

**RAE - CEA - 9601
RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA
SOBRE O PROJETO: “CONSTITUINTES DE CERAS
FOLIARES EPICUTICULARES E SUA INFLUÊNCIA
NA ATIVIDADE FORRAGEIRA DE
ATTA SEXDENS RUBROPILOSA FOREL”**

**Carmen Diva Saldiva de André
Livia Maria de Andrade Perancini**

- São Paulo, Junho de 1996 -

CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA - CEA
RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA - NÚMERO 9601
- CÓDIGO 96P01

TÍTULO : Constituintes de ceras foliares epicuticulares e sua influência na atividade forrageira de *Atta sexdens rubropilosa* Forel.

PESQUISADORA : Maria Regina Martins Mimura

ORIENTADORA : Maria Luiza Faria Salatino

INSTITUIÇÃO : Instituto de Biociências - USP

FINALIDADE : Doutorado

RESPONSÁVEIS PELA ANÁLISE : Carmen Diva Saldiva de André
Lívia Maria de Andrade Perancini

REFERÊNCIA DESTE TRABALHO:

ANDRÉ, C. D. S. e PERANCINI, L. M. A. **Relatório de Análise Estatística sobre o Projeto: Constituintes de ceras foliares epicuticulares e sua influência na atividade forrageira de *Atta sexdens rubropilosa* Forel.** São Paulo, IME-USP, 1996. (RAE-CEA-9601), 53 pg.

FICHA TÉCNICA

BIBLIOGRAFIA:

BUSSAB, W. O. e MORETTIN, P. A. (1987). *Estatística básica*. 4^a ed. São Paulo: Atual.

HUBBELL, S. P., HOWARD, J. J. and WIEMER, D. F. (1984). Chemical leaf repellency to altine ants: seasonal distribution among potential host plant species. *Ecology*, **65**, 1067-1076.

NETER, J., WASSERMAN, W., NACHTSHEIM, C. J., and KUTNER, M. H. (1996), *Applied Linear Statistical Models*, 4rd edition, Irwin.

PERES, C. A. (1990). Optimum allocation for random effects model. *XVth International Biometric Conference*, Budapest.

SUGAYAMA, R. L. and SALATINO, A. (1995). Influence of leaf epicuticular waxes from cerrado species on substrate selection by *Atta sexdens rubropilosa*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **74**, 63-69.

PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS:

MINITAB for Windows versão 10.2

STATISTICA versão 4.3

SAS versão 6.04

Excel versão 5.0

Word for Windows versão 6.0

TÉCNICAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS: (Entre parênteses a classificação ISI)

Análise Descritiva Unidimensional (03:010)

Análise de Variância com Modelos Mistos (08:030)

Planejamento de Experimentos (10:000)

Teste Binomial Modificado (05:990)

ÁREA DE APLICAÇÃO: Bioestatística (14:030)

ÍNDICE

	página
Resumo.....	6
1. Introdução	7
2. Objetivos gerais	8
3. Análise do primeiro experimento	8
3.1. Descrição do processo de obtenção dos dados	8
3.2. Descrição das variáveis	9
3.3. Técnica de análise adotada pelo pesquisador	10
3.3.1. Estudo descritivo.....	10
3.3.2. Estudo inferencial	10
3.3.3. Detalhamento da Técnica	10
3.4. Método alternativo de análise.....	14
3.4.1. Estudo descritivo.....	16
4. Técnica alternativa de análise	18
4.1. <i>Aspidosperma tomentosum</i>	22
4.2. <i>Byrsonima intermedia</i>	23
4.3. <i>Caryocar brasiliensis</i>	24
4.4. <i>Didymopanax vinosum</i>	24
4.5. <i>Erythroxylum suberosum</i>	25
4.6. <i>Kielmeyera coriacea</i>	26
4.7. <i>Ouratea spectabilis</i>	28
4.8. <i>Stryphnodendron adstringens</i>	29
4.9. <i>Tocoyena formosa</i>	30
5. Planejamento do Segundo Experimento.....	31
6. Conclusão	34
Apêndice A. Gráficos das diferenças observadas entre o número de flocos <i>controle</i> e <i>impregnados</i> com a cera.....	36

Apêndice B. “Boxplots”	39
Apêndice C. Tabelas de médias e desvios padrão das diferenças observadas.....	42
Apêndice D. Tabelas das diferenças observadas.....	45
Apêndice E. Gráficos de Probabilidade Normal.....	48
Apêndice F. Gráficos de Médias.....	51
Apêndice G. Tabelas de médias e desvios padrão das diferenças observadas sem “outliers”	54
Apêndice H. Tabelas de Análise de Variância.....	56

Resumo

O experimento descrito neste trabalho foi realizado por Sugayama e Salatino (1995), com o objetivo de investigar o papel de diferentes espécies de ceras epicuticulares presentes no cerrado, na seleção feita pelas formigas forrageiras *Atta sexdens rubropilosa* Forel (saúvas). O experimentador analisou os dados obtidos adotando uma modificação do teste binomial proposta por Hubbell et al (1984). Entretanto, a falta de uma descrição detalhada desta técnica compromete sua utilização. Este procedimento foi detalhado na primeira parte deste projeto.

Na segunda parte do trabalho foi sugerida uma técnica alternativa de análise, na qual um modelo de Análise de Variância com dois fatores cruzados foi ajustado.

Utilizando a metodologia desenvolvida por Peres (1990) para dimensionamento de amostras em experimentos com fatores aleatórios, foram calculados tamanhos de amostras adequados à realização de experimentos futuros.

1. Introdução

A coleta de folhas de plantas por saúvas é feita seletivamente em um amplo conjunto de espécies. Algumas espécies de plantas são atacadas o ano todo, outras são atacadas sazonalmente, enquanto que um terceiro grupo é regularmente evitado pelas formigas. O estudo detalhado das plantas rejeitadas levou à identificação de substâncias repelentes, algumas delas tóxicas ou inibidoras do desenvolvimento do fungo cultivado no formigueiro, principal alimento das formigas. Hubbell et al (1984) sugeriram que a seletividade praticada pelas formigas preserva o fungo em boas condições.

Todas as plantas possuem em suas partes verdes uma cobertura cuticular, constituída principalmente por cera epicuticular. Estudos experimentais (Littledyke & Cherrett, 1978) indicam que a cera epicuticular pode influir na seleção das folhas atacadas pelas formigas.

O cerrado, ecossistema presente em grande parte da região central do Brasil, propicia a formação de uma camada espessa de cera epicuticular em sua vegetação.

O objetivo dos experimentos, que serão considerados neste trabalho, é investigar o papel de diferentes ceras epicuticulares presentes em plantas do cerrado na seleção do substrato feita pelas forrageiras *Atta sexdens rubropilosa* Forel.

Estes estudos são de grande importância pois, conforme foi sugerido por Coutinho (1983), as formigas coletoras de folhas participam do ciclo nutritivo no ecossistema do Cerrado ao transferir material orgânico para camadas mais profundas do solo. Espécies lenhosas com raízes profundas muito desenvolvidas poderiam levar vantagens na aquisição de nutrientes em relação a plantas com raízes que crescem nas camadas superficiais do solo.

Neste trabalho serão considerados dois experimentos. O primeiro já foi realizado e analisado pelo pesquisador que gostaria de verificar a adequação das técnicas estatísticas por ele adotadas. Seus dados servirão de base para o planejamento e dimensionamento das amostras que serão coletadas no segundo experimento.

2. Objetivos gerais

- Verificar a adequação das técnicas estatísticas utilizadas na análise do primeiro experimento e sugerir uma técnica alternativa de análise dos dados;
- Planejar o número de formigueiros e ensaios necessários para a realização do segundo experimento.

3. Análise do primeiro experimento

3.1. Descrição do processo de obtenção dos dados

Foram utilizadas quatro colônias (formigueiros) de *Atta sexdens rubropilosa* Forel, com cerca de sete anos de idade e mantidas em um laboratório escuro a $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$, com folhas de *Acalypha wilkesiana* Mull. Arg.. As rainhas que geraram os formigueiros foram coletadas aleatoriamente no campus da Universidade de São Paulo.

Nove espécies de plantas do cerrado foram estudadas: *Aspidosperma tomentosum* Mart., *Byrsonima intermedia* A. Juss., *Caryocar brasiliensis* Camb., *Didymopanax vinosum* E. March., *Erythroxylum suberosum* St. Hil., *Kielmeyera coriacea* Mart., *Ouratea spectabilis* (Mart.) Engl., *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville, e *Tocoyena formosa* (Cham. & Schl.) K. Shum..

Cada espécie de planta foi analisada separadamente. Em cada uma, a cera bruta foi extraída através de imersões das folhas por 30 segundos em clorofórmio, que foi evaporado com a redução da pressão. A cera assim obtida foi novamente dissolvida em clorofórmio, a uma concentração de 0.5% (w/w), e essa solução foi utilizada na impregnação de flocos de arroz.

O experimento conduzido para o estudo de cada espécie era constituído por uma seqüência de 32 bioensaios. Em cada bioensaio eram distribuídos, aleatoriamente, 50 flocos de arroz *controle* e 50 *impregnados* com a substância a ser testada, em uma plataforma acoplada ao formigueiro. O bioensaio era considerado

concluído quando o trigésimo floco de qualquer categoria (*controle* ou *impregnado*) era coletado. A cada 2 horas eram realizados 4 bioensaios simultaneamente envolvendo cada uma das colônias, até totalizar 16 bioensaios. No dia seguinte, o procedimento era repetido. Em cada ensaio foi observada a diferença entre o número de flocos *controle* e *impregnados* coletados pelas formigas. Na Figura 3.1 esquematizamos o processo de obtenção dos dados. Os resultados obtidos são apresentados no Apêndice D.

Figura 3.1. Esquema de obtenção dos dados.

	Colônia 1	Colônia 2	Colônia 3	Colônia 4
Dia 1	X	X	X	X
	X	X	X	X
	X	X	X	X
	X	X	X	X
Dia 2	X	X	X	X
	X	X	X	X
	X	X	X	X
	X	X	X	X

3.2. Descrição das variáveis

Para cada espécie de planta foram observadas as seguintes variáveis:

- Variáveis resposta:

C: número de flocos de arroz *controle* coletados pelas formigas : 0, ... , 30;

T: número de flocos de arroz *impregnados* coletados pelas formigas: 0, ... , 30;

D = C - T: diferença entre o número de flocos de arroz *controle* e *impregnados* com a cera bruta : $\pm 1, \pm 2, \dots, \pm 30$;

- Fatores:

(i) colônia: 1, 2, 3, 4;

(ii) dia: 1, 2.

3.3. Técnica de análise adotada pelo pesquisador

3.3.1. Estudo descritivo

Para cada espécie de planta, foram feitos pelo pesquisador, gráficos das diferenças entre o número de flocos *controle* e *impregnados* coletados em cada ensaio. Refizemos esses gráficos e os apresentamos no Apêndice A.

3.3.2. Estudo inferencial

Em cada bioensaio foi testada a hipótese de que o valor esperado da diferença entre o número de flocos *controle* e *impregnados* levados pelas formigas é igual a zero (não há repelência nem atração à cera), adotando-se uma modificação do teste binomial proposta por Hubbell et al (1984). Nesse trabalho os autores fornecem os níveis descritivos associados às possíveis diferenças entre o número de flocos *controle* e *impregnados* coletados, calculados para bioensaios idênticos ao que estamos analisando, inclusive quanto à regra de parada, exceto que foram utilizados 60 e não 50 flocos de cada tipo. Para uma diferença, em módulo, de 14 flocos, foi fornecido um nível descritivo $p < 0.05$. Na análise do experimento que estamos estudando, o pesquisador adotou o valor 14 como crítico, e, em um dado ensaio, rejeitou a hipótese de que o valor esperado da diferença entre o número de flocos *controle* e *impregnados* coletados é igual a zero, se o valor observado da diferença foi, em módulo, maior do que 14. A conclusão sobre haver ou não algum tipo de preferência (atração ou rejeição) por uma espécie de planta foi tirada com base no número de vezes que a hipótese nula foi rejeitada nos 32 ensaios envolvendo essa espécie. Por exemplo, para *Ouratea spectabilis* (ver Gráfico A.7), como na maioria dos ensaios foi observada uma diferença maior do que 14, o pesquisador concluiu que houve rejeição à cera.

3.3.3. Detalhamento da Técnica

Com o objetivo de verificar até que ponto a mudança no número total de flocos de 120 (60 *controle* e 60 *impregnados*) para 100 (50 *controle* e 50 *impregnados*) pode afetar a conclusão do teste da hipótese de não repelência ou atração à cera em um bioensaio, vamos detalhar o procedimento proposto por Hubbell et al (1984). Inicialmente manteremos inalterada a regra de parada dos bioensaios, isto é, vamos considerar que o ensaio termina quando são coletados 30 flocos do mesmo tipo.

Consideremos as seguintes variáveis aleatórias:

C: número de flocos de arroz *controle* coletados pelas formigas;

T: número de flocos de arroz *impregnados* coletados pelas formigas;

$$D = C - T.$$

A hipótese a ser testada é:

$$H_0: E(D) = 0$$

$$H_1: E(D) \neq 0$$

Se H_0 é falsa, devemos esperar que os valores de D observados sejam “grandes” em valor absoluto. Assim, uma região crítica de tamanho α para o teste é obtida determinando-se o valor de k tal que:

$$P_{H_0}(D > k \mid C = 30) = \frac{\alpha}{2} \quad \text{e} \quad P_{H_0}(D < -k \mid T = 30) = \frac{\alpha}{2}$$

Para obtermos os níveis descritivos associados a diferentes valores que D pode assumir, vamos inicialmente calcular as probabilidades condicionais:

$$P(D = d \mid C = 30) \quad \text{e} \quad P(D = -d \mid T = 30),$$

$d = 1, \dots, 30$. Mas:

$$P(D = d \mid C = 30) = P(C - T = d \mid C = 30) = \frac{P(T = 30 - d \text{ e } C = 30)}{P(C = 30)}$$

No caso de termos 120 flocos, 60 de cada tipo, temos:

$$P(D = d \mid C = 30) = \frac{\frac{\binom{60}{30-d} \binom{60}{30}}{\binom{120}{60-d}}}{\sum_{x=0}^{29} \frac{\binom{60}{x} \binom{60}{30}}{\binom{120}{30+x}}}, \quad d = 1, 2, \dots, 30.$$

Notemos que,

$$P(D = d \mid C = 30) = P(D = -d \mid T = 30).$$

O nível descritivo associado a uma diferença em módulo igual a d é obtido calculando-se:

$$p = 2 \sum_{j=d}^{30} P(D = j \mid C = 30)$$

De uma forma geral, para um número total de flocos G , sendo $\frac{G}{2}$ *controle* e $\frac{G}{2}$ *impregnados*, se o ensaio é encerrado quando são levados c flocos do mesmo tipo, temos:

$$P(D = d \mid C = c) = P(C - T = d \mid C = c) = P(T = c - d \mid C = c) =$$

$$= \frac{P(T = c - d \text{ e } C = c)}{P(C = c)} = \frac{\frac{\binom{G/2}{c-d} \binom{G/2}{c}}{\binom{G}{2c-d}}}{\sum_{x=0}^{c-1} \frac{\binom{G/2}{x} \binom{G/2}{c}}{\binom{G}{c+x}}}$$

Na Tabela 3.1 apresentamos os níveis descritivos associados a diferenças, em módulo, iguais a d , $d = 9, \dots, 30$, para bioensaios com 120 e 100 flocos, metade de cada tipo. A regra de parada é serem coletados 30 flocos de cada tipo.

Convém lembrar que, para que o nível de significância global da seqüência de testes nos 32 ensaios que constituem o experimento com uma planta seja aproximadamente igual a um α fixado, o teste em cada ensaio deve ser realizado ao nível de significância $\alpha^* = \frac{\alpha}{32}$.

Assim, se o nível de significância fixado é $\alpha = 0.05$, temos $\alpha^* = 0.00156$. Consultando a Tabela 3.1, concluímos que, para rejeitar a hipótese de não existência de preferência ou rejeição a uma determinada espécie de planta a um nível de significância aproximado de 0.05, devemos adotar um valor crítico igual a 17 no experimento que estamos analisando (ou seja, com 100 flocos). Observemos que, ao adotar o valor crítico 14 em cada bioensaio, o nível de significância global do teste realizado pelo pesquisador é aproximadamente igual a 0.45, o que certamente não é desejável.

3.4. Método alternativo de análise

As quatro colônias utilizadas no experimento foram obtidas de maneira aleatória e representam uma amostra de toda a população da espécie *Atta sexdens rubropilosa* Forel. Além de verificar se existe preferência ou rejeição por uma espécie de planta, é também de interesse do pesquisador avaliar a variabilidade existente entre o

Tabela 3.1. Níveis Descritivos (p) associados a diferenças em módulo iguais a d , em experimentos com número total de flocos igual a 120 e 100. *

d	Nível Descritivo p	
	120 flocos	100 flocos
30	$1,52000 \times 10^{-11}$	$3,46840 \times 10^{-12}$
29	$3,28000 \times 10^{-10}$	$8,02680 \times 10^{-11}$
28	$3,65000 \times 10^{-9}$	$9,52890 \times 10^{-10}$
27	$2,77000 \times 10^{-8}$	$7,72850 \times 10^{-9}$
26	$1,62000 \times 10^{-7}$	$4,81300 \times 10^{-8}$
25	$8,00000 \times 10^{-7}$	$2,45240 \times 10^{-7}$
24	0,0000031	0,00000106
23	0,0000112	0,00000404
22	0,0000357	0,00001369
21	0,0001029	0,00004200
20	0,0002722	0,00011813
19	0,0006666	0,00030730
18	0,0015229	0,00074495
17	0,0032657	0,00169338
16	0,0066092	0,00362828
15	0,0126803	0,00735988
14	0,0231528	0,01418700
13	0,0403684	0,02607125
12	0,0674103	0,04580359
11	0,1080918	0,07711970
10	0,1668220	0,12470790
9	0,2483252	0,19405070

* regra de parada: são coletados 30 flocos do mesmo tipo.

comportamento dos formigueiros. Com esse objetivo, apresentamos na Seção 3.4.1 técnicas descritivas que podem indicar diferenças de comportamento entre as colônias.

3.4.1. Estudo descritivo

Sugerimos que, além dos gráficos de diferenças construídos pelo pesquisador (ver Apêndice A), fossem feitos também, para cada espécie de planta, gráficos tipo “boxplot” (Morettin & Bussab, 1981), feitos com o pacote computacional MINITAB, para as diferenças observadas em cada colônia (ver Apêndice B).

Esses gráficos indicam que a colônia 2 apresenta uma variabilidade maior que as demais colônias nas espécies representadas nas Figuras B.1, B.2, B.3 e B.8. Nas Figuras B.1 e B.3, as colônias 1, 3 e 4 apresentam comportamentos semelhantes quanto à mediana e variabilidade. As Figuras B.4 e B.6 sugerem comportamentos semelhantes das 4 colônias: as medianas são próximas e as variabilidades dentro das colônias são parecidas. Na Figura B.5 podemos observar um comportamento parecido entre as colônias 1, 2 e 3; o “boxplot” para a colônia 4 não é apresentado nessa figura porque dispomos apenas de 4 observações nessa colônia. As colônias 1 e 3, 2 e 4 apresentam comportamentos semelhantes com relação à variabilidade e valores próximos das medianas na Figura B.7. As variabilidades das quatro colônias na Figura B.8 parecem ser diferentes, embora as medianas nas colônias sejam próximas. Na Figura B.9, observamos que as colônias 2 e 3 apresentam comportamentos semelhantes, mas diferentes das colônias 1 e 4.

Foram construídas também, para cada espécie de planta, tabelas indicando a média e desvio padrão das diferenças observadas em cada colônia a cada dia em que foi realizado o experimento. As tabelas apresentadas no Apêndice C sugerem que:

- Tabela C.1: a colônia 2 apresenta variabilidade muito maior que as demais nos dois dias. As diferenças médias observadas em cada colônia nos dois dias são próximas e pequenas nas colônias 1, 2 e 3.
- Tabela C.2: a colônia 2 apresenta grande variabilidade no primeiro dia. As diferenças médias observadas a cada dia nas quatro colônias são, em geral, grandes, indicando rejeição à cera.
- Tabela C.3: a colônia 2 apresenta, novamente, um comportamento diferente das demais; no segundo dia temos indicação de que houve rejeição à cera. As médias das outras caselas não indicam rejeição ou atração à cera.
- Tabela C.4: observamos diferenças médias muito grandes nos dois dias, indicando que houve rejeição à cera. As variabilidades observadas são, em geral, pequenas.
- Tabela C.5: a colônia 2 apresenta maior variabilidade nos dois dias em relação às demais colônias. As diferenças médias observadas são pequenas e a diferença

média total é igual a zero no primeiro dia, indicando não haver preferência ou rejeição pela cera.

- Tabela C.6: as diferenças médias no primeiro dia são pequenas e as variabilidades grandes, indicando não haver preferência ou rejeição pela cera.
- Tabela C.7: as diferenças médias são grandes, indicando rejeição pela cera. A variabilidade dentro das colônias 2 e 4 é bem menor que a das colônias 1 e 3.
- Tabela C.8: temos indicação de que as colônias 1, 2 e 4 passam a repelir os flocos com cera no segundo dia do experimento.
- Tabela C.9: as médias das caselas sugerem que as colônias 2 e 3 preferem coletar flocos com cera no primeiro dia; no segundo, todas as colônias passam a rejeitar flocos impregnados. A colônia 2 apresenta, em cada dia, variabilidade menor que as outras colônias.

4. Técnica alternativa de análise

A análise descritiva dos dados indicou que a preferência por um tipo de floco pelas formigas pode variar de colônia para colônia e de dia para dia, conforme observamos, por exemplo, no Gráfico A.8, na Figura B.8 e na Tabela C.8 relativos à espécie *Stryphnodendron adstringens*. Eles também sugerem que a “preferência” média nos dois dias pode variar de colônia para colônia: a colônia 2 parece ter preferência pelos flocos com cera no 1º dia e rejeitá-los no 2º, enquanto que o comportamento da colônia 3 indica a não preferência em ambos os dias. Desta forma, a preferência média parece estar sujeita a um efeito de interação dia × colônia. Um modelo de Análise de Variância com 2 fatores cruzados (Neter et al, 1996), dia e colônia, parece então ser adequado para analisar os dados obtidos para cada cera.

Como os formigueiros correspondem a uma amostra de toda a população de formigas, colônia foi considerado um fator aleatório e dia um fator fixo.

Assim, um modelo que pode ser adotado na análise dos dados referentes a uma espécie de planta é:

$$d_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \alpha\tau_{ij} + \varepsilon_{ijk}, \quad (4.1)$$

onde d_{ijk} : é a diferença entre o número de flocos *controle* e *impregnados* coletados no k-ésimo ensaio, no i-ésimo dia e j-ésima colônia (dado que são coletados 30 flocos *controle* ou 30 *impregnados*);

μ : é a diferença média de toda a população de formigueiros, dada a regra de parada, isto é, quando são coletados 30 flocos *controle* ou *impregnados*;

α_i : é o efeito do i-ésimo dia;

τ_j : é o efeito da j-ésima colônia;

$\alpha\tau_{ij}$: é o efeito da interação dia \times colônia;

ε_{ijk} : é o erro casual;

$i = 1, 2, j = 1, \dots, 4, k = 1, \dots, 4$.

As suposições associadas ao modelo são:

- τ_j são variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas com distribuição $N(0, \sigma_B^2)$;
- $\alpha\tau_{ij}$ são variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas com distribuição $N(0, \sigma_{AB}^2)$;
- ε_{ijk} são variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas com distribuição $N(0, \sigma^2)$;
- τ_j , $\alpha\tau_{ij}$ e ε_{ijk} são independentes entre si.

Faremos as restrições: $\sum_{i=1}^2 \alpha_i = 0$, $\sum_{i=1}^2 \alpha\tau_{ij} = 0$.

Observemos que as suposições acima implicam que a distribuição da variável aleatória diferença entre flocos *controle* e *impregnados*, dados que foram coletados 30 flocos de um mesmo tipo, é normal, com média $\mu_{.i} = \mu + \alpha_i$ e variância $\sigma^{*2} = \sigma^2 + \sigma_B^2 + \sigma_{AB}^2$. Como a variável diferença é discreta, esta suposição significa que estamos aproximando sua distribuição (dado que são coletados 30 flocos *controle* ou 30 *impregnados* com a cera) por uma variável aleatória contínua. A validade desta aproximação será verificada descritivamente para cada tipo de cera. Este modelo

também assume que as variâncias em cada cruzamento dia \times colônia são constantes. Vamos assumir que esta suposição é válida quando observarmos que o quociente entre a maior e menor variâncias observadas é menor ou igual a 5.

O principal objetivo deste experimento é estimar os valores esperado μ_i , $i=1, 2$, das diferenças a cada dia. A construção de um intervalo de confiança para μ_i permite testar a hipótese de que μ_i é igual a zero, ou seja, se em módulo não existe atração ou repelência a uma dada espécie de planta no i -ésimo dia do experimento.

A construção destes intervalos será feita a partir de uma tabela de Análise de Variância (ANOVA) na qual são testadas as hipóteses:

$H_{01}: \alpha_1 = \alpha_2 = 0$: não existe efeito de dia;

$H_{02}: \sigma_B^2 = 0$: o efeito de colônia é constante e igual a zero;

$H_{03}: \sigma_{AB}^2 = 0$: o efeito de interação dia \times colônia é constante e igual a zero.

Se um estudo descritivo dos resultados sugerir que, para uma dada espécie de planta, não existe efeito de dia e não foi detectado efeito de interação dia \times colônia, um modelo de Análise de Variância com um único fator aleatório (colônia) pode ser adotado. A expressão desse modelo é dada por:

$$d_{jk} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{jk}, \quad (4.2)$$

onde d_{jk} : é a diferença entre número de flocos *controle* e *impregnados* coletados no k -ésimo ensaio com a j -ésima colônia;

μ : é a diferença média de toda a população de formigueiros, dada a regra de parada, isto é, quando são coletados 30 flocos *controle* ou *impregnados*;

τ_j : é o efeito da j -ésima colônia;

ε_{jk} : é o erro casual;

$j = 1, \dots, 4, k = 1, \dots, 8$.

As suposições associadas ao modelo são:

- τ_j são variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas com

distribuição $N(0, \sigma_B^2)$;

- ε_{jk} são variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas com distribuição $N(0, \sigma^2)$;
- τ_j e ε_{jk} são independentes entre si.

Aqui, a hipótese a ser testada pela ANOVA é:

$H_0: \sigma_B^2 = 0$: o efeito de colônia é constante e igual a zero;

Neste caso, nosso principal interesse é estimar, por ponto e intervalo, a média geral μ .

Este modelo supõe que as variâncias dentro de cada colônia são iguais. Vamos assumir que a igualdade de variâncias é válida quando o quociente entre a maior e menor variâncias observadas em cada colônia for menor do que 5.

4.1. *Aspidosperma tomentosum*

Observando a Figura B.1 e a Tabela C.1, notamos que a colônia 2 apresenta variabilidade muito maior que a das outras colônias, e assim a suposição de igualdade de variâncias não está satisfeita. Por este motivo, a análise foi realizada sem a colônia 2. A suposição de normalidade foi verificada descritivamente através da construção de um gráfico de probabilidade normal (Gráfico E.1), que não aponta desvios da normalidade. Analisando o Gráfico F.1 podemos verificar que não existe interação dia \times colônia ($p = 0.619$), ou seja, o comportamento das diferenças nos dois dias é o mesmo para cada colônia. Na Tabela G.1 observamos que as médias nos dois dias são próximas. Por isso, para a análise dos dados desta espécie de planta, um modelo com um fator aleatório (colônia) parece adequado. A ANOVA para este modelo é dada na Tabela H.1, de onde concluímos que o efeito de colônia é constante ($p = 0.715$). As estimativas por ponto e por intervalo para μ , a um coeficiente de confiança $\gamma = 0.95$, são dadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Estimativas por ponto e por intervalo da média geral para a espécie *Aspidosperma tomentosum*

Estimativa por ponto	Intervalo de Confiança
6.67	[3.40 ; 9.93]

Concluimos que a diferença média é positiva, ou seja, houve, em média, repelência à cera desta espécie de planta.

4.2. *Byrsonima intermedia*

A observação -23 da segunda colônia no primeiro dia havia sido apontada como “outlier” na Figura B.2. Por este motivo, foi excluída da análise.

O Gráfico F.2 indica que não existe interação dia \times colônia ($p = 0.139$) e a Tabela G.2 sugere que a preferência pela cera não muda de um dia para o outro, pois as médias dos dois dias são próximas. Dessa forma, ajustamos o modelo com um fator aleatório.

Observando o Gráfico E.2, temos indicação de que a suposição de normalidade é válida para este experimento e pela Tabela G.2 notamos que as variâncias dentro das colônias são próximas.

Na Tabela H.2 apresentamos a ANOVA para este modelo, de onde concluimos que o efeito de colônia não é constante ($p = 0.035$). As estimativas por ponto e por intervalo para μ , a um coeficiente de confiança $\gamma = 0.95$, são dadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2. Estimativas por ponto e por intervalo da média geral para a espécie *Byrsonima intermedia*

Estimativa por ponto	Intervalo de Confiança
15.99	[8.80 ; 23.19]

Pela Tabela 4.2 notamos que o intervalo não contém o zero, indicando que a diferença média é positiva, existindo repelência, em média, à cera.

4.3. *Caryocar brasiliensis*

A observação 30 da terceira colônia no primeiro dia foi considerada um “outlier”, como aponta a Figura B.3, por isso foi excluída da análise.

Nesta espécie de planta existe interação dia \times colônia ($p = 0.001$), como mostra o Gráfico F.3. Assim, um modelo com dois fatores foi adotado.

Observando o Gráfico E.3, temos indicação de que a suposição de normalidade é válida para este experimento e pela Tabela G.3, notamos que as variâncias dentro das colônias são próximas.

Apresentamos a ANOVA na Tabela H.3 que aponta efeito de interação dia \times colônia como significativo ($p = 0.0009$) e concluímos que o efeito de colônia não é constante ($p = 0.001$). As estimativas por ponto e por intervalo para μ_i , $i = 1, 2$, são dadas na Tabela 4.3, a um coeficiente de confiança $\gamma = 0.95$.

Tabela 4.3. Estimativas por ponto e por intervalo da média geral para a espécie *Caryocar brasiliensis*

	Estimativa por ponto	Intervalo de Confiança
Dia 1	3.73	[-4.91 ; 12.37]
Dia 2	8.94	[0.30 ; 17.58]

Podemos observar que, para o primeiro dia, não houve, em média, atração ou repelência à cera. Já no segundo, o intervalo é positivo, indicando que, em média, a cera foi rejeitada. Entretanto, como existe interação dia \times colônia, esta conclusão não pode ser estendida para todas as colônias, pois reflete um comportamento marginal da espécie.

4.4. *Didymopanax vinosum*

Observando o Gráfico F.4 podemos verificar que não existe interação dia \times colônia ($p = 0.1548$) e, assim, adotamos o modelo com um fator aleatório.

A suposição de igualdade das variâncias dentro de cada colônia está satisfeita (Tabela C.4). O Gráfico E.4 não aponta grandes desvios da normalidade.

A ANOVA para este modelo é apresentada na Tabela H.4, e concluímos que o efeito de colônia é constante ($p = 0.114$). As estimativas para a média μ por ponto e por intervalo são dadas na Tabela 4.4, a um coeficiente de confiança $\gamma = 0.95$.

Tabela 4.4. Estimativas por ponto e por intervalo da média geral para a espécie *Didymopanax vinosum*

Estimativa por ponto	Intervalo de Confiança
19.56	[16.10 ; 23.02]

Como o intervalo é positivo, concluímos que houve, em média, rejeição a esta espécie de planta.

4.5. *Erythroxylum suberosum*

Como faltavam as observações da colônia quatro no segundo dia, a análise foi feita sem os dados desta colônia.

Analisando o Gráfico F.5 percebemos que não existe interação dia \times colônia ($p = 0.9863$) mas existe efeito de dia, pois as médias nos dois dias não estão próximas, como mostra a Tabela G.5, por isso o modelo com dois fatores é adequado.

A Tabela G.5 também indica que a suposição de igualdade de variâncias não está satisfeita. Por este motivo, a análise para esta espécie é aproximada e suas conclusões devem ser utilizadas com cautela. O Gráfico E.1 não aponta grandes desvios na normalidade.

A ANOVA para este modelo é dada na Tabela H.5, de onde concluímos que apenas o efeito de dia é significativo ($p = 0.002$). As estimativas para μ_i , $i = 1, 2$, por ponto e intervalo são apresentadas na Tabela 4.5, a um coeficiente de confiança $\gamma = 0.95$.

Tabela 4.5. Estimativas por ponto e por intervalo da média em cada dia para a espécie *Erythroxylum suberosum*

	Estimativa por ponto	Intervalo de Confiança
Dia 1	0.00	[-4.65 ; 4.65]
Dia 2	7.00	[2.35 ; 11.65]

Concluimos, para o primeiro dia, que não houve, em média, repelência ou atração à cera. Mas, no segundo dia, observamos que o intervalo é positivo, o que indica haver, em média, repelência à cera.

4.6. *Kielmeyera coriacea*

Analisando o Gráfico F.6 podemos verificar que não existe interação dia \times colônia ($p = 0.7001$), mas, observando na Tabela C.6, notamos que as médias nos dias indicam que existe efeito de dia. Assim, ajustamos um modelo com dois fatores.

Temos indicação, pela Tabela C.6, que a suposição de igualdade de variâncias não está satisfeita. Por este motivo, a análise desta espécie é aproximada. A suposição de normalidade foi verificada pelo Gráfico E.6 que não aponta desvios na normalidade.

A ANOVA é apresentada na Tabela H.5, de onde concluimos que apenas o efeito de dia é significativo ($p = 0.093$). Calculamos as estimativas por ponto e por intervalo ($\gamma = 0.95$) para μ_i , $i = 1, 2$, e as apresentamos na Tabela 4.6.

Tabela 4.6. Estimativas por ponto e por intervalo da média em cada dia para a espécie *Kielmeyera coriacea*

	Estimativa por ponto	Intervalo de Confiança
Dia 1	5.63	[0.60 ; 10.65]
Dia 2	0.06	[-4.96 ; 5.08]

Concluimos que, para o primeiro dia, houve, em média, rejeição à cera. No segundo dia notamos que não houve preferência ou rejeição à cera, em média.

4.7. *Ouratea spectabilis*

As colônias 1 e 3 apresentam variabilidade muito diferentes das colônias 2 e 4, como mostra a Figura B.7. Por este motivo, analisamos separadamente as colônias 1 e 3 e 2 e 4.

- Colônias 1 e 3:

Analisando o Gráfico F.7.1 notamos não haver interação dia \times colônia ($p = 0.3616$), e a Tabela G.7.1 mostra que as médias nos dois dias são próximas.

O Gráfico E.7.1 não indica grandes desvios na normalidade. Dessa forma, um modelo com um fator aleatório parece adequado. Apresentamos a ANOVA para este modelo na Tabela H.7.1, de onde concluímos que o efeito de colônia é constante ($p = 0.892$). As estimativas por ponto e intervalo para μ são dadas na Tabela 4.7.1, a um coeficiente de confiança $\gamma = 0.95$.

Tabela 4.7.1. Estimativas por ponto e por intervalo da média geral para a espécie *Ouratea spectabilis*

Estimativa por ponto	Intervalo de Confiança
28.82	[28.37 ; 29.25]

Como o intervalo é positivo, concluímos que houve, em média, rejeição à cera pelas colônias 1 e 3.

- Colônias 2 e 4:

Notamos, pelo Gráfico F.7.2, que não existe efeito de interação dia \times colônia ($p = 0.7682$) e as médias nos dois dias são próximas como mostra a Tabela G.7.2. Um modelo com um fator aleatório então parece mais adequado. Também notamos que estas duas colônias apresentavam as mesmas características das outras duas analisadas anteriormente, ou seja, o Gráfico E.7.2 indica não haver grandes desvios na normalidade. A ANOVA é dada pela Tabela H.7.2 e concluímos que o efeito de

colônia é constante ($p = 0.104$). As estimativas por ponto e intervalo para μ ($\gamma = 0.95$) estão na Tabela 4.7.2.

Tabela 4.7.2. Estimativas por ponto e por intervalo da média geral para a espécie *Ouratea spectabilis*

Estimativa por ponto	Intervalo de Confiança
13.88	[9.808 ; 17.95]

Como o intervalo é positivo, também concluímos que houve, em média, rejeição à cera pelas colônias 2 e 4.

4.8. *Stryphnodendron adstringens*

Para que a suposição de igualdade de variâncias estivesse satisfeita, a diferença observada 15 da segunda colônia no primeiro dia foi retirada pois representa um valor discrepante neste dia, onde temos três valores negativos.

Analisando o Gráfico F.8 notamos que existe interação dia \times colônia ($p = 0.000$) e, pela Tabela G.8, observamos que as médias nos dois dias não são próximas. Assim, um modelo com dois fatores é adequado. Observando o Gráfico E.8, temos indicação de que a suposição de normalidade é válida para este experimento.

A ANOVA é apresentada na Tabela H.8 e concluímos que o efeito de colônia não é constante ($p = 0.025$), existe efeito de interação dia \times colônia ($p = 0.000$) e não existe efeito de dia ($p = 0.078$). As estimativas por ponto e intervalo ($\gamma = 0.95$) para μ_i , $i = 1, 2$, são apresentada na Tabela 4.8.

Tabela 4.8. Estimativas por ponto e por intervalo da média em cada dia para a espécie *Stryphnodendron adstringens*

	Estimativa por ponto	Intervalo de Confiança
Dia 1	-5.75	[-18.84 ; 7.34]
Dia 2	18.44	[5.35 ; 30]

Concluimos que no primeiro dia não houve, em média, atração ou rejeição à cera pois o intervalo contém o zero. Já no segundo dia houve, em média, rejeição à cera, pois o intervalo é positivo. Entretanto, como existe interação dia \times colônia, esta conclusão não pode ser estendida para todas as colônias, pois reflete um comportamento marginal da espécie.

4.9. *Tocoyena formosa*

Observando a Figura B.9 e a Tabela C.9, notamos que a colônia 2 apresenta variabilidade muito maior que a das demais e, assim, a suposição de igualdade de variâncias não está satisfeita. Por este motivo, a análise foi feita sem esta colônia. A suposição de normalidade foi verificada pelo Gráfico E.9.

O Gráfico F.9 nos indica que existe interação dia \times colônia ($p = 0.0003$). Analisando a Tabela G.9 observamos que as médias nos dois dias são próximas. Assim, o ajuste de um modelo com dois fatores é adequado. A ANOVA é dada pela Tabela H.9, e concluimos que o efeito de colônia não é constante ($p = 0.001$), existe efeito de interação dia \times colônia ($p = 0.000$) e existe efeito de dia ($p = 0.174$). Calculamos as estimativas por ponto e intervalo ($\gamma = 0.95$) para μ_i , $i = 1, 2$, como mostra a Tabela 4.9.

Tabela 4.9. Estimativas por ponto e por intervalo da média em cada dia para a espécie *Tocoyena formosa*

	Estimativa por ponto	Intervalo de Confiança
Dia 1	-7.63	[-26.03 ; 10.78]
Dia 2	25.13	[6.71 ; 43.53]

Concluimos que no primeiro dia não houve, em média, rejeição ou atração à cera, pois o zero está contido no intervalo. No segundo dia o intervalo é positivo, o que indica que as formigas, em média, rejeitaram a cera. Entretanto, como existe interação

dia \times colônia, esta conclusão não pode ser estendida para todas as colônias, pois reflete um comportamento marginal da espécie.

5. Planejamento do Segundo Experimento

Considerando a metodologia desenvolvida por Peres (1990) para dimensionamento de amostras em experimentos com fatores aleatórios, vamos apresentar nesta seção o número de colônias e bioensaios a serem considerados em experimentos futuros.

Como o comportamento das colônias pode mudar de um dia para o outro, sugerimos que o experimento seja realizado em 2 dias.

Seja $\bar{y}_{i..}$ a média amostral das diferenças observadas no i -ésimo dia. Inicialmente vamos determinar o número de colônias que minimiza a variância de $\bar{y}_{i..}$ ($\text{Var}[\bar{y}_{i..}]$).

Sabemos que, quando as suposições do modelo citadas na seção 4 são válidas, $\bar{y}_{i..}$ tem distribuição normal com média $\mu_{i.}$ e variância dada por (Neter et al, 1996):

$$\text{Var}(\bar{y}_{i..}) = \frac{a-1}{rab} (\sigma^2 + r \sigma_{AB}^2) + \frac{1}{rab} (\sigma^2 + r a \sigma_{AB}^2)$$

onde a : é o número de dias considerados no experimento;

b : é o número de colônias consideradas no experimento;

r : é o número de observações na combinação dia \times colônia.

Como $a = 2$, então:

$$\text{Var}(\bar{y}_{i..}) = \frac{1}{2rb} (\sigma^2 + r \sigma_{AB}^2) + \frac{1}{2rb} (\sigma^2 + 2r \sigma_{AB}^2) = \sigma^2 \left(\frac{1}{n_{i.}} + \frac{1}{2b} \frac{\sigma_{AB}^2}{\sigma^2} + \frac{1}{b} \frac{\sigma_{AB}^2}{\sigma^2} \right) = \sigma_{\bar{y}_{i..}}^2 \quad (5.1)$$

onde $n_{i.} = rb$ (número de observações no i -ésimo dia).

Mantidos fixos σ^2 , σ_{AB}^2 e σ_B^2 e $n_{i.}$, $\text{Var}(\bar{y}_{i.})$ assume valor mínimo quando b é máximo. Fixando $n_{i.}$ par, temos que uma escolha adequada para o número de colônias é $b = \frac{n_{i.}}{2}$, pois assim $r = 2$ e com isto podemos estimar a variabilidade dentro de cada casela.

Para determinar o número de bioensaios no i -ésimo dia ($n_{i.}$), suponhamos que dispomos da informação de que diferenças, em módulo, maiores do que uma constante fixada δ devem levar à rejeição da hipótese de não existência de atração ou rejeição à cera, ou seja, da hipótese

$$H_0 : \mu_{i.} = 0$$

Seja α o nível de significância do teste. Assim

$$P_{H_0}(|\bar{y}_{i.}| > \delta) = \alpha$$

$$\Rightarrow P_{H_0} \left\{ \frac{|\bar{y}_{i.}|}{\sigma_{\bar{y}_{i.}}} > \frac{\delta}{\sigma_{\bar{y}_{i.}}} \right\} = \alpha \Rightarrow \frac{\delta}{\sigma_{\bar{y}_{i.}}} = z_{\alpha} \quad (5.2)$$

onde z_{α} é o quantil de ordem $1 - \frac{\alpha}{2}$ da distribuição $N(0, 1)$. De (5.1) e (5.2), temos que

$$n_{i.} = \frac{z_{\alpha}^2}{\delta^2} (\sigma^2 + \sigma_{AB}^2 + 2\sigma_B^2).$$

Os parâmetros σ^2 , σ_{AB}^2 e σ_B^2 são desconhecidos, e podem ser estimados (Neter et al, 1996) por:

$$\hat{\sigma}^2 = \text{QMR}, \quad \hat{\sigma}_{AB}^2 = \frac{\text{QMAB} - \text{QMR}}{r} \quad \text{e} \quad \hat{\sigma}_B^2 = \frac{\text{QMB} - \text{QMR}}{2r},$$

onde QMR, QMAB e QMB são, respectivamente, os quadrados médios do erro, da interação dia \times colônia e de colônia e podem ser obtidos a partir da tabela de Análise de Variância.

Portanto,

$$n_i = \frac{z_{\alpha}^2}{\delta^2} \cdot \frac{QMAB + QMB}{2}$$

Como não sabemos, nos experimentos a serem realizados, quais espécies serão estudadas, para o cálculo de n_i vamos considerar as espécies *Caryocar brasiliensis* e *Tocoyena formosa*.

Adotando a espécie *Caryocar brasiliensis* como referência, e fixando $\alpha = 0.05$ e $\delta = 10$, temos que:

$$n_i = \frac{1.96^2}{10^2} \cdot \frac{254.24 + 145.27}{2} = 7.67$$

Como n_i deve ser par, vamos considerar $n_i = 8$ observações por dia. Dessa forma, $b = 4$ colônias e temos 2 observações por dia em cada colônia. Na Figura 5.1 esquematizamos o experimento planejado.

Figura 5.1. Esquema do experimento quando adotada a espécie *Caryocar brasiliensis* como referência

	Colônia 1	Colônia 2	Colônia 3	Colônia 4
Dia 1	X	X	X	X
	X	X	X	X
Dia 2	X	X	X	X
	X	X	X	X

Agora, adotando a espécie *Tocoyena formosa* como referência e fixando $\alpha = 0.05$ e $\delta = 10$, temos que:

$$n_i = \frac{1.96^2}{10^2} \cdot \frac{848.04 + 720.88}{2} = 30.14$$

Como n_i deve ser par, vamos considerar $n_i = 32$ observações por dia. Dessa forma, $b = 16$ colônias e temos 2 observações por dia em cada colônia. Na Figura 5.2 esquematizamos o experimento planejado.

Figura 5.2. Esquema do experimento quando adotada a espécie *Tocoyena formosa* como referência

	Colônia 1	Colônia 2	...	Colônia 16
Dia 1	X	X	...	X
	X	X	...	X
			...	
Dia 2	X	X	...	X
	X	X	...	X
			...	

Este planejamento é considerado ótimo no sentido que minimiza a $\text{Var}(\bar{y}_{i..})$. Na prática, planejamentos próximos a esses podem ser considerados. Devido a mudanças de comportamentos que podem ocorrer em uma colônia em um mesmo dia, julgamos ser mais adequado fazer-se pelo menos 3 observações por colônia em cada dia, mesmo que isto implique em se trabalhar com um menor número de colônias.

6. Conclusão

Na primeira parte do trabalho mostramos que os níveis descritivos do teste proposto por Hubbell et al (1984) são diferentes para experimentos com diferentes números totais de focos. O número de focos de cada tipo e a regra de parada do experimento também afetam o teste.

Na segunda parte sugerimos a utilização de uma análise de variância como uma técnica alternativa de análise. Aplicando esta técnica, concluímos que, para as espécies *Aspidosperma tomentosum*, *Byrsonima intermedia*, *Didymopanax vinosum* e *Ouratea spectabilis*, houve repelência à cera pelas formigas. Para as espécies *Caryocar brasiliensis*, *Erythroxylum suberosum*, *Stryphnodendron adstringens* e *Tocoyena formosa* concluímos que no primeiro dia não houve rejeição ou atração à cera, mas no segundo dia houve rejeição. Para a espécie *Kielmeyera coriacea* houve rejeição à cera no primeiro dia e no segundo não houve atração ou rejeição. Em nenhuma das espécies de plantas houve preferência à cera pelas formigas.

O dimensionamento das amostras para experimentos futuros baseou-se na distribuição condicional das diferenças dado que foram coletados 30 flocos do mesmo tipo. Assim, nos experimentos a serem realizados, esta mesma regra de parada deve ser adotada.

Apêndice A

***Gráficos das diferenças observadas
entre o número de flocos
controle e impregnados com
as ceras***

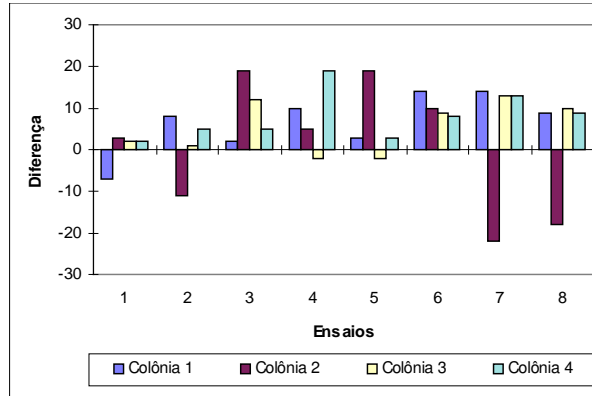
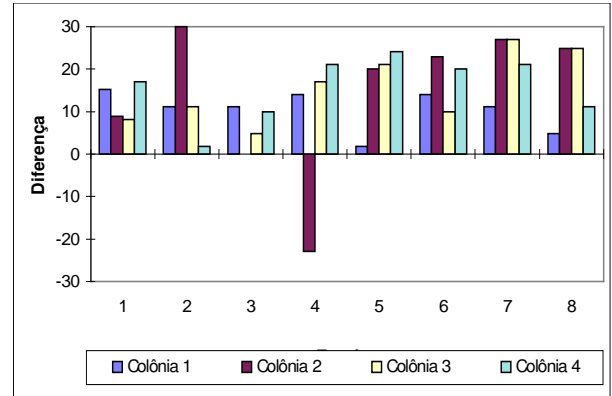
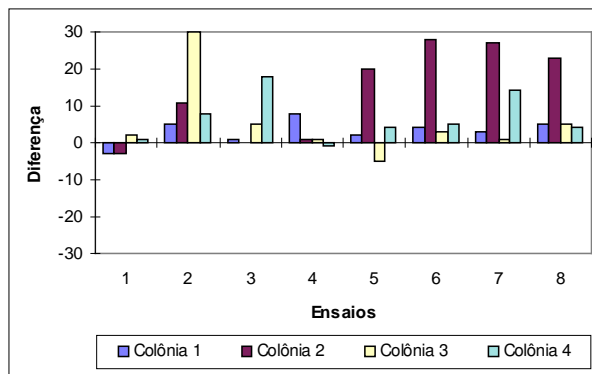
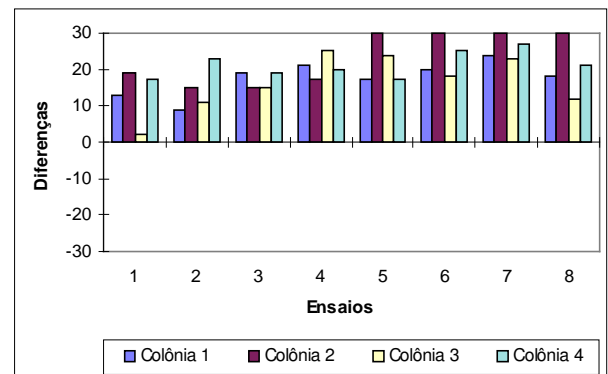
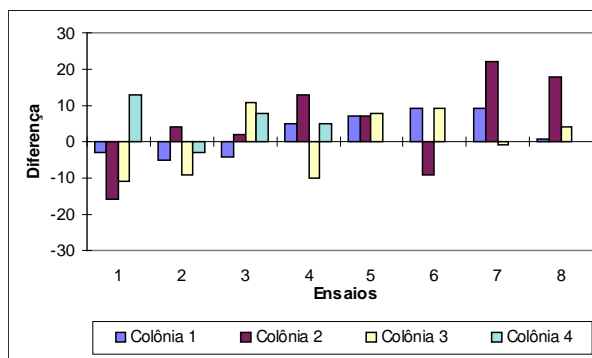
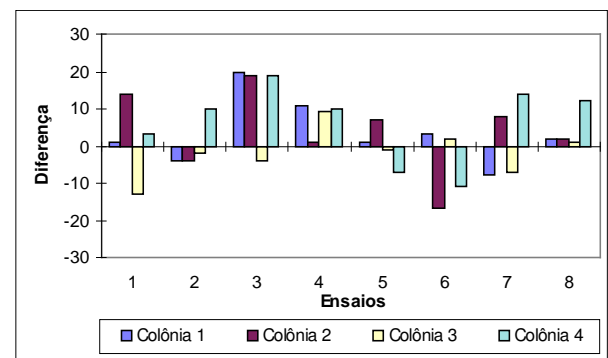
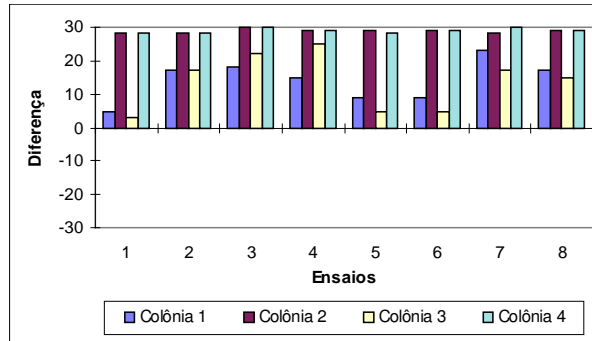
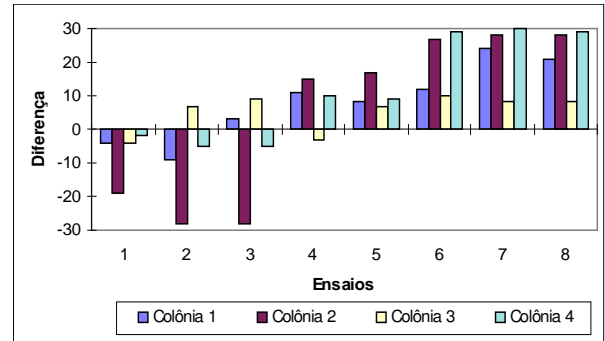
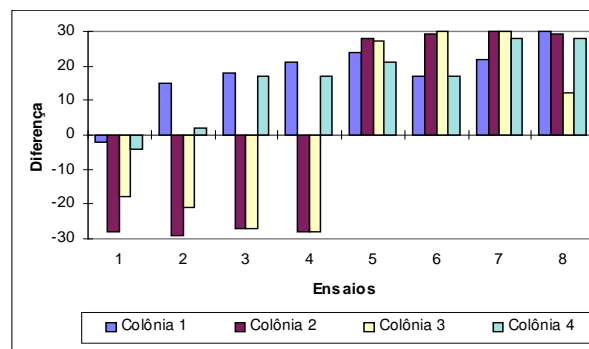
Gráfico A.1. *Aspidosperma tomentosum***Gráfico A.2.** *Byrsonima intermedia***Gráfico A.3.** *Caryocar brasiliensis***Gráfico A.4.** *Didymopanax vinosum***Gráfico A.5.** *Erythroxylum suberosum***Gráfico A.6.** *Kielmeyera coriacea*

Gráfico A.7. *Ouratea spectabilis***Gráfico A.8.** *Stryphnodendron adstringens***Gráfico A.9.** *Tocoyena formosa*

Apêndice B

“Boxplots”

Figura B.1. “Boxplot” para a espécie *Aspidosperma tomentosum*

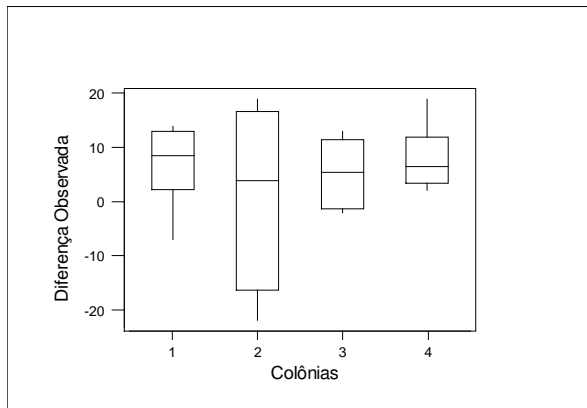


Figura B.2. “Boxplot” para a espécie *Byrsonima intermedia*

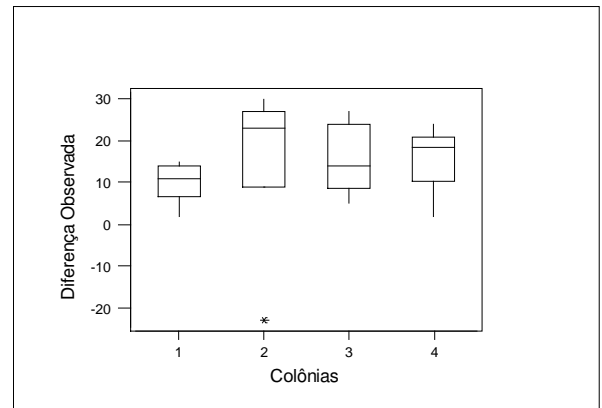


Figura B.3. “Boxplot” para a espécie *Caryocar brasiliensis*

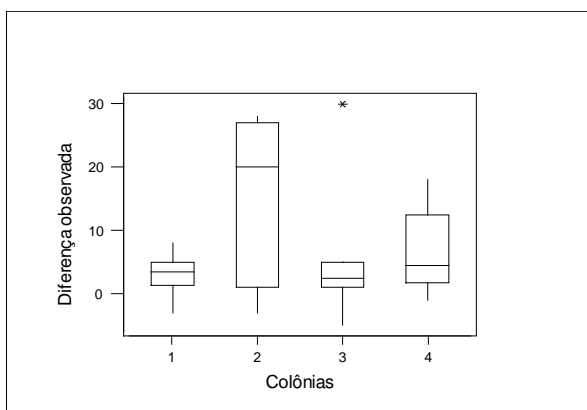


Figura B.4. “Boxplot” para a espécie *Didymopanax vinosum*

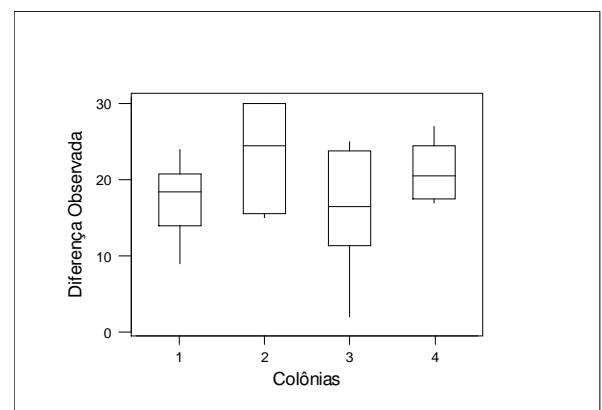


Figura B.5. “Boxplot” para a espécie *Erythroxylum suberosum*

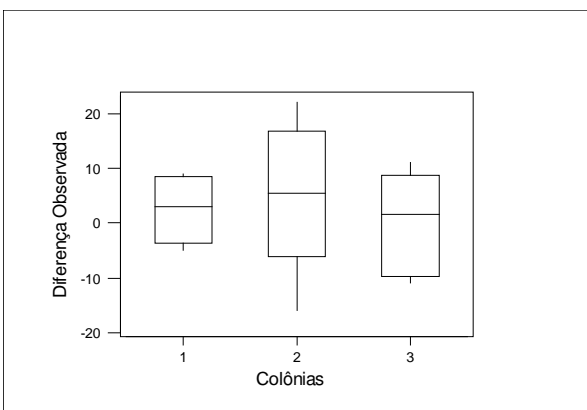


Figura B.6. “Boxplot para a espécie *Kielmeyera coriacea*

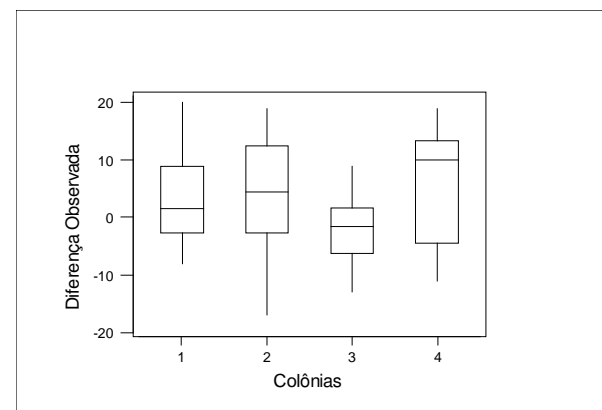


Figura B.7. “Boxplot” para a espécie *Ouratea spectabilis*

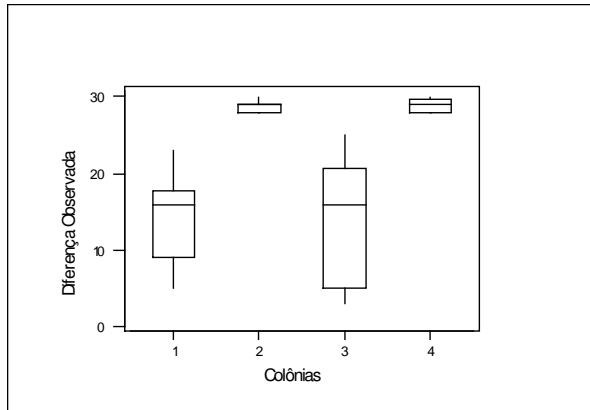


Figura B.8. “Boxplot” para a espécie *Stryphnodendron adstringens*

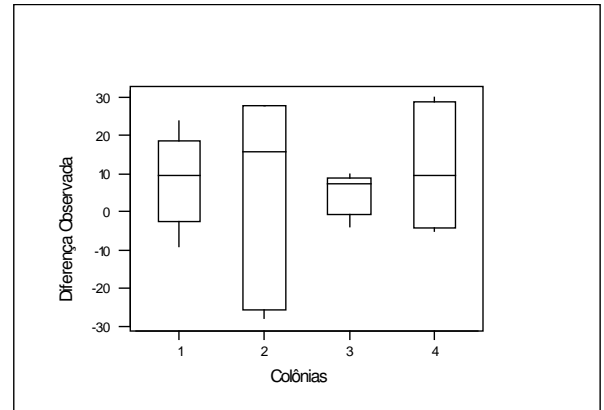
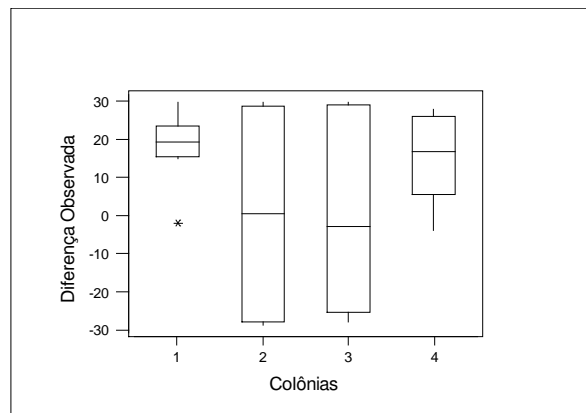


Figura B.9. “Boxplot” para a espécie *Tocoyena formosa*



Apêndice C

Tabelas de médias e desvios padrão das diferenças observadas

Tabela C.1. *Aspidosperma tomentosum*

Dia		Colônia				Total
		1	2	3	4	
1	Média	3,25	4,00	3,25	7,75	4,56
	DP	7,63	12,28	6,08	7,63	8,03
2	Média	10	-2,75	7,5	8,25	5,75
	DP	5,23	20,32	6,56	4,11	11,25
Total	Média	6,63	0,63	5,38	8	5,16
	DP	7,05	15,95	6,28	5,68	9,64

Tabela C.2. *Byrsonima intermedia*

Dia		Colônia				Total
		1	2	3	4	
1	Média	12,75	5,33	10,25	12,5	10,21
	DP	2,06	26,69	5,12	8,35	11,47
2	Média	8	23,75	20,75	19	17,88
	DP	5,48	2,99	7,59	5,60	7,96
Total	Média	10,38	15,86	15,5	15,75	14,37
	DP	4,60	18,41	8,21	7,44	10,34

Tabela C.3. *Caryocar brasiliensis*

Dia		Colônia				Total
		1	2	3	4	
1	Média	2,75	3	9,5	6,5	5,44
	DP	4,79	7,21	13,77	8,58	8,78
2	Média	3,5	24,5	1	6,75	8,94
	DP	1,29	3,70	4,32	4,86	10,10
Total	Média	3,13	15,29	5,25	6,63	7,57
	DP	3,27	12,50	10,48	6,46	9,48

Tabela C.4. *Didymopanax vinosum*

Dia		Colônia				Total
		1	2	3	4	
1	Média	15,5	16,5	13,25	19,75	16,25
	DP	5,51	1,91	9,54	2,5	5,66
2	Média	19,75	30	19,25	22,5	22,88
	DP	3,10	0	5,5	4,43	5,62
Total	Média	17,63	23,25	16,25	21,13	19,56
	DP	4,72	7,32	7,89	3,64	6,49

Tabela C.5. *Erythroxylum suberosum*

Dia		Colônia				Total
		1	2	3	4	
1	Média	-1,75	0,75	-4,75	5,75	0
	DP	4,57	12,15	10,53	6,70	8,98
2	Média	6,5	9,5	5		7
	DP	3,79	13,87	4,55		8,11
Total	Média	2,375	5,13	0,125	5,75	3,34
	DP	5,88	12,94	9,14	6,70	9,17

Tabela C.6. *Kielmeyera coriacea*

Dia		Colônia				Total
		1	2	3	4	
1	Média	7	7,5	-2,5	10,5	5,63
	DP	10,68	10,79	9,04	6,56	9,82
2	Média	-0,5	0	-1,25	2	0,06
	DP	5,07	11,63	4,03	12,83	8,36
Total	Média	3,25	3,75	-1,88	6,25	2,84
	DP	8,71	11,13	6,51	10,47	9,41

Tabela C.7. *Ouratea spectabilis*

Dia		Colônia				Total
		1	2	3	4	
1	Média	13,75	28,75	16,75	28,75	22
	DP	5,97	0,96	9,74	0,96	8,73
2	Média	14,5	28,75	10,5	29	20,69
	DP	6,81	0,5	6,40	0,82	9,55
Total	Média	14,13	28,75	13,63	28,88	21,34
	DP	5,94	0,71	8,33	0,83	9,03

Tabela C.8. *Stryphnodendron adstringens*

Dia		Colônia				Total
		1	2	3	4	
1	Média	0,25	-15	2,25	-0,5	-3,25
	DP	8,69	20,45	6,70	7,14	12,96
2	Média	16,25	25	8,25	24,25	18,44
	DP	7,5	5,35	1,26	10,18	9,35
Total	Média	8,25	5	5,25	11,88	7,59
	DP	11,39	25,47	5,50	15,53	15,65

Tabela C.9. *Tocoyena formosa*

Dia		Colônia				Total
		1	2	3	4	
1	Média	13	-28	-23,5	8	-7,63
	DP	10,30	0,82	4,80	10,68	20,13
2	Média	23,25	29	24,75	23,5	25,13
	DP	5,38	0,82	8,62	5,45	5,69
Total	Média	18,13	0,5	0,63	15,75	8,75
	DP	9,37	30,48	26,59	11,41	22,10

Apêndice D

Tabelas das diferenças observadas

Tabela D.1. *Aspidosperma tomentosum*

Dia	Colônia			
	1	2	3	4
1	-7	3	2	2
	8	-11	1	5
	2	19	12	5
	10	5	-2	19
2	3	19	-2	3
	14	10	9	8
	14	-22	13	13
	9	-18	10	9

Tabela D.2. *Byrsonima intermedia*

Dia	Colônia			
	1	2	3	4
1	15	9	8	17
	11	30	11	2
	11		5	10
	14	-23	17	21
2	2	20	21	24
	14	23	10	20
	11	27	27	21
	5	25	25	11

Tabela D.3. *Caryocar brasiliensis*

Dia	Colônia			
	1	2	3	4
1	-3	-3	2	1
	5	11	30	8
	1		5	18
	8	1	1	-1
2	2	20	-5	4
	4	28	3	5
	3	27	1	14
	5	23	5	4

Tabela D.4. *Didymopanax vinosum*

Dia	Colônia			
	1	2	3	4
1	13	19	2	17
	9	15	11	23
	19	15	15	19
	21	17	25	20
2	17	30	24	17
	20	30	18	25
	24	30	23	27
	18	30	12	21

Tabela D.5. *Erythroxylum suberosum*

Dia	Colônia			
	1	2	3	4
1	-3	-16	-11	13
	-5	4	-9	-3
	-4	2	11	8
	5	13	-10	5
2	7	7	8	
	9	-9	9	
	9	22	-1	
	1	18	4	

Tabela D.6. *Kielmeyera coriacea*.

Dia	Colônia			
	1	2	3	4
1	1	14	-13	3
	-4	-4	-2	10
	20	19	-4	19
	11	1	9	10
2	1	7	-1	-7
	3	-17	2	-11
	-8	8	-7	14
	2	2	1	12

Tabela D.7. *Ouratea spectabilis*

Dia	Colônia			
	1	2	3	4
1	5	28	3	28
	17	28	17	28
	18	30	22	30
	15	29	25	29
2	9	29	5	28
	9	29	5	29
	23	28	17	30
	17	29	15	29

Tabela D.8. *Stryphnodendron adstringens*

Dia	Colônia			
	1	2	3	4
1	-4	-19	-4	-2
	-9	-28	7	-5
	3	-28	9	-5
	11	15	-3	10
2	8	17	7	9
	12	27	10	29
	24	28	8	30
	21	28	8	29

Tabela D.9. *Tocoyena formosa*

Dia	Colônia			
	1	2	3	4
1	-2	-28	-18	-4
	15	-29	-21	2
	18	-27	-27	17
	21	-28	-28	17
2	24	28	27	21
	17	29	30	17
	22	30	30	28
	30	29	12	28

Apêndice E

Gráficos de Probabilidade Normal

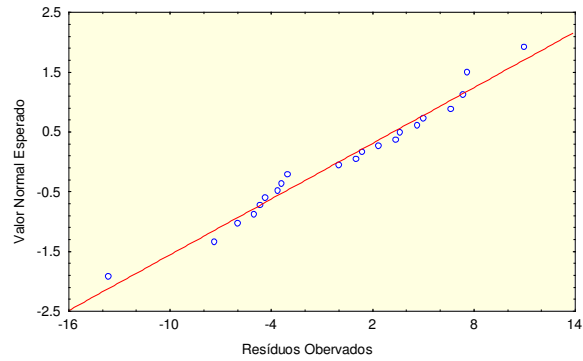
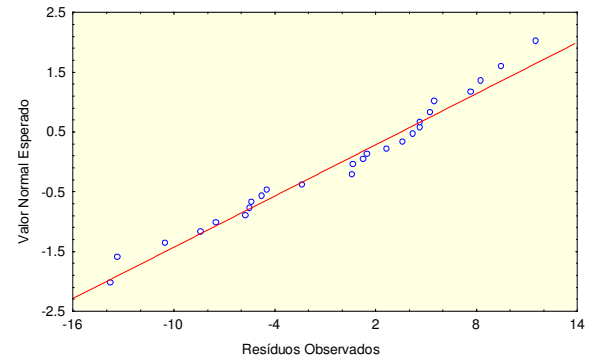
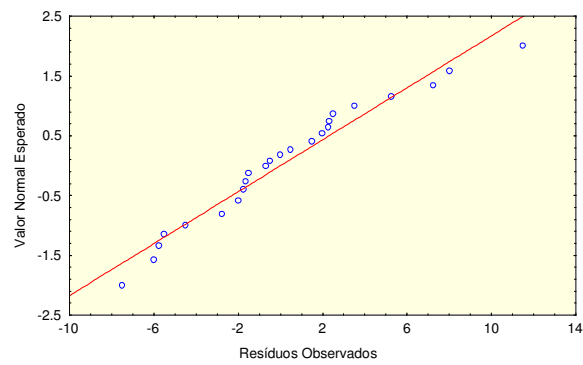
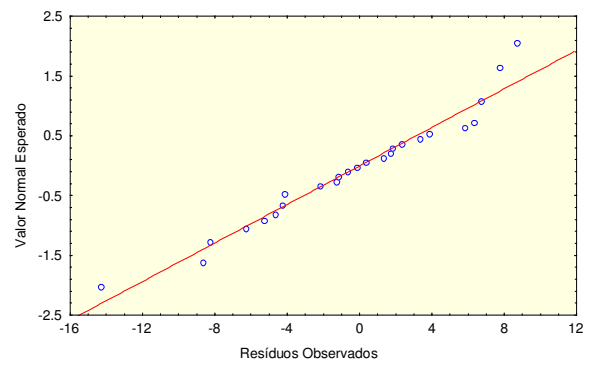
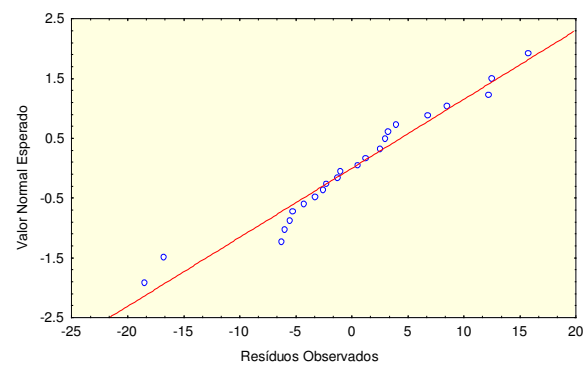
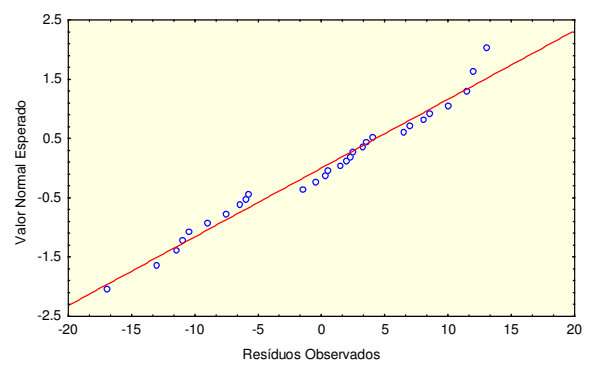
Gráfico E.1. *Aspidosperma tomentosum***Gráfico E.2.** *Byrsonima intermedia***Gráfico E.3.** *Caryocar brasiliensis***Gráfico E.4.** *Didymopanax vinosum***Gráfico E.5.** *Erythroxylum suberosum***Gráfico E.6.** *Kielmeyera coriacea*

Gráfico E.7.1. *Ouratea spectabilis* -
colônias 1 e 3

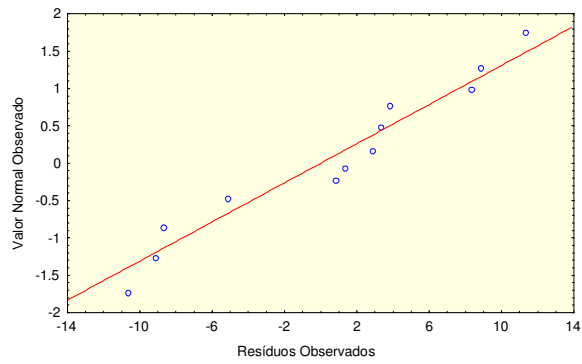


Gráfico E.7.2. *Ouratea spectabilis* -
colônias 2 e 4

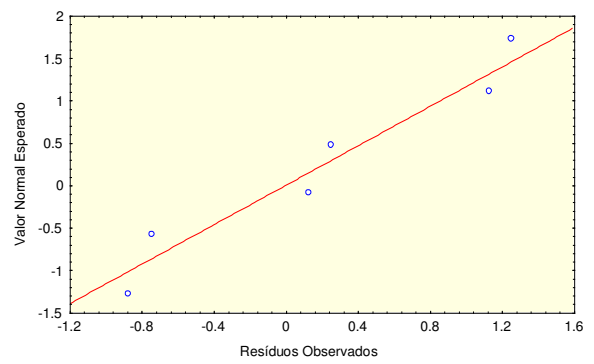


Gráfico E.8. *Stryphnodendron adstringens*

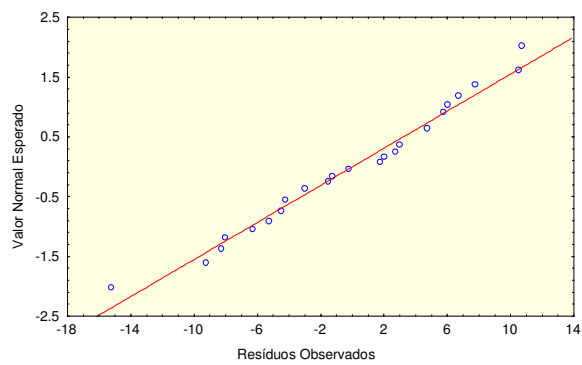
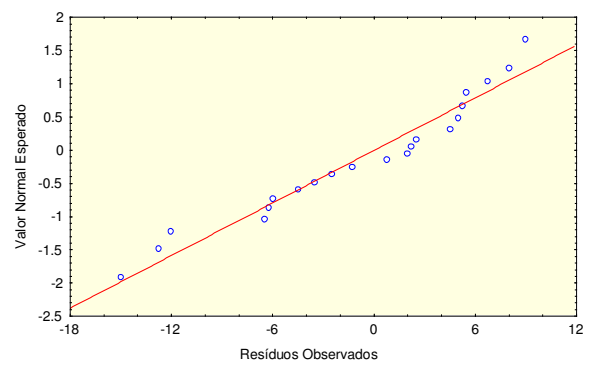


Gráfico E.9. *Tocoyena formosa*



Apêndice F

Gráficos de Médias

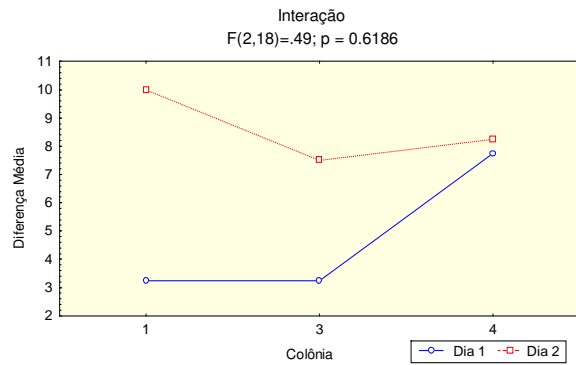
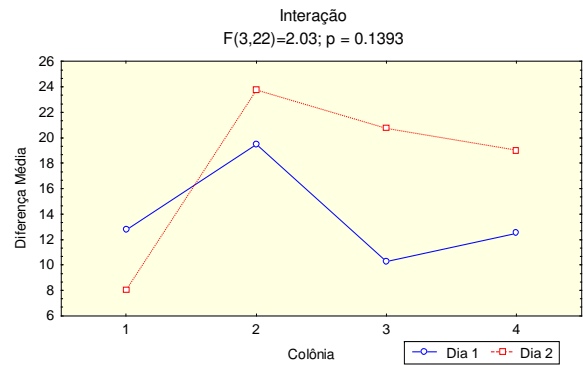
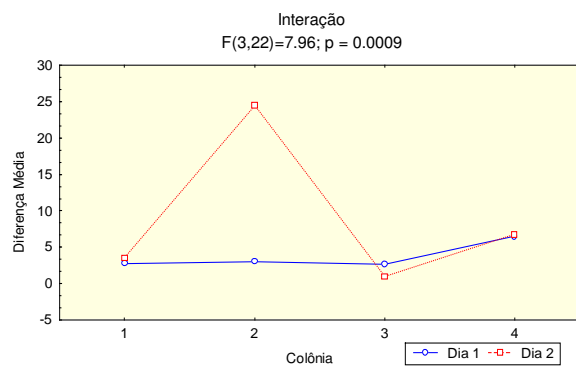
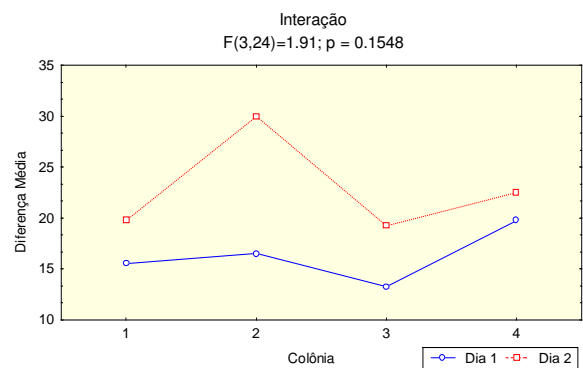
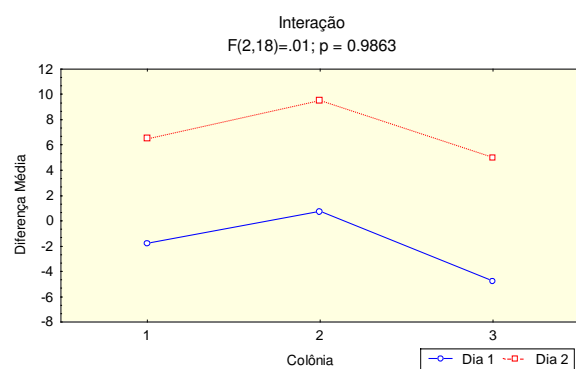
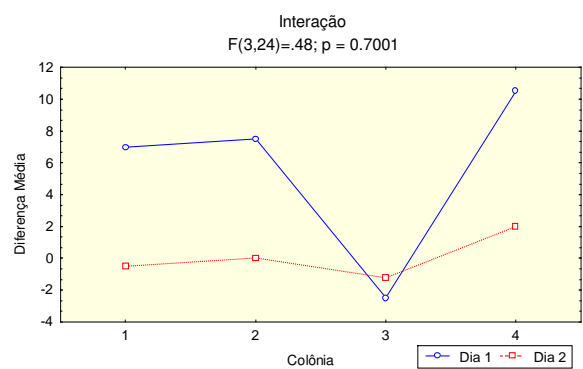
Gráfico F.1. *Aspidosperma tomentosum***Gráfico F.2. *Byrsonima intermedia*****Gráfico F.3. *Caryocar brasiliensis*****Gráfico F.4. *Didymopanax vinosum*****Gráfico F.5. *Erythroxylum suberosum*****Gráfico F.6. *Kielmeyera coriacea***

Gráfico F.7.1. *Ouratea spectabilis* - colônias 1 e 3

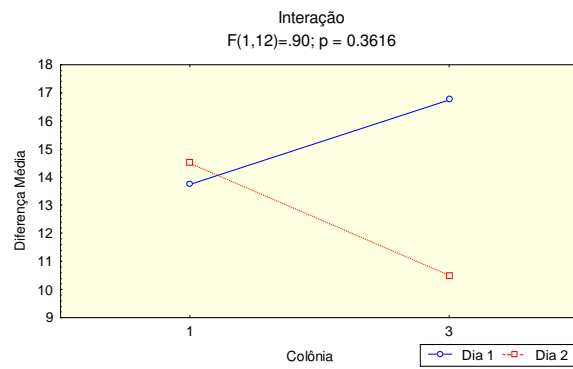


Gráfico F.7.2. *Ouratea spectabilis* - colônias 2 e 4

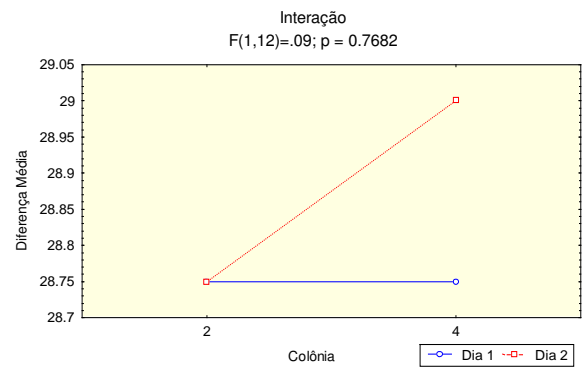


Gráfico F.8. *Stryphnodendron adstringens*

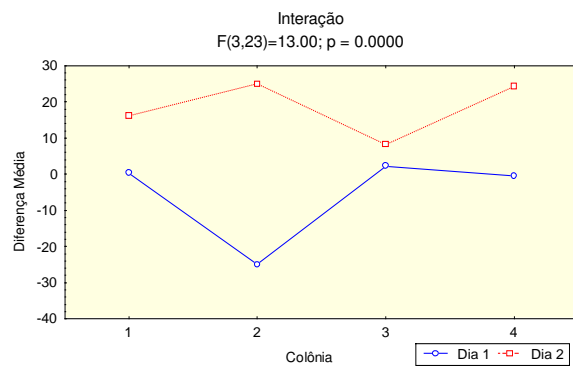
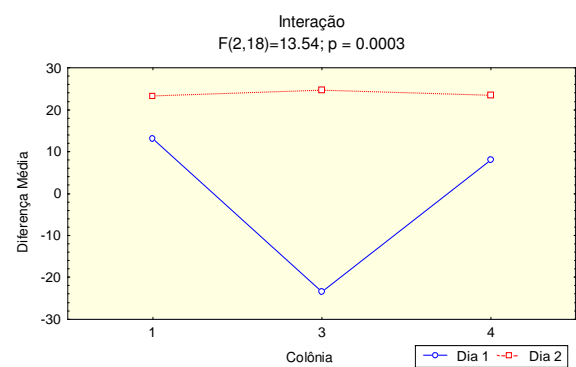


Gráfico F.9. *Tocoyena formosa*



Apêndice G

***Tabelas de médias e desvios padrão
das diferenças observadas sem “outliers”***

Tabela G.1. *Aspidosperma tomentosum*

Dia		Colônia			Total
		1	3	4	
1	Média	3,25	3,25	7,75	4.75
	DP	7.63	6.08	7.63	6.83
2	Média	10	7.5	8.25	8.58
	DP	5.23	6.56	4.11	5.00
Total	Média	6.63	5.38	8	6.67
	DP	7.05	6.28	5.68	6.18

Tabela G.2. *Byrsonima intermedia*

Dia		Colônia				Total
		1	2	3	4	
1	Média	12.75	19.5	10.25	12.5	13.75
	DP	2.06	14.85	5.12	8.35	7.00
2	Média	8	23.75	20.75	19	17.88
	DP	5.48	2.99	7.59	5.60	7.96
Total	Média	10.38	22.33	15.5	15.75	14.37
	DP	4.60	7.37	8.21	7.44	7.81

Tabela G.3. *Caryocar brasiliensis*

Dia		Colônia				Total
		1	2	3	4	
1	Média	2.75	3	2.67	6.5	3.73
	DP	4.79	7.21	2.08	8.58	5.83
2	Média	3.5	24.5	1	6.75	8.94
	DP	1.29	3.70	4.32	4.86	10.10
Total	Média	3.13	15.29	1.71	6.63	6.69
	DP	3.27	12.50	3.4	6.46	8.64

Tabela G.5. *Erythroxylum suberosum*

Dia		Colônia			Total
		1	2	3	
1	Média	-1,75	0,75	-4,75	-1.92
	DP	4,57	12,15	10,53	9.04
2	Média	6,5	9,5	5	7
	DP	3,79	13,87	4,55	8.11
Total	Média	2,375	5,13	0,125	2.54
	DP	5,88	12,94	9,14	9.56

Tabela G.7. *Ouratea spectabilis*

colônias 1 e 3				
Dia		Colônia		Total
		1	3	
1	Média	10.25	11.25	10.75
	DP	8.54	9.74	7.65
2	Média	14,5	10,5	12,5
	DP	6,81	6,40	6.48
Total	Média	14,13	13,63	13.88
	DP	5.94	8,33	6.99

colônias 2 e 4				
Dia		Colônia		Total
		2	4	
1	Média	28.75	28.75	28.75
	DP	0.96	0.96	0.89
2	Média	28.75	29	28.88
	DP	0.5	0.82	0.64
Total	Média	28.75	28.88	28.81
	DP	0.71	0.83	0.75

Tabela G.8. *Stryphnodendron adstringens*

Dia		Colônia				Total
		1	2	3	4	
1	Média	0,25	-25	2,25	-0,5	-5.75
	DP	8,69	5,20	6,70	7,14	12.44
2	Média	16,25	25	8,25	24,25	18,44
	DP	7,5	5,35	1,26	10,18	9.35
Total	Média	8,25	3,57	5,25	11,88	7.24
	DP	11,39	27,16	5,50	15,53	15.85

Tabela G.9. *Tocoyena formosa*

Dia		Colônia			Total
		1	3	4	
1	Média	13	-23.5	8	-0.83
	DP	10.30	4.80	1.68	18.74
2	Média	23.25	24.75	23.5	23.83
	DP	5.38	8.62	5.45	6.06
Total	Média	18.13	0.63	15.75	11.5
	DP	9.37	26.59	11.41	18.55

Apêndice H

Tabelas de Análise de Variância

Tabela H.1. *Aspidosperma tomentosum*

	GL	QM	F	<i>p</i>
Colônia	2	13.8	0.34	0.715
Erro	21	40.5		
Total	23			

Tabela H.2. *Byrsonima intermedia*

	GL	QM	F	<i>p</i>
Colônia	3	163.2	3.33	0.035
Erro	26	49.2		
Total	29			

Tabela H.3. *Caryocar brasiliensis*

	GL	QM	F	<i>p</i>
Colônia	3	199.57	7.63	0.001
Dia	1	200.32	0.96	0.399
Interação	3	207.99	7.96	0.001
Erro	22			
Total	30			

Tabela H.4. *Didymopanax vinosum*

	GL	QM	F	<i>p</i>
Colônia	3	82.0	2.17	0.114
Erro	28	37.8		
Total	31			

Tabela H.5. *Erythroxylum suberosum*

	GL	QM	F	<i>p</i>
Colônia	2	50.19	0.59	0.563
Dia	1	477.04	408.89	0.002
Interação	2	1.17	0.014	0.986
Erro	18	84.46		
Total	23			

Tabela H.6. *Kielmeyera coriacea*

	GL	QM	F	<i>p</i>
Colônia	3	92.95	1.07	0.382
Dia	1	247.53	5.94	0.093
Interação	3	41.70	0.48	0.700
Erro	24	87.11		
Total	31			

Tabela H.7.1. *Ouratea spectabilis* -
colônias 1 e 3

	GL	QM	F	<i>p</i>
Colônia	1	1.00	0.019	0.892
Erro	14	52.39		
Total	15			

Tabela H.7.2. *Ouratea spectabilis* -
colônias 2 e 4

	GL	QM	F	<i>p</i>
Colônia	1	0.065	0.104	0.104
Erro	14	0.598		
Total	15			

Tabela H.8. *Stryphnodendron adstringens*

	GL	QM	F	<i>p</i>
Colônia	3	185.88	3.75	0.025
Dia	1	4493.1	6.98	0.078
Interação	3	643.81	13.00	0.000
Erro	23	49.51		
Total	30			

Tabela H.9. *Tocoyena formosa*

	GL	QM	F	<i>p</i>
Colônia	2	720.88	11.51	0.001
Dia	1	3650.7	4.30	0.174
Interação	2	848.04	13.54	0.000
Erro	18	62.64		
Total	23			

