentizado versus valores ajustados e o Normal de probabilidade (“Normal plots”). O primeiro deve seguir um padrão aleatório em torno do zero e o segundo se destaca por identificar a distribuição originária dos dados e valores que se destacam no conjunto (WEISBERG, 2005). A medida utilizada no “Normal plots” foi o componente do desvio estudentizado dada por:

$$r_i = \frac{\delta(y_i - \hat{\mu}_i) \sqrt{2} \{ v(y_i) - v(\hat{\mu}_i) + q(\hat{\mu}_i)(\hat{\mu}_i - y_i) \}^{0.5}}{\sqrt{1 - h_{ii}}}, \quad (14)$$

sendo que $v(x) = xq(x) - b(q(x))$; $q(\cdot) = [b'(\cdot)]^{-1}$ e δ é o sinal da diferença $(y_i - \hat{\mu}_i)$.

Para facilitar a análise visual deste gráfico, eles foram gerados com um envelope simulado com intervalos de 95% de confiança, onde os pontos, em sua maioria, devem estar dentro dos limites de confiança. Os resíduos fora dos limites ou muito próximos destes merecem uma pesquisa adicional. Tendências não aleatórias são indícios de que a escolha da distribuição de probabilidade ou função de ligação foram incorretas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Modelos lineares no processo de validação

5.1.1 O modelo de análise de variância com dois fatores e interação

Os resultados do modelo clássico de análise de variância aplicado ao percentual de plântulas normais das espécies, representado pelo quadro de análise de variância (Tabela 7), mostrou que para a maioria das espécies florestais as pressuposições de normalidade, independência dos resíduos e de homogeneidade de variâncias foram atendidas. Exceções ocorreram para as espécies *Acacia polyphylla* e *Senna macranthera* que apresentaram resíduos dependentes ou correlacionados detectados pelo teste de Durbin-Watson ($valor - p < 0,01$), embora para ambas as espécies a distribuição dos mesmos resíduos tenha se aproximado da normal ($valor - p > 0,01$). Problemas com a pressuposição de normalidade dos resíduos ocorreram apenas para *Jacaranda micrantha* e *Peltophorum dubium*, detectados pelo teste de Komolgorov-Smirnov (Tabela 7). Quando as pressuposições não são satisfeitas, a análise paramétrica pelos testes t , F , testes de comparações múltiplas de médias e testes de modelos de regressão, ficam prejudicadas, podendo levar à falsas conclusões (MARQUES et al., 2000).

Alguns autores citam que a análise de variância não é muito prejudicada pelo desvio de normalidade, uma vez que o teorema central do limite oferece certa proteção, mas há perda de eficiência, que pode ser recuperada se a verdadeira distribuição for conhecida e usada no lugar da Normal (MCCULLOCH e SEARLE, 2000).

O manual de validação da ISTA (2007) trata o modelo como experimentos em esquema fatorial totalmente casualizados, mas o modelo é parcialmente casualizado. Na verdade, trata-se de grupos de experimentos que, como observados nas espécies *Acacia polyphylla* e *Senna macranthera*, podem ser correlacionados. Possivelmente, a ISTA (2007) considera a casualização como Cochran e Cox (1957), ou seja, uma precaução contra um distúrbio que pode ou não ocorrer e que pode ser ou não sério, se porventura ocorrer. Ela considera que mesmo não havendo o sorteio do fator laboratório, essas possíveis correlações não são consideradas eventos graves. No estudo em questão, com a transformação dos dados, esse problema de resíduo correlacionado foi resolvido (Tabela 8).

Os coeficientes de variação do experimento, para os percentuais de plântulas normais das 25 espécies, estiveram abaixo de 20%, valores baixos considerando o fato de que são espécies florestais sem qualquer melhoramento genético e não domesticadas. Estes baixos coeficientes de variação justificam, em parte, a aceitação da hipótese de homogeneidade de variâncias para a característica de plântulas normais para todas as espécies testadas por Bartlett ou Levene, ambos a significância de 0,01.

Como esperado, os maiores valores da estatística *F* foram obtidos para o efeito de lotes, uma vez que foram previamente formados para apresentar qualidade distinta e, como consequência, os valores de probabilidade (valor-*p*) foram baixos (*valor-p* < 0,01) e os efeitos para lotes significativos (Tabela 7). Em contrapartida, se esperava que o efeito de laboratório para todas as espécies fosse não significativo, indicando percentuais próximos de plântulas normais entre laboratórios, o que não ocorreu para *Astronium fraxinifolium*, *Citharexylum myrianthum*, *Cybistax antisyphilitica*, *Jacaranda cuspidifolia*, *Lafoensia pacari*, *Ormosia arborea*, *Parkia pendula*, *Platymenia reticulata*, *Pseudobombax tomentosum* e *Pterogyne nitens*. Além disso, para as espécies *Jacaranda cuspidifolia* e *Pseudobombax tomentosum*, o efeito da interação também foi significativo, o que implica que os laboratórios detectaram as diferenças entre os lotes, mantendo a ordem de qualidade; porém, com intensidade distinta. Estes resultados, segundo a ISTA (2007) e BRASIL (1992), não são o esperado para que o método seja considerado validado, pois para os mesmos lotes, foram encontrados diferentes resultados de germinação pelos laboratórios, podendo ser um indício de que a metodologia formulada não é adequada ou que há problemas nos critérios de avaliação e entendimento dos protocolos pelos laboratórios. Com isso, os laboratórios devem ser comunicados para verificarem procedimentos de avaliações e um novo estudo interlaboratorial realizado para tais métodos.

Para as espécies *Acacia polyphylla*, *Cariniana estrellensis*, *Cedrela fissilis*, *Cedrela odorata*, *Ceiba speciosa*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Guazuma ulmifolia*, *Jacaranda micrantha*, *Mimosa caesalpiniaeefolia*, *Parapiptadenia rigida*, *Peltophorum dubium*, *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, *Senna macranthera*, *Tabebuia chrysotricha* e *Tabebuia roseo-alba*, o efeito de laboratório e da interação foram não significativos, à 0,01 de significância (Tabela 7). Baixos valores de quadrados médios para laboratório revelaram diferença irrelevante, comprovada pelo *F*, entre laboratórios e ao analisarem os mesmos lotes. No caso da interação não significativa, os baixos

valores indicaram que a ordem de qualidade dos lotes e a intensidade das diferenças foram mantidas pelos laboratórios e que os efeitos dos fatores foram independentes.

A transformação angular do percentual de plântulas normais de *Acacia polyphylla*, *Jacaranda micrantha*, *Peltophorum dubium* e *Senna macranthera*, técnica amplamente aplicada para características expressas em porcentagem, corrigiu a falta de independência dos resíduos de *Acacia polyphylla* e *Senna macranthera* e os desvios de normalidade dos resíduos de *Jacaranda micrantha* e *Peltophorum dubium* (Tabela 8).

TABELA 7. Resumo da análise de variância para a porcentagem de plântulas normais de 25 espécies florestais de um delineamento inteiramente casualizado, com dois fatores e interação, incluindo pressuposições de normalidade e independência dos resíduos e homogeneidade de variâncias.

| Fontes de variação ¹ | <i>Acacia polypyphlla</i> | | | | <i>Astronium fraxinifolium</i> | | | | <i>Cariniana estrellensis</i> | | | |
|---------------------------------|---|---------|---------------|---------|---|---------|---------------|---------|---|---------|----------------|---------|
| | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p |
| Laboratório | 5 | 83,7 | 3,06 | 0,017 | 5 | 213,9 | 5,97 | <0,001 | 5 | 82,9 | 1,62 | 0,170 |
| Lotes | 2 | 1411,3 | 524,29 | <0,001 | 2 | 11088,3 | 309,44 | <0,001 | 2 | 7549,8 | 147,94 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 10 | 7,9 | 0,29 | 0,981 | 10 | 71,3 | 1,99 | 0,053 | 10 | 124,5 | 2,44 | 0,017 |
| Resíduo | 54 | 27,3 | | | 54 | 35,8 | | | 54 | 51,0 | | |
| CV (%) | | 7,62 | | | | 10,17 | | | | 14,03 | | |
| | $\chi^2 = 0,25; K-S = 0,061; DW = 1,96$ | | | | $\chi^2 = 0,71; K-S = 0,068; DW = 2,32$ | | | | $\chi^2 = 2,08; K-S = 0,063; DW = 2,68$ | | | |
| Fontes de variação | <i>Cedrela fissilis</i> | | | | <i>Cedrela odorata</i> | | | | <i>Ceiba speciosa</i> | | | |
| | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p |
| Laboratório | 5 | 63,3 | 1,16 | 0,341 | 7 | 63,4 | 1,68 | 0,128 | 5 | 186,1 | 2,14 | 0,075 |
| Lotes | 2 | 12072,3 | 222,23 | <0,001 | 2 | 13004,5 | 344,01 | <0,001 | 2 | 10869,0 | 125,21 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 10 | 39,4 | 0,72 | 0,702 | 14 | 33,9 | 0,90 | 0,472 | 10 | 48,3 | 0,56 | 0,839 |
| Resíduo | 54 | 54,3 | | | 72 | 37,8 | | | 54 | 86,8 | | |
| CV (%) | | 11,38 | | | | 8,89 | | | | 18,18 | | |
| | $\chi^2 = 1,64; K-S = 0,094; DW = 2,50$ | | | | $\chi^2 = 1,65; K-S = 0,067; DW = 2,28$ | | | | $\chi^2 = 1,06; K-S = 0,083; DW = 2,17$ | | | |
| Fontes de variação | <i>Citharexylum myrianthum</i> | | | | <i>Cybistax antisyphilitica</i> | | | | <i>Enterolobium contortisiliquum</i> | | | |
| | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p |
| Laboratório | 5 | 268,5 | 6,87 | <0,001 | 8 | 146,0 | 3,76 | <0,001 | 7 | 42,7 | 1,87 | 0,087 |
| Lotes | 2 | 7921,9 | 202,60 | <0,001 | 2 | 49138,0 | 1266,4 | <0,001 | 2 | 49050,5 | 2145,26 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 10 | 51,2 | 1,31 | 0,249 | 16 | 38,6 | 0,99 | 0,476 | 14 | 48,9 | 2,13 | 0,020 |
| Resíduo | 54 | 39,1 | | | 81 | 38,8 | | | 72 | 22,9 | | |
| CV (%) | | 18,92 | | | | 12,11 | | | | 9,06 | | |
| | $\chi^2 = 3,12; K-S = 0,065; DW = 2,59$ | | | | $\chi^2 = 0,63; K-S = 0,062; DW = 2,47$ | | | | $\chi^2 = 0,29; K-S = 0,068; DW = 2,37$ | | | |

¹gl: grau de liberdade; QM: quadrado médio; F: estatística de Snedecor; valores em negrito indicam que os fatores e/ou a interação foram significativas ($P<0,01$); valor-p: valor de probabilidade ou nível descritivo; CV: coeficiente de variação do experimento; χ^2 , F, K-S e DW: estatísticas dos testes de Bartlett, Levene, Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors e Durbin-Watson; valores em negrito indicam variâncias homogêneas, resíduos normalmente distribuídos e independentes à significância de 0,01.

TABELA 7, Cont.

| Fontes de variação ¹ | <i>Guazuma ulmifolia</i> | | | | <i>Jacaranda cuspidifolia</i> | | | | <i>Jacaranda micrantha</i> | | | |
|---------------------------------|---|---------|---------------|---------|---|---------|---------------|---------|---|---------|---------------|---------|
| | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p |
| Laboratório | 5 | 103,1 | 2,83 | 0,024 | 6 | 187,1 | 5,01 | <0,001 | 5 | 165,5 | 2,74 | 0,028 |
| Lotes | 2 | 5776,5 | 158,89 | <0,001 | 2 | 13619,1 | 364,72 | <0,001 | 2 | 14766,8 | 244,10 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 10 | 15,1 | 0,42 | 0,931 | 12 | 97,7 | 2,62 | 0,007 | 10 | 73,6 | 1,22 | 0,302 |
| Resíduo | 54 | 36,4 | | | 63 | 37,3 | | | 54 | 60,5 | | |
| CV (%) | | 9,20 | | | | 10,52 | | | | 19,60 | | |
| | $\chi^2 = 0,92; K-S = 0,084; DW = 2,20$ | | | | $\chi^2 = 3,29; K-S = 0,069; DW = 2,59$ | | | | $F = 0,82; K-S = 0,111; DW = 2,24$ | | | |
| Fontes de variação | <i>Lafoensis pacari</i> | | | | <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> | | | | <i>Ormosia arborea</i> | | | |
| | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p |
| Laboratório | 5 | 121,7 | 5,03 | <0,001 | 5 | 19,1 | 0,50 | 0,775 | 5 | 728,2 | 11,83 | <0,001 |
| Lotes | 2 | 14244,2 | 588,74 | <0,001 | 2 | 18880,9 | 498,38 | <0,001 | 2 | 8717,2 | 141,57 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 10 | 58,2 | 2,41 | 0,019 | 10 | 14,1 | 0,37 | 0,954 | 10 | 148,7 | 2,41 | 0,019 |
| Resíduo | 54 | 24,2 | | | 54 | 37,9 | | | 54 | 61,6 | | |
| CV (%) | | 7,24 | | | | 9,84 | | | | 18,21 | | |
| | $\chi^2 = 1,41; K-S = 0,058; DW = 2,54$ | | | | $\chi^2 = 0,06; K-S = 0,069; DW = 2,29$ | | | | $\chi^2 = 3,62; K-S = 0,082; DW = 2,59$ | | | |
| Fontes de variação | <i>Parapiptadenia rigida</i> | | | | <i>Parkia pendula</i> | | | | <i>Peltophorum dubium</i> | | | |
| | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p |
| Laboratório | 5 | 39,1 | 0,74 | 0,594 | 5 | 191,8 | 4,19 | 0,003 | 6 | 95,3 | 2,98 | 0,013 |
| Lotes | 2 | 17378,4 | 330,73 | <0,001 | 2 | 29079,5 | 634,78 | <0,001 | 2 | 12626,6 | 394,63 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 10 | 46,9 | 0,89 | 0,547 | 10 | 105,9 | 2,31 | 0,024 | 12 | 72,1 | 2,25 | 0,019 |
| Resíduo | 54 | 52,5 | | | 54 | 45,8 | | | 63 | 32,0 | | |
| CV (%) | | 11,35 | | | | 12,78 | | | | 10,55 | | |
| | $\chi^2 = 0,31; K-S = 0,089; DW = 2,72$ | | | | $\chi^2 = 1,08; K-S = 0,072; DW = 2,48$ | | | | $F = 0,43; K-S = 0,104; DW = 2,47$ | | | |

...Continua...

¹gl: grau de liberdade; QM: quadrado médio; F: estatística de Snedecor; valores em negrito indicam que os fatores e/ou a interação foram significativas ($P<0,01$); valor-p: valor de probabilidade ou nível descritivo; CV: coeficiente de variação do experimento; χ^2 , F, K-S e DW: estatísticas dos testes de Bartlett, Levene, Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors e Durbin-Watson; valores em negrito indicam variâncias homogêneas, resíduos normalmente distribuídos e independentes à significância de 0,01.

TABELA 7, Cont.

| Fontes de variação ¹ | <i>Platymenia reticulata</i> | | | | <i>Pseudobombax tomentosum</i> | | | | <i>Pterogyne nitens</i> | | | |
|---------------------------------|--|---------|---------------|---------|---|---------|----------------|---------|---|---------|----------------|---------|
| | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p |
| Laboratório | 5 | 225,3 | 4,88 | <0,001 | 6 | 187,0 | 6,74 | <0,001 | 5 | 142,5 | 4,86 | <0,001 |
| Lotes | 2 | 18129,1 | 392,96 | <0,001 | 2 | 33365,0 | 1204,57 | <0,001 | 2 | 6703,6 | 228,75 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 10 | 89,2 | 1,93 | 0,060 | 12 | 80,0 | 2,89 | 0,003 | 10 | 19,1 | 0,65 | 0,764 |
| Resíduo | 54 | 46,1 | | | 63 | 28,0 | | | 54 | 29,3 | | |
| CV (%) | | 11,96 | | | | 9,72 | | | | 10,89 | | |
| | $\chi^2 = 0,94; K-S = 0,086; DW = 2,34$ | | | | $\chi^2 = 1,24; K-S = 0,046; DW = 2,60$ | | | | $\chi^2 = 0,11; K-S = 0,055; DW = 2,40$ | | | |
| Fontes de variação | <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> | | | | <i>Senna macranthera</i> | | | | <i>Tabebuia chrysotricha</i> | | | |
| | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p |
| Laboratório | 5 | 74,9 | 2,08 | 0,082 | 5 | 77,3 | 1,21 | 0,315 | 6 | 31,0 | 1,83 | 0,108 |
| Lotes | 2 | 5580,4 | 155,29 | <0,001 | 2 | 8306,2 | 130,49 | <0,001 | 2 | 48608,0 | 2878,12 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 10 | 24,9 | 0,69 | 0,726 | 10 | 41,0 | 0,644 | 0,770 | 12 | 21,0 | 1,24 | 0,279 |
| Resíduo | 54 | 35,9 | | | 54 | 63,7 | | | 63 | 17,0 | | |
| CV (%) | | 7,51 | | | | 14,90 | | | | 8,79 | | |
| | $\chi^2 = 0,52; K-S = 0,094; DW = 2,45$ | | | | $\chi^2 = 0,57; K-S = 0,061; DW = 2,04$ | | | | $\chi^2 = 0,25; K-S = 0,076; DW = 2,40$ | | | |
| Fontes de variação | <i>Tabebuia rosea-alba</i> | | | | | | | | | | | |
| | gl | QM | F | valor-p | | | | | | | | |
| Laboratório | 5 | 171,3 | 2,88 | 0,022 | | | | | | | | |
| Lotes | 2 | 19449,5 | 327,26 | <0,001 | | | | | | | | |
| Laboratório*Lote | 10 | 46,7 | 0,79 | 0,642 | | | | | | | | |
| Resíduo | 54 | 59,4 | | | | | | | | | | |
| CV (%) | | 15,18 | | | | | | | | | | |
| | $\chi^2 = 0,24; K-S = 0,057; DW = 2,24$ | | | | | | | | | | | |

¹gl: grau de liberdade; QM: quadrado médio; F: estatística de Snedecor; valores em negrito indicam que os fatores e/ou a interação foram significativas ($P<0,01$); valor-p: valor de probabilidade ou nível descritivo; CV: coeficiente de variação do experimento; χ^2 , F, K-S e DW: estatísticas dos testes de Bartlett, Levene, Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors e Durbin-Watson; valores em negrito indicam variâncias homogêneas, resíduos normalmente distribuídos e independentes à significância de 0,01.

TABELA 8. Resumo da análise de variância para a transformação angular da porcentagem de plântulas normais de *Acacia polyphylla*, *Jacaranda micrantha*, *Peltophorum dubium* e *Senna macranthera* de um delineamento inteiramente casualizado com dois fatores e interação, incluindo pressuposições de normalidade e independência dos resíduos e homogeneidade de variâncias.

| Fontes de variação ¹ | <i>Acacia polyphylla</i> | | | | <i>Jacaranda micrantha</i> | | | |
|---------------------------------|--|--------|---------------|---------|--|---------------------|---------------|---------|
| | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p |
| Laboratório | 5 | 66,9 | 4,26 | 0,002 | 5 | 77,0 | 2,75 | 0,028 |
| Lotes | 2 | 7237,4 | 460,58 | <0,001 | 2 | 6157,6 | 220,0 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 10 | 18,7 | 1,19 | 0,318 | 10 | 36,2 | 1,29 | 0,258 |
| Resíduo | 54 | 15,7 | | | 54 | 28,0 | | |
| CV (%) | | 6,85 | | | | 13,90 | | |
| | $\chi^2 = 1,57$; K-S = 0,055; DW = 2,43 | | | | $\chi^2 = 0,74$; K-S = 0,10; DW = 2,15 | | | |
| Fontes de variação | <i>Peltophorum dubium</i> | | | | <i>Senna macranthera</i> | | | |
| | gl | QM | F | valor-p | gl | QM | F | valor-p |
| Laboratório | 6 | 36,4 | 2,95 | 0,013 | 5 | 29,77 | 1,23 | 0,306 |
| Lotes | 2 | 4541,9 | 367,40 | <0,001 | 2 | 2968,7 ₇ | 123,16 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 12 | 27,5 | 2,22 | 0,021 | 10 | 16,39 | 0,68 | 0,738 |
| Resíduo | 63 | 12,4 | | | 54 | 24,10 | | |
| CV (%) | | 7,44 | | | | 10,42 | | |
| | $L = 2,86$; K-S = 0,095; DW = 2,48 | | | | $\chi^2 = 0,81$; K-S = 0,069; DW = 2,08 | | | |

¹gl: grau de liberdade; QM: quadrado médio; F: estatística de Snedecor; valor-p: valor de probabilidade ou nível descritivo; CV: coeficiente de variação do experimento; χ^2 , K-S e DW: estatísticas dos testes de Bartlett, Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors e Durbin-Watson; valores em negrito indicam variâncias homogêneas, resíduos normalmente distribuídos e independentes à significância de 0,01.

Como consequência da transformação, o efeito de laboratório não significativo para plântulas normais de *Acacia polyphylla*, passou a ser significativo na escala transformada. Para *Jacaranda micrantha*, *Peltophorum dubium* e *Senna macranthera*, a significância para os efeitos principais e para a interação em escala transformada não foi alterada em relação à escala original.

Apesar da transformação de dados se mostrar eficiente na solução de problemas envolvendo quebra de pressuposições nos modelos lineares, nem sempre este artifício é a melhor opção. Como mostrou Montgomery (2000), a abordagem generalizada foi superior à abordagem de transformação e não-paramétrica e a utilização da técnica de modelos lineares generalizados explicou melhor a variabilidade dos dados em estudo.

5.1.2 Análise conjunta de experimentos

Mesmo com os resíduos independentes para os percentuais de plântulas normais, foram questionadas as análises feitas utilizando-se a estrutura do modelo fatorial, que exige a casualização de todos os fatores. O fator laboratório do modelo de análise de variância (Tabelas 7 e 8) não seguiu o princípio da casualização, uma vez que experimentos independentes com o fator lote como única fonte de variação do modelo foram conduzidos em cada laboratório.

A técnica de análise conjunta ou de grupos de experimentos é indicada em situações em que experimentos são realizados em locais distintos (PIMENTEL-GOMES, 2000). Neste contexto, os diferentes locais são os laboratórios, onde cada experimento é realizado individualmente na estrutura ou delineamento (DIC), com lotes (tratamentos) previamente casualizados. Este procedimento faz com que os testes para os efeitos em estudo sejam mais eficientes, visto que na análise conjunta há fatores de correção para o resíduo (SKOL et al., 2006).

Para cada grupo de experimento realizados em cada laboratório foram feitos estudos de pressuposições antes do estudo em conjunto dos experimentos e para todas as espécies foram satisfeitas.

As espécies *Acacia polyphylla*, *Astronium fraxinifolium*, *Cariniana estrellensis*, *Cedrela fissilis*, *Cedrella odorata*, *Ceiba speciosa*, *Citharexylum myrianthum*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Guazuma ulmifolia*, *Jacaranda cuspidifolia*, *Jacaranda micrantha*, *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Ormosia arborea*, *Parkia pendula*, *Peltophorum dubium*, *Pseudobombax tomentosum*, *Pterogyne nitens*, *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, *Senna macranthera*, *Tabebuia chrysotricha* e *Tabebuia rosea-alba* apresentaram razões (*R*) menores que sete, entre o maior e menor quadrado médio do resíduo e entre os experimentos independentes (Tabela 9). Segundo Banzatto e Kronka (1995), se o valor do *R* for inferior a sete, está garantida a homogeneidade dos quadrados médios dos resíduos e assim a análise conjunta pode ser realizada sem necessidade de correções para as estimativas dos resíduos. Dessa espécies, com exceção de *Jacaranda cuspidifolia* e *Pseudobombax tomentosum* que apresentaram interação significativa (Tabela 7), os quadrados médios dos efeitos principais de lotes e laboratórios foram testados com o resíduo médio, uma vez que a interação foi não significativa (*valor – p > 0,01*) e, portanto, a significância de ambos coincidiu integralmente com a análise de variância (Tabela 7).

Para *Jacaranda cuspidifolia* e *Pseudobombax tomentosum*, o quadrado médio dos efeitos principais (lote e laboratório) foi testado com o quadrado médio da interação. Como consequência, o efeito significativo para laboratório na análise de variância (Tabela 7) tornou-se não significativo na análise conjunta, para as duas espécies (Tabela 10). Segundo Banzatto e Kronka (1995), Pimentel-Gomes (2000) e Morais (2001), quando o efeito da interação é significativo, o teste dos efeitos principais deve ser realizado pela interação.

As espécies *Cybistax antisiphilitica*, *Lafoensia pacari*, *Parapiptadenia rigida* e *Platymenia reticulata* apresentaram razão entre o maior e o menor quadrado médio dos experimentos independentes maior que sete (Tabela 9). Como consequência da correção de Satterthwaite (1946), os graus de liberdade do resíduo da análise conjunta foram inferiores aos da análise de variância, mas sem alteração do resíduo (Tabela 11). Esta correção dos graus de liberdade é uma indicação apresentada por Cochran (1954) e Pimentel-Gomes (2000).

Com isso, a análise conjunta diferiu da fatorial apenas nos casos em que a razão dos quadrados médios dos resíduos foi maior que sete, mas nestas situações os resultados inferenciais sobre os fatores não foram alterados.

TABELA 9. Valores de quadrados médios do resíduo para as análises de variância de plântulas normais de 25 espécies florestais nativas em experimentos conduzidos por 15 laboratórios, em delineamento inteiramente casualizado, com um fator (lotes) e suas respectivas razões entre os maiores e menores valores (R).

| Espécies ¹ | Quadrados médios dos resíduos | | | | | | | | | | | | | | | R | |
|--|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | | |
| <i>Acacia polyphylla</i> | | 9,28 | | 9,69 | | 19,57 | | | 33,46 | 14,7 | 7,59 | | | | | 4,41 | |
| <i>Astronium fraxinifolium</i> | 41,7 | 20,75 | | | 18,1 | 43,0 | | | 72,1 | | 19,36 | | | | | 3,98 | |
| <i>Cariniana estrellensis</i> | | | 56,1 | | | 57,7 | 63,8 | | 79,4 | 25,2 | | | | | 23,9 | 3,32 | |
| <i>Cedrela fissilis</i> | | | 35,4 | 46,4 | | 26,1 | | | 90,0 | | 88,1 | 39,9 | | | | 3,45 | |
| <i>Cedrela odorata</i> | 31,2 | 27,8 | 46,4 | 31,2 | | 50,1 | 40,0 | | 44,9 | | 30,7 | | | | | 1,80 | |
| <i>Ceiba speciosa</i> | 46,7 | | | 48,7 | | | | | 136,7 | 103,0 | 129,1 | | 56,7 | | | 2,93 | |
| <i>Citharexylum myrianthum</i> | | | 60,2 | 32,3 | | 14,1 | | | | 29,5 | | 58,6 | | 39,9 | | 4,27 | |
| <i>Cybistax antisyphilitica</i> | 39,4 | | 37,3 | | 47,1 | 38,0 | 75,3 | 33,1 | 60,7 | 5,0 | 13,0 | | | | | 15,1 | |
| <i>Enterolobium contortisiliquum</i> | 32,8 | | | 13,4 | | 8,7 | 29,1 | 26,6 | 42,6 | 8,3 | | 21,4 | | | | 5,13 | |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> | | | 37,1 | 13,8 | | 18,8 | | | | 36,9 | | 38,7 | | 72,8 | | 5,27 | |
| <i>Jacaranda cuspidifolia</i> | | 19,11 | 24,22 | 24,78 | | | 22,89 | | 55,44 | | 28,06 | | | | | 86,89 | 4,55 |
| <i>Jacaranda micrantha</i> | | 42,13 | | 14,51 | 41,81 | 13,37 | | | 43,84 | 12,28 | | | | | | 3,57 | |
| <i>Lafoensia pacari</i> | 33,0 | 27,1 | | | 21,6 | | 4,5 | | 34,0 | | 25,0 | | | | | 7,56 | |
| <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> | 85,7 | 15,1 | | | | 23,0 | | | 33,8 | 18,3 | | | 51,4 | | | 5,67 | |
| <i>Ormosia arborea</i> | 30,33 | | | 63,33 | 31,11 | 63,33 | 86,0 | | | | | | | | 95,33 | 3,14 | |
| <i>Parapiptadenia rigida</i> | 44,22 | 147,3 | | | | 36,61 | 20,67 | | 30,11 | | | | | 36,33 | | 7,13 | |
| <i>Parkia pendula</i> | | | | 21,61 | 50,0 | | | | 73,11 | 31,39 | | | | 45,19 | 53,56 | 3,38 | |
| <i>Peltophorum dubium</i> | 10,90 | 14,12 | | | | | 18,92 | | | 7,61 | 10,81 | | 9,34 | | | 14,83 | 2,49 |
| <i>Platymenia reticulata</i> | 60,67 | 70,56 | 76,67 | | | | 38,56 | | | | 21,64 | 8,72 | | | | | 8,79 |
| <i>Pseudobombax tomentosum</i> | 36,4 | 39,8 | 20,8 | | | | | | | 23,2 | 7,4 | 38,1 | | 28,2 | | | 5,38 |
| <i>Pterogyne nitens</i> | | | 27,7 | | 29,5 | 27,4 | 38,1 | 30,1 | | 23,0 | | | | | | | 1,66 |
| <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> | 29,56 | | | 51,67 | | | 32,67 | 40,67 | | 39,0 | | 22,06 | | | | | 2,34 |
| <i>Senna macranthera</i> | | | 27,64 | 28,12 | 8,93 | | | 27,67 | | 21,36 | | 30,91 | | | | | 3,46 |
| <i>Tabebuia chrysotricha</i> | 11,44 | 9,89 | | 25,0 | 22,11 | | | | | 19,33 | 12,25 | 18,19 | | | | | 2,53 |
| <i>Tabebuia rosea-alba</i> | 71,11 | | 24,67 | 24,11 | | 48,44 | 68,19 | | | | 120,1 | | | | | | 5,0 |

¹Valores de quadrados médios em negrito dentro de cada espécie representam as maiores e menores variâncias; R em negrito representam quocientes entre a maior e a menor variância inferiores a sete.

TABELA 10. Resumo da análise de variância conjunta para a porcentagem de plântulas normais para espécies com razão menor que sete de variâncias entre experimentos independentes e interação entre lote e laboratório significativa.

| Fontes de variação | gl | Análise conjunta | | | Análise conjunta | | | |
|--------------------|----|-------------------------------|--------------------------------|-----------|------------------|----------------|---------------|--------|
| | | <i>Jacaranda cuspidifolia</i> | <i>Pseudobombax tomentosum</i> | <i>QM</i> | <i>F</i> | <i>valor-p</i> | <i>QM</i> | |
| Laboratório | 6 | 187,1 | 1,92 | 0,159 | 6 | 187,0 | 2,34 | 0,099 |
| Lote | 2 | 13619,1 | 139,40 | <0,001 | 2 | 33365,0 | 417,35 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 12 | 97,7 | 2,61 | 0,007 | 12 | 80,0 | 2,89 | 0,003 |
| Resíduo | 63 | 37,3 | | | 63 | 28,0 | | |

gl: graus de liberdade; no caso dos resíduos, correspondem à média aritmética dos graus de liberdade dos resíduos dos experimentos independentes; *QM*: quadrado médio; *F*: estatística de Snedecor; valores em negrito indicam que os fatores e/ou a interação foram significativos (*valor-p*<0,01); *valor-p*: valor de probabilidade ou nível descritivo da amostra.

TABELA 11. Resumo da análise de variância conjunta para a porcentagem de plântulas normais para espécies com razão de variâncias entre experimentos independentes maior que sete.

| Fontes de variação | <i>Cybistax antisiphilitica</i> | | | | <i>Lafoensia pacari</i> | | | |
|--------------------|---------------------------------|-----------|---------------|----------------|------------------------------|-----------|---------------|----------------|
| | gl | <i>QM</i> | <i>F</i> | <i>valor-p</i> | gl | <i>QM</i> | <i>F</i> | <i>valor-p</i> |
| Laboratório | 8 | 146,0 | 3,76 | <0,001 | 5 | 121,7 | 5,03 | <0,001 |
| Lote | 2 | 49138,0 | 1266,4 | <0,001 | 2 | 14244,2 | 588,74 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 16 | 38,6 | 0,99 | 0,478 | 10 | 58,2 | 2,41 | 0,021 |
| Resíduo combinado | 64 | 38,8 | | | 46 | 24,2 | | |
| Resíduo (ANOVA) | 81 | 38,8 | | | 54 | 24,2 | | |
| Fontes de variação | <i>Parapiptadenia rigida</i> | | | | <i>Platymenia reticulata</i> | | | |
| | gl | <i>QM</i> | <i>F</i> | <i>valor-p</i> | gl | <i>QM</i> | <i>F</i> | <i>valor-p</i> |
| Laboratório | 5 | 39,1 | 0,74 | 0,599 | 5 | 225,3 | 4,88 | <0,001 |
| Lote | 2 | 17378,4 | 330,73 | <0,001 | 2 | 18129,1 | 392,96 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 10 | 46,9 | 0,89 | 0,552 | 10 | 89,2 | 1,93 | 0,068 |
| Resíduo combinado | 32 | 52,5 | | | 42 | 46,1 | | |
| Resíduo (ANOVA) | 54 | 52,5 | | | 54 | 46,1 | | |

gl: graus de liberdade; no caso dos resíduos, correspondem à correção proposta por Satterthwaite (1946); *QM*: quadrado médio; *F*: estatística de Snedecor; valores em negrito indicam que os fatores e/ou a interação foram significativos (*valor-p*<0,01); *valor-p*: valor de probabilidade ou nível descritivo da amostra;

5.2 Modelos lineares generalizados no processo de validação

Mesmo que a maioria dos resíduos para os percentuais de plântulas normais das 25 espécies tenham apresentado distribuição normal, tem-se que a variável original está expressa de forma categórica como número de plântulas normais em 25 sementes, caracterizada pela distribuição Binomial. Logo, optou-se pela utilização dos MLG para estudar os efeitos principais e a interação desta variável a partir da distribuição Binomial, com função de ligação logística. Para a variável percentagem de plântulas

normais, modelou-se pela distribuição Normal, com função de ligação identidade, esta última, com o intuito de confirmar numericamente a generalização dos modelos lineares pelos modelos generalizados. A aplicação de Modelos Lineares Generalizados (MLG) em testes interlabororiais pode ser vista em trabalhos publicados nos boletins mais recentes da ISTA (MAZOR et al., 2011; SPERLINGSSON, 2011).

A partir da Tabela 1D, ANEXO D, foi obtida a tabela de análise de desvios (ANODEV) das 25 espécies para a distribuição Binomial, fazendo-se a diferença entre os graus de liberdade e entre os desvios dos modelos com menor parâmetro e maior parâmetro (Tabela 12).

Da mesma forma que para a Binomial, como esperado, em todas as espécies, a análise de desvio para a distribuição Normal não diferiu da fatorial (Tabela 7), em que as diferenças de graus de liberdade, estatísticas F e valor-pes foram iguais. Neste caso, a diferença de desvios equivale às somas de quadrados da análise de variância. Quanto ao parâmetro de dispersão do MLG, este corresponde ao quadrado médio do resíduo no modelo linear. Desta maneira, a significância coincidiu integralmente com a análise de variância (Tabela 7). Assim, confirmam-se os resultados de McCullagh e Nelder (1989), Demétrio e Cordeiro (2007) e Paula (2010), em que os MLG com distribuição Normal e com função de ligação identidade é um caso particular de modelo linear. Logo, há a necessidade de se testar todas as pressuposições deste modelo.

Para a modelagem utilizando a distribuição Binomial com função de ligação logística, observou-se que, para todas as espécies, as estimativas das diferenças de desvios foram distintas em relação aos da distribuição Normal, onde estas foram menores para a Binomial. Isto era esperado, pois o estimador da função desvio se difere para os dois casos, como mostrado por Paula (2010).

Observou-se também grande diferença entre os valores- p nas duas situações (percentagem e número de plântulas normais), o que também era de se esperar, pois os estimadores e as estimativas para as diferenças de desvios e os valores críticos eram diferentes, sendo este último baseado na distribuição F para a Normal e Qui-quadrado para a Binomial.

Semelhante ao caso Normal ou modelos clássicos, para a Binomial os maiores valores das diferenças de desvios foram obtidos para o efeito de lotes, uma vez que foram previamente formados para apresentar qualidade distinta e, como consequência, os valores de probabilidade (valor- p) foram baixos ($valor - p < 0,01$) e os efeitos para lotes significativos (Tabela 12). Em contrapartida, se esperava que o efeito de

laboratório, para todas as espécies, fosse não significativo, indicando números próximos de plântulas normais entre laboratórios, o que não ocorreu para *Citharexylum myrianthum* e *Ormosia arborea*. Além disso, para a espécie *Parkia pendula*, o efeito da interação também foi significativo, o que implica em número de plântulas normais distintos entre laboratórios para um mesmo lote. Então, altos valores de diferença de desvios refletiram uma diferença relevante, verificada também pelo teste de Qui-quadrado, em que a ordem de qualidade dos lotes foi dependente dos laboratórios executores.

Para as espécies *Acacia polyphylla*, *Astronium fraxinifolium*, *Cariniana estrellensis*, *Cedrela fissilis*, *Cedrella odorata*, *Ceiba speciosa*, *Cybistax antisyphilitica*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Guazuma ulmifolia*, *Jacaranda cuspidifolia*, *Jacaranda micrantha*, *Lafoensia pacari*, *Mimosa caesalpiniaeefolia*, *Parapiptadenia rigida*, *Peltophorum dubium*, *Platymenia reticulata*, *Pseudobombax tomentosum*, *Pterogyne nitens*, *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, *Senna macranthera*, *Tabebuia chrysotricha* e *Tabebuia rosea-alba*, tanto o efeito dos laboratórios, quanto o da interação não foram significativos, a 0,01 de significância (Tabela 12). Baixos valores de diferença de desvios para laboratório e interação revelaram diferença irrelevante, comprovada pelo Qui-quadrado entre laboratórios, ao analisarem os mesmos lotes. No caso da interação, os baixos valores refletiram que a ordem de qualidade dos lotes e a intensidade das diferenças foi mantida pelos laboratórios e que os efeitos dos fatores foram independentes.

Para as percentagens de plântulas normais que tiveram alguma das pressuposições (normalidade, homogeneidade e independência) não atendidas, como foi o caso das espécies *Acacia polyphylla*, *Jacaranda micrantha*, *Peltophorum dubium* e *Senna macranthera*, fica claro que a escolha da modelagem pela distribuição Binomial em substituição ao modelo clássico Normal foi a melhor alternativa, pois a teoria de modelos lineares generalizados, neste caso, para a distribuição Binomial, não é limitada à necessidade de satisfazer pressuposições, como nos modelos lineares. Além disso, pelos gráfico “Normal plots” (Figura 2a,l,r,w), observa-se, para estas espécies, o grande número de pontos fora do envelope simulado e com padrão não linear para a distribuição Normal.

Para as outras espécies que tiveram as pressuposições atendidas, a escolha entre as distribuições que melhor se modelaram ao conjunto de dados foi realizada pela análise de diagnóstico dos gráficos de resíduos versus valores ajustados, Cook e Normal

de probabilidade com envelope simulado (“Normal plots”). Pela análise de diagnóstico para os gráficos do resíduo versus valores ajustados em todas as espécies, independente da distribuição utilizada, observou-se que se distribuíram de forma aleatória em relação à média zero (Figura 1Ea-y, ANEXO E). Também foi observado a presença de poucos pontos influentes (Figura 2Ea-y, ANEXO E) que não influenciaram as estimativas dos coeficientes do modelo e, consequentemente, os testes de significância. Para a avaliação das distribuições alegadas para as duas formas da variável resposta (percentual e número de plântulas normais), utilizou-se dos gráficos “Normal plots” (Figura 2a-y). Estes supõem distribuição Normal para o primeiro formato da variável resposta e Binomial para o segundo formato da variável resposta. Nestes, observou-se, que para a maioria das espécies, a modelagem mais adequada foi a realizada pela distribuição Binomial, onde foi constatada menor quantidade de observações se distanciando da reta de ajuste e com maior acomodação dos pontos dentro do envelope de 95% de confiança, indicando a adequação da distribuição alegada (Binomial), exceto para *Cedrela fissilis*, *Citharexylum myrianthum*, *Lafoensia pacari*, *Platymenia reticulata* e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, em que a modelagem pela distribuição Normal foi melhor (Figura 2a-y).

Segundo Demétrio e Cordeiro (2007), tais diagnósticos devem ser realizados para checagem do ajuste do modelo à função de variância (distribuição dos dados), da função de ligação ou ainda porque um ou mais valores observados são discrepantes em relação aos demais. Esta última pode ocorrer devido a existencia de pontos nos extremos da amplitude da covariável; porque estão realmente errados como resultado de uma leitura ou transcrição equivocadas, ou ainda porque algum fator não controlado influenciou a sua obtenção.

Das 20 espécies que se adequaram à distribuição Binomial, apenas os métodos para teste de germinação aplicados à *Ormosia arborea* e *Parkia pendula* não foram validados, pois tiveram, respectivamente, laboratório e interação (laboratório*lote) significativos. Para a espécie *Ormosia arborea*, este resultado pode ser devido ao fato dos resultados dos testes de germinação obtidos pelos laboratórios não terem sido consistentes, necessitando de uma nova formação de lotes e envio aos laboratórios para novos testes de germinação. Ao final, foram 18 métodos validados pelo modelo Binomial (Tabela 12). Para as restantes cinco espécies que seguiram a distribuição Normal, as espécies que não tiveram seus métodos validados foram *Citharexylum myrianthum*, *Lafoensia pacari* e *Platymenia reticulata*, restando então, duas espécies

com métodos validados, *Cedrela fissilis* e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Tabela 7).

Logo, dentre as 25 espécies, validou-se os métodos de 20 espécies, um total de 80% dos métodos para teste de germinação validado. Dentre estes, 72% dos conjuntos de dados se adequaram ao modelo com distribuição Binomial e apenas 8% pela distribuição Normal. Os modelos lineares generalizados se mostraram como uma ferramenta interessante quando se tem desvios de normalidade e homogeneidade e uma opção promissora para analisar dados que seguem distribuição Binomial, como é o caso do teste de germinação.

Tais resultados corroboram com os encontrados por Cox (1996), Papke e Wooldridge (1996), Paolina (2001), Kieschnick e McCullough (2003) e Ferrari e Cribari-Neto (2004), que sugerem na modelagem de proporções outras metodologias no lugar dos modelos lineares Normais. Estes consideraram falha a utilização dos modelos clássicos, pois a esperança condicional desse tipo de variável só é definida sobre o intervalo [0,1] e, portanto, sua função, em relação às variáveis explicativas, é não-linear.

TABELA 12. Resumo da análise de desvio (ANODEV) para o número de plântulas normais de 25 espécies florestais de um delineamento inteiramente casualizado, com dois fatores e interação modelados pela distribuição Binomial, com função de ligação logística.

| Fonte de Variação | <i>Acacia polyphylla</i> | | | <i>Astronium fraxinifolium</i> | | | <i>Cariniana estrellensis</i> | | | <i>Cedrela fissilis</i> | | |
|-------------------|--------------------------------------|---------------------|---------|--------------------------------|---------------------|---------|--------------------------------|---------------------|---------|---------------------------------|---------------------|---------|
| | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p |
| Laboratório | 5 | 5,6 | 0,350 | 5 | 10,2 | 0,070 | 5 | 4,8 | 0,437 | 5 | 4,4 | 0,499 |
| Lote | 2 | 381,7 | <0,001 | 2 | 237,1 | <0,001 | 2 | 154,2 | <0,001 | 2 | 286,9 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 10 | 6,1 | 0,814 | 10 | 8,3 | 0,599 | 10 | 14,2 | 0,163 | 10 | 6,6 | 0,766 |
| Resíduo | 54 | 29,5 | | 54 | 28,1 | | 54 | 30,5 | | 54 | 41,6 | |
| Fonte de Variação | <i>Cedrela odorata</i> | | | <i>Ceiba speciosa</i> | | | <i>Citharexylum myrianthum</i> | | | <i>Cybistax antisiphilitica</i> | | |
| | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p |
| Laboratório | 7 | 5,8 | 0,568 | 5 | 8,3 | 0,139 | 5 | 15,6 | 0,008 | 8 | 11,6 | 0,171 |
| Lote | 2 | 328,0 | <0,001 | 2 | 226,2 | <0,001 | 2 | 191,2 | <0,001 | 2 | 1094,1 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 14 | 7,7 | 0,904 | 10 | 5,0 | 0,891 | 10 | 5,1 | 0,887 | 16 | 10,5 | 0,838 |
| Resíduo | 72 | 38,9 | | 54 | 58,3 | | 54 | 26,3 | | 81 | 56,8 | |
| Fonte de Variação | <i>Enterolobium contortisiliquum</i> | | | <i>Guazuma ulmifolia</i> | | | <i>Jacaranda cuspidifolia</i> | | | <i>Jacaranda micrantha</i> | | |
| | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p |
| Laboratório | 7 | 2,7 | 0,912 | 5 | 4,6 | 0,470 | 6 | 12,4 | 0,054 | 5 | 8,8 | 0,117 |
| Lote | 2 | 1160,7 | <0,001 | 2 | 131,6 | <0,001 | 2 | 298,9 | <0,001 | 2 | 329,3 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 14 | 13,4 | 0,492 | 10 | 1,8 | 0,997 | 12 | 15,7 | 0,209 | 10 | 13,1 | 0,220 |
| Resíduo | 72 | 40,5 | | 54 | 23,9 | | 63 | 26,1 | | 54 | 45,7 | |
| Fonte de Variação | <i>Lafoensia pacari</i> | | | <i>Mimosa caesalpiniæfolia</i> | | | <i>Ormosia arborea</i> | | | <i>Parapiptadenia rigida</i> | | |
| | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p |
| Laboratório | 5 | 6,9 | 0,230 | 5 | 2,0 | 0,848 | 5 | 39,0 | <0,001 | 5 | 2,2 | 0,823 |
| Lote | 2 | 337,8 | <0,001 | 2 | 464,5 | <0,001 | 2 | 183,8 | <0,001 | 2 | 469,3 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 10 | 14,2 | 0,163 | 10 | 4,0 | 0,946 | 10 | 17,7 | 0,061 | 10 | 11,8 | 0,302 |
| Resíduo | 54 | 25,8 | | 54 | 37,5 | | 54 | 38,4 | | 54 | 42,5 | |

...Continua...

gl: grau de liberdade; valores em negrito indicam que os fatores e/ou a interação foram significativos (valor-p<0,01); valor-p: valor de probabilidade ou nível descritivo da amostra.

TABELA 12, Cont.

| Fonte de Variação | <i>Parkia pendula</i> | | | <i>Peltophorum dubium</i> | | | <i>Platymenia reticulata</i> | | | <i>Pseudobombax tomentosum</i> | | |
|-------------------|-----------------------|---------------------|---------|---------------------------|---------------------|---------|------------------------------|---------------------|---------|--------------------------------|---------------------|---------|
| | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p |
| Laboratório | 5 | 9,4 | 0,092 | 6 | 6,2 | 0,396 | 5 | 11,6 | 0,041 | 6 | 11,9 | 0,065 |
| Lote | 2 | 649,3 | <0,001 | 2 | 259,9 | <0,001 | 2 | 402,2 | <0,001 | 2 | 750,1 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 10 | 25,6 | 0,004 | 12 | 11,2 | 0,510 | 10 | 10,8 | 0,374 | 12 | 19,9 | 0,069 |
| Resíduo | 54 | 38,4 | | 63 | 23,4 | | 54 | 39,9 | | 63 | 34,1 | |

| Fonte de Variação | <i>Pterogyne nitens</i> | | | <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> | | | <i>Senna macranthera</i> | | | <i>Tabebuia chrysotricha</i> | | |
|-------------------|-------------------------|---------------------|---------|---|---------------------|---------|--------------------------|---------------------|---------|------------------------------|---------------------|---------|
| | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p |
| Laboratório | 5 | 6,6 | 0,256 | 5 | 5,9 | 0,321 | 5 | 3,8 | 0,573 | 6 | 2,8 | 0,830 |
| Lote | 2 | 137,9 | <0,001 | 2 | 229,8 | <0,001 | 2 | 172,0 | <0,001 | 2 | 1153,1 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 10 | 2,1 | 0,995 | 10 | 9,3 | 0,511 | 10 | 5,3 | 0,872 | 12 | 9,6 | 0,653 |
| Resíduo | 54 | 18,6 | | 54 | 45,0 | | 54 | 38,9 | | 63 | 19,0 | |

| Fonte de Variação | <i>Tabebuia rosea-alba</i> | | |
|-------------------|----------------------------|---------------------|---------|
| | Diferença de gl | Diferença de Desvio | valor-p |
| Laboratório | 5 | 9,5 | 0,091 |
| Lote | 2 | 411,0 | <0,001 |
| Laboratório*Lote | 10 | 7,7 | 0,661 |
| Resíduo | 54 | 45,9 | |

gl: grau de liberdade; valores em negrito indicam que os fatores e/ou a interação foram significativos (valor-p<0,01); valor-p: valor de probabilidade ou nível descritivo da amostra.

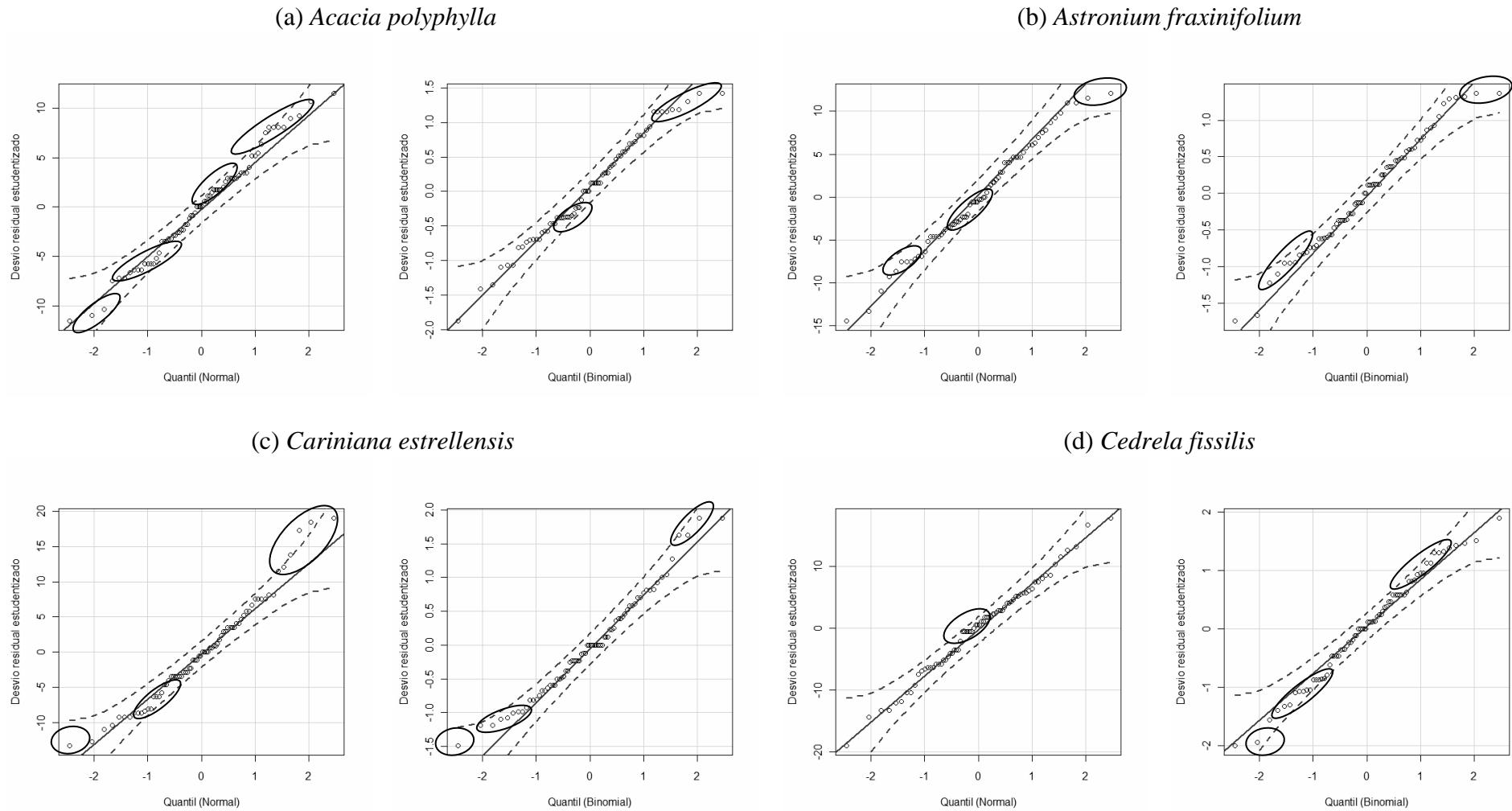
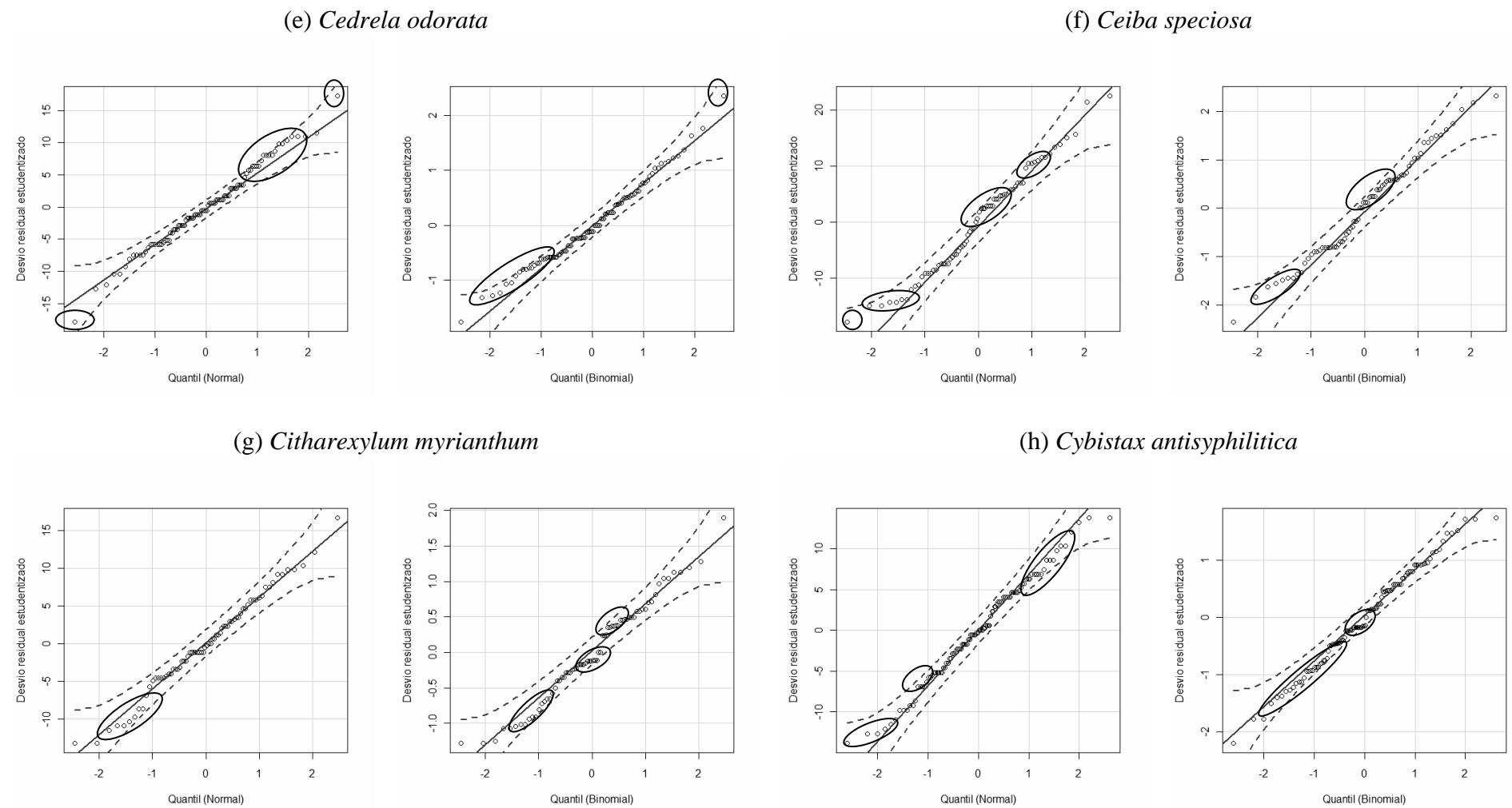


FIGURA 2. “Normal plots” com envelope simulado a 95% de confiança para diagnóstico do percentual e número de plântulas normais de 25 espécies florestais, com as respectivas distribuições, Normal e Binomial. Círculos destacam os desvios da distribuição alegada.
(...Continua...)

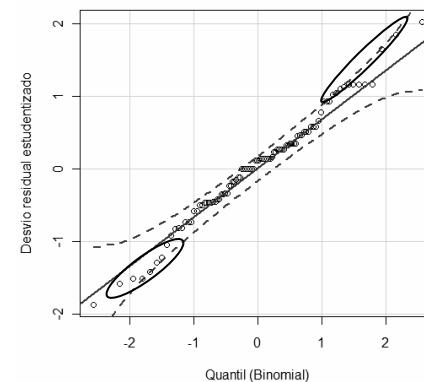
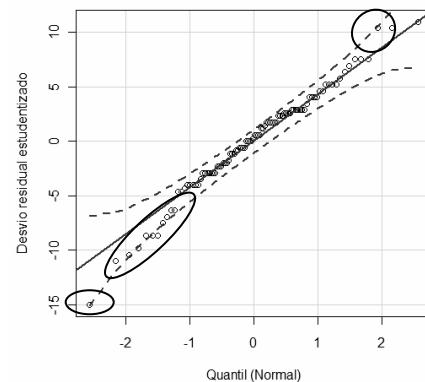
FIGURA 2, Cont.



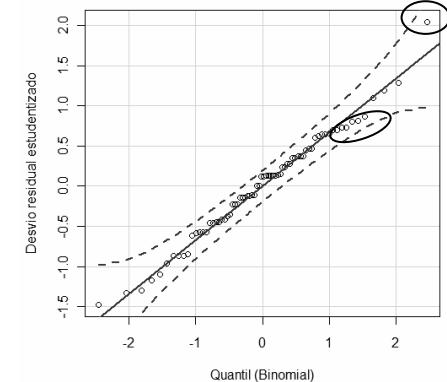
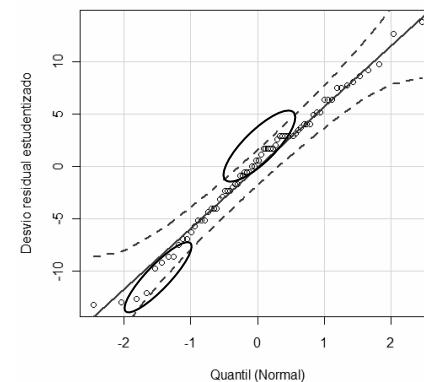
...Continua...

FIGURA 2, Cont.

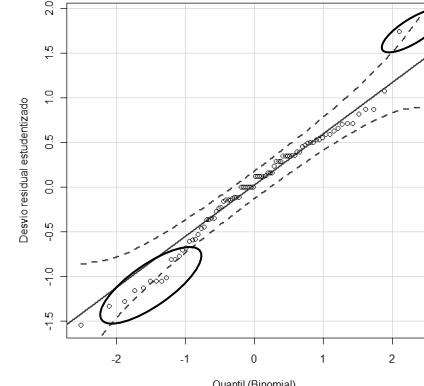
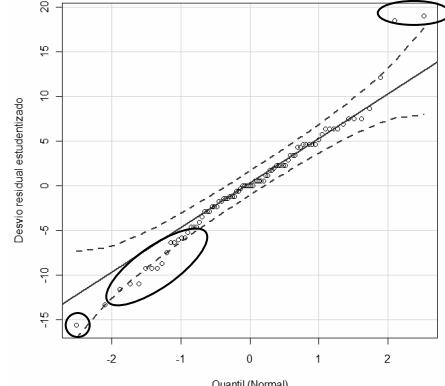
(i) *Enterolobium contortisiliquum*



(j) *Guazuma ulmifolia*



(k) *Jacarandá cuspidifolia*



(l) *Jacarandá micrantha*

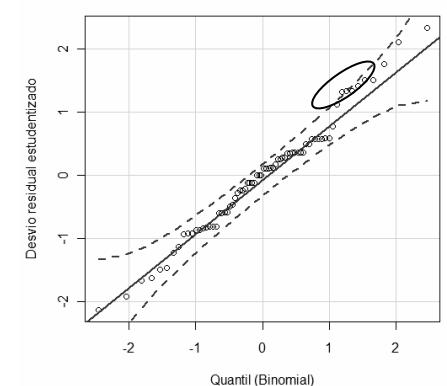
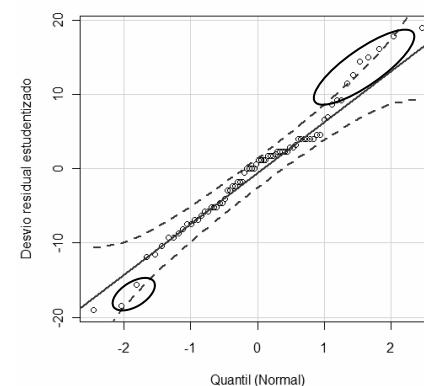
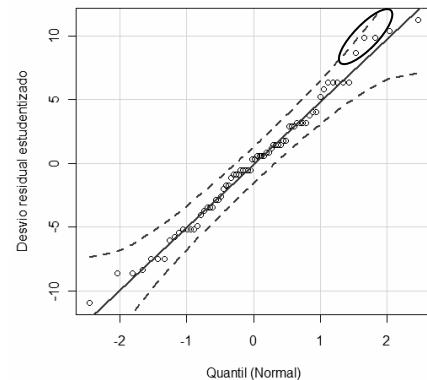
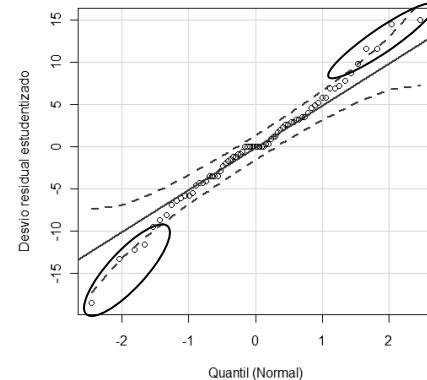


FIGURA 2, Cont.

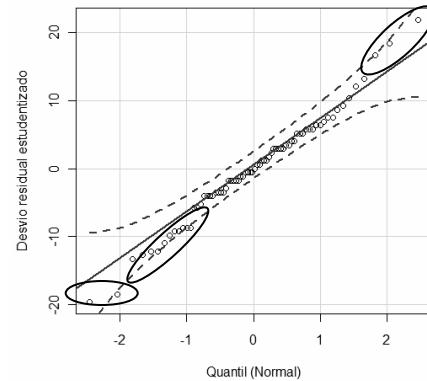
(m) *Lafoensia pacari*



(n) *Mimosa caesalpiniaeefolia*



(o) *Ormosia arbórea*



(p) *Parapiptadenia rigida*

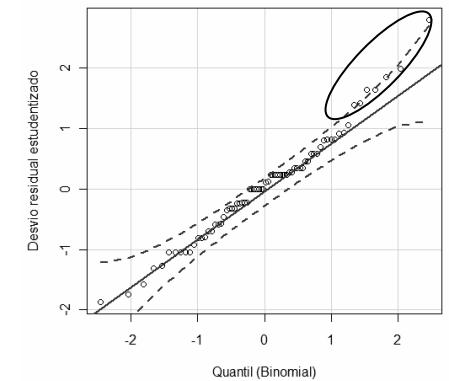
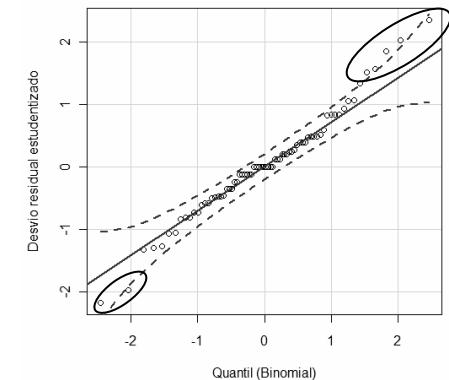
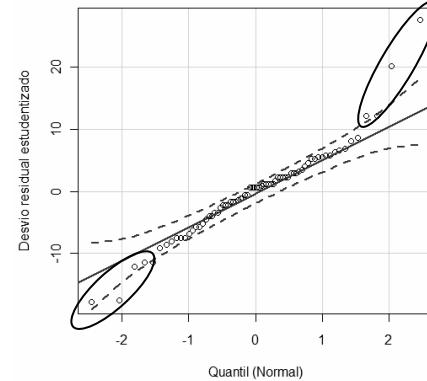
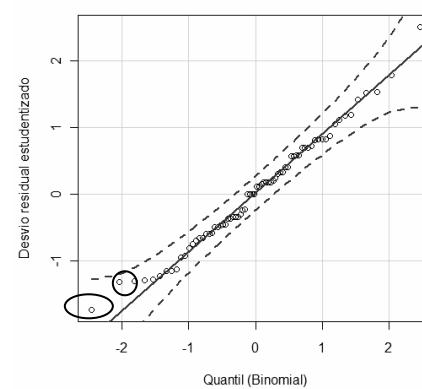
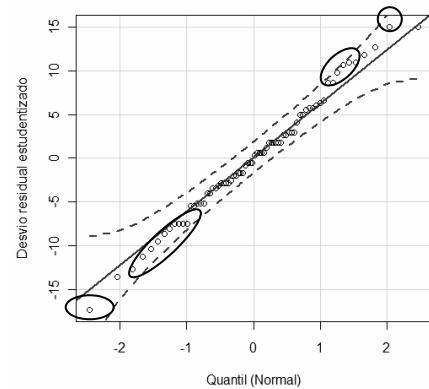
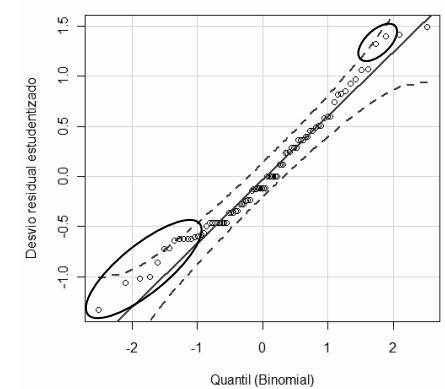
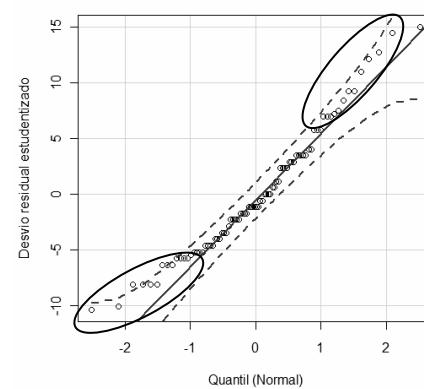


FIGURA 2, Cont.

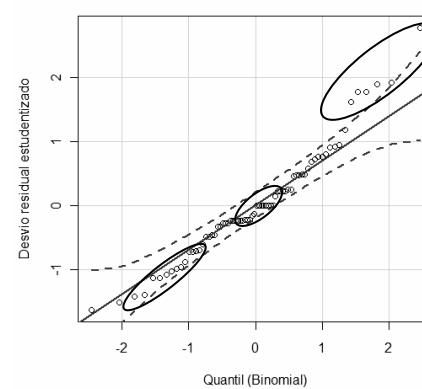
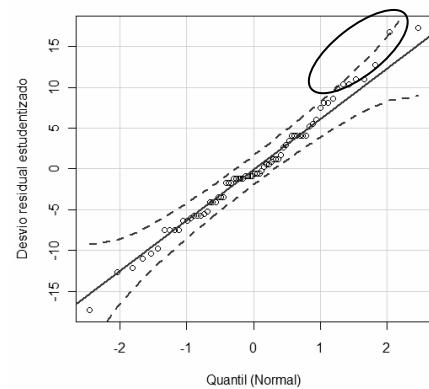
(q) *Parkia pendula*



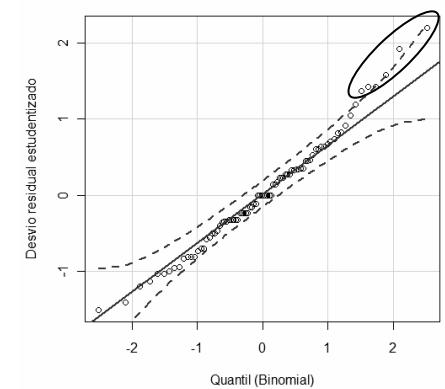
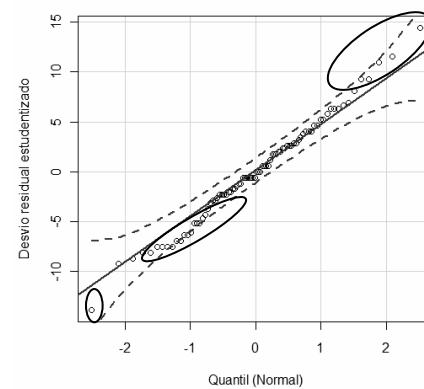
(r) *Peltophorum dubium*



(s) *Platymenia reticulata*



(t) *Pseudobombax tomentosum*

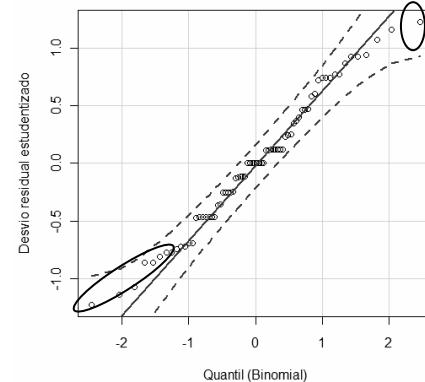
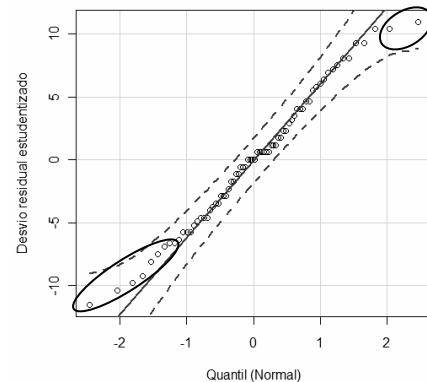


III

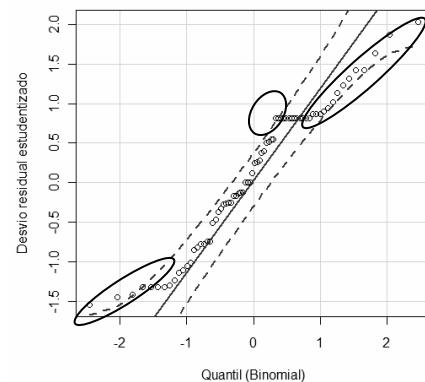
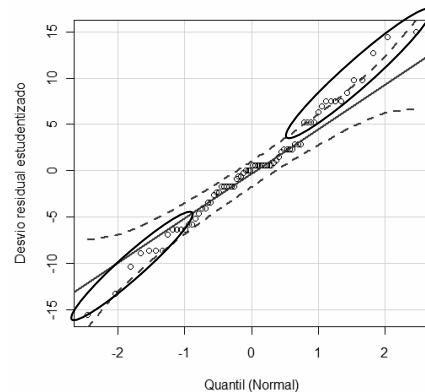
...Continua...

FIGURA 2, Cont.

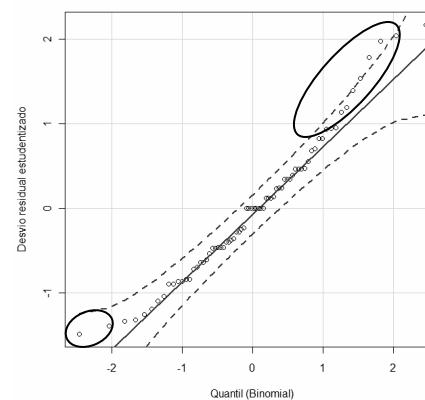
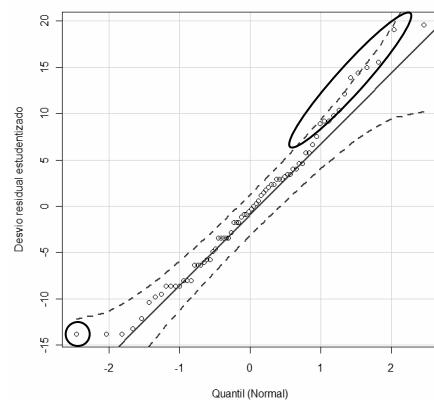
(u) *Pterogyne nitens*



(v) *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*



(w) *Senna macranthera*



(x) *Tabebuia chrysotricha*

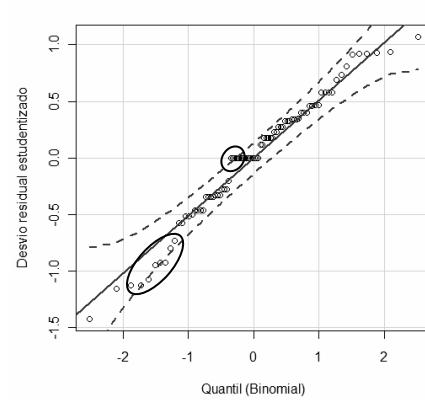
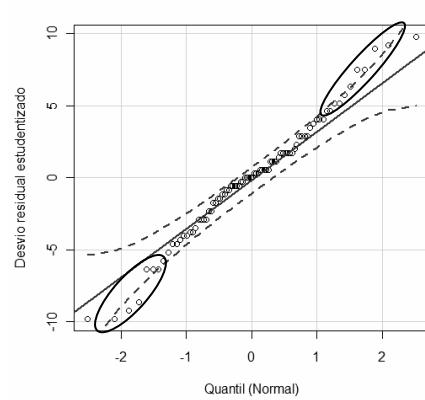
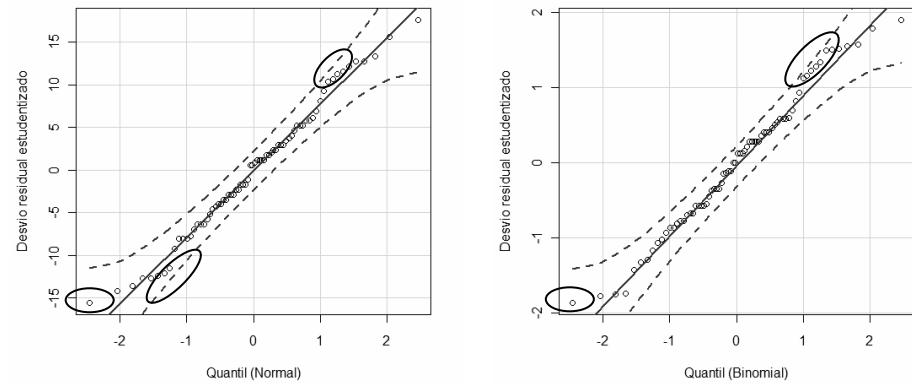


FIGURA 2, Cont.

(y) *Tabebuia rosea-alba*



6. CONCLUSÕES

Nas condições experimentais pode-se concluir que:

A maioria das espécies atendeu às pressuposições de normalidade e independência dos resíduos e homogeneidade das variâncias;

No estudo realizado a partir do modelo clássico, análise de variância, das 25 espécies, 14 delas tiveram os métodos validados, totalizando 56%;

A análise conjunta dos experimentos pouco diferiu em relação ao modelo clássico de análise de variância, apresentando os mesmos 56% de métodos validados. Diferenças foram observadas quando houve interações significativas ou quando a razão de variâncias entre experimentos independentes foi maior que sete;

Os resultados obtidos pelo modelo clássico diferiram dos resultados modelados pela distribuição Binomial e função de ligação logística, sendo que 20 espécies se adequaram melhor à Binomial e destas, 18 foram validadas, totalizando 72%, ou seja, um aumento de 16%, quando comparado ao modelo clássico.

7. REFERÊNCIAS

- ATKINSON, A. C. **Plots, Transformations and Regression**. Oxford: Clarendon Press, 1985.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3 ed. Jaboticabal: Funep, 1995. 247 p.
- BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Statistical Society A**, [S. l.], v. 160, p. 268–282, 1937.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.
- COCHRAN, W. G. The combination of estimates from different experiments. **Biometrics**, Raleigh, v. 10, p. 101-129, 1954.
- COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental designs**. 2 ed. London: John Wiley, 1957.
- COX, C. Nonlinear quasi-likelihood models: applications to continuous proportions, **Computacional Statistical & Data Analysis**, [S.l.], v 21,p. 449–461, 1996.
- DEMÉTRIO, C. G. B.; CORDEIRO, G. M. Modelos lineares generalizados. In: SEAGRO, 12. E A REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 52. 2007, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2007. p. 161.
- DRAPE, N. R.; SMITH, H. **Applied Regression Analysis**. 2 ed. New York: J. Wiley & Sons, 1981.
- DURBIN, J.; WATSON, G. S. Testing for Serial Correlation in Least Squares Regression, I. **Biometrika**, London, v. 37, p. 409-428. 1950.
- FERRARI, S., CRIBARI-NETO, F. Beta regression for modeling rates and proportions. **Journal of Applied Statistics**, Abingdon, v. 31, p. 799–815, 2004.
- GUJARATI, D.N. **Basic econometrics**. 4th ed., Boston, McGraw–Hill. 2003.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. Germination. In: _____. **International Rules for Seed Testing**. Bassersdorf: ISTA, 2004.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. Method validation for seed testing. Switzerland: ISTA, 2007. 70 p.
- KIESCHNICK, R.; MCCULLOUGH, B. D. Regression analysis of variates observed on (0,1): percentages, proportions and fractions, **Statistical Modelling**, London, v. 3, p. 193–213, 2003.

LEE, Y.; NELDER, J. A.; PAWITAN, Y. **Generalized Linear Models with Random Effects**. New York: Chapman & Hall, 2006.

LEVENE, H. Contributions to probability and statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling. In: OLKIN, I.; CHURYES, S. G.; HEOFFDING, W.; MADOW, W. G.; MANN, H. B. (Ed.). Stanford studies in mathematics and statistics. California: Stanford University Press, 1960. p. 278-292. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?hl=pt-R&lr=&id=ZUSsAAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA278&dq=levene&ots=GakTiBzK1P&sig=W9hFbPqasmXT_ydPwKInd5ajbCg#v=onepage&q=levene&f=false>. Acesso em: 10 fev. 2011.

LILLIEFORS, H. On the Kolmogorov–Smirnov test for normality with mean and variance unknown. **Journal of the American Statistical Association**, New York, v. 62. p. 399–402, 1967.

MARQUES, D.G., STORCK, L., LOPES, S.J., MARTIN, T.N. Qualidade dos ensaios de competição de cultivares de milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 3, p. 381-385, 2000.

MAZOR, L.; DKALO-KEREN, M.; ABU-AKLIN, W.; BERGER, V. Germination test for *Solanum nigrum*. **Seed Testing International**, Bassersdorf, n. 141, p. 25-29. 2011.

MCCULLAGH, P.; NELDER, J. A. **Generalized linear models**. 2. ed. London: Chapman and Hall, 1989.

MCCULLOCH, C. E.; SEARLE, S. R. **Generalized, Linear, and Mixed Models**. John New York: Wiley & Sons, 2000.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. 5. ed. New York: John Wiley e Sons, 2000.

MORAIS, A. R. de. **Estatística Experimental**: uma introdução aos delineamentos e análise de experimento. Lavras: Ed. UFLA, 2001. 197 p.

MYERS, R. H.; MONTGOMERY, D. C.; VINING, G. H. **Generalized Linear Models with applications in Engineering and the Sciences**. New York: John Wiley, 2002.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized Linear Models, **Journal of the Royal Statistical Society A**, London, v. 135, p 370–384, 1972.

PAOLINA, P. Maximum likelihood estimation of models with beta-distributed dependent variables. **Political Analysis**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. 325–346, 2001.

PAPKE, L.; WOOLDRIDGE, J. Econometric methods for fractional response variables with an application to 401(K) plan participation rates. **Journal of Applied Econometrics**, Chichester, v. 11, p. 619–632, 1996.

PAULA, G. A. **Modelos de Regressão com apoio computacional**. São Paulo: IME/USP, 2010. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~giapaula/mlgs.html>> Acesso em: 25 jun. 2011.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba:Ed. Nobel, 2000. 467 p.

QUINN, G. P.; KEOUGH, M. J. **Expreimental Design and data analysis for biologists**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. R Vienna, Áustria: Foundation for Statistical Computing. 2010. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 10 jan. 2011.

RAO, C. R. **Linear Statistical Inference and its Applications**. 2 ed. New York: J. Wiley & Sons, 1973.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Análises estatísticas no SAEG. Viçosa: Ed. UFV, 2001, p. 301.

RODRIGUES, W. C. **Estatística Aplicada**. Rio de Janeiro: FAETEC-RJ, 2008. Disponível em: < <http://pt.scribd.com/doc/53715597/86/Transformacao-Angular-Arcoseno>> Acesso em: 21 nov. 2011.

SATTERTHWAITE, F. E. An approximate distribution of estimates of variance components. **Biometrics**, Washington, For Collins, v.2, n.6, p.110-114, Dec. 1946.

SCHEFFEÉ, H. **The analysis of variance**. New York: Wiley, 1959.

SEBER, G. A. F. **Linear Regression Analysis**. New York : J. Wiley & Sons, 1977.

SKOL, A. D.; SCOTT, L. J.; ABECASIS, G. R.; BOEHNKE, M. Joint analysis is more efficient than replication-based analysis for two-stage genome-wide association studies. **Nature Genetics**. [S. l.], v. 38, n. 2, p.209-213, 2006.

SPERLINGSSON, K.. Alternative embryo extraction procedure for detecting *Ustilago mycelium*. **Seed Testing International**, Bassersdorf, n. 141, p. 30-33. 2011.

WEISBERG, S. **Applied linear regression**. 3. ed. New York: John Wiley, 2005.

ANEXOS

| ANEXO A | Página |
|---|--------|
| FIGURA 1A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Acacia polyphylla</i> | 124 |
| FIGURA 2A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Astronium fraxinifolium</i> | 124 |
| FIGURA 3A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Cariniana estrellensis</i> | 125 |
| FIGURA 4A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Cedrela fissilis</i> | 125 |
| FIGURA 5A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Cedrella odorata</i> | 126 |
| FIGURA 6A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Ceiba speciosa</i> | 126 |
| FIGURA 7A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Citharexylum myrianthum</i> | 127 |
| FIGURA 8A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Cybistax antisyphilitica</i> | 127 |
| FIGURA 9A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Enterolobium contortisiliquum</i> | 128 |
| FIGURA 10A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Guazuma ulmifolia</i> | 128 |
| FIGURA 11A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Jacaranda cuspidifolia</i> | 129 |
| FIGURA 12A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Jacaranda micrantha</i> | 129 |
| FIGURA 13A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Lafoensia pacari</i> | 130 |
| FIGURA 14A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> | 130 |
| FIGURA 15A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Ormosia arborea</i> | 131 |

ANEXO A**Página**

| | |
|---|-----|
| FIGURA 16A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Parapiptadenia rigida</i> | 132 |
| FIGURA 17A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Parkia pendula</i> | 132 |
| FIGURA 18A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Peltophorum dubium</i> | 133 |
| FIGURA 19A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Platymenia reticulata</i> | 133 |
| FIGURA 20A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Pseudobombax tomentosum</i> | 134 |
| FIGURA 21A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Pterogyne nitens</i> | 134 |
| FIGURA 22A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> | 134 |
| FIGURA 23A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Senna macranthera</i> | 135 |
| FIGURA 24A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Tabebuia chrysotricha</i> | 136 |
| FIGURA 25A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida DFFITS com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de <i>outliers</i> para a espécie <i>Tabebuia rosea-alba</i> | 136 |

ANEXO B**Página**

| | |
|--|-----|
| TABELA 1B. Resumo da análise de variância para a porcentagem de plântulas normais de 25 espécies florestais de um delineamento inteiramente casualizado, com dois fatores e interação, incluindo pressuposições de normalidade dos resíduos e homogeneidade de variâncias..... | 137 |
| FIGURA 1B. Gráficos de controle para a média, por lote e por laboratório, do percentual de plântulas normais de cada espécie da Tabela 1, sem possibilidade de melhorar o estudo de R&R..... | 140 |
| FIGURA 2B. Gráficos de controle para a amplitude, por lote e por laboratório, do percentual de plântulas normais de cada espécie da Tabela 1, sem possibilidade de melhorar o estudo de R&R..... | 141 |
| FIGURA 3B. Gráficos de controle para a média, por lote e por laboratório, do percentual de plântulas normais de cada espécie da Tabela 1, com possibilidade de melhorar o estudo de R&R, para detectar problemas de reprodutibilidade, antes e depois de eliminar laboratórios..... | 142 |
| FIGURA 4B. Gráficos de controle para a amplitude, por lote e por laboratório, do percentual de plântulas normais de cada espécie da Tabela 1, com possibilidade de melhorar o estudo de R&R, para detectar problemas de repetitividade, antes e depois de eliminar laboratórios..... | 145 |

| ANEXO C | Página |
|---|---------------|
| TABELA 1C. Estatística <i>k</i> de Mandel, por lote e laboratório, para cada uma das 25 espécies florestais nativas estudadas para validação de metodologia para teste de germinação de sementes..... | 148 |
| TABELA 2C. Estatística <i>h</i> de Mandel, por lote e laboratório, para cada uma das 25 espécies florestais nativas estudadas para validação de metodologia para teste de germinação de sementes..... | 151 |

| ANEXO D | Página |
|----------------|---------------|
|----------------|---------------|

| | |
|--|-----|
| TABELA 1D. Resumo dos desvios de uma seqüência de modelos encaixados para o percentual e número de plântulas normais de 25 espécies florestais de um delineamento inteiramente casualizado, com dois fatores e interação, modelados pelas distribuições Normal e Binomial, com funções de ligação identidade e logística, respectivamente..... | 154 |
|--|-----|

| ANEXO E | Página |
|---|---------------|
| FIGURA 1E. Resíduos para diagnóstico do percentual e número de plântulas normais de 25 espécies florestais, com as respectivas distribuições, Normal e Binomial..... | 156 |
| FIGURA 2E. Representação de Cook para diagnóstico do percentual e número de plântulas normais de 25 espécies florestais, com as respectivas distribuições, Normal e Binomial..... | 160 |

ANEXO A

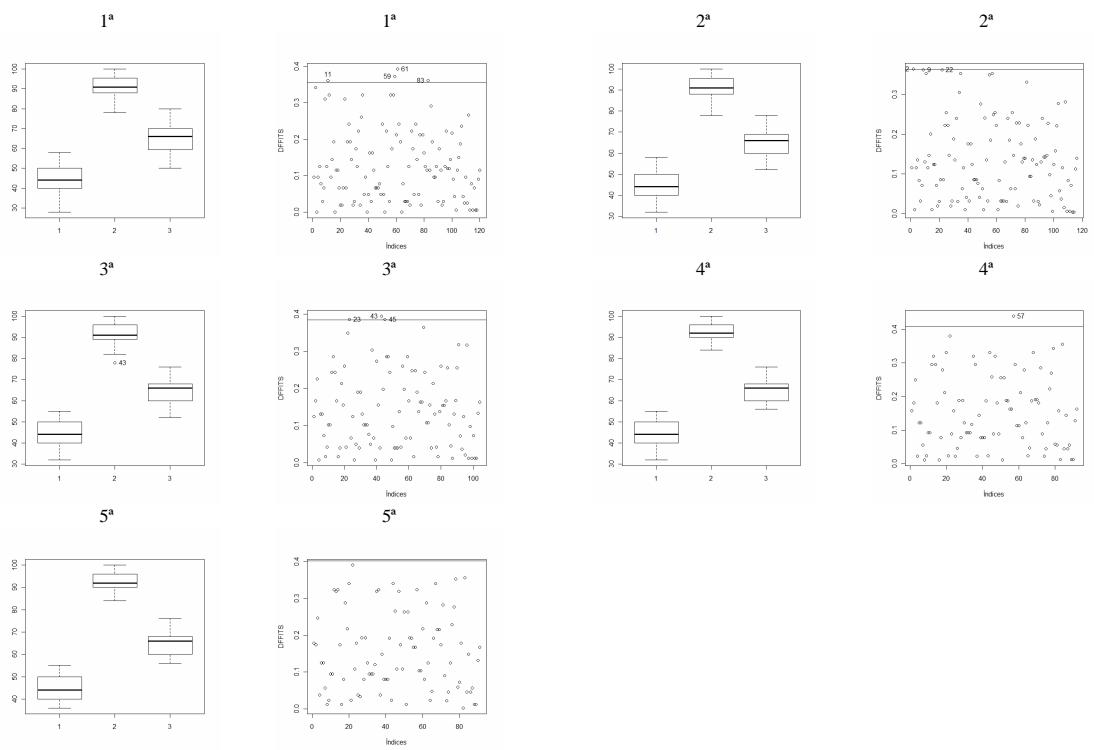


FIGURA 1A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Acacia polyphylla*.

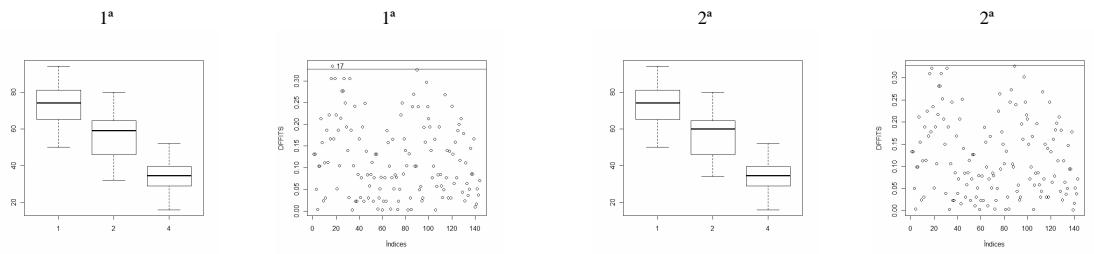


FIGURA 2A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Astronium fraxinifolium*.

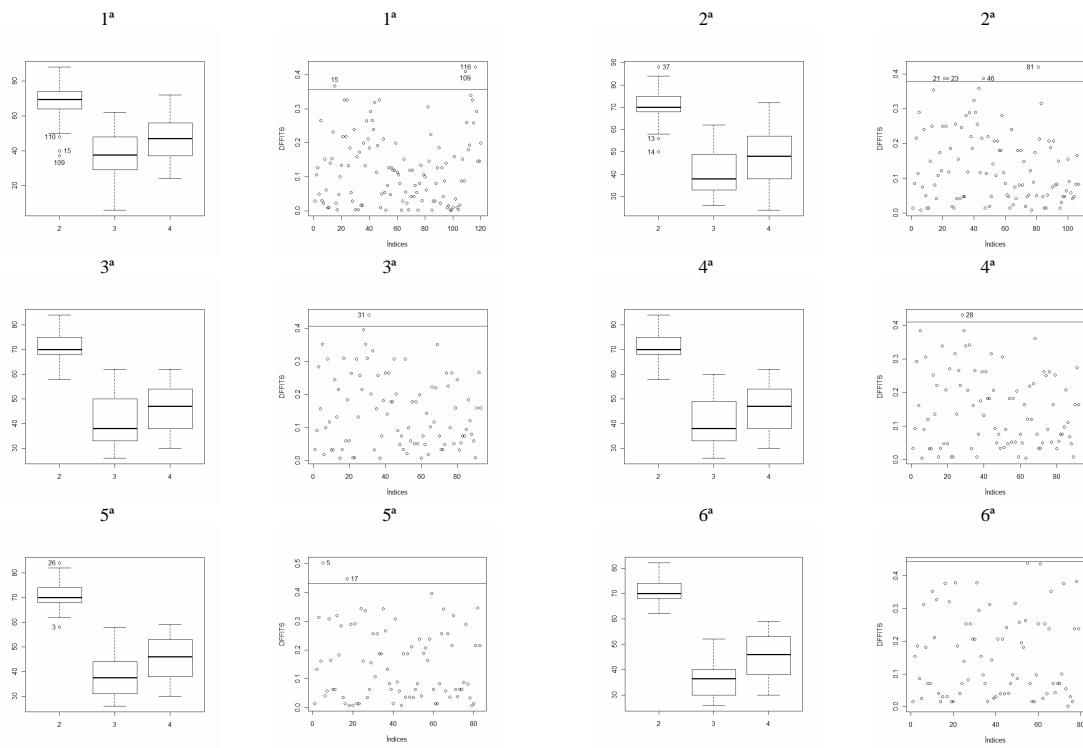


FIGURA 3A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Cariniana estrellensis*.

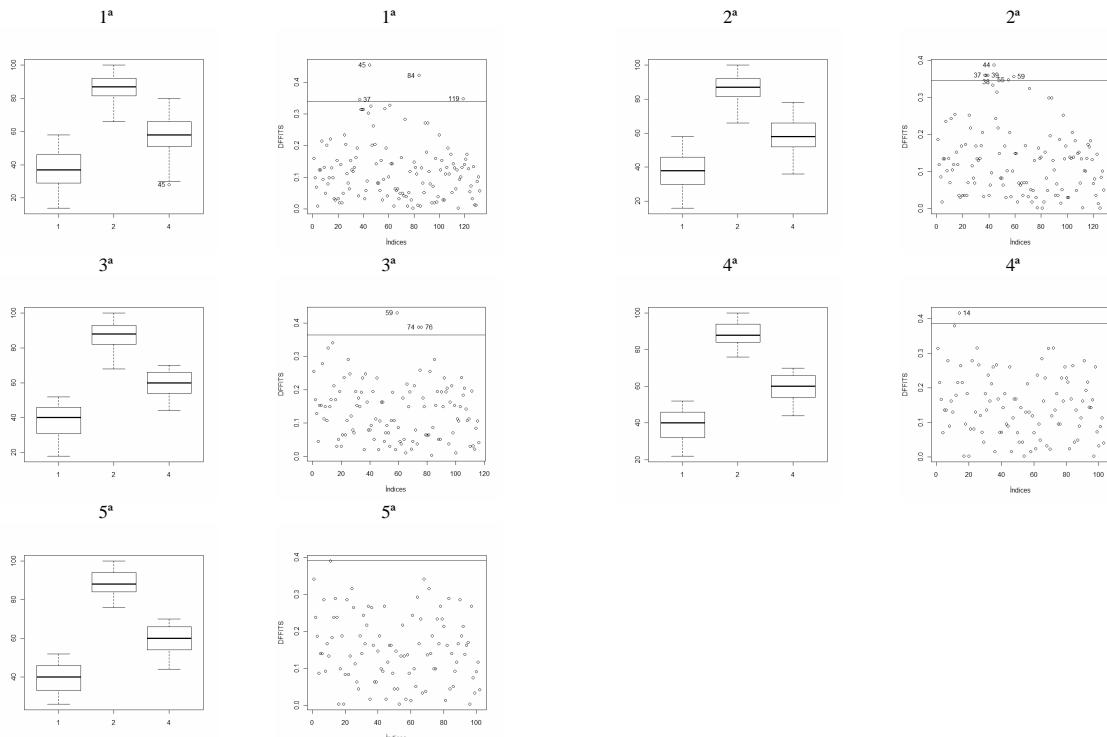


FIGURA 4A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Cedrela fissilis*.

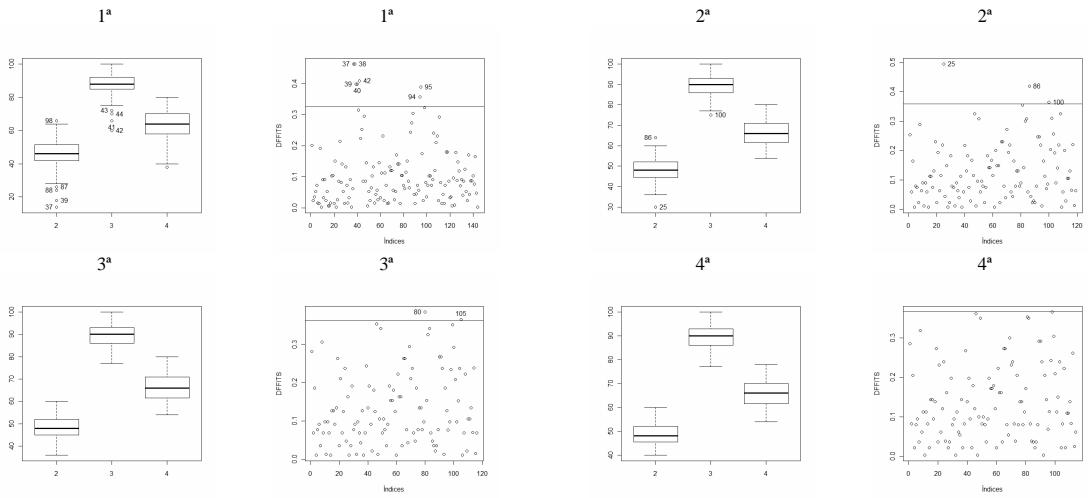


FIGURA 5A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Cedrela odorata*.

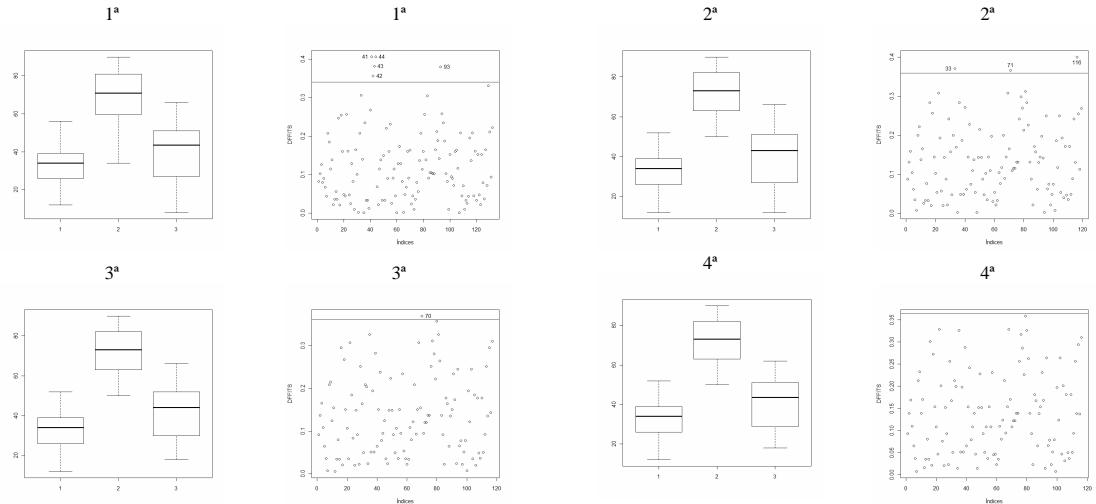


FIGURA 6A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Ceiba speciosa*.

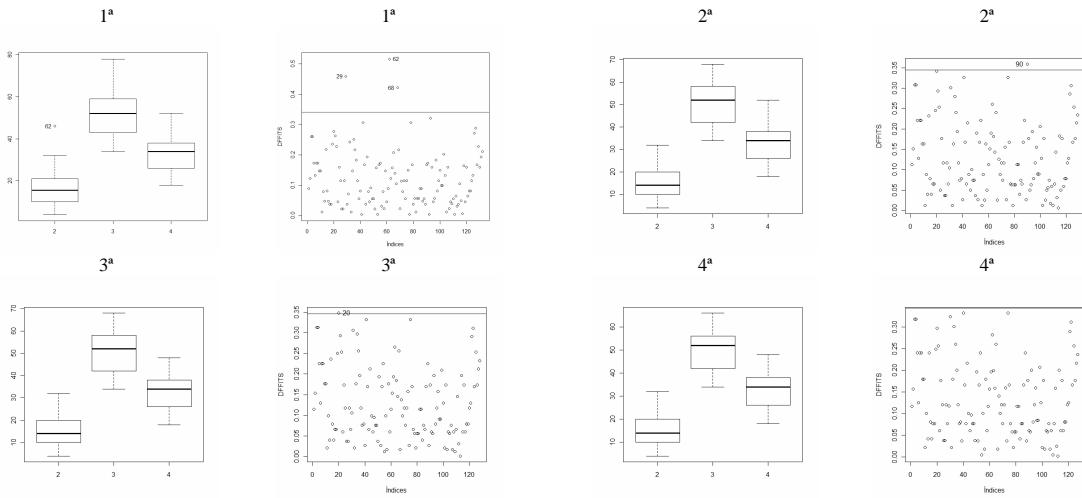
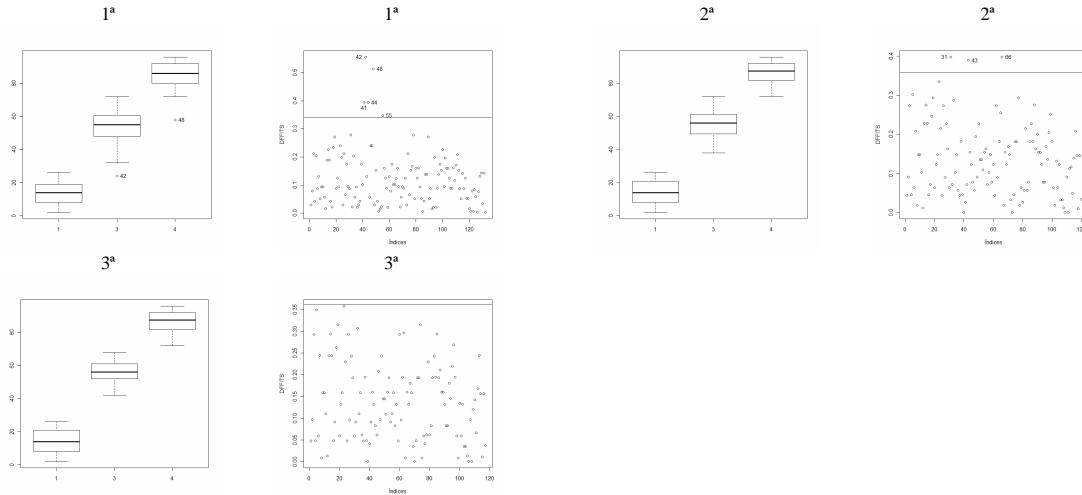


FIGURA 7A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Citharexylum myrianthum*.



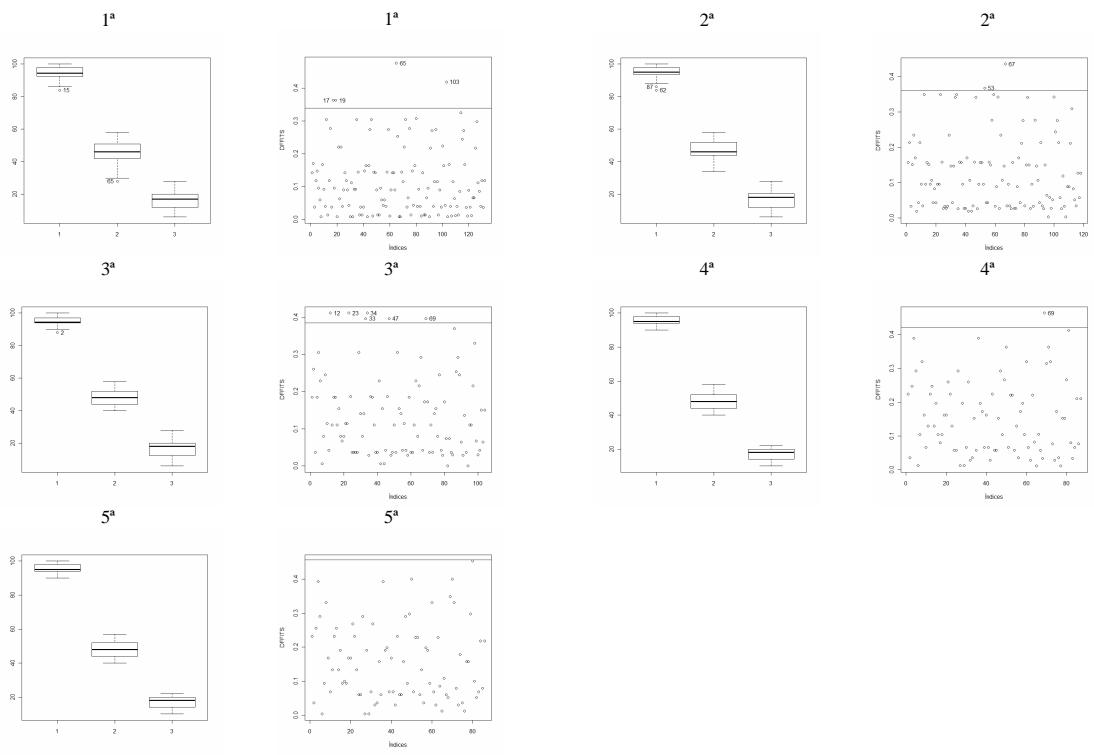


FIGURA 9A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Enterolobium contortisiliquum*.

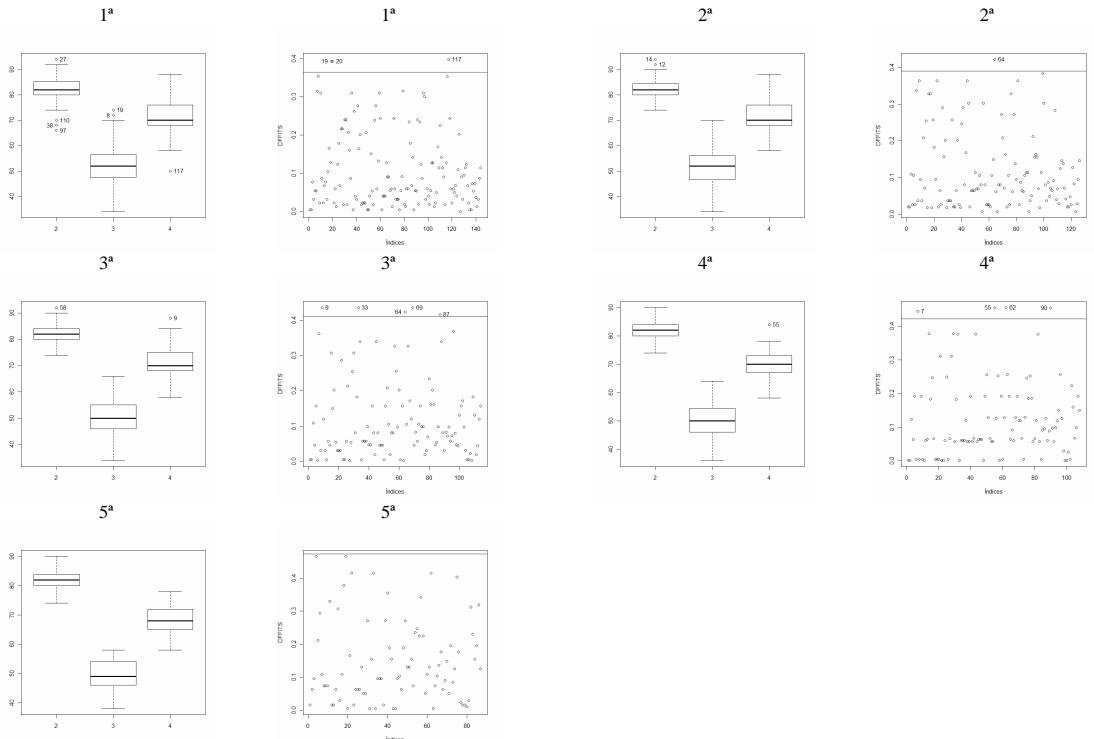


FIGURA 10A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Guazuma ulmifolia*.

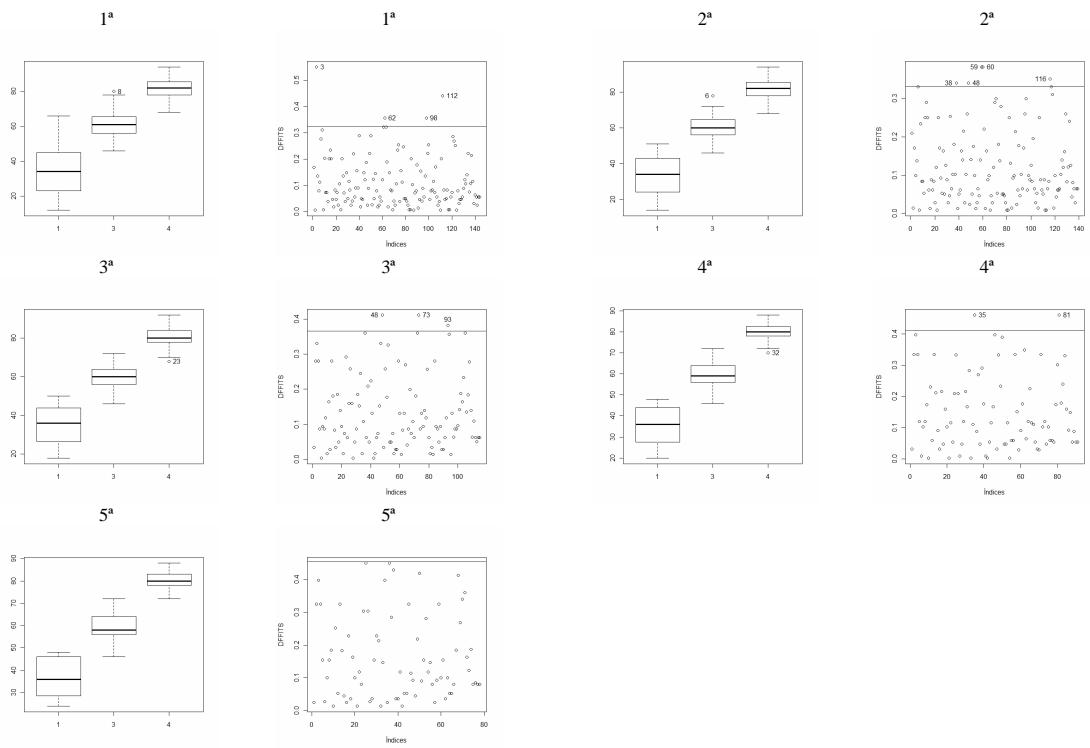


FIGURA 11A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Jacaranda cuspidifolia*.

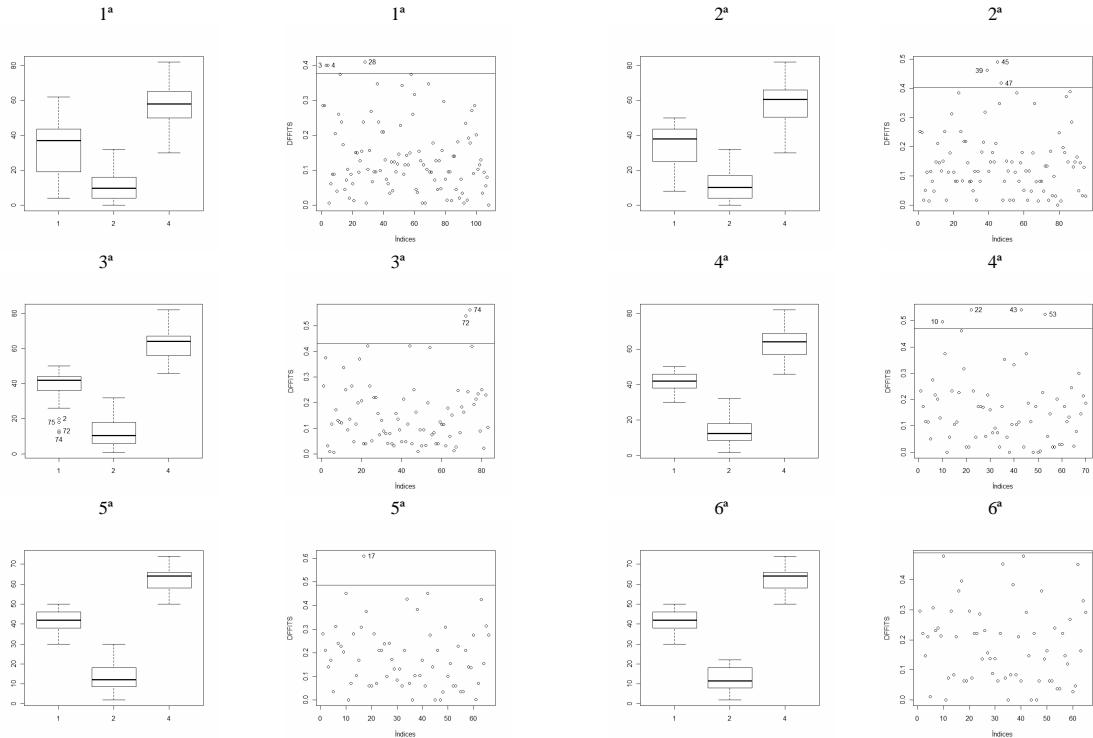


FIGURA 12A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Jacaranda micrantha*.

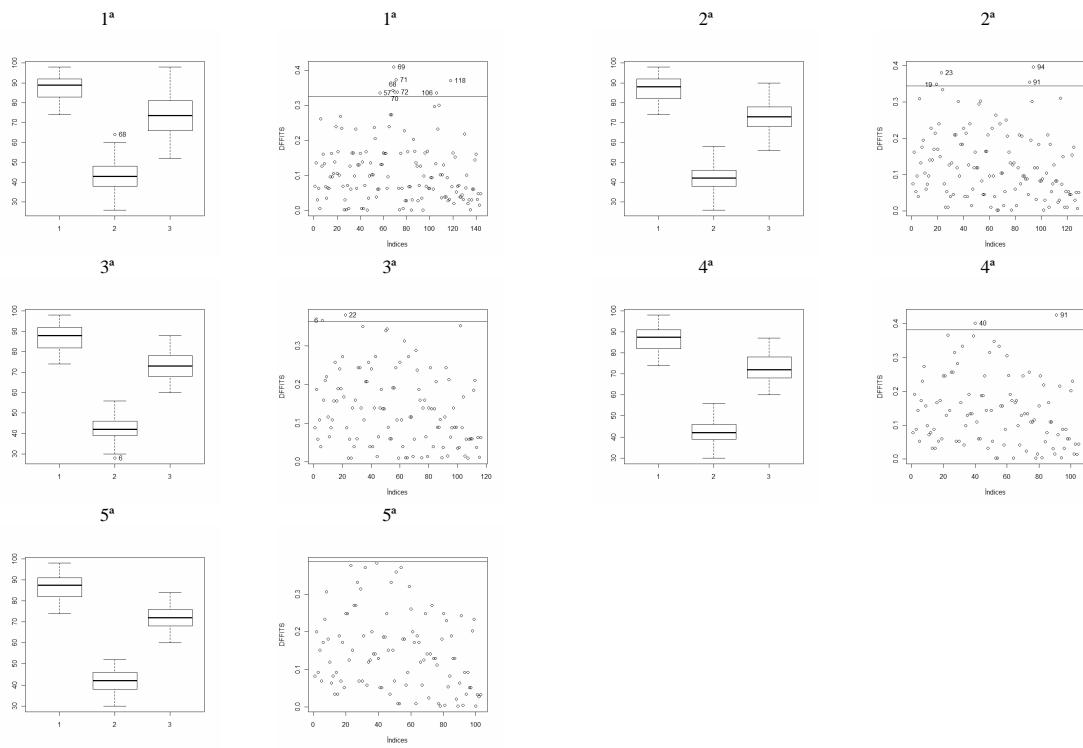


FIGURA 13A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Lafoensis pacari*.

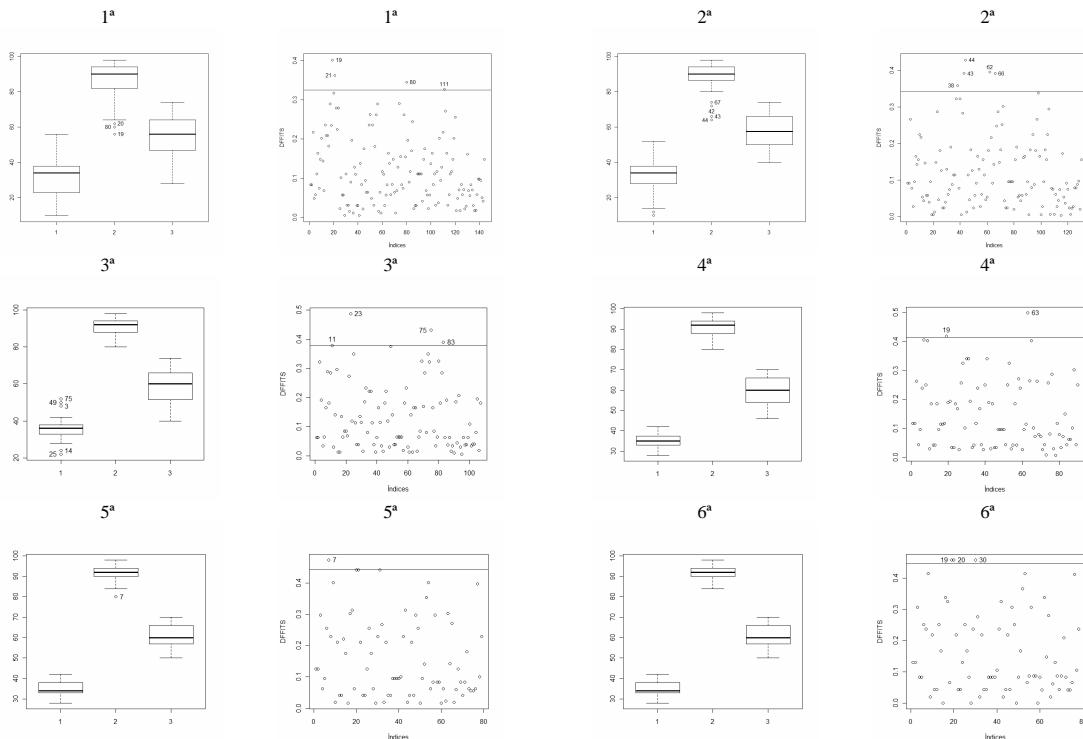


FIGURA 14A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Mimosa caesalpiniaeefolia*. (...continua...)

FIGURA 14A, Cont.

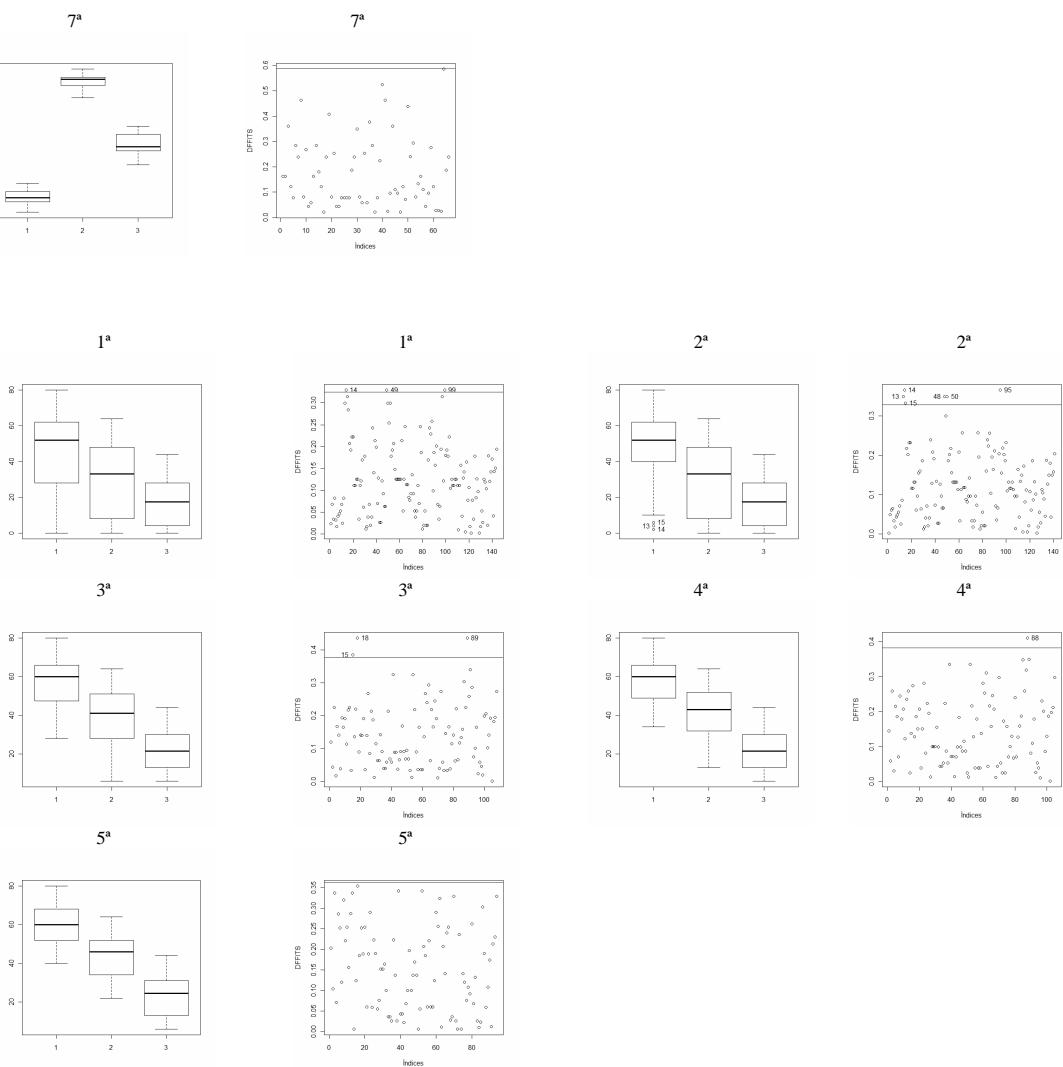


FIGURA 15A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Ormosia arborea*.

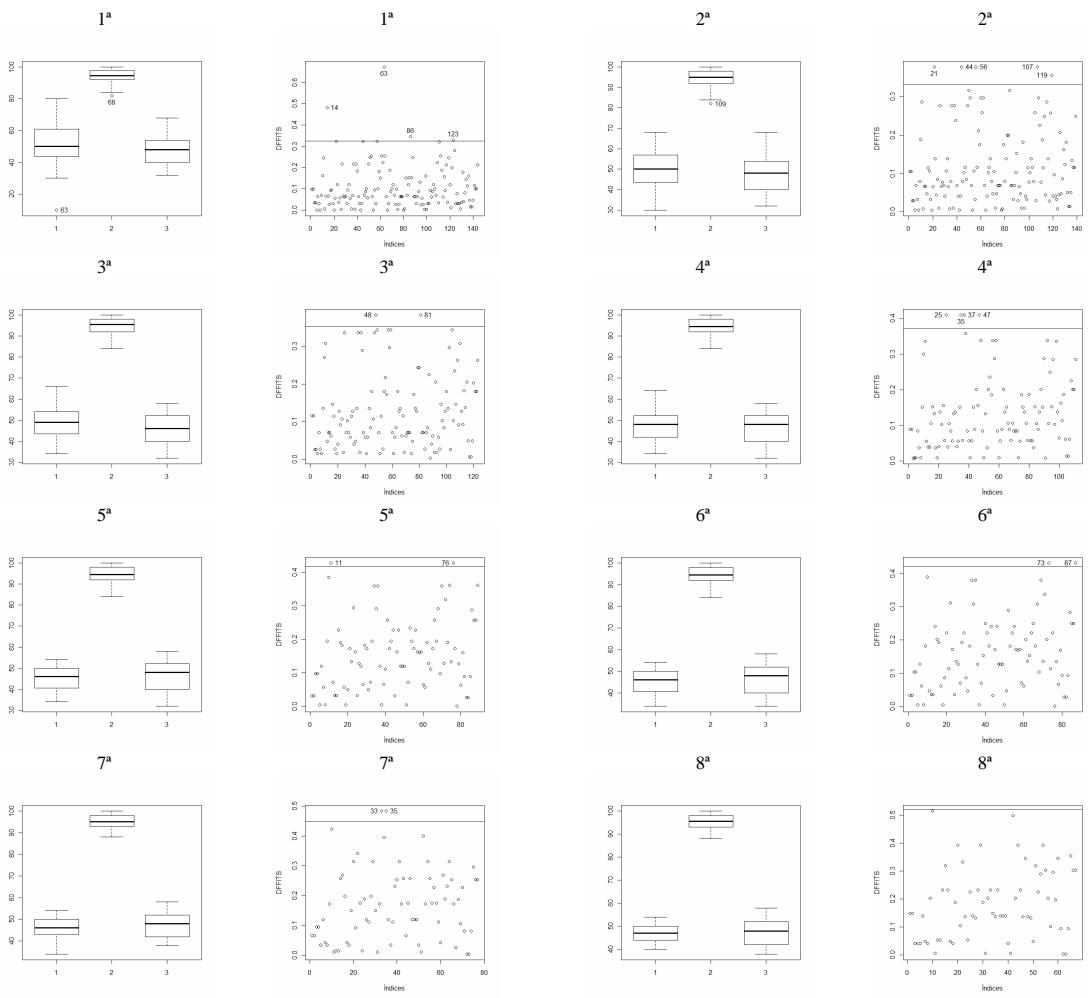


FIGURA 16A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Parapiptadenia rigida*.

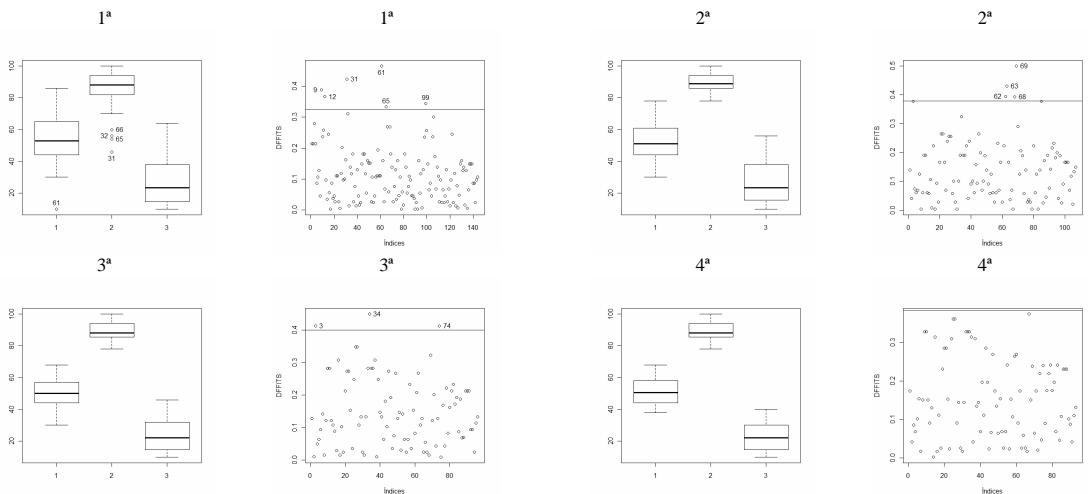


FIGURA 17A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Parkia pendula*.

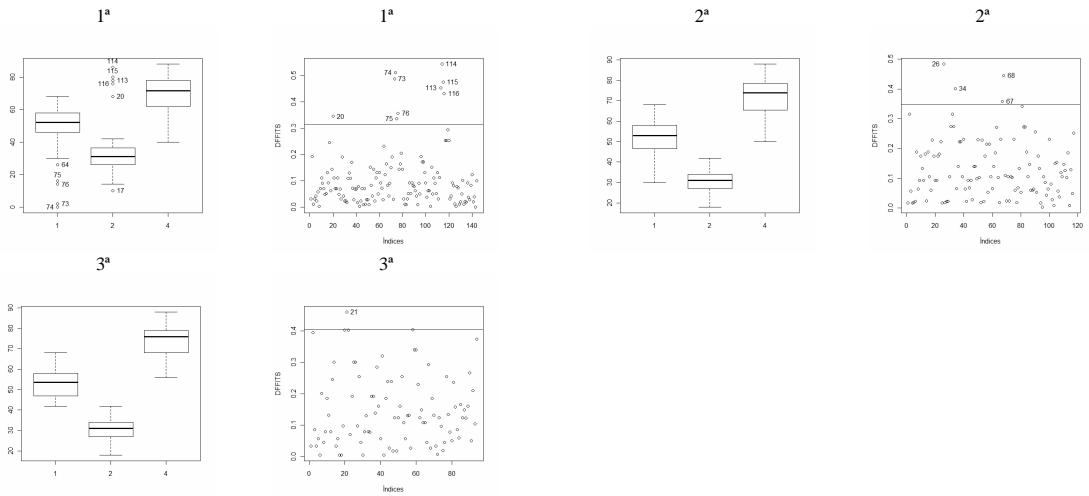


FIGURA 18A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Peltophorum dubium*.

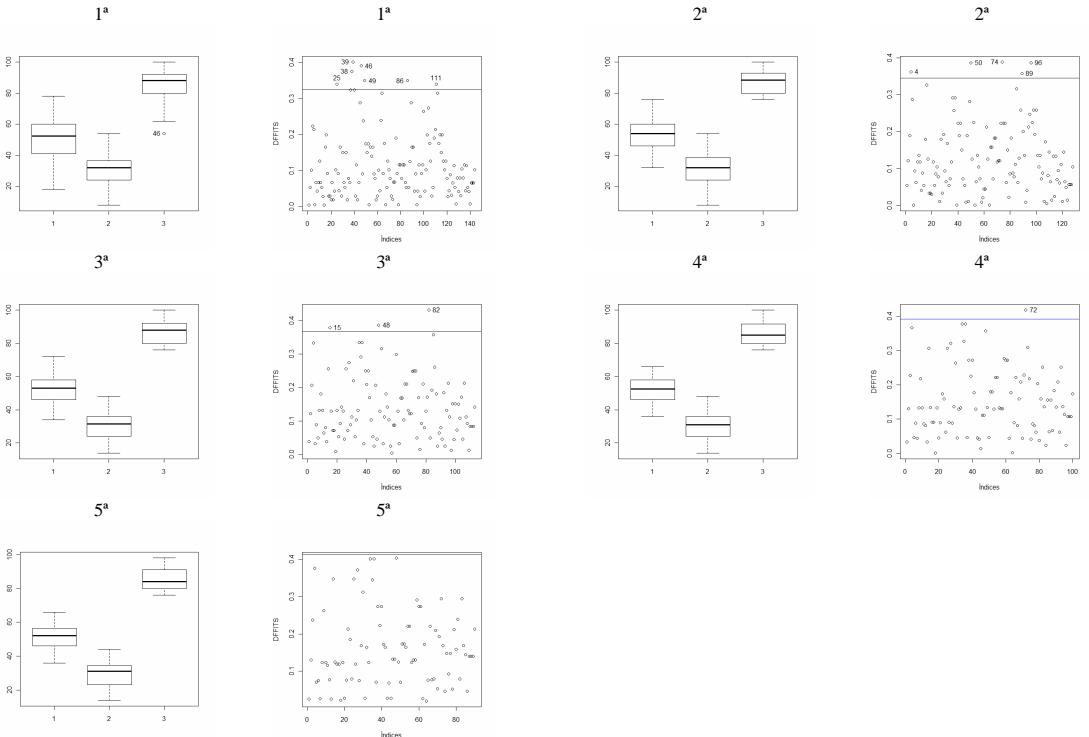


FIGURA 19A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Platymenia reticulata*.

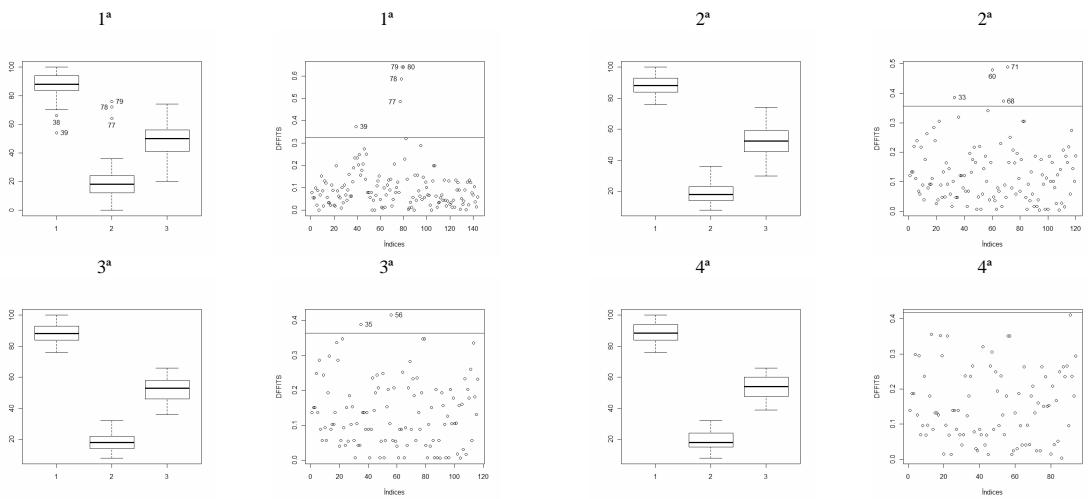


FIGURA 20A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Pseudobombax tomentosum*.

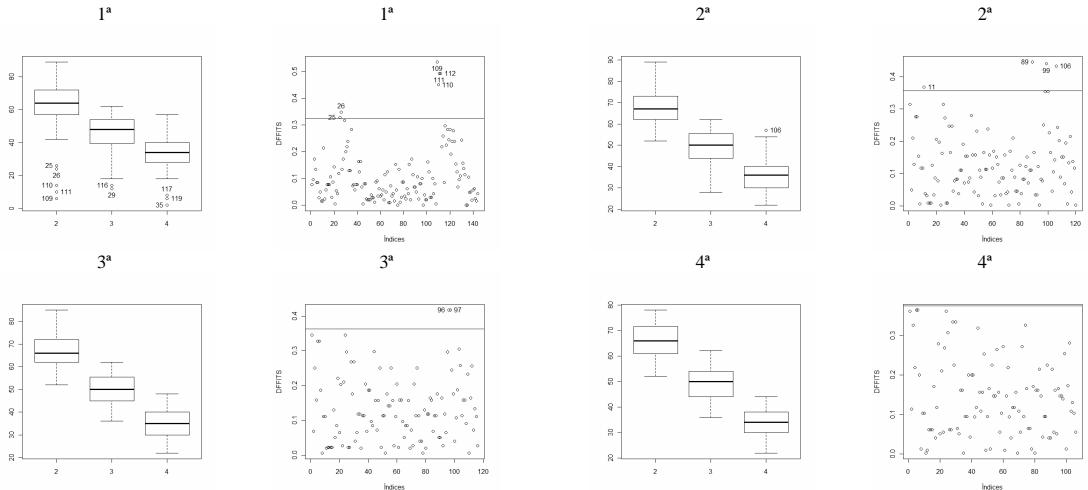


FIGURA 21A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Pterogyne nitens*.

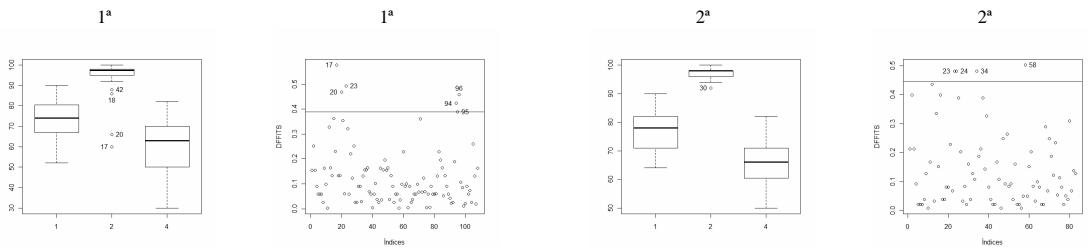


FIGURA 22A, Cont.

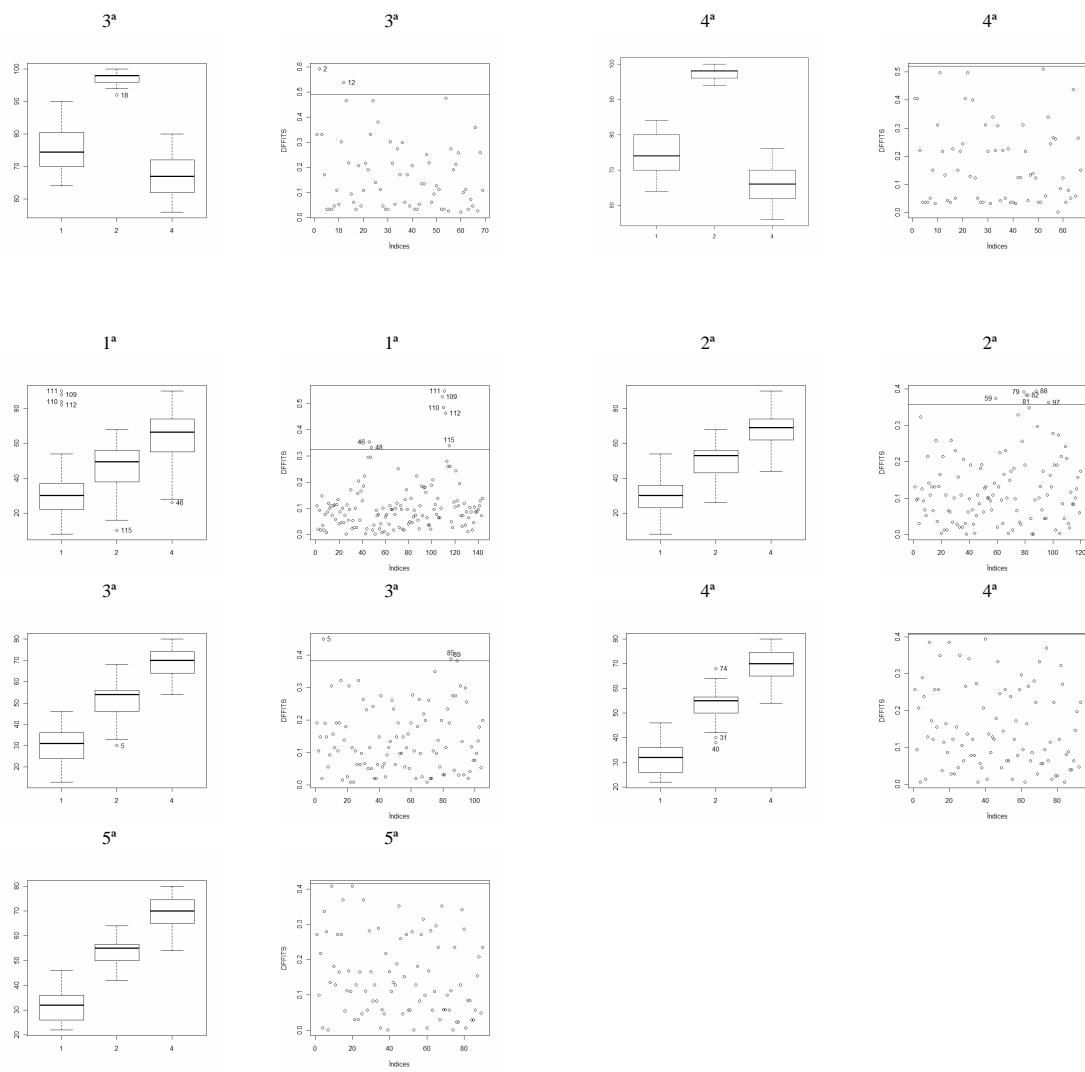


FIGURA 23A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Senna macranthera*.

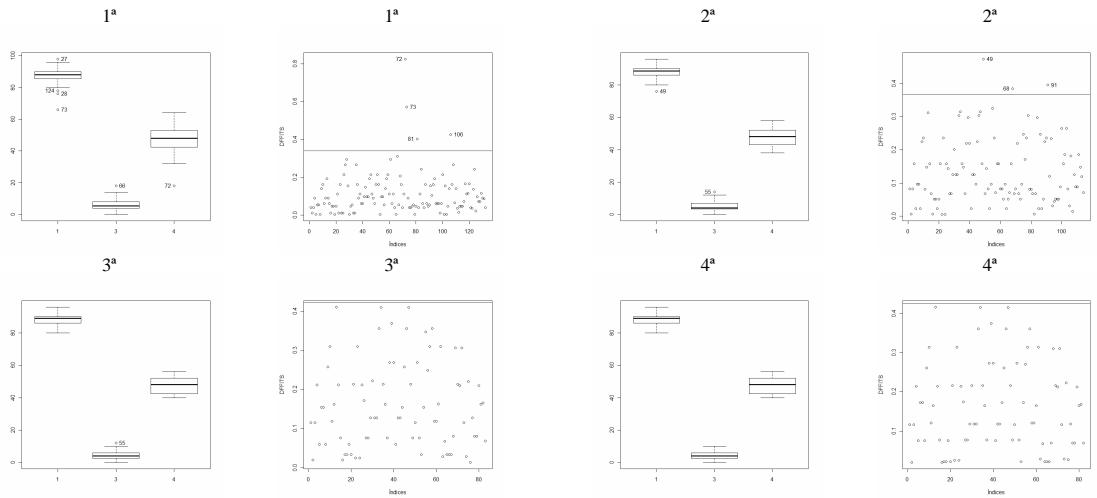


FIGURA 24A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Tabebuia chrysotricha*.

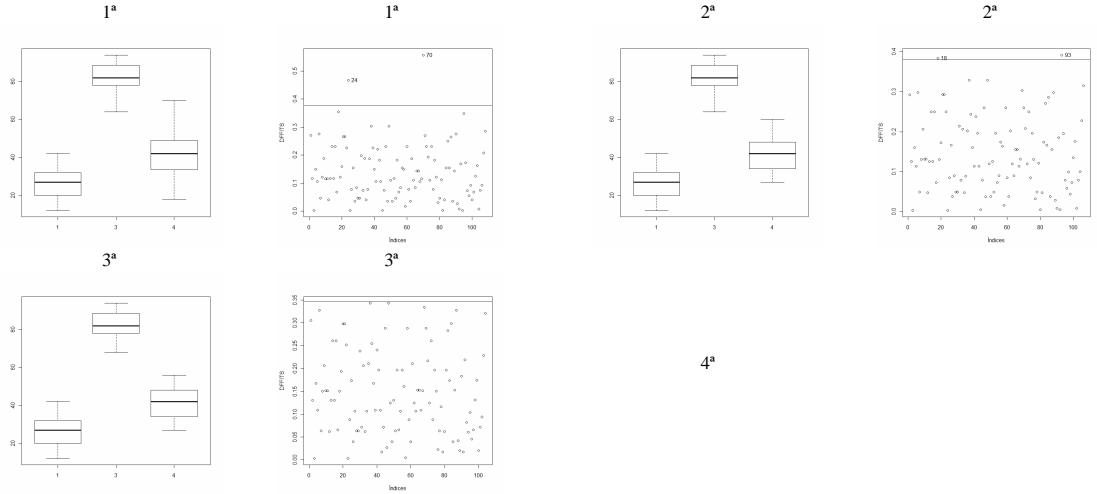


FIGURA 25A. Boxplot (% plântulas normais vs lote) e gráfico da medida *DFFITS* com respectivos pontos de corte nas sucessivas retiradas de *outliers* para a espécie *Tabebuia rosea-alba*.

ANEXO B.

TABELA 1B. Resumo da análise de variância para a porcentagem de plântulas normais de 25 espécies florestais de um delineamento inteiramente casualizado, com dois fatores e interação, incluindo pressuposições de normalidade dos resíduos e homogeneidade de variâncias.

| Fontes de variação ¹ | <i>Acacia polyphylla</i> | | | | <i>Astronium fraxinifolium</i> | | | | <i>Cariniana estrellensis</i> | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | gl ² | QM ² | gl ¹ | QM ¹ | gl ² | QM ² | gl ¹ | QM ¹ | gl ² | QM ² | gl ¹ | QM ¹ |
| Laboratório | 7 | 112,5 | 5 | 83,7 | 11 | 783,1 | 5 | 213,9 | 6 | 75,3 | 5 | 82,9 |
| Lotes | 2 | 18664,6 | 2 | 14311,3 | 2 | 17978,5 | 2 | 11088,3 | 2 | 8158,1 | 2 | 7549,8 |
| Laboratório*Lote | 14 | 10,4 | 10 | 7,9 | 22 | 142,0 | 10 | 71,3 | 12 | 124,7 | 10 | 124,5 |
| Resíduo | 72 | 35,5 | 54 | 27,3 | 108 | 46,5 | 54 | 35,8 | 63 | 56,2 | 54 | 51,0 |
| | <i>F = 2,43; K-S = 0,05;</i> | | | | <i>F = 0,94; K-S = 0,04</i> | | | | <i>F = 0,97; K-S = 0,07</i> | | | |
| Fontes de variação | <i>Cedrela fissilis</i> | | | | <i>Cedrela odorata</i> | | | | <i>Ceiba speciosa</i> | | | |
| | gl ² | QM ² | gl ¹ | QM ¹ | gl ² | QM ² | gl ¹ | QM ¹ | gl ² | QM ² | gl ¹ | QM ¹ |
| Laboratório | 8 | 237,7 | 5 | 63,3 | 9 | 122,1 | 7 | 63,4 | 8 | 722,9 | 5 | 186,1 |
| Lotes | 2 | 21989,5 | 2 | 12072,3 | 2 | 16193,9 | 2 | 13004,5 | 2 | 15471,2 | 2 | 10869,0 |
| Laboratório*Lote | 16 | 92,2 | 10 | 39,4 | 18 | 43,1 | 14 | 33,9 | 16 | 151,5 | 10 | 48,3 |
| Resíduo | 81 | 55,5 | 54 | 54,3 | 90 | 33,8 | 72 | 37,8 | 81 | 84,1 | 54 | 86,8 |
| | <i>F = 1,02; K-S = 0,09</i> | | | | <i>F = 1,15; K-S = 0,07</i> | | | | <i>F = 0,75; K-S = 0,08</i> | | | |
| Fontes de variação | <i>Citharexylum myrianthum</i> | | | | <i>Cybistax antisiphilitica</i> | | | | <i>Enterolobium contortisiliquum</i> | | | |
| | gl ² | QM ² | gl ¹ | QM ¹ | gl ² | QM ² | gl ¹ | QM ¹ | gl ² | QM ² | gl ¹ | QM ¹ |
| Laboratório | 9 | 369,3 | 5 | 268,5 | 8 | 145,6 | 7 | 42,7 | 7 | 138,6 | 5 | 103,1 |
| Lotes | 2 | 12285,9 | 2 | 7921,9 | 2 | 49137,6 | 2 | 49050,4 | 2 | 7532,9 | 2 | 5776,5 |
| Laboratório*Lote | 18 | 62,1 | 10 | 51,2 | 16 | 38,6 | 14 | 48,8* | 14 | 22,7 | 10 | 15,1 |
| Resíduo | 90 | 43,9 | 54 | 39,1 | 81 | 38,8 | 72 | 22,9 | 72 | 41,5 | 54 | 36,4 |
| | <i>F = 1,10; K-S = 0,07</i> | | | | <i>F = 1,77; K-S = 0,06</i> | | | | <i>F = 0,76; K-S = 0,06</i> | | | |

...Continua...

gl: grau de liberdade; QM: quadrado médio; valores em negrito indicam que os fatores e/ou a interação foram significativos (valor-p<0,01); F, K-S: estatísticas dos testes de Levene e Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors; valores em negrito indicam variâncias homogêneas, resíduos normalmente distribuídos à significância de 0,01; ¹com a retirada de laboratórios pelo estudo dos gráficos de controle; ²com retirada de laboratórios pelos outliers; os fatores foram testados com a interação.

TABELA 1B, Cont.

| Fontes de variação ¹ | | <i>Jacaranda cuspidifolia</i> | | <i>Jacaranda micrantha</i> | | <i>Lafoensia pacari</i> | | |
|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| | gl ² | QM ² | gl ¹ | QM ¹ | gl ² | QM ² | gl ¹ | QM ¹ |
| Laboratório | 6 | 187,1 | 5 | 221,2 | 5 | 165,5 | 8 | 126,5 |
| Lotes | 2 | 13619,1 | 2 | 11117,3 | 2 | 14766,8 | 2 | 18931,4 |
| Laboratório*Lote | 12 | 97,7 | 10 | 107,3 | 10 | 73,6 | 16 | 90,9 |
| Resíduo | 63 | 37,3 | 54 | 29,1 | 54 | 60,5 | 81 | 28,4 |
| | F = 1,73; K-S = 0,07 | | F = 1,17; K-S = 0,06 | | F = 0,82; K-S = 0,11 | | F = 1,04; K-S = 0,06 | |
| Fontes de variação | | <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> | | <i>Ormosia arborea</i> | | <i>Parapiptadenia rigida</i> | | |
| | gl ² | QM ² | gl ¹ | QM ¹ | gl ² | QM ² | gl ¹ | QM ¹ |
| Laboratório | 5 | | 19,1 | | 7 | 922,6 | 5 | 728,2 |
| Lotes | 2 | | 18880,9 | | 2 | 10157,3 | 2 | 8717,7 |
| Laboratório*Lote | 10 | | 14,1 | | 14 | 167,4 | 10 | 148,7 |
| Resíduo | 54 | | 37,9 | | 72 | 74,2 | 54 | 61,6 |
| | F = 1,32; K-S = 0,07 | | F = 1,39; K-S = 0,09 | | F = 1,03; K-S = 0,08 | | F = 0,98; K-S = 0,09 | |
| Fontes de variação | | <i>Parkia pendula</i> | | <i>Peltophorum dubium</i> | | <i>Platymenia reticulata</i> | | |
| | gl ² | QM ² | gl ¹ | QM ¹ | gl ² | QM ² | gl ¹ | QM ¹ |
| Laboratório | 7 | 295,6 | 5 | 191,8 | 6 | 95,3 | 7 | 447,8 |
| Lotes | 2 | 34636,5 | 2 | 29079,5 | 2 | 12626,6 | 2 | 26405,5 |
| Laboratório*Lote | 14 | 168,4 | 10 | 105,9 | 12 | 72,1 | 14 | 119,5 |
| Resíduo | 72 | 49,5 | 54 | 45,8 | 63 | 32,0 | 72 | 49,2 |
| | F = 1,61; K-S = 0,06 | | F = 1,85; K-S = 0,07 | | F = 1,04; K-S = 0,10 | | F = 0,56; K-S = 0,06 | |

...Continua...

gl: grau de liberdade; QM: quadrado médio; valores em negrito indicam que os fatores e/ou a interação foram significativos (valor-p<0,01); F, K-S: estatísticas dos testes de Levene e Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors; valores em negrito indicam variâncias homogêneas, resíduos normalmente distribuídos à significância de 0,01; ¹com a retirada de laboratórios pelo estudo dos gráfico de controle; ²com retirada de laboratórios pelos outliers.

TABELA 1B, Cont.

| Fontes de variação | <i>Pseudobombax tomentosum</i> | | | | <i>Pterogyne nitens</i> | | | | <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> | | | |
|--------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|
| | <i>gl</i> ² | <i>QM</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>QM</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>QM</i> ² | <i>gl</i> ² | <i>QM</i> ² | <i>gl</i> ² | <i>QM</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>QM</i> ¹ |
| Laboratório | 7 | 163,5 | 6 | 186,7 | 5 | 142,5 | | | 5 | | | 74,9 |
| Lotes | 2 | 37985,3 | 2 | 33364,8 | 2 | 6703,6 | | | 2 | | | 5580,4 |
| Laboratório*Lote | 14 | 69,8 | 12 | 79,9 | 10 | 19,1 | | | 10 | | | 24,9 |
| Resíduo | 72 | 36,6 | 63 | 27,7 | 54 | 29,3 | | | 54 | | | 35,9 |
| | <i>F = 0,80; K-S = 0,07</i> | | <i>F = 0,53; K-S = 0,05</i> | | <i>F = 1,02; K-S = 0,05</i> | | <i>F = 1,05; K-S = 0,09</i> | | | | | |
| Fontes de variação | <i>Senna macranthera</i> | | | | <i>Tabebuia chrysotricha</i> | | | | <i>Tabebuia rosea-alba</i> | | | |
| | <i>gl</i> ² | <i>QM</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>QM</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>QM</i> ² | <i>gl</i> ² | <i>QM</i> ² | <i>gl</i> ² | <i>QM</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>QM</i> ¹ |
| Laboratório | 7 | 180,9 | 5 | 77,3 | 6 | 30,8 | 8 | 371,5 | 5 | | | 171,3 |
| Lotes | 2 | 10898,3 | 2 | 8306,2 | 2 | 48608,3 | 2 | 30346,5 | 2 | | | 19449,5 |
| Laboratório*Lote | 14 | 41,1 | 10 | 41,0 | 12 | 20,9 | 16 | 88,4 | 10 | | | 46,7 |
| Resíduo | 72 | 62,9 | 54 | 63,7 | 63 | 16,9 | 81 | 51,8 | 54 | | | 59,4 |
| | <i>F = 0,60; K-S = 0,05</i> | | <i>F = 0,63; K-S = 0,06</i> | | <i>F = 2,36; K-S = 0,08</i> | | <i>F = 0,83; K-S = 0,07</i> | | <i>F = 0,86; K-S = 0,06</i> | | | |

gl: grau de liberdade; *QM*: quadrado médio; valores em negrito indicam que os fatores e/ou a interação foram significativos (valor-p<0,01); *F*, *K-S*: estatísticas dos testes de Levene e Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors; valores em negrito indicam variâncias homogêneas, resíduos normalmente distribuídos à significância de 0,01;¹com a retirada de laboratórios pelo estudo dos gráficos de controle; ²com retirada de laboratórios pelos *outliers*.

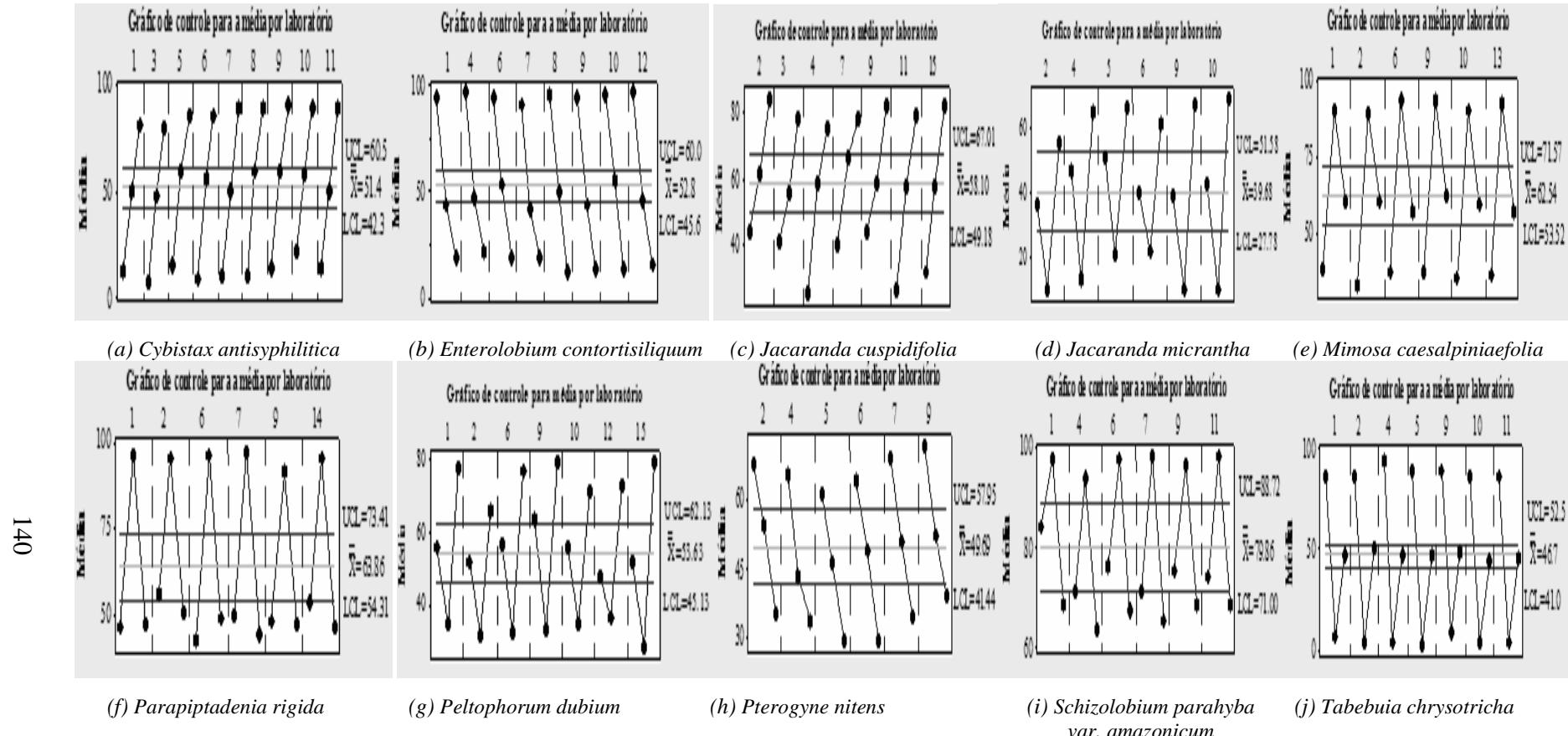


FIGURA 1B. Gráficos de controle para a média, por lote e por laboratório, do percentual de plântulas normais de cada espécie da Tabela 1, sem possibilidade de melhorar o estudo de R&R.

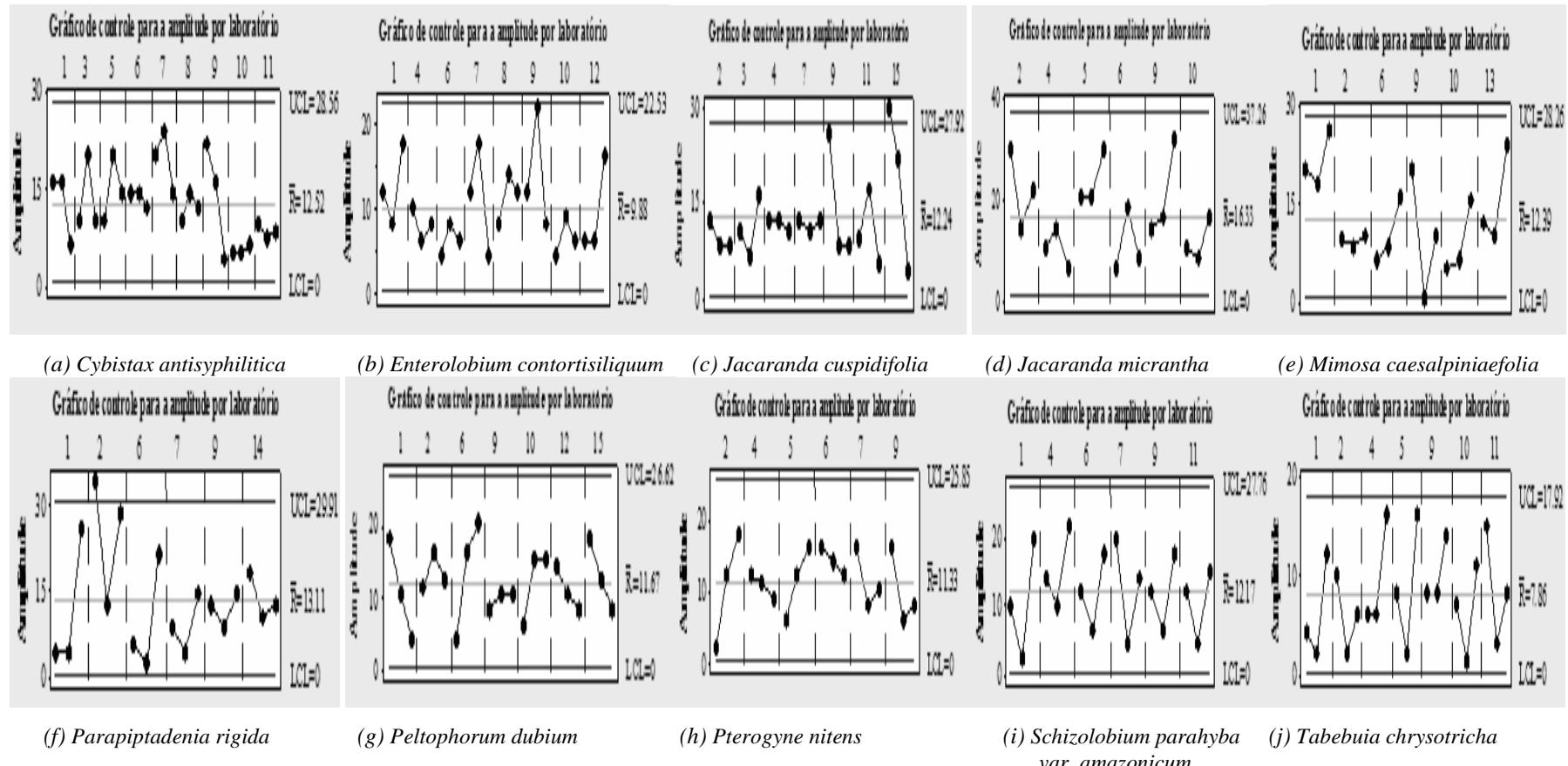


FIGURA 2B. Gráficos de controle para a amplitude, por lote e por laboratório, do percentual de plântulas normais de cada espécie da Tabela 1, sem possibilidade de melhorar o estudo de R&R.

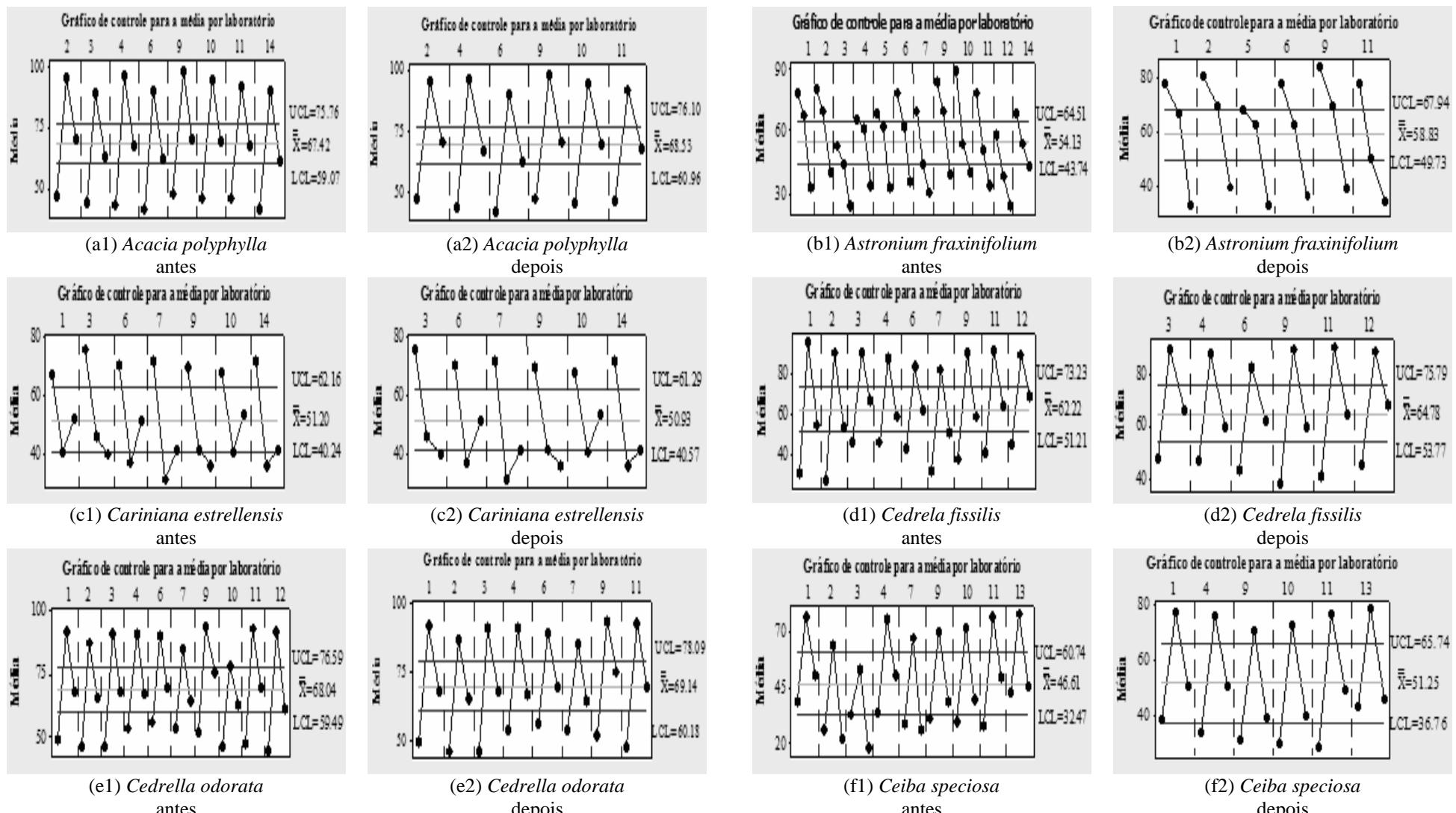


FIGURA 3B. Gráficos de controle para a média, por lote e por laboratório, do percentual de plântulas normais de cada espécie da Tabela 1, com possibilidade de melhorar o estudo de R&R, para detectar problemas de reproduzibilidade, antes e depois de eliminar laboratórios.
(...Continua...)

FIGURA 3B, Cont.

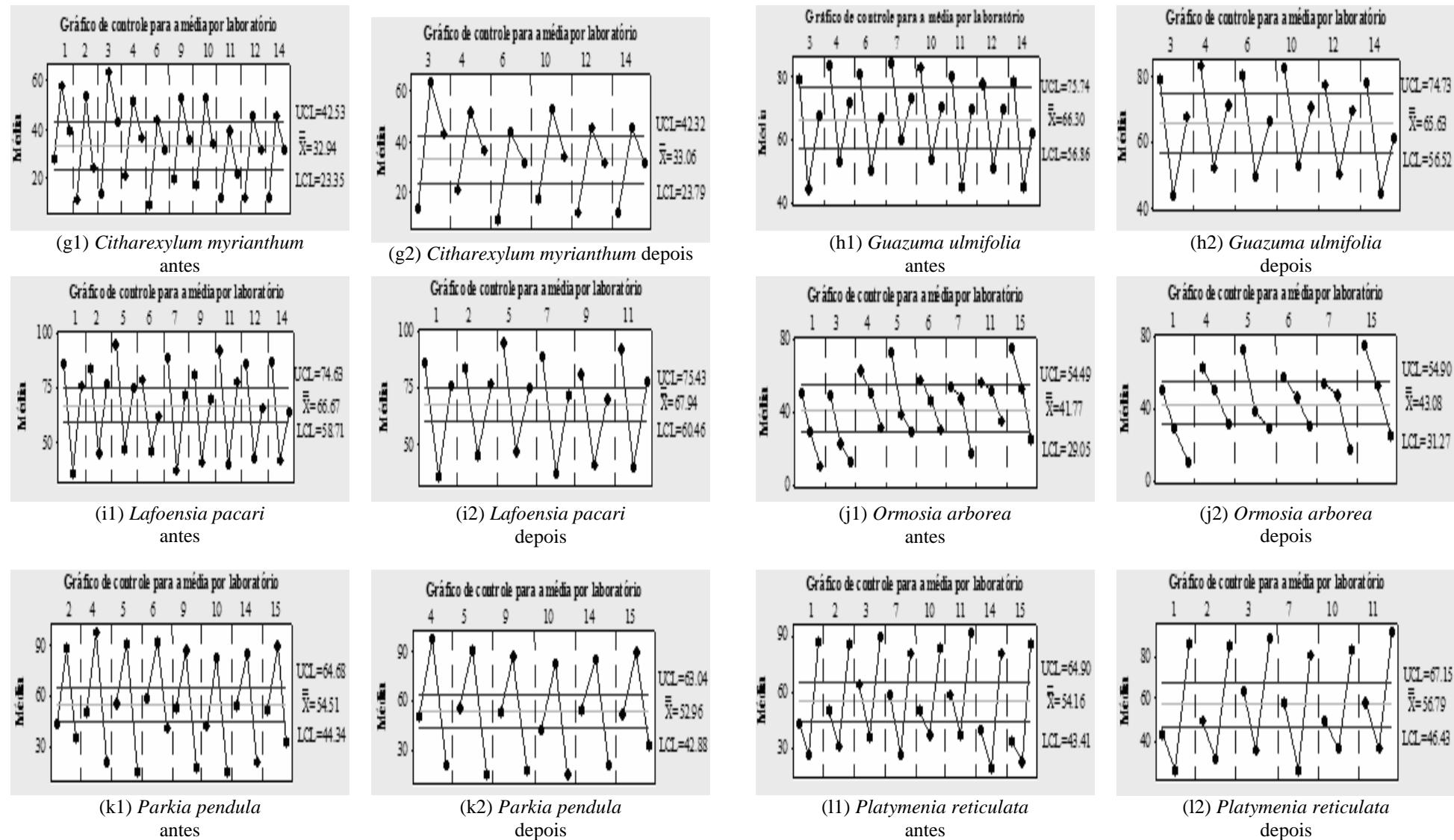
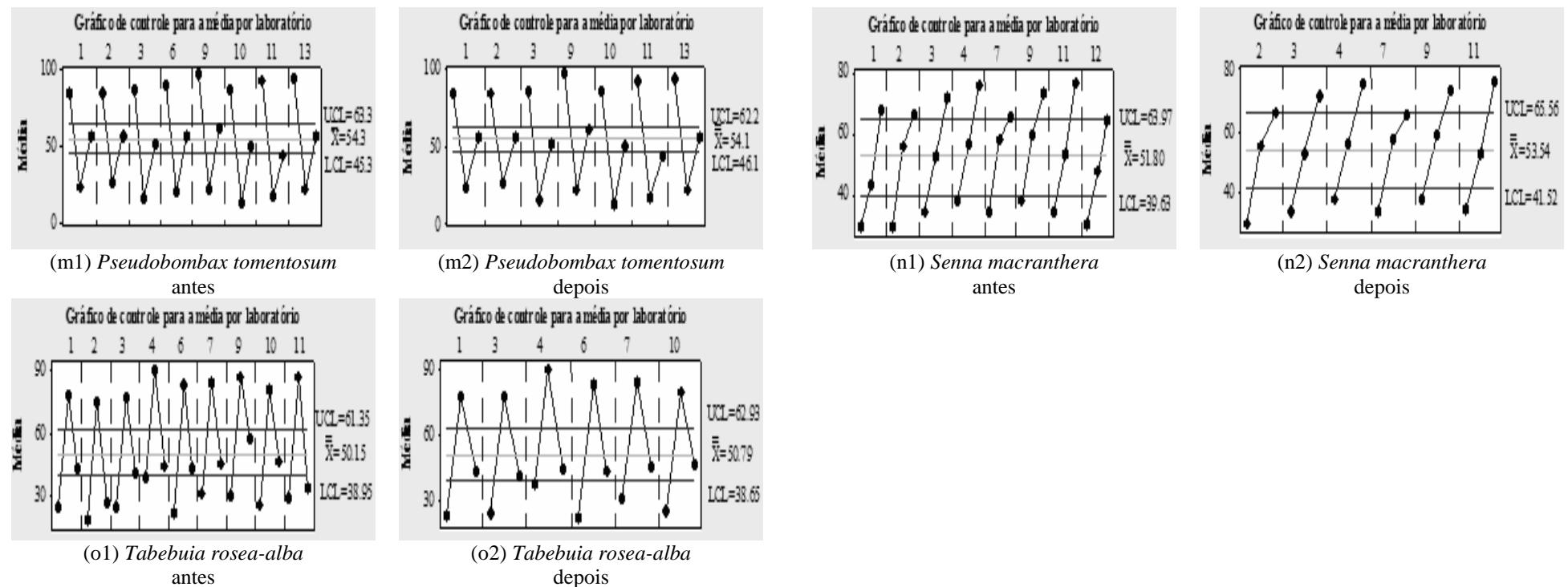


FIGURA 3B, Cont.



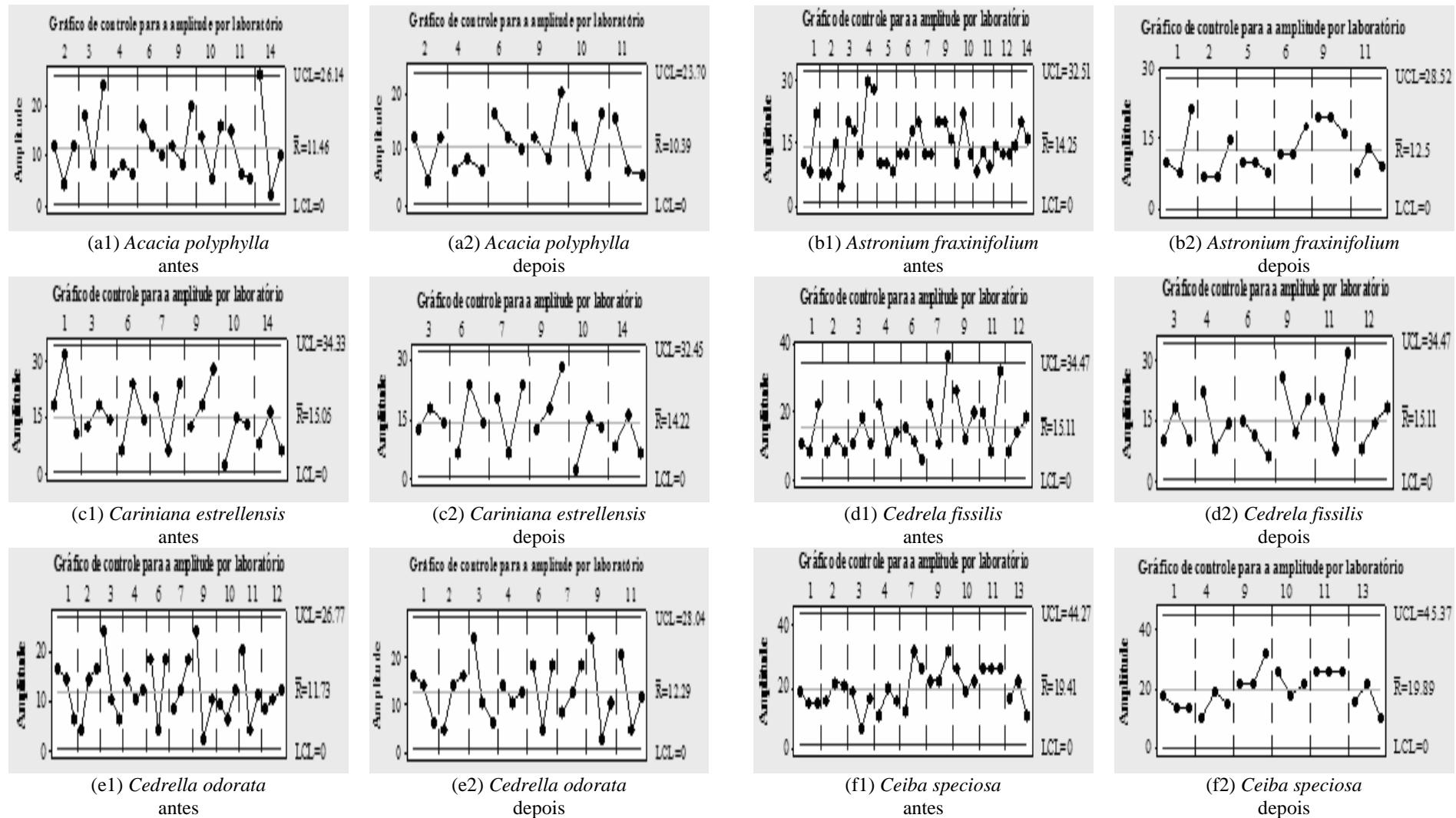


FIGURA 4B. Gráficos de controle para a amplitude, por lote e por laboratório, do percentual de plântulas normais de cada espécie da Tabela 1, com possibilidade de melhorar o estudo de R&R, para detectar problemas de repetitividade, antes e depois de eliminar laboratórios.
(...Continua...)

FIGURA 4B, Cont.

146

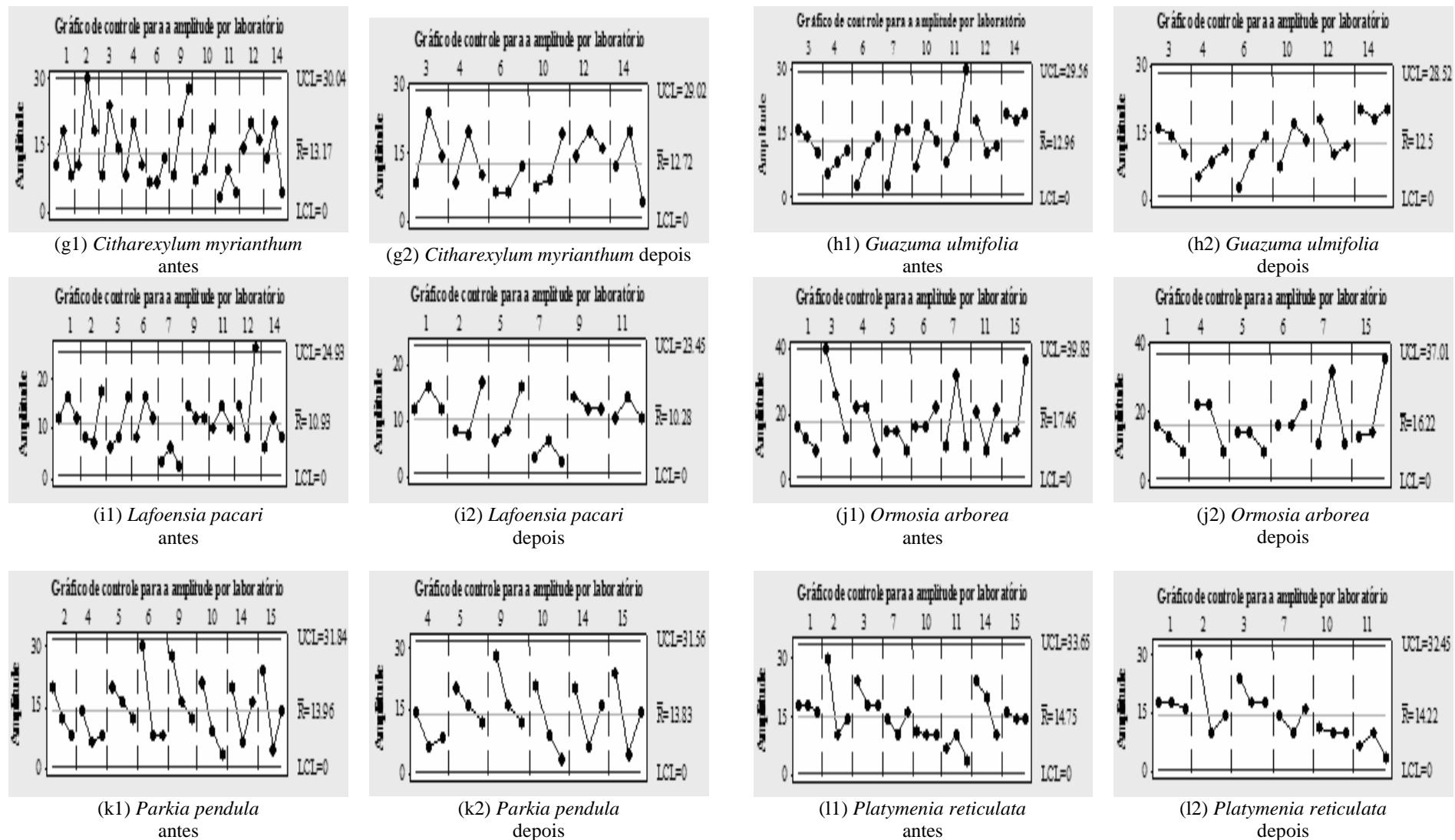
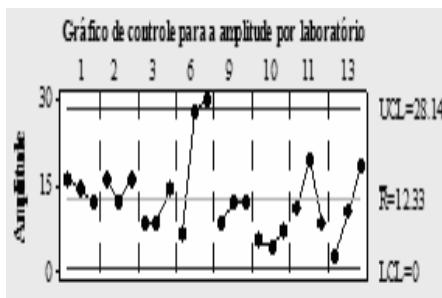


FIGURA 4B, Cont.

147



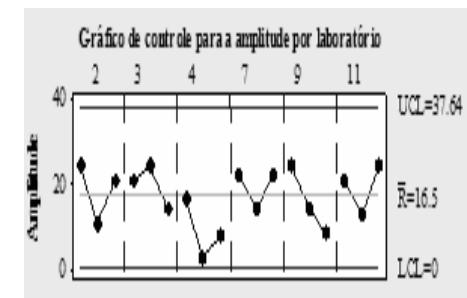
(m1) *Pseudobombax tomentosum*
antes



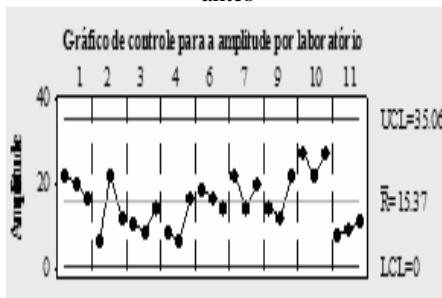
(m2) *Pseudobombax tomentosum*
depois



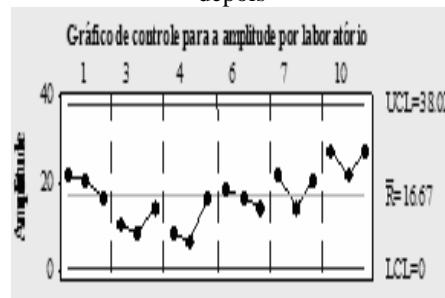
(n1) *Senna macranthera*
antes



(n2) *Senna macranthera*
depois



(o1) *Tabebuia rosea-alba*
antes



(o2) *Tabebuia rosea-alba*
depois

ANEXO C

TABELA 1C. Estatística k de Mandel, por lote e laboratório, para cada uma das 25 espécies florestais nativas estudadas para a validação de metodologia para teste de germinação de sementes.

| <i>Acacia polypylla</i> | | | <i>Astronium fraxinifolium</i> | | | <i>Cariniana estrellensis</i> | | | | | |
|--------------------------------|-------|--------|---------------------------------|-----------------------|--------|--------------------------------------|-------|-----------------------|--------|--------|--------|
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| Lab ¹ | 93 | 67 | 45 | lab | 78 | 63 | 35 | lab | 71 | 43 | 38 |
| 2 | 0,556 | 0,980 | 0,877 | 1 | 0,883 | 0,692 | 1,368 | 3 | 1,089 | 0,937 | 1,137 |
| 4 | 1,099 | 0,543 | 0,411 | 2 | 0,595 | 0,562 | 0,951 | 6 | 0,498 | 0,772 | 1,430 |
| 6 | 1,536 | 0,802 | 1,313 | 5 | 0,778 | 0,854 | 0,538 | 7 | 1,709* | 1,290 | 0,379 |
| 9 | 1,099 | 1,477 | 0,955 | 6 | 1,019 | 0,904 | 1,250 | 9 | 1,047 | 1,494 | 1,022 |
| 10 | 0,643 | 1,301 | 1,165 | 9 | 1,674* | 1,654* | 1,003 | 10 | 0,162 | 0,667 | 0,857 |
| 11 | 0,711 | 0,476 | 1,035 | 11 | 0,647 | 0,961 | 0,606 | 14 | 0,722 | 0,430 | 0,860 |
| <i>k</i> crítico (5%) | 1,54 | | | <i>k</i> crítico (5%) | 1,54 | | | <i>k</i> crítico (5%) | 1,54 | | |
| <i>k</i> crítico (1%) | 1,77 | | | <i>k</i> crítico (1%) | 1,77 | | | <i>k</i> crítico (1%) | 1,77 | | |
| <i>Cedrela fissilis</i> | | | <i>Cedrela odorata</i> | | | <i>Ceiba speciosa</i> | | | | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| lab | 88 | 63 | 43 | lab | 90 | 68 | 50 | lab | 75 | 45 | 34 |
| 3 | 1,401 | 0,521 | 0,610 | 1 | 1,407 | 0,494 | 0,901 | 1 | 0,674 | 0,624 | 0,879 |
| 4 | 0,658 | 0,799 | 1,152 | 2 | 1,312 | 1,120 | 0,253 | 4 | 0,913 | 0,785 | 0,485 |
| 6 | 0,832 | 0,319 | 0,889 | 3 | 1,007 | 0,425 | 1,406 | 9 | 1,161 | 1,512 | 1,031 |
| 9 | 1,113 | 1,267 | 1,393 | 4 | 1,007 | 1,054 | 0,760 | 10 | 0,849 | 1,016 | 1,343 |
| 11 | 0,594 | 1,579* | 1,152 | 6 | 0,435 | 1,435 | 1,112 | 11 | 1,269 | 1,205 | 1,184 |
| 12 | 1,149 | 0,944 | 0,490 | 7 | 1,363 | 1,397 | 0,458 | 13 | 1,017 | 0,470 | 0,850 |
| | | | 9 | 0,262 | 0,784 | 1,392 | | | | | |
| | | | 11 | 0,393 | 0,765 | 1,088 | | | | | |
| <i>k</i> crítico (5%) | 1,54 | | | <i>k</i> crítico (5%) | 1,56 | | | <i>k</i> crítico (1%) | 1,77 | | |
| <i>k</i> crítico (1%) | 1,77 | | | <i>k</i> crítico (1%) | 1,81 | | | | | | |
| <i>Citharexylum myrianthum</i> | | | <i>Cybistax antisyphilitica</i> | | | <i>Enterolobium contortisiliquum</i> | | | | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| lab | 50 | 34 | 14 | lab | 87 | 55 | 13 | lab | 94 | 47 | 17 |
| 3 | 1,371 | 1,062 | 1,062 | 1 | 0,601 | 1,055 | 1,118 | 1 | 1,348 | 0,660 | 1,601* |
| 4 | 1,025 | 0,714 | 0,796 | 3 | 0,917 | 1,148 | 0,748 | 4 | 1,086 | 0,455 | 0,820 |
| 6 | 0,353 | 0,902 | 0,593 | 5 | 1,343 | 1,242 | 0,679 | 6 | 0,505 | 0,668 | 0,622 |
| 10 | 0,513 | 1,350 | 0,712 | 6 | 1,250 | 0,902 | 0,938 | 7 | 1,288 | 1,365 | 0,354 |
| 12 | 1,158 | 1,268 | 1,353 | 7 | 1,314 | 1,496 | 1,292 | 8 | 0,848 | 1,195 | 1,061 |
| 14 | 1,158 | 0,343 | 1,245 | 8 | 1,220 | 0,849 | 0,826 | 9 | 1,288 | 1,683* | 0,791 |
| | | | 9 | 0,407 | 1,010 | 1,747* | | | | | |
| <i>k</i> crítico (5%) | 1,54 | | | 10 | 0,534 | 0,282 | 0,327 | 12 | 0,418 | 0,700 | 0,573 |
| <i>k</i> crítico (1%) | 1,77 | | | 11 | 0,875 | 0,394 | 0,579 | | | | |
| | | | <i>k</i> crítico (5%) | | 1,57 | | | <i>k</i> crítico (5%) | 1,56 | | |
| | | | <i>k</i> crítico (1%) | | 1,83 | | | <i>k</i> crítico (1%) | 1,81 | | |

...Continua...

*: significativo a 0,05; **: significativo a 0,01.

TABELA 1C, Cont.

| <i>Guazuma ulmifolia</i> | | | <i>Jacaranda cuspidifolia</i> | | | <i>Jacaranda micrantha</i> | | | | | |
|------------------------------|-----------------------|---------|----------------------------------|-----|-----------------------|----------------------------|--------|-----|-----------------------|--------|---------|
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| | Plântulas normais (%) | | | | Plântulas normais (%) | | | | Plântulas normais (%) | | |
| lab ¹ | 80 | 69 | 50 | lab | 80 | 59 | 35 | lab | 63 | 42 | 14 |
| 3 | 1,236 | 0,801 | 0,978 | 2 | 0,876 | 0,678 | 0,684 | 2 | 1,054 | 1,689* | 0,938 |
| 4 | 0,381 | 0,745 | 0,641 | 3 | 1,633* | 0,457 | 0,560 | 4 | 0,311 | 0,608 | 0,980 |
| 6 | 0,172 | 0,956 | 0,736 | 4 | 0,999 | 0,885 | 0,714 | 5 | 1,360 | 1,233 | 1,235 |
| 10 | 0,604 | 0,983 | 1,293 | 7 | 1,200 | 0,765 | 0,631 | 6 | 0,453 | 0,411 | 1,199 |
| 12 | 1,342 | 0,842 | 0,873 | 9 | 0,784 | 0,670 | 1,501 | 9 | 1,462 | 0,866 | 0,969 |
| 14 | 1,459 | 1,488 | 1,286 | 11 | 0,600 | 1,405 | 0,488 | 10 | 0,774 | 0,581 | 0,507 |
| | | | | 15 | 0,392 | 1,593* | 1,679* | | | | |
| | <i>k</i> crítico (5%) | | 1,54 | | | | | | | | |
| | <i>k</i> crítico (1%) | | 1,77 | | | | | | | | |
| <i>Lafoensis pacari</i> | | | <i>Mimosa caesalpiniaeefolia</i> | | | <i>Ormosia arborea</i> | | | Qualidade dos lotes | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | alta | média | baixa |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| | Plântulas normais (%) | | | | Plântulas normais (%) | | | | Plântulas normais (%) | | |
| lab | 88 | 75 | 41 | lab | 92 | 60 | 36 | lab | 62 | 44 | 24 |
| 1 | 1,309 | 0,918 | 1,315 | 1 | 1,792** | 1,446 | 1,431 | 1 | 1,073 | 0,593 | 0,437 |
| 2 | 0,809 | 1,434 | 0,594 | 2 | 0,834 | 0,550 | 0,646 | 4 | 1,343 | 1,110 | 0,443 |
| 5 | 0,598 | 1,214 | 0,762 | 6 | 0,847 | 0,885 | 0,453 | 5 | 0,879 | 0,748 | 0,490 |
| 7 | 0,357 | 0,176 | 0,637 | 9 | 0,000 | 0,602 | 1,555* | 6 | 1,104 | 0,810 | 1,170 |
| 9 | 1,478 | 1,012 | 1,143 | 10 | 0,666 | 0,809 | 0,417 | 7 | 0,662 | 1,647* | 0,639 |
| 11 | 0,980 | 0,757 | 1,274 | 13 | 0,966 | 1,344 | 0,859 | 15 | 0,785 | 0,698 | 1,897** |
| | <i>k</i> crítico (5%) | | 1,54 | | | | | | | | |
| | <i>k</i> crítico (1%) | | 1,77 | | | | | | | | |
| <i>Parapiptadenia rigida</i> | | | <i>Parkia pendula</i> | | | <i>Peltophorum dubium</i> | | | Qualidade dos lotes | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | alta | média | baixa |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| | Plântulas normais (%) | | | | Plântulas normais (%) | | | | Plântulas normais (%) | | |
| lab | 95 | 49 | 47 | lab | 89 | 51 | 19 | lab | 76 | 54 | 32 |
| 1 | 0,567 | 0,291 | 1,218 | 4 | 0,650 | 0,694 | 0,690 | 1 | 1,431 | 0,734 | 0,368 |
| 2 | 1,482 | 2,048** | 1,355 | 5 | 1,474 | 0,891 | 1,104 | 2 | 0,794 | 1,354 | 1,018 |
| 6 | 0,342 | 0,280 | 1,115 | 9 | 1,474 | 1,266 | 1,058 | 6 | 0,394 | 1,221 | 1,618* |
| 7 | 0,593 | 0,477 | 0,724 | 10 | 0,873 | 0,926 | 0,248 | 9 | 0,654 | 0,832 | 0,801 |
| 9 | 1,012 | 0,683 | 0,769 | 14 | 0,545 | 0,949 | 1,345 | 10 | 0,502 | 1,047 | 1,186 |
| 14 | 1,411 | 0,974 | 0,566 | 15 | 0,415 | 1,168 | 1,147 | 12 | 1,128 | 0,734 | 0,793 |
| | <i>k</i> crítico (5%) | | 1,54 | | | | | | | | |
| | <i>k</i> crítico (1%) | | 1,77 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

*: significativo a 0,05; **: significativo a 0,01.

...Continua...

TABELA 1C, Cont.

| <i>Platymenia reticulata</i> | | | <i>Pseudobombax tomentosum</i> | | | <i>Pterogyne nitens</i> | | | | | |
|------------------------------|--------|-------|--------------------------------|-----|-------|------------------------------|--------|-----|-----------------------|-------|--------|
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| Plântulas normais (%) | | | Plântulas normais (%) | | | Plântulas normais (%) | | | Plântulas normais (%) | | |
| lab ¹ | 86 | 53 | 31 | lab | 89 | 54 | 20 | lab | 67 | 49 | 33 |
| 1 | 1,228 | 0,959 | 1,364 | 1 | 1,497 | 0,921 | 1,079 | 2 | 0,172 | 1,003 | 1,393 |
| 2 | 0,967 | 1,524 | 0,832 | 2 | 1,412 | 1,184 | 1,029 | 4 | 1,146 | 0,997 | 0,816 |
| 3 | 1,254 | 1,305 | 1,302 | 3 | 0,789 | 1,024 | 0,707 | 5 | 0,433 | 1,135 | 1,224 |
| 7 | 1,178 | 0,742 | 0,838 | 9 | 0,738 | 0,999 | 0,934 | 6 | 1,160 | 1,331 | 0,923 |
| 10 | 0,735 | 0,629 | 0,724 | 10 | 0,568 | 0,575 | 0,385 | 7 | 1,273 | 0,827 | 0,797 |
| 11 | 0,233 | 0,329 | 0,724 | 11 | 1,107 | 0,594 | 1,632* | 9 | 1,226 | 0,505 | 0,639 |
| | | | | 13 | 0,216 | 1,421 | 0,770 | | | | |
| <i>k</i> crítico (5%) | 1,54 | | | | | | | | | | |
| <i>k</i> crítico (1%) | 1,77 | | | | | | | | | | |
| <i>Schizolobium parahyba</i> | | | <i>Senna macranthera</i> | | | <i>Tabebuia chrysotricha</i> | | | | | |
| var. <i>amazonicum</i> | | | | | | | | | | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| Plântulas normais (%) | | | Plântulas normais (%) | | | Plântulas normais (%) | | | Plântulas normais (%) | | |
| lab | 97 | 76 | 67 | lab | 71 | 55 | 34 | lab | 88 | 47 | 5 |
| 1 | 0,385 | 0,684 | 1,045 | 2 | 1,119 | 0,757 | 1,186 | 1 | 0,431 | 0,965 | 0,601 |
| 4 | 1,705* | 0,990 | 1,242 | 3 | 0,898 | 1,641* | 0,929 | 2 | 1,170 | 0,525 | 0,521 |
| 6 | 0,968 | 0,856 | 1,003 | 4 | 0,408 | 0,152 | 0,819 | 4 | 0,664 | 1,353 | 1,562* |
| 7 | 0,628 | 1,492 | 0,770 | 7 | 1,336 | 0,949 | 0,944 | 5 | 0,914 | 1,279 | 0,521 |
| 9 | 1,088 | 0,952 | 1,084 | 9 | 0,505 | 0,988 | 1,172 | 9 | 0,862 | 1,046 | 1,778* |
| 11 | 0,657 | 0,829 | 0,769 | 11 | 1,317 | 0,913 | 0,892 | 10 | 0,788 | 0,920 | 0,260 |
| | | | | | | | | 11 | 1,675* | 0,623 | 0,655 |
| <i>k</i> crítico (5%) | 1,54 | | | | | | | | | | |
| <i>k</i> crítico (1%) | 1,77 | | | | | | | | | | |
| <i>Tabebuia rosea-alba</i> | | | | | | | | | | | |
| Qualidade dos lotes | | | | | | | | | | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| Plântulas normais (%) | | | | | | | | | | | |
| lab | 82 | 43 | 27 | | | | | | | | |
| 1 | 1,259 | 0,928 | 1,127 | | | | | | | | |
| 3 | 0,573 | 0,775 | 0,537 | | | | | | | | |
| 4 | 0,454 | 0,881 | 0,414 | | | | | | | | |
| 6 | 1,033 | 0,707 | 0,979 | | | | | | | | |
| 7 | 0,957 | 1,112 | 1,108 | | | | | | | | |
| 10 | 1,377 | 1,424 | 1,444 | | | | | | | | |
| <i>k</i> crítico (5%) | 1,54 | | | | | | | | | | |
| <i>k</i> crítico (1%) | 1,77 | | | | | | | | | | |

*: significativo a 0,05; **: significativo a 0,01.

TABELA 2C. Estatística h de Mandel, por lote e laboratório, para cada uma das 25 espécies florestais nativas estudadas para a validação de metodologia para teste de germinação de sementes.

| <i>Acacia polyphylla</i> | | | <i>Astronium fraxinifolium</i> | | | <i>Cariniana estrellensis</i> | | | | | |
|--------------------------------------|----------|---------|--------------------------------|------------------|---------|-------------------------------|--------|------------------|---------------------|--------|--------|
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| Plântulas normais (%) | | | | | | | | | | | |
| Lab ¹ | 93 | 67 | 45 | lab | 78 | 63 | 35 | lab | 71 | 43 | 38 |
| 2 | 0,311 | 0,854 | 0,760 | 1 | 0,080 | 0,478 | -0,914 | 3 | 1,630 | -0,579 | 1,424 |
| 4 | 0,635 | -0,250 | -0,760 | 2 | 0,514 | 0,823 | 1,311 | 6 | -0,251 | 1,068 | -0,400 |
| 6 | -1,473 | -1,826* | -1,629 | 5 | -1,849* | -0,144 | -1,073 | 7 | 0,313 | -0,364 | -1,456 |
| 9 | 1,284 | 0,854 | 0,977 | 6 | 0,080 | -0,144 | 0,199 | 9 | -0,815 | -1,152 | 0,560 |
| 10 | 0,068 | 0,381 | 0,217 | 9 | 1,141 | 0,823 | 0,993 | 10 | -1,191 | 1,390 | 0,368 |
| 11 | -0,824 | -0,013 | 0,434 | 11 | 0,032 | -1,837* | -0,517 | 14 | 0,313 | -0,364 | -0,496 |
| h crítico (5%) | 1,66 | | | h crítico (5%) | 1,66 | | | h crítico (5%) | 1,66 | | |
| h crítico (1%) | 1,87 | | | h crítico (1%) | 1,87 | | | h crítico (1%) | 1,87 | | |
| <i>Cedrela fissilis</i> | | | | | | | | | | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| Plântulas normais (%) | | | | | | | | | | | |
| lab | 88 | 63 | 43 | lab | 90 | 68 | 50 | lab | 75 | 45 | 34 |
| 3 | 0,523 | 0,799 | 1,003 | 1 | 0,572 | -0,082 | -0,322 | 1 | 0,674 | 0,885 | 0,775 |
| 4 | -0,194 | -1,065 | 0,868 | 2 | -1,076 | -0,959 | -1,134 | 4 | 0,277 | 0,838 | -0,015 |
| 6 | -1,900** | -0,399 | -0,011 | 3 | 0,206 | -0,228 | -1,134 | 9 | -1,546 | -1,276 | -0,541 |
| 9 | 0,523 | -1,065 | -1,567 | 4 | 0,206 | -0,375 | 0,762 | 10 | -0,912 | -1,182 | -0,717 |
| 11 | 0,882 | 0,399 | -0,755 | 6 | -0,160 | 0,356 | 1,439 | 11 | 0,515 | 0,697 | -1,068 |
| 12 | 0,165 | 1,332 | 0,462 | 7 | -1,808* | -1,105 | 0,897 | 13 | 0,991 | 0,039 | 1,565 |
| | | | | 9 | 1,121 | 2,110** | 0,355 | | | | |
| h crítico (5%) | 1,66 | | | 11 | 0,938 | 0,283 | -0,863 | h crítico (5%) | 1,66 | | |
| h crítico (1%) | 1,87 | | | h crítico (5%) | 1,75 | | | h crítico (1%) | 1,87 | | |
| h crítico (1%) | | | | 9 | | | | h crítico (1%) | | | |
| <i>Cedrela odorata</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>Ceiba speciosa</i> | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| Plântulas normais (%) | | | | | | | | | | | |
| lab | 88 | 63 | 43 | lab | 90 | 68 | 50 | lab | 75 | 45 | 34 |
| 3 | 0,523 | 0,799 | 1,003 | 1 | 0,572 | -0,082 | -0,322 | 1 | 0,674 | 0,885 | 0,775 |
| 4 | -0,194 | -1,065 | 0,868 | 2 | -1,076 | -0,959 | -1,134 | 4 | 0,277 | 0,838 | -0,015 |
| 6 | -1,900** | -0,399 | -0,011 | 3 | 0,206 | -0,228 | -1,134 | 9 | -1,546 | -1,276 | -0,541 |
| 9 | 0,523 | -1,065 | -1,567 | 4 | 0,206 | -0,375 | 0,762 | 10 | -0,912 | -1,182 | -0,717 |
| 11 | 0,882 | 0,399 | -0,755 | 6 | -0,160 | 0,356 | 1,439 | 11 | 0,515 | 0,697 | -1,068 |
| 12 | 0,165 | 1,332 | 0,462 | 7 | -1,808* | -1,105 | 0,897 | 13 | 0,991 | 0,039 | 1,565 |
| | | | | 9 | 1,121 | 2,110** | 0,355 | | | | |
| h crítico (5%) | 1,66 | | | 11 | 0,938 | 0,283 | -0,863 | h crítico (5%) | 1,66 | | |
| h crítico (1%) | 1,87 | | | h crítico (5%) | 1,75 | | | h crítico (1%) | 1,87 | | |
| h crítico (1%) | | | | 9 | | | | h crítico (1%) | | | |
| <i>Citharexylum myrianthum</i> | | | | | | | | | | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| Plântulas normais (%) | | | | | | | | | | | |
| lab | 50 | 34 | 14 | lab | 87 | 55 | 13 | lab | 94 | 47 | 17 |
| 3 | 1,784* | 1,754* | -0,048 | 1 | -1,282 | -0,856 | -0,230 | 1 | -0,521 | -0,727 | 0,669 |
| 4 | 0,142 | 0,548 | 1,581 | 3 | -1,825* | -1,174 | -1,349 | 4 | 1,265 | -0,168 | 1,669 |
| 6 | -0,883 | -0,658 | -1,212 | 5 | -0,196 | 1,162 | 0,665 | 6 | -0,372 | 1,174 | 0,598 |
| 10 | 0,313 | -0,110 | 0,708 | 6 | -0,196 | 0,207 | -0,789 | 7 | -1,712 | -1,062 | 0,384 |
| 12 | -0,678 | -0,767 | -0,514 | 7 | 0,483 | -0,962 | -0,342 | 8 | 0,372 | 0,503 | -1,329 |
| 14 | -0,678 | -0,767 | -0,514 | 8 | 0,483 | 0,950 | -0,566 | 9 | -0,521 | -0,950 | -0,758 |
| | | | | 9 | 1,297 | 0,950 | 0,329 | 10 | 0,223 | 1,621 | -0,901 |
| h crítico (5%) | 1,66 | | | 10 | 0,483 | 0,791 | 2,119* | 12 | 1,265 | -0,391 | -0,330 |
| h crítico (1%) | 1,87 | | | 11 | 0,754 | -1,068 | 0,162 | | | | |
| h crítico (1%) | | | | h crítico (5%) | 1,78 | | | h crítico (5%) | 1,75 | | |
| h crítico (1%) | | | | h crítico (1%) | 2,13 | | | h crítico (1%) | 2,06 | | |
| <i>Cybistax antisyphilitica</i> | | | | | | | | | | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| Plântulas normais (%) | | | | | | | | | | | |
| lab | 50 | 34 | 14 | lab | 87 | 55 | 13 | lab | 94 | 47 | 17 |
| 3 | 1,784* | 1,754* | -0,048 | 1 | -1,282 | -0,856 | -0,230 | 1 | -0,521 | -0,727 | 0,669 |
| 4 | 0,142 | 0,548 | 1,581 | 3 | -1,825* | -1,174 | -1,349 | 4 | 1,265 | -0,168 | 1,669 |
| 6 | -0,883 | -0,658 | -1,212 | 5 | -0,196 | 1,162 | 0,665 | 6 | -0,372 | 1,174 | 0,598 |
| 10 | 0,313 | -0,110 | 0,708 | 6 | -0,196 | 0,207 | -0,789 | 7 | -1,712 | -1,062 | 0,384 |
| 12 | -0,678 | -0,767 | -0,514 | 7 | 0,483 | -0,962 | -0,342 | 8 | 0,372 | 0,503 | -1,329 |
| 14 | -0,678 | -0,767 | -0,514 | 8 | 0,483 | 0,950 | -0,566 | 9 | -0,521 | -0,950 | -0,758 |
| | | | | 9 | 1,297 | 0,950 | 0,329 | 10 | 0,223 | 1,621 | -0,901 |
| h crítico (5%) | 1,66 | | | 10 | 0,483 | 0,791 | 2,119* | 12 | 1,265 | -0,391 | -0,330 |
| h crítico (1%) | 1,87 | | | 11 | 0,754 | -1,068 | 0,162 | | | | |
| h crítico (1%) | | | | h crítico (5%) | 1,78 | | | h crítico (5%) | 1,75 | | |
| h crítico (1%) | | | | h crítico (1%) | 2,13 | | | h crítico (1%) | 2,06 | | |
| <i>Enterolobium contortisiliquum</i> | | | | | | | | | | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| Plântulas normais (%) | | | | | | | | | | | |
| lab | 50 | 34 | 14 | lab | 87 | 55 | 13 | lab | 94 | 47 | 17 |
| 3 | 1,784* | 1,754* | -0,048 | 1 | -1,282 | -0,856 | -0,230 | 1 | -0,521 | -0,727 | 0,669 |
| 4 | 0,142 | 0,548 | 1,581 | 3 | -1,825* | -1,174 | -1,349 | 4 | 1,265 | -0,168 | 1,669 |
| 6 | -0,883 | -0,658 | -1,212 | 5 | -0,196 | 1,162 | 0,665 | 6 | -0,372 | 1,174 | 0,598 |
| 10 | 0,313 | -0,110 | 0,708 | 6 | -0,196 | 0,207 | -0,789 | 7 | -1,712 | -1,062 | 0,384 |
| 12 | -0,678 | -0,767 | -0,514 | 7 | 0,483 | -0,962 | -0,342 | 8 | 0,372 | 0,503 | -1,329 |
| 14 | -0,678 | -0,767 | -0,514 | 8 | 0,483 | 0,950 | -0,566 | 9 | -0,521 | -0,950 | -0,758 |
| | | | | 9 | 1,297 | 0,950 | 0,329 | 10 | 0,223 | 1,621 | -0,901 |
| h crítico (5%) | 1,66 | | | 10 | 0,483 | 0,791 | 2,119* | 12 | 1,265 | -0,391 | -0,330 |
| h crítico (1%) | 1,87 | | | 11 | 0,754 | -1,068 | 0,162 | | | | |
| h crítico (1%) | | | | h crítico (5%) | 1,78 | | | h crítico (5%) | 1,75 | | |
| h crítico (1%) | | | | h crítico (1%) | 2,13 | | | h crítico (1%) | 2,06 | | |

...Continua...

*: significativo a 0,05; **: significativo a 0,01.

TABELA 2C, Cont.

| <i>Guazuma ulmifolia</i> | | | <i>Jacaranda cuspidifolia</i> | | | <i>Jacaranda micrantha</i> | | | | | |
|------------------------------|---------|--------|---------------------------------|-----|--------|----------------------------|---------|-----|---------------------------|--------|--------|
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| lab ¹ | 80 | 69 | 50 | lab | 80 | 59 | 35 | lab | 63 | 42 | 14 |
| 3 | -0,600 | -0,092 | -1,337 | 2 | 1,378 | 0,529 | 0,990 | 2 | -1,716* | -1,140 | -0,726 |
| 4 | 1,201 | 1,014 | 0,946 | 3 | -0,661 | -1,181 | 0,580 | 4 | 0,147 | 0,883 | -0,253 |
| 6 | 0,247 | -0,369 | 0,098 | 4 | -1,445 | -0,183 | -1,349 | 5 | 0,457 | 1,461 | 1,168 |
| 10 | 1,095 | 0,738 | 1,011 | 7 | -0,661 | 1,954* | 0,464 | 6 | -0,578 | -0,466 | 1,358 |
| 12 | -1,130 | 0,461 | 0,359 | 9 | 0,751 | -0,183 | 0,990 | 9 | 0,664 | -0,755 | -0,726 |
| 14 | -0,812 | 1,752* | -1,076 | 11 | -0,112 | -0,468 | -1,203 | 10 | 1,026 | 0,016 | -0,821 |
| <i>h crítico (5%)</i> | | | <i>h crítico (5%)</i> | | | <i>h crítico (5%)</i> | | | <i>h crítico (5%)</i> | | |
| <i>h crítico (1%)</i> | | | <i>h crítico (1%)</i> | | | <i>h crítico (1%)</i> | | | <i>h crítico (1%)</i> | | |
| <i>Lafoensia pacari</i> | | | <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> | | | <i>Ormosia arborea</i> | | | <i>Peltophorum dubium</i> | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| lab | 88 | 75 | 41 | lab | 92 | 60 | 36 | lab | 62 | 44 | 24 |
| 1 | -0,277 | 0,471 | -1,188 | 1 | -0,703 | 0,159 | 1,068 | 1 | -1,176 | 1,755* | 1,667* |
| 2 | -0,785 | 0,707 | 0,984 | 2 | -1,322 | 0,517 | 1,796* | 4 | 0,081 | 0,623 | 0,878 |
| 5 | 1,386 | 0,157 | 1,374 | 6 | 1,033 | -1,034 | 0,523 | 5 | 0,999 | -0,566 | 0,641 |
| 7 | 0,139 | -1,021 | -0,798 | 9 | 1,033 | 1,591 | 0,523 | 6 | -0,451 | 0,283 | 0,700 |
| 9 | -1,294 | -1,414 | -0,074 | 10 | -0,579 | -0,199 | -0,295 | 7 | -0,789 | 0,453 | -0,720 |
| 11 | 0,832 | 1,100 | -0,297 | 13 | 0,537 | -1,034 | -0,023 | 15 | 1,337 | 0,962 | 0,168 |
| <i>h crítico (5%)</i> | | | <i>h crítico (5%)</i> | | | <i>h crítico (5%)</i> | | | <i>h crítico (5%)</i> | | |
| <i>h crítico (1%)</i> | | | <i>h crítico (1%)</i> | | | <i>h crítico (1%)</i> | | | <i>h crítico (1%)</i> | | |
| <i>Parapiptadenia rigida</i> | | | <i>Parkia pendula</i> | | | <i>Peltophorum dubium</i> | | | <i>Peltophorum dubium</i> | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa |
| lab | 95 | 49 | 47 | lab | 89 | 51 | 19 | lab | 76 | 54 | 32 |
| 1 | 0,310 | -0,642 | 0,019 | 4 | 1,756* | -0,286 | 0,054 | 1 | 0,574 | 0,277 | 0,627 |
| 2 | -0,221 | 1,359 | 1,401 | 5 | 0,296 | 0,911 | -0,705 | 2 | -1,735* | -0,498 | -0,492 |
| 6 | 0,576 | -1,393 | 0,826 | 9 | -0,433 | 0,494 | -0,416 | 6 | 0,473 | 0,374 | -0,234 |
| 7 | 1,107 | 0,058 | -1,363 | 10 | -1,117 | 1,848* | -0,850 | 9 | 0,875 | 1,731* | -0,061 |
| 9 | -1,816* | -0,242 | -0,211 | 14 | -0,616 | 0,651 | 0,018 | 10 | -0,731 | 0,180 | 0,627 |
| 14 | 0,044 | 0,859 | -0,672 | 15 | 0,114 | 0,078 | 1,899** | 12 | -0,430 | -1,467 | 1,316 |
| <i>h crítico (5%)</i> | | | <i>h crítico (5%)</i> | | | <i>h crítico (5%)</i> | | | <i>h crítico (5%)</i> | | |
| <i>h crítico (1%)</i> | | | <i>h crítico (1%)</i> | | | <i>h crítico (1%)</i> | | | <i>h crítico (1%)</i> | | |

...Continua...

*: significativo a 0,05; **: significativo a 0,01.

TABELA 2C, Cont.

| <i>Platymenia reticulata</i> | | | <i>Pseudobombax tomentosum</i> | | | <i>Pterogyne nitens</i> | | | | | | |
|--|---------|--------|--------------------------------|-----------------------|--------|------------------------------|--------|-----------------------|--------|--------|--------|--|
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | | | | |
| | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | | alta | média | baixa | |
| lab ¹ | 86 | 53 | 31 | lab | 89 | 54 | 20 | lab | 65 | 49 | 33 | |
| 1 | 0,159 | -1,414 | -1,190 | 1 | -0,951 | 0,553 | 0,623 | 2 | 0,235 | 1,242 | 0,352 | |
| 2 | -0,222 | -0,559 | -0,143 | 2 | -0,951 | 0,468 | 1,309 | 4 | -0,235 | -1,478 | 0,011 | |
| 3 | 0,666 | 1,349 | 0,714 | 3 | -0,559 | -0,298 | -0,847 | 5 | -1,377 | -0,769 | -1,147 | |
| 7 | -1,237 | 0,559 | -1,190 | 9 | 1,497 | 1,318 | 0,525 | 6 | -0,706 | -0,059 | -1,011 | |
| 10 | -0,856 | -0,493 | 0,952 | 10 | -0,608 | -0,680 | -1,484 | 7 | 0,638 | 0,296 | 0,216 | |
| 11 | 1,490 | 0,559 | 0,857 | 11 | 0,664 | -1,743* | -0,651 | 9 | 1,445 | 0,769 | 1,579 | |
| | | | | 13 | 0,909 | 0,383 | 0,525 | | | | | |
| <i>h</i> crítico (5%) | 1,66 | | | <i>h</i> crítico (5%) | 1,71 | | | <i>h</i> crítico (5%) | 1,66 | | | |
| <i>h</i> crítico (1%) | 1,87 | | | <i>h</i> crítico (1%) | 1,98 | | | <i>h</i> crítico (1%) | 1,87 | | | |
| <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>Amazonicum</i> | | | <i>Senna macranthera</i> | | | <i>Tabebuia chrysotricha</i> | | | | | | |
| Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | Qualidade dos lotes | | | | | | |
| alta | | | alta | | | alta | | | | | | |
| média | | | média | | | média | | | | | | |
| baixa | | | baixa | | | baixa | | | | | | |
| Plântulas normais (%) | | | Plântulas normais (%) | | | Plântulas normais (%) | | | | | | |
| lab | 97 | 76 | 67 | lab | 71 | 55 | 34 | lab | 88 | 47 | 5 | |
| 1 | 0,395 | 1,866* | 0,793 | 2 | -1,094 | -0,106 | -1,650 | 1 | -0,686 | 0,018 | 0,974 | |
| 4 | -1,837* | -0,854 | -1,640 | 3 | 0,061 | -1,201 | -0,201 | 2 | -0,855 | 1,549 | -0,091 | |
| 6 | 0,395 | 0,087 | 0,129 | 4 | 0,849 | 0,167 | 1,006 | 4 | 1,842* | 0,018 | -0,091 | |
| 7 | 0,674 | -0,854 | -0,756 | 7 | -1,304 | 0,806 | -0,201 | 5 | 0,325 | 0,273 | -1,369 | |
| 9 | -0,442 | -0,017 | 0,793 | 9 | 0,376 | 1,353 | 1,087 | 9 | 0,662 | 0,528 | 1,613 | |
| 11 | 0,814 | -0,227 | 0,682 | 11 | 1,112 | -1,019 | -0,040 | 10 | -0,770 | -1,640 | -0,411 | |
| | | | | | | | | 11 | -0,518 | -0,747 | -0,624 | |
| <i>h</i> crítico (5%) | 1,66 | | | <i>h</i> crítico (5%) | 1,66 | | | <i>h</i> crítico (5%) | 1,71 | | | |
| <i>h</i> crítico (1%) | 1,87 | | | <i>h</i> crítico (1%) | 1,87 | | | <i>h</i> crítico (1%) | 1,98 | | | |
| <i>Tabebuia rosea-alba</i> | | | | | | | | | | | | |
| Qualidade dos lotes | | | | | | | | | | | | |
| alta | | | | | | | | | | | | |
| média | | | | | | | | | | | | |
| baixa | | | | | | | | | | | | |
| Plântulas normais (%) | | | | | | | | | | | | |
| lab | 82 | 43 | 27 | | | | | | | | | |
| 1 | -0,873 | -0,212 | -0,600 | | | | | | | | | |
| 3 | -0,976 | -1,602 | -0,519 | | | | | | | | | |
| 4 | 1,719* | 0,019 | 1,745* | | | | | | | | | |
| 6 | 0,164 | -0,212 | -0,923 | | | | | | | | | |
| 7 | 0,371 | 0,598 | 0,613 | | | | | | | | | |
| 10 | -0,406 | 1,409 | -0,317 | | | | | | | | | |
| <i>h</i> crítico (5%) | 1,66 | | | | | | | | | | | |
| <i>h</i> crítico (1%) | 1,87 | | | | | | | | | | | |

*: significativo a 0,05; **: significativo a 0,01.

ANEXO D

TABELA 1D. Resumo dos desvios de uma seqüência de modelos encaixados para o percentual e número de plântulas normais de 25 espécies florestais de um delineamento inteiramente casualizado, com dois fatores e interação, modelados pelas distribuições Normal e Binomial, com funções de ligação identidade e logística, respectivamente.

| Fontes do modelo | <i>Acacia polyphylla</i> | | | | <i>Astronium fraxinifolium</i> | | | | <i>Cariniana estrellensis</i> | | | | <i>Cedrela fissilis</i> | | | |
|--------------------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|
| | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² |
| Nulo | 71 | 30593,9 | 71 | 422,9 | 71 | 25894,0 | 71 | 283,7 | 71 | 19514,7 | 71 | 203,7 | 71 | 27788,4 | 71 | 339,5 |
| Lab. | 66 | 30175,7 | 66 | 417,3 | 66 | 24824,5 | 66 | 273,5 | 66 | 19099,9 | 66 | 198,9 | 66 | 27472,0 | 66 | 335,1 |
| Lote | 64 | 1553,1 | 64 | 35,6 | 64 | 2647,9 | 64 | 36,4 | 64 | 4000,4 | 64 | 44,7 | 64 | 3327,5 | 64 | 48,2 |
| Lab.*Lote | 54 | 1474,0 | 54 | 29,5 | 54 | 1935,0 | 54 | 28,1 | 54 | 2755,8 | 54 | 30,5 | 54 | 2933,5 | 54 | 41,6 |
| Saturado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Cedrela odorata</i> | | | | <i>Ceiba speciosa</i> | | | | <i>Citharexylum myrianthum</i> | | | | <i>Cybistax antisiphilitica</i> | | | | |
| | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² |
| Nulo | 95 | 29649,2 | 95 | 380,4 | 71 | 27839,5 | 71 | 297,8 | 71 | 19809,8 | 71 | 238,2 | 107 | 103198,0 | 107 | 1173,0 |
| Lab. | 88 | 29205,2 | 88 | 374,6 | 66 | 26909,0 | 66 | 289,5 | 66 | 18467,4 | 66 | 222,6 | 99 | 102034,0 | 99 | 1161,4 |
| Lote | 86 | 3196,2 | 86 | 46,6 | 64 | 5170,9 | 64 | 63,3 | 64 | 2623,5 | 64 | 31,4 | 97 | 3758,0 | 97 | 67,3 |
| Lab.*Lote | 72 | 2721,7 | 72 | 38,9 | 54 | 4687,5 | 54 | 58,3 | 54 | 2111,5 | 54 | 26,3 | 81 | 3140,0 | 81 | 56,8 |
| Saturado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Enterolobium contortisiliquum</i> | | | | <i>Guazuma ulmifolia</i> | | | | <i>Jacaranda cuspidifolia</i> | | | | <i>Jacaranda micrantha</i> | | | | |
| | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² |
| Nulo | 95 | 100730,0 | 95 | 1217,3 | 71 | 14182,9 | 71 | 161,9 | 83 | 31885,0 | 83 | 353,1 | 71 | 34364,0 | 71 | 396,9 |
| Lab. | 88 | 100431,0 | 88 | 1214,6 | 66 | 13667,6 | 66 | 157,3 | 77 | 30763,0 | 77 | 340,7 | 66 | 33536,0 | 66 | 388,1 |
| Lote | 86 | 2330,0 | 86 | 53,9 | 64 | 2114,5 | 64 | 25,7 | 75 | 3525,0 | 75 | 41,8 | 64 | 4002,0 | 64 | 58,8 |
| Lab.*Lote | 72 | 1646,0 | 72 | 40,5 | 54 | 1963,2 | 54 | 23,9 | 63 | 2352,0 | 63 | 26,1 | 54 | 3267,0 | 54 | 45,7 |
| Saturado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Lafoensia pacari</i> | | | | <i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> | | | | <i>Ormosia arborea</i> | | | | <i>Parapiptadenia rigida</i> | | | | |
| | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² |
| Nulo | 71 | 30985,8 | 71 | 384,7 | 71 | 40044,0 | 71 | 508,0 | 71 | 25888,0 | 71 | 278,9 | 71 | 38259,0 | 71 | 525,8 |
| Lab. | 66 | 30377,1 | 66 | 377,8 | 66 | 39948,0 | 66 | 506,0 | 66 | 22246,0 | 66 | 239,9 | 66 | 38063,0 | 66 | 523,6 |
| Lote | 64 | 1888,7 | 64 | 40,0 | 64 | 2186,0 | 64 | 41,5 | 64 | 4812,0 | 64 | 56,1 | 64 | 3306,0 | 64 | 54,3 |
| Lab.*Lote | 54 | 1306,5 | 54 | 25,8 | 54 | 2046,0 | 54 | 37,5 | 54 | 3325,0 | 54 | 38,4 | 54 | 2838,0 | 54 | 42,5 |
| Saturado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

...Continua...

¹ Distribuição Normal com função de ligação identidade; ²Binomial com função de ligação logística; Lab.: Laboratórios; *gl*: grau de liberdade.

TABELA 1D, Cont.

| | <i>Parkia pendula</i> | | | | <i>Peltophorum dubium</i> | | | | <i>Platymenia reticulata</i> | | | | <i>Pseudobombax tomentosum</i> | | | |
|------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|---|----------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|
| | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² |
| Nulo | 71 | 62651,0 | 71 | 722,7 | 83 | 28705,6 | 83 | 300,8 | 71 | 40768,0 | 71 | 464,5 | 83 | 70554,0 | 83 | 816,0 |
| Lab. | 66 | 61692,0 | 66 | 713,3 | 77 | 28133,6 | 77 | 294,5 | 66 | 39642,0 | 66 | 452,9 | 77 | 69434,0 | 77 | 804,1 |
| Lote | 64 | 3533,0 | 64 | 64,0 | 75 | 2880,4 | 75 | 34,6 | 64 | 3383,0 | 64 | 50,7 | 75 | 2704,0 | 75 | 54,0 |
| Lab.*Lote | 54 | 2474,0 | 54 | 38,4 | 63 | 2015,8 | 63 | 23,4 | 54 | 2491,0 | 54 | 39,9 | 63 | 1745,0 | 63 | 34,1 |
| Saturado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fontes do modelo | <i>Pterogyne nitens</i> | | | | <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> | | | | <i>Senna macranthera</i> | | | | <i>Tabebuia chrysotricha</i> | | | |
| | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² |
| Nulo | 71 | 15893,3 | 71 | 165,2 | 71 | 13724,6 | 71 | 290,0 | 71 | 20845,9 | 71 | 220,0 | 83 | 98716,0 | 83 | 1184,5 |
| Lab. | 66 | 15181,0 | 66 | 158,6 | 66 | 13350,3 | 66 | 284,1 | 66 | 20459,2 | 66 | 216,2 | 77 | 98531,0 | 77 | 1181,7 |
| Lote | 64 | 1773,8 | 64 | 20,7 | 64 | 2189,5 | 64 | 54,3 | 64 | 3846,9 | 64 | 44,2 | 75 | 1315,0 | 75 | 28,6 |
| Lab.*Lote | 54 | 1582,5 | 54 | 18,6 | 54 | 1940,5 | 54 | 45,0 | 54 | 3437,2 | 54 | 38,9 | 63 | 1064,0 | 63 | 19,0 |
| Saturado | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fontes do modelo | <i>Tabebuia rosea-alba</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <i>gl</i> ¹ | <i>Desvio</i> ¹ | <i>gl</i> ² | <i>Desvio</i> ² | | | | | | | | | | | | |
| Nulo | 71 | 43432,0 | 71 | 474,1 | | | | | | | | | | | | |
| Lab. | 66 | 42576,0 | 66 | 464,6 | | | | | | | | | | | | |
| Lote | 64 | 3677,0 | 64 | 53,6 | | | | | | | | | | | | |
| Lab.*Lote | 54 | 3209,0 | 54 | 45,9 | | | | | | | | | | | | |
| Saturado | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | |

¹ Distribuição Normal com função de ligação identidade; ²Binomial com função de ligação logística; Lab.: Laboratórios; *gl*: grau de liberdade.

ANEXO E

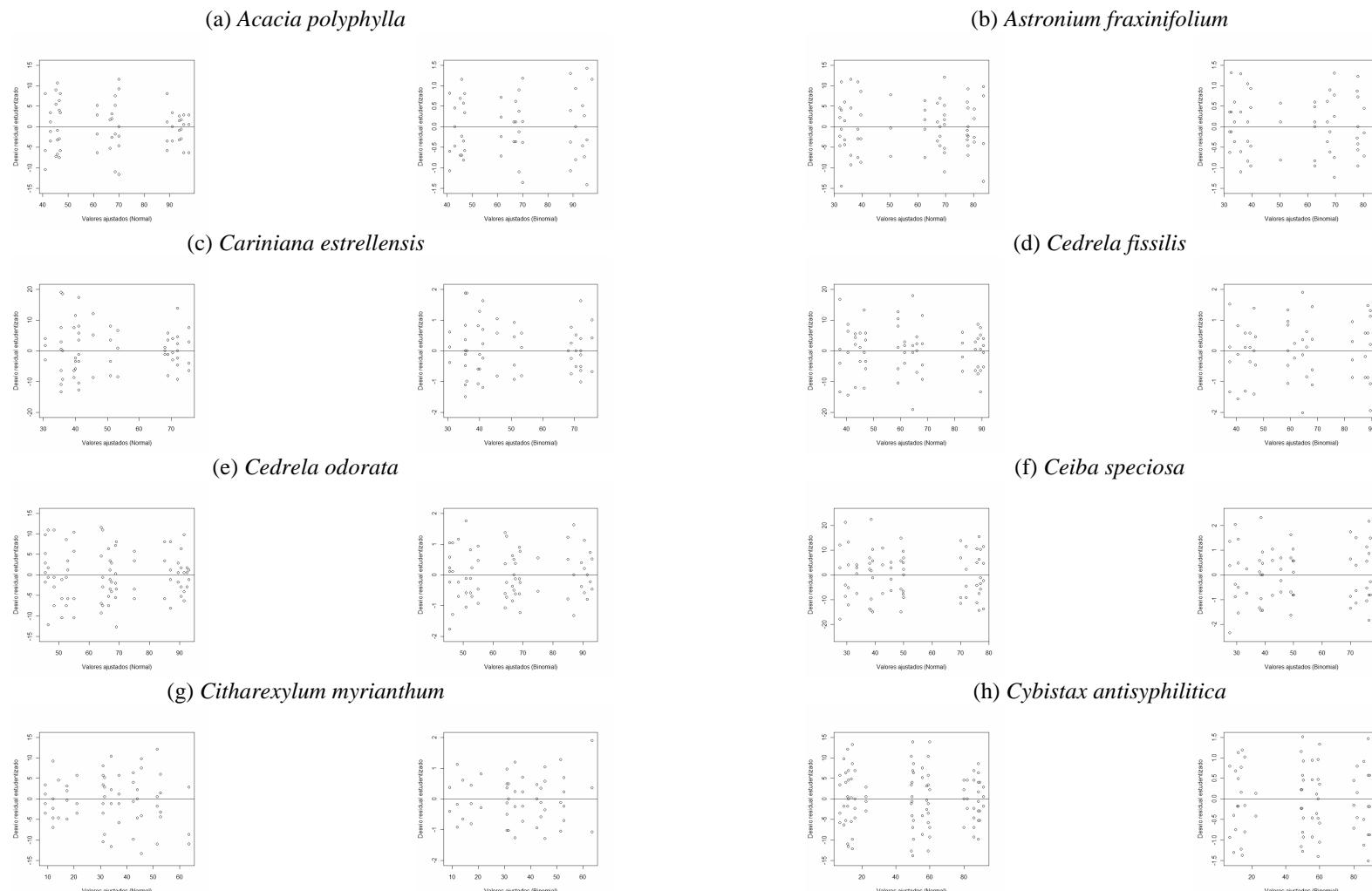


FIGURA 1E. Resíduos para diagnóstico do percentual e número de plântulas normais de 25 espécies florestais, com as respectivas distribuições, Normal e Binomial. (...Continua...)

FIGURA 1E, Cont.

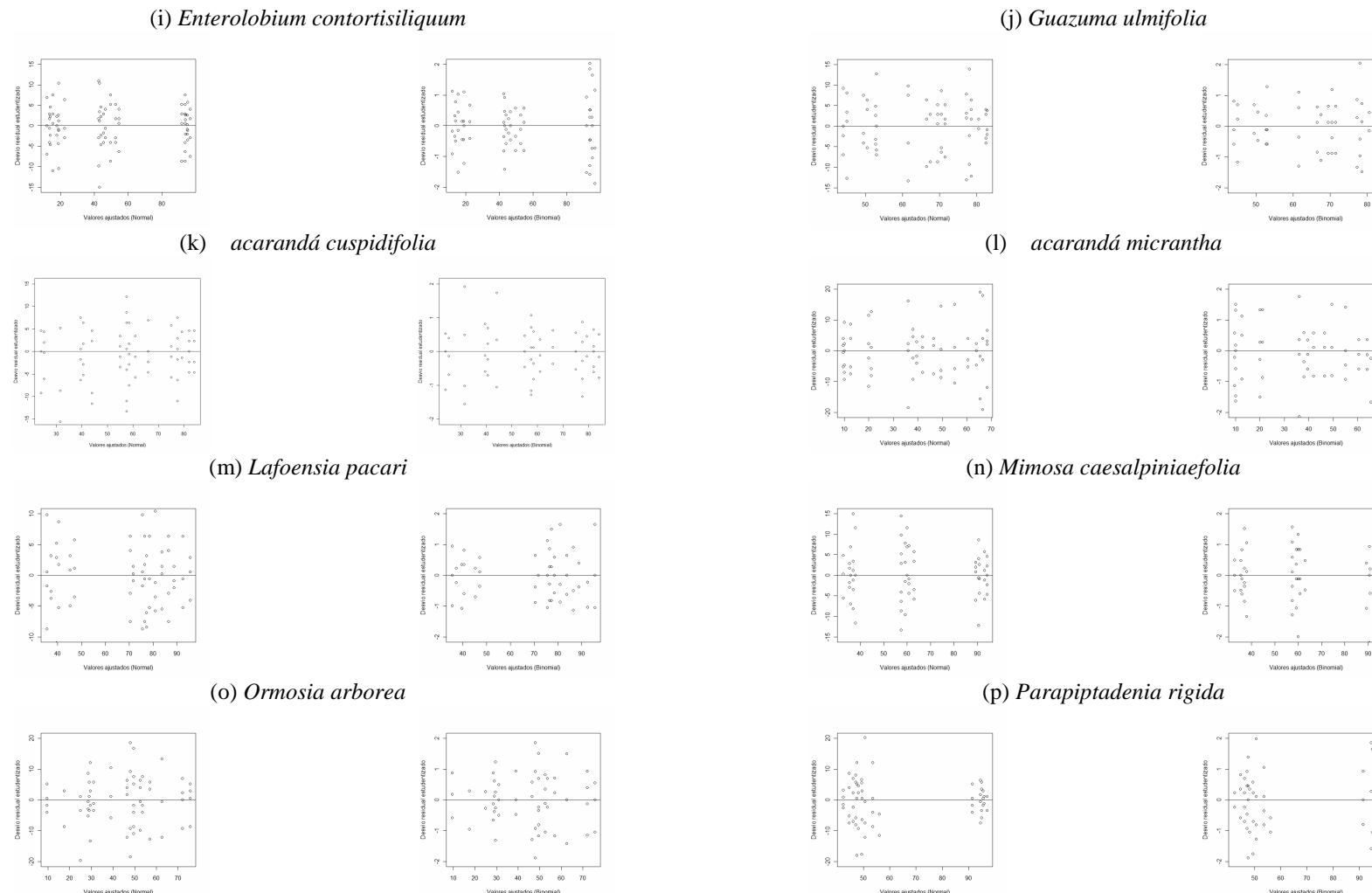


FIGURA 1E, Cont.

(q) *Parkia pendula*



(r) *Peltophorum dubium*



(s) *Platymenia reticulata*



(t) *Pseudobombax tomentosum*



(u) *Pterogyne nitens*



(v) *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*



(w) *Senna macranthera*

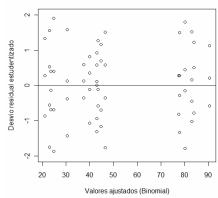
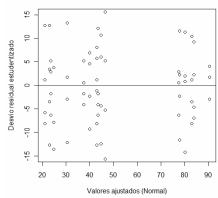


(x) *Tabebuia chrysotricha*



FIGURA 1E, Cont.

(y) *Tabebuia rosea-alba*



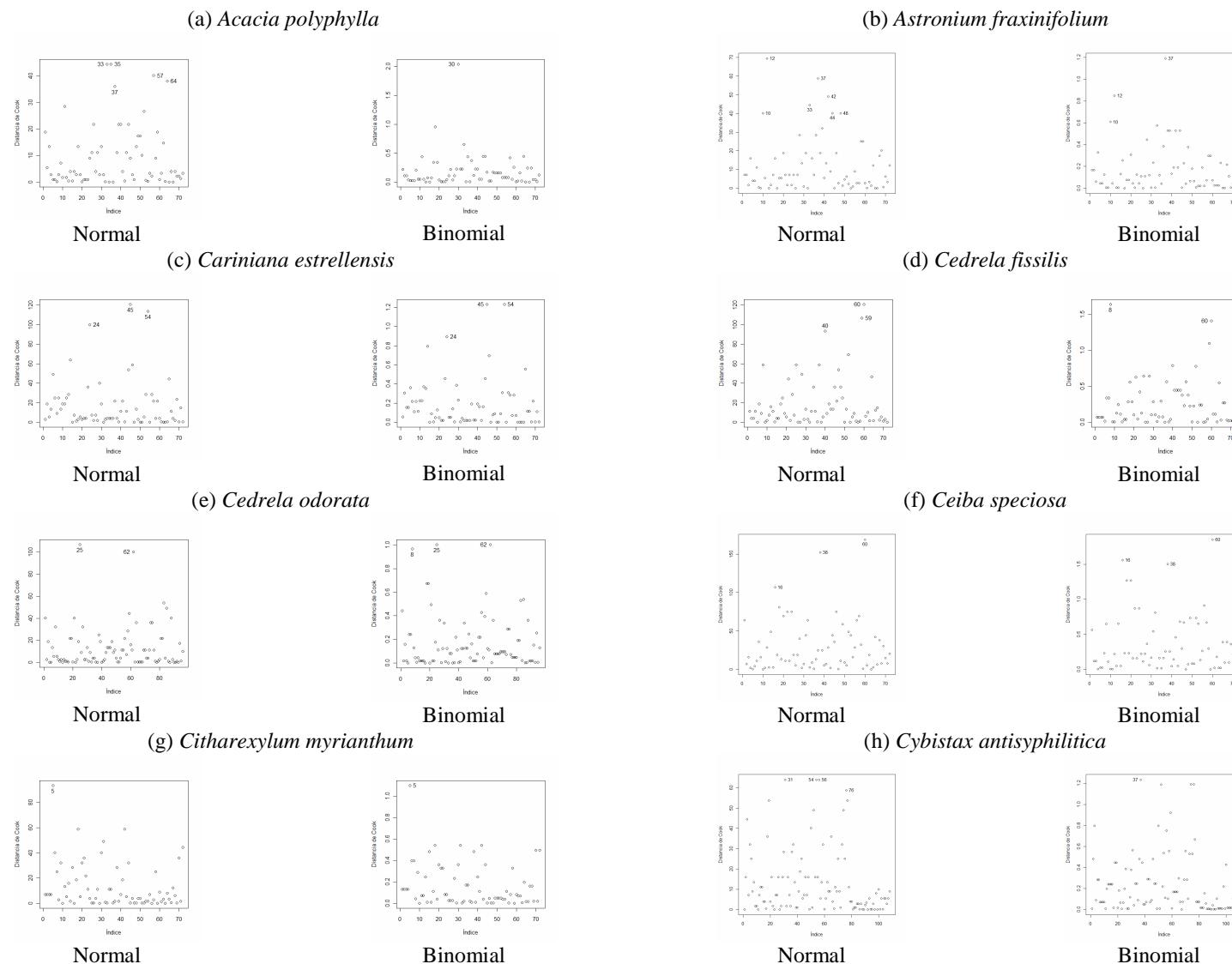


FIGURA 2E. Representação de Cook para diagnóstico do percentual e número de plântulas normais de 25 espécies florestais, com as respectivas distribuições, Normal e Binomial. (...Continua...)

FIGURA 2E, Cont.

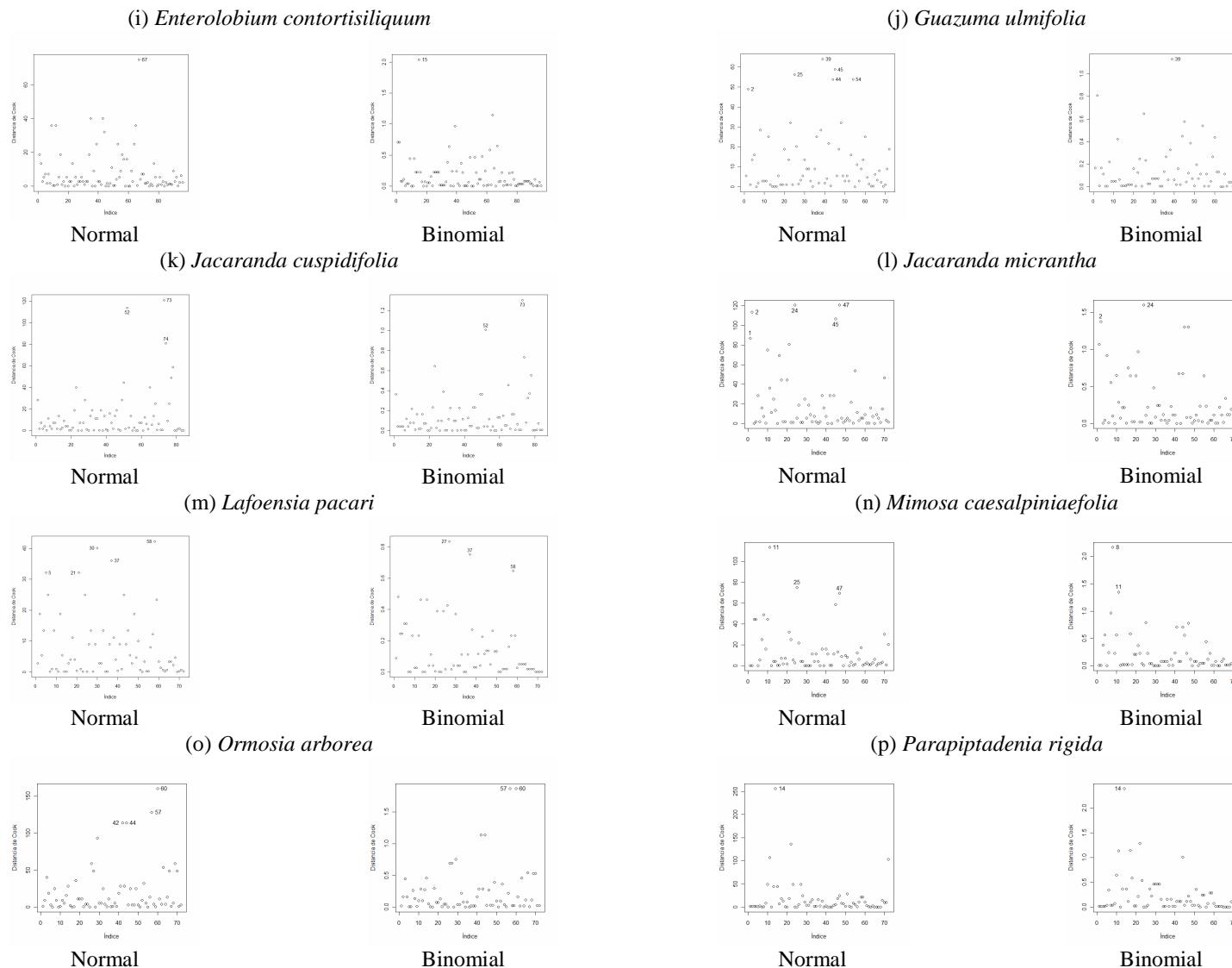


FIGURA 2E, Cont.

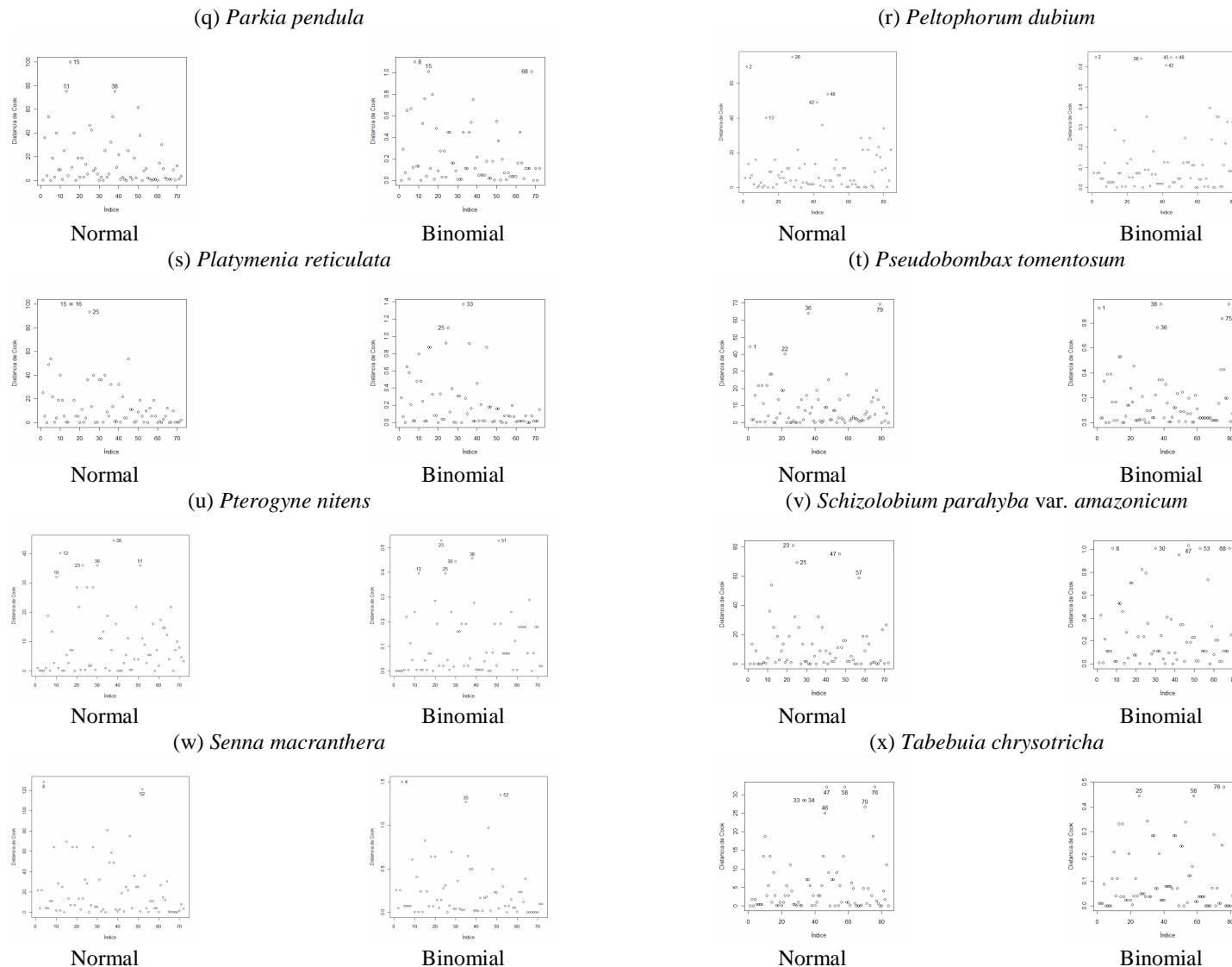


FIGURA 2E, Cont.

(y) *Tabebuia rosea-alba*

