

CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA - CEA
RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA

TÍTULO: Relatório de análise estatística sobre o projeto: “Dinâmica de espécies arbóreas em uma floresta estacional semidecídua na Estação de Caetetus, Gália – SP”.

PESQUISADOR: Rubens Koloski Chagas

ORIENTADOR: Waldir Mantovani

INSTITUIÇÃO: Instituto de Biologia da Universidade de São Paulo - IB-USP

FINALIDADE: Doutorado

RESPONSÁVEIS PELA ANÁLISE: Silvia Nagib Elian
Kim Samejima Lopes
Paulo Henrique de Souza Lima

REFERÊNCIA DESTE TRABALHO:

-ELIAN, S.N., LIMA, P. H. S., LOPES, K. S. M. **Relatório de Análise Estatística sobre o Projeto: “Dinâmica de espécies arbóreas em uma floresta estacional semidecídua na Estação de Caetetus, Gália – SP”**. São Paulo, IME-USP, 2004.

FICHA TÉCNICA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BUSSAB, W.O. e MORETTIN, P.A. (2002). *Estatística Básica*, 5ª ed. São Paulo: Ed. Saraiva, 526p.

CHAGAS, R. K. (2000). *Dinâmica de Populações e Prognóstico de Produção de Espécies Arbóreas em um Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana, em Lavras, Minas Gerais*. Lavras: UFLA (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal).

CONDIT, R., HUBBEL, S.P. and FOSTER, R.B. (1995). *Demography and harvest potential of Latin American timber species: data from a large, permanent plot in Panama*. **Journal of Tropical Science**, v.7, n.4, 559-622.

CONDIT, R., HUBBEL, S.P. and FOSTER, R.B. (1993). *Identifying fast-growing native trees from the Neotropics using data from a large, permanent census plot*. **Forest Ecology Management**, v.62, 123-143.

GLEJSER, H. (1969) – *A new test for heterocedasticity*. **Journal of the American Statistical Association**, v.54, 173-205.

GUIDORIZZI, H. L. (2002), *Um Curso de Cálculo*, v. 4, 5ª ed., São Paulo, Ed. Ltc.

MONTGOMERY, D. C., PECK, E. C. and VINING, G. G. (2001), *Introduction to linear regression analysis*, 3ª ed., Ed. JOHN WILEY, 672p.

PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS:

Microsoft Word 2000 para Windows.

Microsoft Excel 2000 para Windows

S-PLUS 2000 para Windows.

MINITAB versão 13.

Maple 6.01 2000

TÉCNICAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS:

Entre parênteses encontra-se a classificação “Statistical Theory & Method Abstracts (ISI).

Análise Descritiva Unidimensional (03:010)

Análise Descritiva Multidimensional (03:020)

Análise de Regressão Clássica (07:020)

ÁREA DE APLICAÇÃO:

Ciências do Ambiente e Ecologia (14:060)

ÍNDICE

<u>RESUMO</u>	5
<u>1. INTRODUÇÃO</u>	6
<u>2. OBJETIVOS</u>	7
<u>3. DESCRIÇÃO DO ESTUDO</u>	7
3.1. <u>PROCESSO DE OBTENÇÃO DOS DADOS</u>	7
3.2. <u>DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS</u>	9
<u>4. ANÁLISE DESCRITIVA</u>	10
4.1. <u>FILTRO DE DADOS</u>	11
4.2. <u>ANÁLISE DAS VARIÁVEIS CAP</u>	11
4.3. <u>ANÁLISE DAS TAXAS G_1, G_2, G_3 E G_4</u>	13
4.4. <u>DIAGRAMAS DE DISPERSÃO ENTRE G_1, G_2, G_3, G_4 E $CAP_{INICIAL}$</u>	13
<u>5. ANÁLISE INFERENCIAL</u>	15
5.1. <u>AJUSTE PARA A ESPÉCIE <i>ACTINOSTEMON CONCOLOR</i></u>	17
5.2. <u>AJUSTE PARA A ESPÉCIE <i>ASPIDOSPERMA POLYNEURON</i></u>	19
5.3. <u>AJUSTE PARA A ESPÉCIE <i>OCOTEA ODORÍFERA</i></u>	21
5.4. <u>AJUSTE PARA A ESPÉCIE <i>METRODOREA NIGRA</i></u>	24
5.5. <u>AJUSTE PARA A ESPÉCIE <i>COPAIFERA LANGSDORFFII</i></u>	27
5.6. <u>AJUSTE PARA A ESPÉCIE <i>SAVIA DICTIOCARPA</i></u>	28
5.7. <u>AJUSTE PARA A ESPÉCIE <i>TRICHILIA CATIGUA</i></u>	29
5.8. <u>AJUSTE PARA A ESPÉCIE <i>TRICHILIA CLAUSENII</i></u>	30
5.9. <u>AJUSTE PARA A ESPÉCIE <i>XYLOPIA BRASILIENSIS</i> E <i>OCOTEA INDECORA</i></u>	31
<u>CONCLUSÕES</u>	34
<u>APÊNDICE A : TABELAS</u>	36
<u>APÊNDICE B : GRÁFICOS</u>	41

RESUMO

Este estudo procura obter uma relação entre o comprimento da circunferência do tronco (CAP) e a idade da árvore para espécies encontradas em uma área florestal da região sudeste do Brasil. Para isso, foi realizada a medição da variável CAP em diversos momentos e selecionas 10 espécies para o estudo. Dessa maneira, é possível obter uma relação entre a variável CAP e a taxa de crescimento e a partir dela determinar, através de uma equação diferencial, a relação desejada entre a circunferência do tronco e a idade da árvore.

A presente análise faz um estudo descritivo das variáveis CAP, taxas de crescimento e a relação entre essas variáveis. Foi realizado também o ajuste dos modelos que estimam as relações entre a taxa de crescimento e o CAP. Por fim, as curvas de crescimento de cada uma das espécies foram encontradas a partir destes ajustes.

1. INTRODUÇÃO

Pouco se sabe sobre a dinâmica de populações de árvores das florestas tropicais brasileiras que associe as taxas de crescimento, mortalidade e sobrevivência ao potencial madeireiro e à produção futura. Como consequência disso, não é possível avaliar o impacto causado no meio ambiente pela extração de recursos naturais e pela execução de projetos econômicos por parte de empresas ou comunidades, bem como desenvolver programas de recuperação de áreas degradadas.

Entre os principais fatores limitantes a um melhor uso das florestas nativas brasileiras, pode-se citar, além dos aspectos tecnológicos, o quase total desconhecimento das espécies e seu habitat natural: sua distribuição, demografia, habitats preferenciais e sua dinâmica. Estes aspectos influenciarão no seu desenvolvimento e em seu *manejo florestal*¹.

A importância do estudo da dinâmica de florestas nativas, associado ao manejo florestal, esbarra na complexidade do ecossistema, no grande número de espécies – com as mais diferentes características ecológicas, silviculturais e tecnológicas – nas deficiências de informação sobre o padrão de crescimento das plantas, seja em áreas intactas ou em áreas sujeitas a um regime de manejo.

O presente estudo tem como objetivo analisar a dinâmica de espécies arbóreas em fragmentos de *Floresta Estacional Semidecidual Montana (floresta tropical subcaducifolia)*². Os dados foram coletados na Reserva Ecológica de Caetetus (Gália, SP) e na Reserva Florestal da Universidade Federal de Lavras (Lavras, MG).

¹ Consiste no controle, preservação e resgate da floresta, com o intuito de conter o desmatamento desenfreado e sem planejamento.

² Segundo o IBGE(1993), esta fisionomia vegetacional caracteriza-se por uma porcentagem de árvores caducifólias, no conjunto florestal, entre 20% e 50% e está relacionada com um clima tropical de altitude com duas estações bem definidas, uma chuvosa de verão e outra seca de inverno (Chagas et. al., 2000)

2. OBJETIVOS

Os objetivos do estudo são:

- Comparar níveis de crescimento entre as diversas espécies de árvores consideradas;
- Avaliar a relação entre taxa de crescimento e comprimento da circunferência do tronco da árvore à altura do peito (CAP) em cada uma das espécies;
- A partir da relação anterior, obter a expressão matemática existente entre a idade da árvore e comprimento de sua circunferência (CAP).

3. DESCRIÇÃO DO ESTUDO

3.1. Processo de Obtenção dos Dados

As áreas florestais utilizadas no estudo foram a Reserva Florestal da Universidade Federal de Lavras, MG, e a Estação Ecológica de Caetetus, Gália, SP. Para se obter uma demarcação do território, as áreas foram divididas em parcelas. A Reserva de Lavras foi dividida em 126 parcelas contíguas de 400 m² (20m x 20m) totalizando 50.400m² e a Estação de Caetetus foi dividida em 60 parcelas de 100m², totalizando 6.000m².

Buscou-se selecionar as parcelas com características que mais se aproximavam das de florestas que não tiveram intervenção humana e que são isoladas de fatores que possam influenciar no padrão de crescimento natural das árvores. Para isso, foram selecionadas aquelas que satisfaziam os seguintes critérios:

- Localizadas a uma distância de pelo menos 1200m da borda da mata e a uma distância de pelo menos 800m do curso d'água mais próximo;
- Possuíam declividades entre 3% e 5%,
- Localizadas dentro do alto estrato arbóreo (copas das árvores maiores ou iguais a 30 metros).

Na Estação de Caetetus, foi realizada a medição da circunferência à altura do peito (CAP), que se localiza a 1,30m do solo, de todas as árvores com diâmetro maior que 1cm, em quatro momentos distintos: novembro de 1995, novembro de 2001, novembro de 2002 e novembro de 2003. Foram inventariadas 1082 árvores de 74 espécies. Destas total de espécies, foram selecionadas para o estudo as sete nas quais existia maior interesse e que eram abundantes na região. São elas: *Metrodorea nigra*, *Trichilia catigua*, *Trichilia clausenii*, *Actinostemon concolor*, *Savia dictiocarpa*, *Ocotea indecora* e *Aspidosperma polyneuron*.

Na Reserva de Lavras, o CAP foi medido em todas as árvores com diâmetro maior que 5cm, em três momentos distintos: novembro de 1987, novembro de 1992 e novembro de 1996. Foram inventariadas 6528 árvores, de 137 espécies, das quais três foram utilizadas neste estudo: *Copaifera langsdorffii*, *Xylopia brasiliensis* e *Ocotea odorifera*. O total de árvores no início do estudo em cada espécie selecionada se encontra na tabela a seguir:

Tabela 3.1. Número de árvores coletadas para as espécies referentes à Estação de Caetetus

Espécie	Número de Árvores
<i>Metrodorea nigra</i>	398
<i>Trichilia catigua</i>	41
<i>Trichilia clausenii</i>	23
<i>Actinostemon concolor</i>	55
<i>Savia dictiocarpa</i>	86
<i>Ocotea indecora</i>	56
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	49

Tabela 3.2. Número de árvores coletadas para as espécies referentes à Reserva Florestal de Lavras

Espécie	Número de Árvores
<i>Copaifera langsdorffii</i>	495
<i>Ocotea odorifera</i>	332
<i>Xylopia brasiliensis</i>	140

A localização da altura do peito – a 1,3m do solo – foi realizada com uma vara de bambu e, nessa posição, foi medido o comprimento da circunferência com uma fita metálica (variável CAP, já descrita). As árvores foram numeradas com plaquetas de alumínio, para que pudessem ser identificadas nas medições futuras.

3.2. Descrição das Variáveis

As variáveis envolvidas no estudo são:

- **CAP87** – Comprimento da circunferência à altura do peito medida em 1987 (em cm);
- **CAP92** – Comprimento da circunferência à altura do peito medida em 1992 (em cm);
- **CAP96** – Comprimento da circunferência à altura do peito medida em 1996 (em cm);
- **CAP95** – Comprimento da circunferência à altura do peito medida em 1995 (em cm);
- **CAP01** – Comprimento da circunferência à altura do peito medida em 2001 (em cm);
- **CAP02** – Comprimento da circunferência à altura do peito medida em 2002 (em cm);
- **CAP03** – Comprimento da circunferência à altura do peito medida em 2003 (em cm);
- **Espécie** : variável qualitativa nominal. Categorizada como: *Metrodorea nigra*, *Trichilia catigua*, *Trichilia clausenii*, *Actinostemon concolor*, *Savia dictiocarpa*, *Ocotea indecora*, *Aspidosperma polyneuron*, *Copaifera langsdorffii*, *Xylopia brasiliensis* e *Ocotea odorifera*.

Note que as três primeiras classificações do CAP referem-se ao mapeamento da Reserva Florestal da UFLA e as demais para a Estação Ecológica de Caetetus.

Deseja-se, com este estudo, encontrar uma relação entre a taxa de crescimento e o CAP para cada espécie. Esta taxa de crescimento foi definida como uma relação entre CAP final e inicial e o intervalo de tempo entre suas medições. O comprimento da circunferência foi escolhido, ao invés do diâmetro, pelo fato de as árvores nem sempre possuírem um caule com uma circunferência perfeita, o que acarretaria em maior erro nas medidas, caso fosse utilizado o diâmetro.

Assim, com base nas medidas de CAP, foram calculadas, para cada árvore, as taxas de crescimento, G_1 , G_2 , G_3 e G_4 . A variável G_1 foi sugerida pelo pesquisador, e é dada por:

$$G_1 = \frac{\ln\left(\frac{CAP_{final}}{CAP_{inicial}}\right)}{t} \quad \text{sendo que,} \quad (1)$$

$$t = \text{Ano da medição de } CAP_{final} - \text{Ano da medição de } CAP_{inicial}$$

Sugerimos então, o cálculo das medidas G_2 e G_3 a seguir:

$$G_2 = \frac{1}{t} \frac{CAP_{final}}{CAP_{inicial}} \quad (2)$$

G_3 : Coeficiente angular da reta de Mínimos Quadrados do CAP em função do instante em que foi medido. (3)

A princípio, G_3 aparentava ser a melhor quantidade para medir a taxa de crescimento, já que G_1 e G_2 utilizam apenas $CAP_{inicial}$ e CAP_{final} e G_3 utiliza todas as medidas. No entanto, sua interpretação não é a mesma que a taxa de crescimento G_1 , sugerida pelo pesquisador. Isto se deve ao fato de G_3 estar medindo o aumento absoluto do CAP ao passar de um ano, ao passo que G_1 mede o crescimento do CAP no intervalo t entre medições, com relação à medida de $CAP_{inicial}$. Em outras palavras, G_1 mede o acréscimo relativo ao $CAP_{inicial}$ em um intervalo de um ano, ao passo que G_3 mede o acréscimo absoluto em centímetros do CAP para mudanças de um ano. Assim, para obtermos uma variável com a interpretação esperada pelo pesquisador, sugerimos a utilização da taxa G_4 , definida por:

$$G_4 = \frac{G_3}{CAP_{inicial}} \quad (4)$$

Temos dessa forma, uma medida de crescimento que considera todas as observações ao longo do intervalo entre medições final e inicial, além de apresentar a mesma interpretação que aquela obtida em G_1 .

4. ANÁLISE DESCRITIVA

A análise descritiva está dividida em quatro partes. A primeira exhibe o método de filtragem dos dados. As duas seguintes referem-se às estatísticas descritivas das variáveis CAP e G_1 , G_2 , G_3 e G_4 . Por fim, é realizada uma análise da relação entre $CAP_{inicial}$ e G_1 , G_2 , G_3 e G_4 . Os gráficos utilizados na análise e as estatísticas descritivas

dispostas em tabelas foram construídos através do pacote computacional Minitab e S-Plus. Estas informações encontram-se nos Apêndices A e B.

4.1. Filtro de Dados

Devido à perda das placas de identificação, impossibilidade de obter as medidas de todas as árvores em todos os momentos e possíveis erros de medição, o banco de dados possui observações incompletas ou com medidas evidentemente errôneas. Por isso, para a análise descritiva, foi realizada uma filtragem nos dados. Além disso, como veremos na parte inferencial, resultados de equações diferenciais impõem as restrições de injetividade e continuidade na função de *CAP por tempo*. Isto posto, os critérios de inclusão foram:

- Para as espécies da Estação de Caetetus, foram incluídas todas as árvores com pelo menos duas medidas - CAP95 e CAP03 - e que tiveram medidas crescentes ao longo do tempo, ou seja, $CAP95 \leq CAP01 \leq CAP02 \leq CAP03$;
- Para as espécies da Reserva de Lavras os dados obtidos pelo pesquisador já haviam sido filtrados satisfazendo os critérios descritos. Dessa maneira, chegamos à composição dos dados apresentada na Tabela 4.1:

Tabela 4.1. Número de árvores utilizadas no estudo após a filtragem para as espécies referentes à Reserva Ecológica de Caetetus.

Espécie	Nº final de árvores	Porcentagem final
<i>Metrodorea nigra</i>	201	50,50%
<i>Trichilia catigua</i>	24	58,53%
<i>Trichilia clausenii</i>	10	43,47%
<i>Actinostemon concolor</i>	26	47,27%
<i>Savia dictiocarpa</i>	51	59,30%
<i>Ocotea indecora</i>	25	44,64%
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	26	53,06%

4.2. Análise das Variáveis CAP

Para comparar as variáveis CAP em cada uma das espécies, nos diferentes instantes de medição, foram utilizados Box-plot, presentes nos Gráficos B1 a B10 (Bussab e Morettin, 2002). Eles indicam que a distribuição dessas variáveis é assimétrica, com uma maior quantidade de árvores com medida de CAP pequeno.

Verificamos que as espécies *Aspidosperma polyneuron*, *Metrodorea nigra*, *Actinostemon concolor* e *Trichilia clausenii* possuem algumas árvores com diâmetro muito maior do que a maioria. Estes pontos, todavia, não são discrepantes, mas sim raros. Por se tratarem de árvores maiores, pressupõe-se que são mais velhas e, em geral, poucas árvores alcançam esta condição, por conta, principalmente, do desmatamento e extração de madeira.

Também observamos, em todas as espécies, que a mediana da variável CAP cresce conforme passa o tempo - CAP95, CAP01, CAP02 e CAP03 para as espécies da Estação de Caetetus e CAP87, CAP92 e CAP96 para a Reserva de Lavras. Isso indica, como esperado, que com o passar do tempo, o diâmetro das árvores aumenta.

Nos Gráficos B11 a B17, em conjunto com as Tabelas A1 a A10, podemos comparar a variável CAP entre as espécies, fixado o instante de tempo. Verificamos que nem todas as espécies têm o mesmo porte, ou seja, algumas espécies têm a medida CAP maior do que as outras no primeiro instante de medição. A espécie *Actinostemon concolor* é a que possui CAP menor e com menor variabilidade, *Savia dictiocarpa* possui CAP maior e maior variabilidade. Também notamos que, em espécies de grande porte (medidas de CAP grandes), a variabilidade dos dados é maior, ao passo que espécies de pequeno porte têm variabilidade menor. Apenas a espécie *Aspidosperma polyneuron* não segue esse padrão. Ela possui um CAP, em média, pequeno e grande variabilidade. Tal variabilidade deve-se à presença de valores extremos muito superiores aos demais (Gráfico B10).

De acordo com a grandeza das medições, podemos ordenar as espécies da Estação de Caetetus, por “porte”, na forma a seguir: *Actinostemon concolor*, *Aspidosperma polyneuron*, *Trichilia clausenii*, *Trichilia catigua*, *Metrodorea nigra*, *Ocotea indecora* e *Savia dictiocarpa*. Esta mesma classificação para as espécies da Reserva de Lavras fica: *Ocotea odorífera*, *Xylopia brasiliensis* e *Copaifera langsdorffii*.

Ainda analisando os Gráficos B11 a B17, podemos observar que a espécie *Copaifera langsdorffii* apresenta uma mediana de CAP87 maior do que as espécies *Ocotea odorífera* e *Xylopia brasiliensis*, mas isso não ocorre nas medições em 1992 e

1996, quando o diâmetro da espécie *Xylopia brasiliensis* apresenta valores maiores. Portanto, os gráficos sugerem que a espécie *Xylopia brasiliensis* possui um crescimento mais rápido do que a espécie *Copaifera langsdorffii*.

4.3. Análise das Taxas G_1 , G_2 , G_3 e G_4

Os Gráficos B18 a B21 indicam que entre as espécies da Reserva de Lavras, *Xylopia brasiliensis* é a que possui as maiores Taxas de crescimento G_1 , G_2 , G_3 e G_4 . Isso sugere que tanto em porcentagem com relação à medida inicial (Taxas G_1 , G_2 e G_4) quanto em valores absolutos (Taxa G_3) a espécie *Xylopia brasiliensis* possui maior crescimento. A Tabela A.11 mostra que esta espécie tem um crescimento médio anual de 1,87cm o que corresponde a um acréscimo na circunferência de 16% em relação ao tamanho inicial.

Analisando as espécies da Estação de Caetetus, os Gráficos B.22 a B.25 em conjunto com as Tabelas A11 a A20 sugerem que as espécies que possuem maior crescimento em valores absolutos (Taxa G_3) são *Savia dictiocarpa* e *Ocotea indecora*, enquanto que as menores são *Aspidosperma polyneuron*, *Actinostemon concolor* e *Trichilia clausenii*. Em relação à taxa de crescimento proporcional à medida inicial (G_2 e G_4), a espécie *Actinostemon concolor* possui a maior taxa de crescimento enquanto que *Savia dictiocarpa* apresenta a menor. Esta inversão deve-se ao fato das árvores da espécie *Savia dictiocarpa* possuírem porte maior, assim, embora haja um crescimento com alto valor absoluto, proporcionalmente à medida inicial, o crescimento não é tão grande. Na espécie *Metrodorea nigra*, observamos que a variabilidade das taxas de crescimento G_1 , G_2 e G_4 é alta, com uma grande quantidade de árvores com altas taxas em relação à mediana. Isto nos leva a crer que para a espécie *Metrodorea nigra*, existem mais árvores com diâmetro grande que as demais espécies.

4.4. Diagramas de Dispersão entre G_1 , G_2 , G_3 , G_4 e CAP_{inicial}

Os Gráficos B26 a B65 mostram os diagramas de dispersão entre as Taxas de crescimento G_1 , G_2 , G_3 , G_4 e a primeira medida do comprimento CAP para cada uma das 10 espécies envolvidas no estudo. Tais gráficos são importantes, pois deseja-se

analisar a relação entre o CAP e a taxa de crescimento e, através desse ajuste, obter a relação entre a idade da árvore e seu comprimento (CAP).

Verifica-se por meio dos Gráficos B26 a B65 que em todas as espécies, a variabilidade das Taxas G_1 , G_2 e G_4 é maior para valores de $CAP_{inicial}$ menores. Além disso, essas taxas são decrescentes conforme aumenta a variável $CAP_{inicial}$. Isso indica que as taxas de crescimento G_1 , G_2 e G_4 de árvores pequenas é diversificado enquanto que árvores com circunferência grande têm taxas mais homogêneas.

Conjuntamente aos gráficos citados, as tabelas a seguir (Tabelas 4.2 e 4.3) indicam que para as espécies *Trichilia catigua* e *Aspidosperma polyneuron*, existe uma alta correlação linear positiva entre CAP95 e Taxa G_3 , sugerindo que quanto maior a medida CAP, maior é o crescimento da árvore em valor absoluto. Mas, se utilizarmos as Taxas G_2 e G_4 , a correlação linear é negativa, ou seja, observa-se que quanto maior a variável CAP, menor é o crescimento proporcional ao tamanho inicial.

Tabela 4.2. Correlação linear entre a variável CAP95 e as Taxas G_1 , G_2 , G_3 e G_4

<i>Espécies</i>	<i>Correlação de CAP95 com</i>			
	G_1	G_2	G_3	G_4
<i>Metrodorea nigra</i>	-0,37	-0,33	0,33	-0,31
<i>Trichilia catigua</i>	-0,28	-0,3	0,71	-0,28
<i>Trichilia clausenii</i>	-0,34	-0,32	0,47	-0,34
<i>Actinostemon concolor</i>	-0,66	-0,62	-0,43	-0,63
<i>Savia dictiocarpa</i>	-0,38	-0,35	0,43	-0,34
<i>Ocotea indecora</i>	-0,45	-0,41	-0,06	-0,39
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	-0,42	-0,41	0,84	-0,38

Tabela 4.3. Correlação linear entre a variável CAP87 e as Taxas G_1 , G_2 , G_3 e G_4

<i>Espécies</i>	<i>Correlação de CAP87 com</i>			
	G_1	G_2	G_3	G_4
<i>Copaifera langsdorffii</i>	-0.23	-0.23	0.43	-0.23
<i>Xylopia brasiliensis</i>	-0.70	-0.66	-0.10	-0.66
<i>Ocotea odorífera</i>	-0.29	-0,28	0.27	0.28

5. ANÁLISE INFERENCIAL

O objetivo principal do estudo é avaliar o comportamento da variável CAP ao longo do tempo. Espera-se, após isso, encontrar uma relação bijetora f entre estas quantidades. Definimos então a função f a seguir, que é inicialmente desconhecida,

$$\begin{aligned} f: t &\rightarrow L \\ \mathfrak{R}_+ &\rightarrow \mathfrak{R}_+ \end{aligned} \quad (5)$$

Chagas (2000) descreve a taxa de aumento do CAP em função do tempo como a derivada da função f . Sabe-se também que a taxa de crescimento em um determinado intervalo t de tempo pode ser estimada através do ajuste da regressão polinomial de G_i por $\ln(\text{CAP}_{\text{inicial}})$ ($i=1,2,3,4$), como proposto pelo autor. Utilizaremos também a notação introduzida neste trabalho, ou seja, $\ln(\text{CAP}_{\text{inicial}})=L$.

Na análise descritiva, propusemos G_3 e G_4 como medidas de crescimento da planta, pois consideram todas as observações ao longo da coleta dos dados, ao passo que G_1 e G_2 utilizam apenas as observações final e inicial. As medidas G_3 e G_4 foram úteis na análise descritiva dos dados e apresentaram interessante interpretação. Nesta etapa da análise, no entanto, utilizaremos a Taxa G_1 descrita em (1), já que esta é a de maior interesse para o pesquisador, possuindo propriedades algébricas mais simples. Segundo Condit et al. (1995), construímos a seguinte equação diferencial homogênea, de variáveis separáveis (Guidorizzi, 2002):

$$\begin{aligned} f'(t) &= G_1(L) \\ \text{ou} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\frac{df}{dt} = \frac{d}{dt} L = G_1(L). \quad (7)$$

Para a resolução desta equação, porém, precisamos das suposições de injetividade e continuidade da função f . Estas suposições impoem que $L(t)$ seja estritamente crescente ao longo do tempo. Isto é equivalente a dizer que a função $G_1(L)$ é sempre positiva, isto é, uma árvore qualquer não estagna nem decresce no intervalo de diferenciação, o que vem ratificar o filtro dos dados proposto na Seção 4.1. Impostas estas restrições em f , temos a resolução da equação diferencial:

$$\begin{aligned}
\frac{dL}{dt} = G_1(L) &\Rightarrow \frac{1}{G_1(L)} dL = dt \Rightarrow \\
\int \frac{1}{G_1(L)} dL &= \int dt \Rightarrow \\
\Rightarrow t &= \int \frac{1}{G_1(L)} dL. \tag{8}
\end{aligned}$$

Portanto, de acordo com a relação $G_1(L)$ existente entre as variáveis, teremos uma diferente relação entre L e t . Em outras palavras, para cada espécie, temos uma diferente solução de **(8)**, de acordo com o modelo ajustado que relaciona G_1 e L .

Nosso objetivo na análise inferencial é, então, encontrar os estimadores ótimos para os parâmetros da regressão entre um G_1 e L , seja ela qual for. Tais estimadores ótimos serão os de mínimos quadrados quando a relação é linear, desde que válidas as suposições necessárias.

Evidentemente, não teremos o mesmo modelo ajustado para todas as espécies, pois elas são biológica e ecologicamente diferentes, embora isto fosse desejável, do ponto de vista computacional. A seguir, apresentamos os resultados, caso a caso, para cada espécie. É importante salientar que, como são inúmeros modelos intermediários ajustados até a obtenção do modelo final, não apresentaremos todos, passo a passo, pois isto acarretaria uma repetição indesejada e desnecessária.

5.1. Ajuste para a espécie *Actinostemon concolor*

Baseado em textos de estudo de crescimento arbóreo (Condit et. al., 1995), Chagas (2000) sugere, para as variáveis G_1 e L , a relação:

$$G_{1i} = \alpha.L^2_i + \beta.L_i + \gamma + \varepsilon_i, \quad (9)$$

onde, por suposição, devemos ter $\varepsilon_i \sim \text{Normal}(0, \sigma^2)$, $i=1, \dots, n^3$, independentes, com σ^2 constante real positiva. Além disso, o coeficiente de correlação entre L^2 e L deve ser baixo, para que não tenhamos problemas de multicolinearidade. A multicolinearidade ocorre quando se tem variáveis explicativas altamente correlacionadas entre si. Na presença deste problema, os estimadores de mínimos quadrados de α, β e γ terão baixa precisão e as correspondentes estimativas se tornam muito sensíveis a pequenas alterações no conjunto de dados.

No ajuste deste modelo, foi detectada multicolinearidade (o que já era esperado, pois trata-se de um modelo polinomial) entre as variáveis L e L^2 . O diagnóstico deste problema foi feito através do cálculo da quantidade VIF^4 (Montgomery et al., 2001) e, em geral, esperamos valores de VIF menores que 5 para que não tenhamos esta complicação.

Uma correção para este problema em modelos de regressão polinomial pode ser obtida utilizando $(L_i - \bar{L})$ ao invés de L , onde \bar{L} é a média amostral da variável L , para a espécie em estudo. Dessa forma, o modelo (9) ficaria:

$$G_{1i} = \alpha.(L_i - \bar{L})^2 + \beta.(L_i - \bar{L}) + \gamma + \varepsilon_i \quad (10)$$

onde $\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}$.

A transformação de variáveis preditoras utilizada corrigiu o problema de multicolinearidade e temos, assim, o modelo adequado para esta espécie. A Tabela

³ n é o número de observações na espécie.

⁴ VIF – Variance Inflation Factor

5.1.1 apresenta os resultados básicos desse ajuste, e a equação do modelo ajustado é $\hat{G}_{1i} = 0,0356(L_i - \bar{L})^2 - 0,0438(L_i - \bar{L}) + 0,0235$.

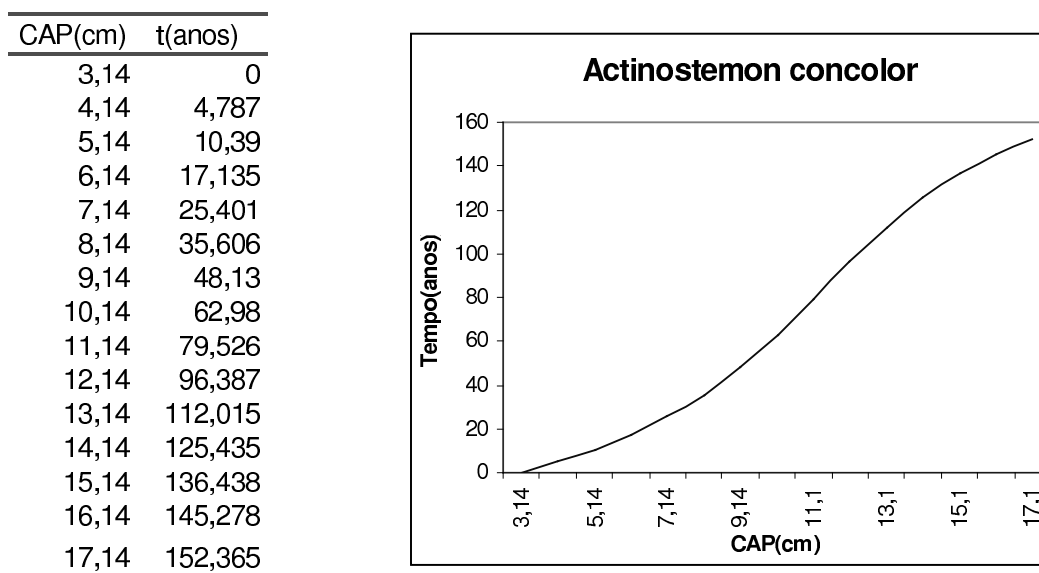
Tabela 5.1.1. Tabela de ajuste do modelo (10)

Variáveis	Estimado	Erro Padrão	Estatística t	Nível descritivo	VIF
Intercepto	0,0235	0,004112	5.712	0,0000 ₊	
$(L_i - \bar{L})$	-0,0438	0,006866	-6.382	0,0000 ₊	1,052
$(L_i - \bar{L})^2$	0,0356	0,014541	2.447	0,0225	1,052

Este ajuste tem $SQRes^{1/2} = 0,01511$, 23 graus de liberdade.

Através da análise de resíduos (Gráficos B76 a B79), verifica-se que o modelo está bem ajustado, não apresenta problemas de multicolinearidade ($VIF = 1,052$) ou heterocedasticidade, já que o nível descritivo para o teste de Glejser é $p = 0,067$ (para detalhes, veja Glejser, H., 1969) ou fuga da suposição de normalidade dos erros. Tais fatos nos levam a concluir que o modelo é adequado para os dados.

Voltando para as variáveis independentes originais a partir deste modelo ajustado, obtemos: $\hat{G}_{1i} = 0,23 - 0,18L + 0,036L^2$. A partir deste, determinamos a função que descreve a curva de crescimento em função do CAP através da resolução de (8). Esta relação, porém, pode ser calculada apenas numericamente, pois a integral de (8) não tem forma fechada neste caso. O gráfico de t por CAP é dado na Figura 5.1.1. e foi obtido numericamente pelo pacote Maple v.6.01 (2000).

Figura 5.1.1. Curva de Crescimento da espécie *Actinostemon concolor* em função do CAP.

Como podemos ver pelo gráfico e tabela da Figura 5.1.1, para que esta espécie obtenha uma variação de aproximadamente 14cm em seu CAP, seriam necessários aproximadamente 152 anos. Notamos também que, por exemplo, uma árvore com $CAP_{inicial}$ de 4,14cm necessitaria de aproximadamente 31 anos para ter seu CAP aumentado em 4cm. Já para um $CAP_{inicial}$ de 13,14cm, seria preciso um período de 40 anos para que houvesse esta mesma variação. Uma ressalva é que com esse procedimento não há como inferir sobre a idade da árvore, e sim sobre o tempo necessário para ela ter certa variação na variável CAP.

5.2. Ajuste para a espécie *Aspidosperma polyneuron*

Inicialmente, foi ajustado um modelo como o descrito em (9) e este apresentou problemas de multicolinearidade. Foi corrigido o problema de multicolinearidade da mesma forma que em (10). A equação de regressão obtida foi $G_{1i} = 0,0016 \cdot (L_i - \bar{L})^2 - 0,0071 \cdot (L_i - \bar{L}) + 0,0139$ e a Tabela 5.2.1. resume o ajuste de tal modelo.

Tabela 5.2.1. Tabela de ajuste do modelo (10) para a espécie *Aspidosperma polyneuron*

Variáveis	Estimado	Erro Padrão	Estatística t	Nível descritivo	VIF
Intercepto	0,0139	0,002459	5,635	0,0000 ₊	
$(L_i - \bar{L})$	-0,0071	0,001799	-3,943	0,00065	1,92
$(L_i - \bar{L})^2$	0,0016	0,001147	1,369	0,1841	1,92

Observamos que a hipótese $H: \alpha=0$ não é rejeitada (nível descritivo 0,1841). Temos como consequência que o termo quadrático $(L_i - \bar{L})^2$ é não significativo, levando-nos a ajustar o modelo linear como se segue:

$$G_{1i} = \gamma + \beta.L_i + \varepsilon_i. \quad (11)$$

Os resultados do ajuste desse modelo encontram-se na Tabela 5.2.2 e a equação do modelo ajustado é $\hat{G}_{1i} = 0,030 - 0,0054L$.

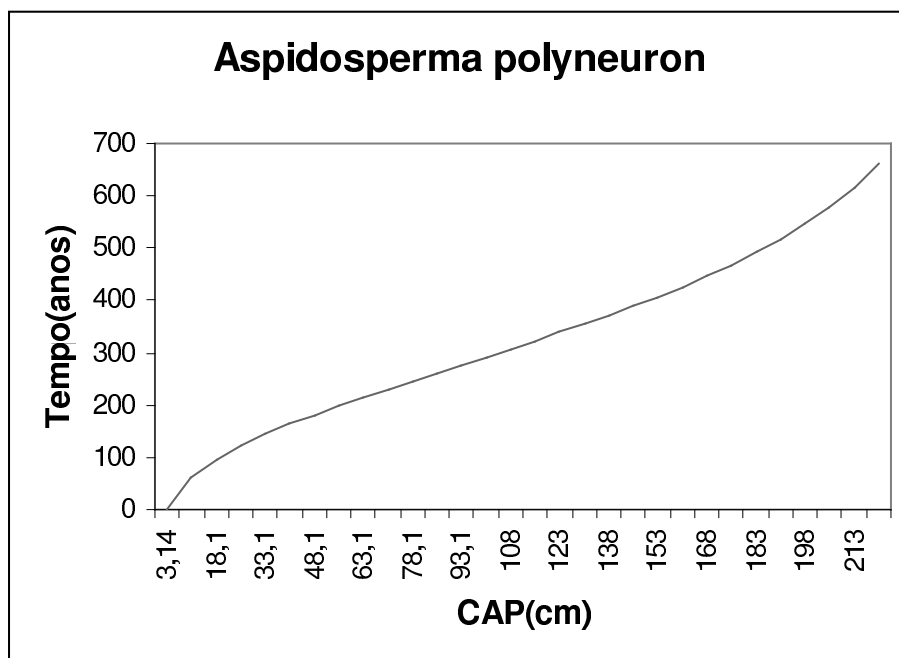
Tabela 5.2.2. Ajuste do modelo proposto em (11)

Variáveis	Estimado	Erro Padrão	Estatística t	Nível descritivo
Intercepto	0,0298	0,0037	8,08	0,0000 ₊
L	-0,0054	0,0013	-4,1	0,004

Com $SQRes^{1/2}=0,0085$ com 24 graus de liberdade.

A partir deste modelo e da equação diferencial descrita em (7), temos que a resolução da integral em (8) fica $t_2 - t_1 = \frac{\ln(\beta \ln(CAP_2) + \gamma)}{\beta} - \frac{\ln(\beta \ln(CAP_1) + \gamma)}{\beta}$, onde t_1 e t_2 são os tempos de medição de $CAP_{inicial}$ e CAP_{final} , respectivamente. Substituindo os valores de β e γ por suas estimativas, obtém-se o gráfico de t por CAP (Gráfico 5.2.1).

Gráfico 5.2.1. Curva de Crescimento da espécie *Aspidosperma polyneuron* em função do CAP



5.3. Ajuste para a espécie *Ocotea odorífera*

Para esta espécie, temos que o modelo proposto em (9) apresenta heterocedasticidade e multicolinearidade. Para corrigir o problema de heterocedasticidade sugerimos, com base nos gráficos de dispersão de G_1 por L e nos gráficos de resíduos (Gráficos B82 a B85), uma transformação multiplicativa com pesos proporcionais a L . Nesta análise foi utilizada a teoria de mínimos quadrados ponderados, que pode ser encontrada em Montgomery et al., 2001. Então (9) fica:

$$G_{1i}^{(2)} = \alpha \cdot L_i^3 + \beta \cdot L_i^2 + \gamma L_i + \varepsilon_i^{(2)} \quad (12)$$

$$\text{onde, } G_{1i}^{(2)} = G_{1i} \cdot L_i, \varepsilon_i^{(2)} = \varepsilon_i L_i$$

que é um modelo de regressão polinomial do 3º grau sem intercepto. Note que esta regressão passa obrigatoriamente pela origem. O problema de heterocedasticidade foi corrigido com esta transformação.

Porém, ajustando tal regressão, vemos que o valor do VIF para as variáveis explicativas está bem acima do que poderíamos considerar tolerável. Isto indica um problema forte de multicolinearidade. Para corrigir este problema, utilizamos a mesma

técnica adotada na correção do modelo **(9)**, substituindo L por $(L - \bar{L})$. No entanto, fortes problemas de ajuste apareceram, produzindo a grande maioria dos resíduos positivos, o que viola a suposição de que $E(\varepsilon_i) = 0$, $i = 1, \dots, n$. Por este motivo, descartamos este modelo.

Propomos então o modelo seguinte,

$$G_{1i} = \alpha \frac{1}{L_i} + \beta \cdot L_i + \gamma + \varepsilon_i \quad (13)$$

com ε_i e G_{1i} definidos como em **(9)**.

A motivação para a construção deste modelo alternativo foi o gráfico de dispersão da variável resposta (G_1) em função de L (Gráfico B82). Este gráfico sugere relação decrescente entre G_1 e L , o que justificaria o termo α/L . Porém, é aceitável que a árvore possa ter uma "re-aceleração" em seu crescimento após certo período, ou seja, a função $G_1(L)$ não é necessariamente, (do ponto de vista biológico) sempre decrescente. Este fator é considerado no modelo pelo termo βL . Eventualmente, se β se mostrar não significativo, o modelo poderá ser reduzido, o que evidenciaria o padrão sempre decrescente de relação entre G_1 e L para a espécie.

Do ajuste deste modelo, concluímos que há heterocedasticidade, Corrigimos o problema através de transformação de variáveis, obtendo o modelo:

$$G_{1i}^{(2)} = \alpha + \beta \cdot L_i^2 + \gamma \cdot L_i + \varepsilon_i^{(2)}, \quad (14)$$

com $G_{1i}^{(2)}$ e $\varepsilon_i^{(2)}$ definidos como em **(12)**

Como ocorrido em **(12)**, temos multicolinearidade entre as variáveis explicativas, e novamente utilizamos as variáveis centralizadas, $(L_i - \bar{L})$ e $(L_i - \bar{L})^2$. Ficaremos portanto com o modelo:

$$G_{1i}^{(2)} = \alpha + \beta \cdot (L_i - \bar{L})^2 + \gamma \cdot (L_i - \bar{L}) + \varepsilon_i^{(2)}, \quad (15)$$

com \bar{L} , $G_{1i}^{(2)}$ e $\varepsilon_i^{(2)}$ definidos como em **(12)**.

Tais transformações levaram ao ajuste de um modelo adequado, com todas as suposições básicas satisfeitas. O resumo do ajuste encontra-se na Tabela 5.3.1.

Tabela 5.3.1. Tabela de ajuste do modelo (15)

Variáveis	Estimado	Erro Padrão	Estatística t	Nível descritivo	VIF
Intercepto	0.0430	0.002704	15.901	0,0000 ₊	
$(L_i - \bar{L})$	-0.0102	0.003568	-2.858	0.00454	1,036
$(L_i - \bar{L})^2$	0.0024	0.006720	0.350	0.72637	1,036

Este ajuste tem $SQRes^{1/2} = 0,03426$, 328 graus de liberdade.

Como vemos, o termo $(L_i - \bar{L})^2$ é não significativo ($p=0,7264$), e deve ser removido da equação. Isto elimina o problema de multicolinearidade, dispensando a centralização da variável L no novo ajuste. Desta forma será adotado o modelo:

$$G_{1i}^{(2)} = \alpha + \gamma \cdot L_i + \varepsilon_i^{(2)}, \quad (16)$$

com $G_{1i}^{(2)}$ e $\varepsilon_i^{(2)}$ definidos como em (12), que forneceu a equação de regressão $\hat{G}_{1i}^{(2)} = 0,0798 - 0,01 \cdot L_i$, e o ajuste apresentado na Tabela 5.3.2.

Tabela 5.3.2. Tabela de ajuste do modelo (16)

Variáveis	Estimado	Erro Padrão	Estatística t	Nível descritivo
Intercepto	0,0798	0,012844	6.216	0,0000 ₊
L	-0,0100	0,0035	-2.846	0,0047

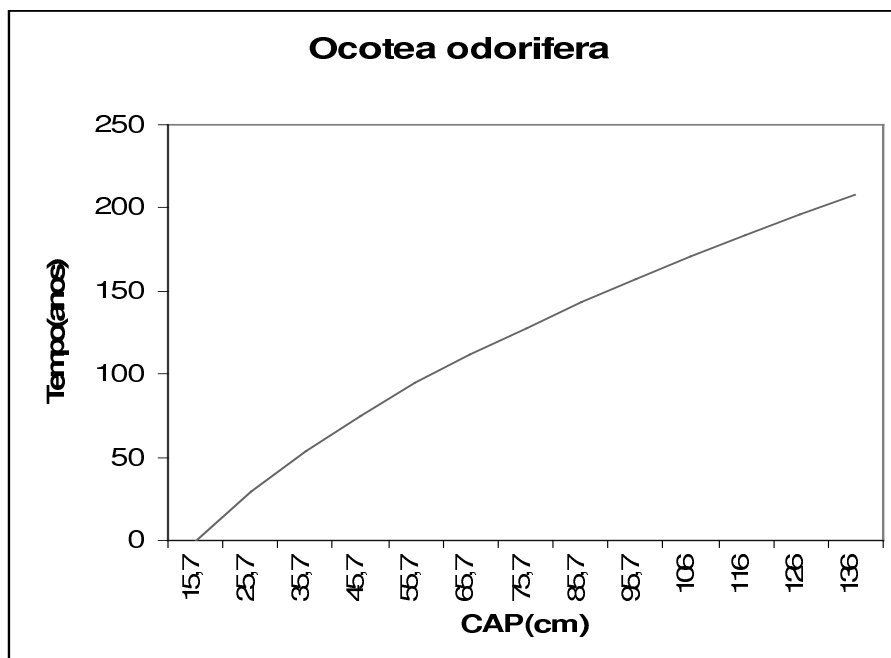
Este ajuste tem $SQRes^{1/2} = 0,03422$, 329 graus de liberdade.

A volta ao modelo descrito em (13) resulta em $\hat{G}_{1i} = \frac{0,08}{L} - 0,01$ e a partir de (8), temos que a relação entre as variáveis tempo e CAP é

$$t_2 - t_1 = \frac{\ln(CAP_2)}{\alpha} - \frac{\beta}{\alpha^2} \ln(\alpha \ln(CAP_2) + \beta) - \frac{\ln(CAP_1)}{\alpha} - \frac{\beta}{\alpha^2} \ln(\alpha \ln(CAP_1) + \beta),$$

representada no Gráfico 5.3.1.

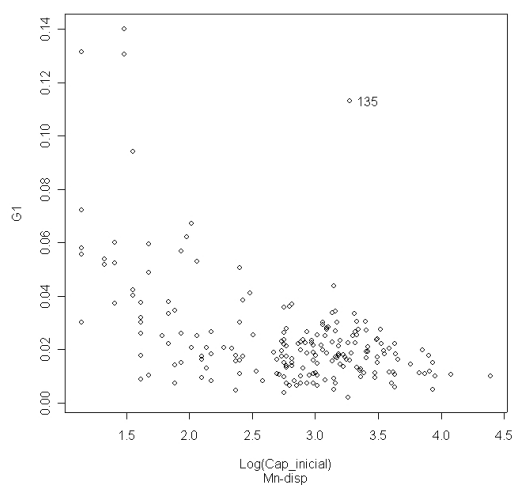
Gráfico 5.3.1. Curva de Crescimento da espécie *Ocotea odorífera* em função do CAP



5.4. Ajuste para a espécie *Metrodorea nigra*

Construído o diagrama de dispersão entre G_1 e $\ln(\text{CAP}_{\text{inicial}})$ (Gráfico 5.4.1), foi identificado um ponto fora do padrão de crescimento.

Gráfico 5.4.1. Diagrama de dispersão de G_1 por $\text{Log}(\text{CAP}_{\text{inicial}})$: identificação da observação 135



Como notamos na Tabela 5.4.1, não é esperado que a árvore aumente mais que 35 cm de 1995 a 2001 (o que resulta numa taxa média de crescimento de 5,85 cm anuais) e 38,8cm no período de 1995 a 2003 (4,85 cm anuais).

Tabela 5.4.1. Valores da variável CAP para a observação 135 removida da análise

ANO	1995	2001	2002	2003
CAP	26,39 cm	61,50 cm	62,20 cm	65,20 cm

Em consenso com o pesquisador, esta observação foi retirada do estudo.

O modelo polinomial proposto em (9) apresentou problemas de heterocedasticidade e multicolinearidade, da mesma forma que ocorreu para a espécie *Ocotea odorífera*. A correção destes problemas através de transformações gerou um modelo mal ajustado. Propomos então, com base no diagrama de dispersão de G_1 por L e também visando não encontrar problemas de ajuste durante a centralização e correção da heterocedasticidade, a construção do modelo a seguir,

$$G_{1i} = \alpha \frac{1}{L_i^2} + \beta \cdot L_i + \gamma + \varepsilon_i \quad (17)$$

com ε_i e G_{1i} definidos como em (9).

Como em geral ocorreu, este modelo possui problemas de heterocedasticidade e conseqüentemente precisa ser corrigido. Analisando o gráfico de resíduos contra os valores ajustados, concluímos que a variância de G_1 cresce de forma inversamente proporcional a L^2 . Sugerimos então o modelo corrigido:

$$G_{1i} \cdot L_i^2 = \alpha + \beta \cdot L_i^3 + \gamma \cdot L_i^2 + \varepsilon_i \quad (18)$$

Este modelo mostrou-se homocedástico, porém apresentou multicolinearidade. Centralizando a variável L , temos o modelo seguinte:

$$L_i^2 G_{1i} = \alpha + \beta \cdot (L_i - \bar{L})^3 + \gamma \cdot (L_i - \bar{L})^2 + \varepsilon_i \cdot L_i^2, \quad (19)$$

que mostrou-se satisfatório, porém, nos leva a aceitação da hipótese $\gamma = 0$. O modelo reduzido sob esta hipótese fica então:

$$L_i^2 G_{1i} = \alpha + \beta \cdot (L_i)^3 + \varepsilon_i \cdot L_i^2 \quad (20)$$

A Tabela 5.4.2 fornece as principais medidas associadas a este ajuste. O modelo estimado é $L^2\hat{G}_{ij} = 0,1031 + 0,0023.L_i^3$.

Tabela 5.4.2. Ajuste do modelo proposto em (20) para a espécie *Metrodorea nigra*

Variáveis	Estimado	Erro Padrão	Estatística t	Nível descritivo
Intercepto	0,1031	0,0103738	9,940	0,00000 ₊
L^3	0,0023	0,0003486	6,533	0,00000 ₊

Com $SQRes^{1/2} = 0.04556$ com 198 graus de liberdade.

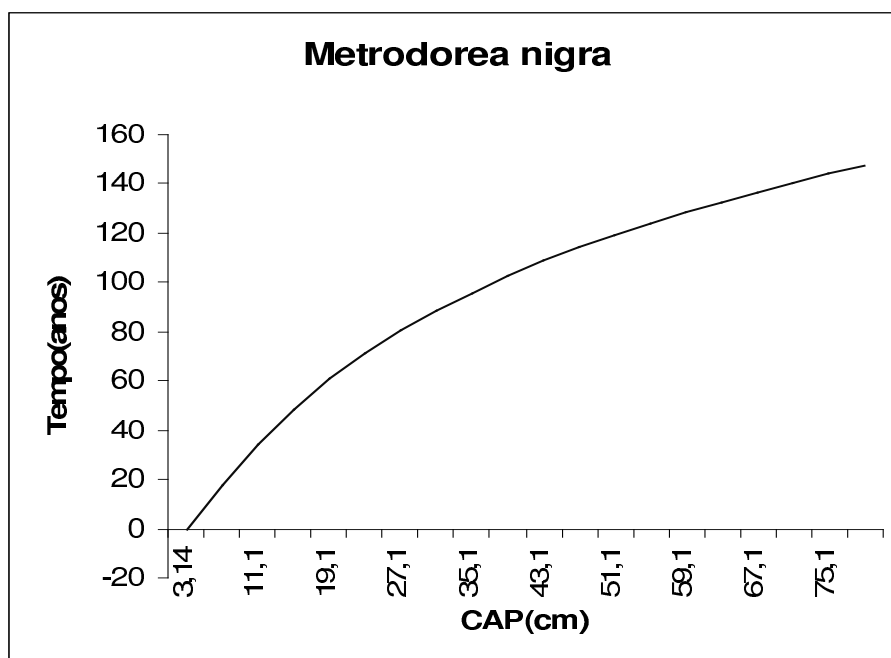
A volta para o modelo proposto em (17) nos fornece a equação de regressão

$$\hat{G}_{ij} = \frac{0,103}{L^2} + 0,0023.L \text{ e a partir deste, temos que a relação entre a variável tempo}$$

em função do CAP é $t_2 - t_1 = \frac{\ln(\alpha + \beta \ln^3(CAP_2))}{3\beta} - \frac{\ln(\alpha + \beta \ln^3(CAP_1))}{3\beta}$, representada no

Gráfico 5.4.2.

Gráfico 5.4.2. Curva de Crescimento da espécie *Metrodorea nigra* em função do CAP



5.5. Ajuste para a espécie *Copaifera langsdorffii*

O modelo ajustado para esta espécie foi o mesmo modelo da espécie *Metrodorea nigra*, descrito em (17). Assim como naquela espécie, tivemos problemas de heterocedasticidade e multicolinearidade, de forma que o modelo adequado foi o proposto na equação (19). Nesse caso, todos os termos foram significantes, a equação do modelo selecionado é $L_i^2 G_{1i} = 0,171 + 0,035 \cdot (L_i - \bar{L})^3 - 0,031 \cdot (L_i - \bar{L})^2$ e os resultados encontram-se resumidos na Tabela 5.5.1.

Tabela 5.5.1. Tabela de ajuste do modelo (19) para a espécie *Copaifera langsdorffii*

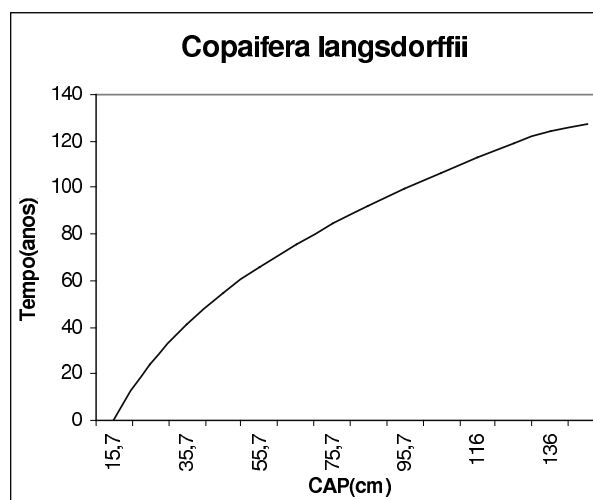
Variáveis	Estimado	Erro Padrão	Estatística t	Nível descritivo	VIF
Intercepto	0,171	0,007488	22,862	0,00000+	
$(L_i - \bar{L})^2$	-0,031	0,014431	-2,177	0,03	1.002
$(L_i - \bar{L})^3$	0,035	0,010147	3,449	0,0006	1.002

Com $SQRes^{1/2} = 0,1118$ com 491 graus de liberdade.

Voltando para o modelo originalmente proposto obtém-se a equação $\hat{G}_1 = 0,037 - \frac{0,0223}{L^2} - 0,0046$ e a relação de t por CAP é dada pela resolução de (8) numericamente. Esta solução é apresentada na Figura 5.5.1.

Figura 5.5.1. Curva de Crescimento da espécie *Copaifera langsdorffii* em função do CAP

CAP(cm)	t(anos)
15,7	0
25,7	23,884
35,7	40,906
45,7	54,426
55,7	65,78
65,7	75,66
75,7	84,47
85,7	92,44
95,7	99,77
105,7	106,56
115,7	112,91
125,7	118,88
135,7	124,54
140,7	127,26



5.6. Ajuste para a espécie *Savia dictiocarpa*

O modelo proposto para a espécie *Savia dictiocarpa* é semelhante ao proposto para a espécie *Metrodorea nigra*, ou seja, como em (17):

$$G_{1i} = \alpha \frac{1}{L_i^2} + \beta \cdot L_i + \gamma + \varepsilon_i \quad (21)$$

Novamente, temos problemas de multicolinearidade e heterocedasticidade, e corrigimos adotando o modelo :

$$L_i^2 G_{1i} = \alpha + \beta \cdot (L_i - \bar{L})^3 + \gamma \cdot (L_i - \bar{L})^2 + \varepsilon_i \cdot L_i^2. \quad (22)$$

Após o ajuste, temos que o único parâmetro significativo é a constante, resultando num ajuste final $L_i^2 \hat{G}_{1i} = 0,19$, apresentado na Tabela 5.6.1. Isto indica que a taxa de crescimento média desta espécie é constante ao longo da variável CAP.

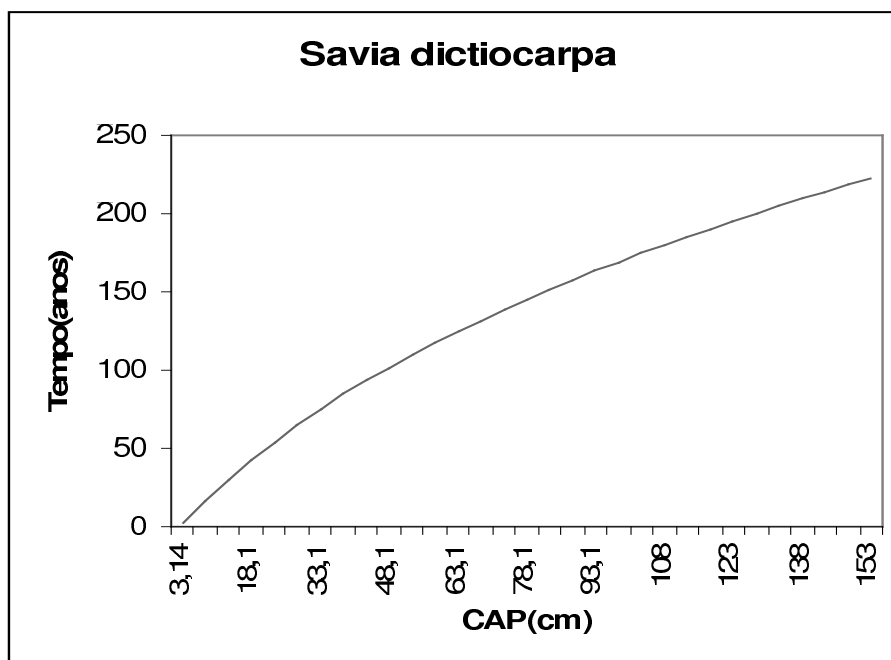
Tabela 5.6.1. Ajuste do modelo proposto para a espécie *Savia dictiocarpa*

Variáveis	Estimado	Erro Padrão	Estatística t	Nível descritivo
Intercepto	0,190	0,02005	9,5	0,00000 ₊

Com $SQRes^{1/2} = 0.1432$ com 50 graus de liberdade.

Retornando ao modelo (21), obtém-se $\hat{G}_{1i} = \frac{0,19}{L_i^2}$ e de (8) temos que a relação de tempo de crescimento por CAP é dada por $t_2 - t_1 = \frac{\ln^3(CAP_2)}{3\alpha} - \frac{\ln^3(CAP_1)}{3\alpha}$, representada no Gráfico 5.6.1.

Gráfico 5.6.1. Curva de Crescimento da espécie *Savia dictiocarpa* em função do CAP



5.7. Ajuste para a espécie *Trichilia catigua*

A espécie *Trichilia catigua* apresentou um comportamento bastante singular em relação às demais. O ajuste do modelo (9) acusou heterocedasticidade e multicolinearidade. Como na espécie *Ocotea odorífera*, na correção da heterocedasticidade perdemos a constante do modelo, o que acarretou problemas sérios de mal ajuste quando centralizamos a variável explicativa para corrigir a multicolinearidade. Por esse motivo e também devido a análise do diagrama de dispersão, optamos novamente pelo modelo (13). Ajustando este modelo, encontramos heterocedasticidade e, corrigindo este desvio, encontramos multicolinearidade. No modelo adequado, com a correção de multicolinearidade, concluímos pela não significância de todos os parâmetros do modelo, a menos do intercepto. Nesse caso, a equação de regressão é da forma $L.G_1 = 0,048$ e os resultados básicos do ajuste estão na Tabela 5.7.1.

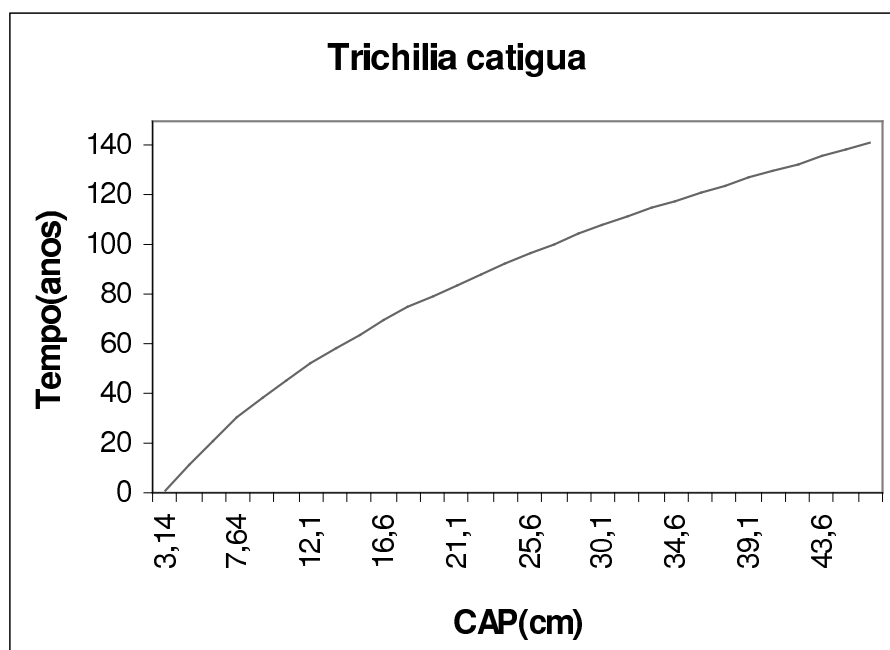
Tabela 5.7.1. Ajuste do modelo proposto apenas com a constante significativa :

Variáveis	Estimado	Erro Padrão	Estatística t	Nível descritivo
Intercepto	0,048	0,006089	7,876	0,00000+

Com $SQRes^{1/2}=0.02983$ com 23 graus de liberdade.

A partir deste ajuste, temos que a volta para o modelo proposto inicialmente **(13)** é dada por $\hat{G}_{ti} = \frac{0,05}{L}$. Com este modelo, a resolução de **(8)** nos fornece a relação de t

por CAP $t_2 - t_1 = \frac{\ln^2(CAP_2)}{2\alpha} - \frac{\ln^2(CAP_1)}{2\alpha}$, esquematizada no Gráfico 5.7.1

Gráfico 5.7.1. Curva de Crescimento da espécie *Trichilia catigua* em função do CAP

5.8. Ajuste para a espécie *Trichilia clausenii*

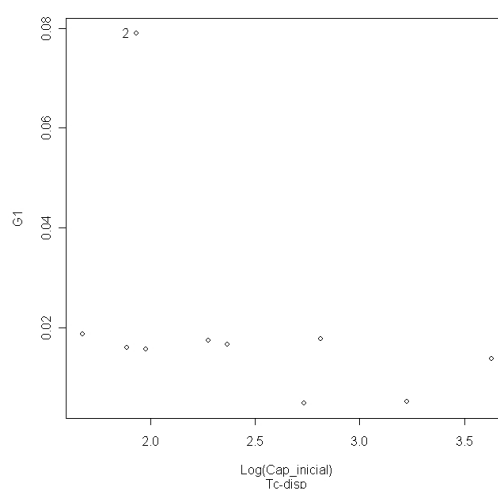
Esta espécie apresentava inicialmente 23 observações. Com o filtro dos dados, descrito na Seção 4.1, ficamos com apenas 10 observações. Além disso, um dos pontos presentes (ver Tabela 5.8.1) encontra-se fora do padrão dos demais, como pode ser observado no diagrama de dispersão (Gráfico 5.8.1) a seguir, e foi retirado da análise. Todas as regressões mostraram-se não significativas, o que nos leva a concluir

que este número de observações é insuficiente para inferir sobre o padrão de crescimento desta espécie. Em consenso com o pesquisador, resolveu-se não analisar esta espécie com procedimentos inferenciais.

Tabela 5.8.1. Valores para a observação 2 - removida da análise

ANO	1995	2001	2002	2003
CAP	6,91 cm	7,70 cm	7,80 cm	13,00 cm

Gráfico 5.8.1. Diagrama de dispersão de G_1 pelo $\text{Log}(\text{CAP}_{\text{inicial}})$: identificação da Observação 2



5.9. Ajuste para a espécie *Xylopi* *brasiliensis* e *Ocotea indecora*

Para estas duas espécies, a partir do modelo proposto pelo pesquisador, não foi encontrado um modelo adequado, sempre apresentando heterocedasticidade ou multicolinearidade. Utilizou-se então o modelo transformado:

$$\log(G_i) = \alpha.L_i^2 + \beta.L_i + \gamma + \varepsilon_i \quad (23)$$

que produziu um ajuste homocedástico, porém com problemas de multicolinearidade, facilmente tratável com a transformação:

$$\log(G_i) = \alpha.(L_i - \bar{L})^2 + \beta.(L_i - \bar{L}) + \gamma + \varepsilon_i \quad (24)$$

A Tabela 5.9.1 fornece os elementos básicos associados a esse ajuste. A partir desta tabela, temos que o modelo ajustado é $\log(\hat{G}_{1i}) = -0,38.(L_i - \bar{L})^2 - 079.(L_i - \bar{L}) - 3,28$.

Tabela 5.9.1. Tabela de ajuste do modelo para a espécie *Xylopiia brasiliensis*

Variáveis	Estimado	Erro Padrão	Estatística t	Nível descritivo	VIF
Intercepto	-3,280	0,05280	-62,126	0,00000+	
$(L_i - \bar{L})$	-0,787	0,06583	-11,953	0,00000+	1,014
$(L_i - \bar{L})^2$	-0,380	0,09683	-3,923	0,0001	1,014

Com $SQRes^{1/2} = 0,4645$ com 136 graus de liberdade

Para a espécie *Ocotea indecora*, temos o mesmo ajuste que para a espécie *Xylopiia brasiliensis*. Observou-se porém, que o parâmetro relativo ao termo $(L_i - \bar{L})^2$ é não significante, e portanto, ajustamos a regressão:

$$\log(G_{1i}) = \beta.L_i + \gamma + \varepsilon_i \quad (25)$$

O resumo do ajuste é dado na Tabela 5.9.2. e a equação de regressão é $\log(\hat{G}_{1i}) = 1,38.L_i - 0,86$.

Tabela 5.9.2. Tabela de ajuste do modelo para a espécie *Ocotea indecora*

Variáveis	Estimado	Erro Padrão	Estatística t	Nível descritivo
Intercepto	1,38	0,9389	-1,47	0,16
$(L_i - \bar{L})$	-0,86	0,2577	-3,36	0,0028

Com $SQRes^{1/2} = 0,9346$ com graus de liberdade.

A partir destes ajustes, temos que os modelos de regressão de G_1 por L para estas espécies são:

$$\text{Xylopiia brasiliensis} \quad \log(\hat{G}_{1i}) = -0,38.L_i^2 + 2,06.L_i - 0,38$$

$$\text{Ocotea indecora} \quad \log(\hat{G}_{1i}) = -0,86.L_i - 1,38$$

Como para as outras espécies, precisamos resolver (8) com os respectivos modelos ajustados. Para a espécie *Ocotea indecora* obtemos a relação

$t_2 - t_1 = -\frac{e^{-(\beta \ln(CAP_2) + \gamma)}}{\beta} + \frac{e^{-(\beta \ln(CAP_1) + \gamma)}}{\beta}$ e conseqüentemente, o Gráfico 5.9.1. que denota tal relação.

Para a espécie *Xylopiya brasiliensis*, temos que esta relação pode ser obtida apenas numericamente (como ocorrido com as espécies *Actinostemon concolor* e *Copaifera langsdorffii*). O gráfico de t por CAP é dado na Figura 5.9.1.

Gráfico 5.9.1. Curva de Crescimento da espécie *Ocotea indecora* em função do CAP

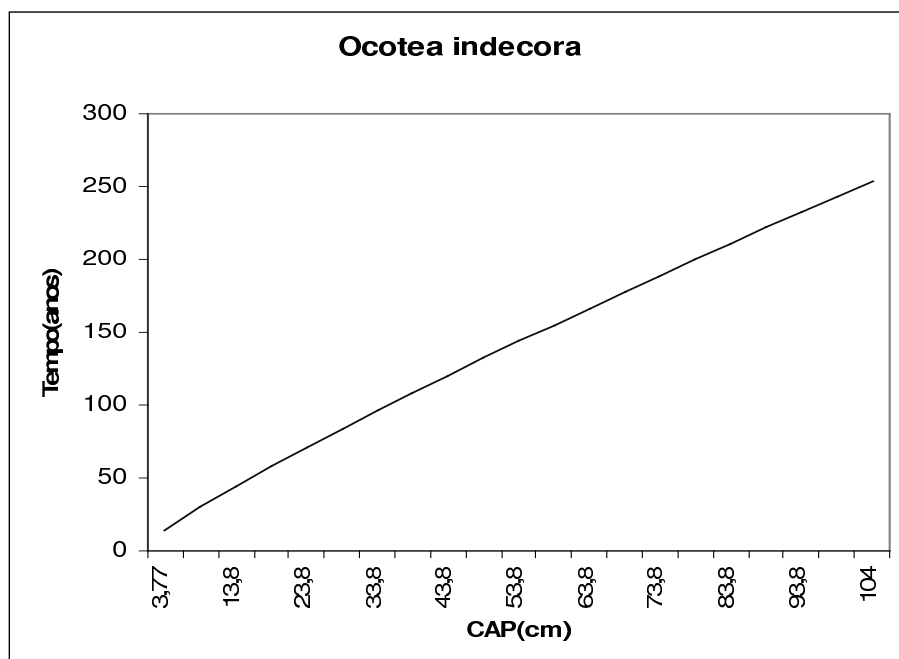
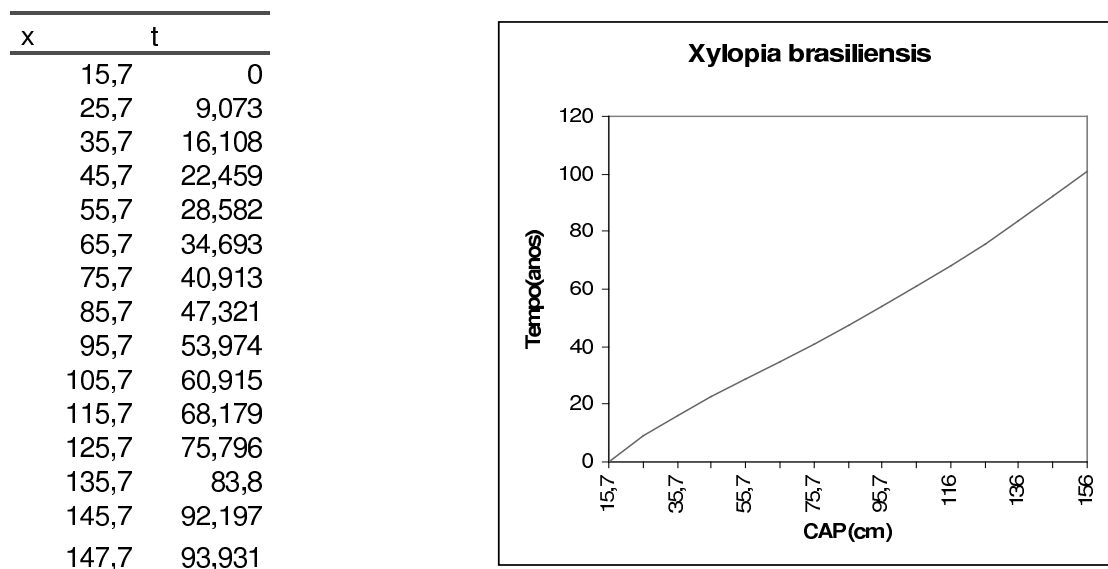


Figura 5.9.1. Curva de Crescimento da espécie *Xylopia brasiliensis* em função do CAP

CONCLUSÕES

Com base na análise descritiva, para as espécies estudadas, concluímos que existe um maior número de árvores com circunferência à altura do tronco (CAP) baixo, sugerindo a existência de uma grande quantidade de árvores jovens na área analisada. Dentro de uma mesma espécie, as variáveis CAP têm distribuições assimétricas e com o mesmo formato (observa-se maior quantidade de valores de CAP menores). Observa-se ainda um leve crescimento entre as medidas de CAP nos diferentes instantes de tempo, já que a mediana aumenta no tempo.

Para as espécies de Caetetus, temos a indicação de que *Savia dictiocarpa* e *Ocotea indecora* possuem árvores com o maior porte, enquanto que *Actinostemon concolor* possui o menor. Quanto à variabilidade da variável CAP dentro de cada espécie, observa-se que, em geral, cresce conforme aumenta o diâmetro mediano.

Também verificamos que as medidas descritivas das taxa de crescimento são bastante diversificadas, o que significa que nem todas as espécies têm o mesmo padrão de crescimento. Quanto ao crescimento relativo ao $CAP_{inicial}$ - indicado pelas Taxas G_1 , G_2 e G_4 - notamos que, para todas as espécies, essas Taxas têm

comportamento decrescente quando aumenta o valor de CAP. Já para o crescimento absoluto – indicado pela Taxa G_3 – essa variável se comporta, ora de forma constante, ora de forma crescente, a depender da espécie em questão. Para as espécies *Ocotea indecora*, *Xylopiia brasiliensis*, *Actinostemon concolor* e *Metrodorea nigra*, G_3 tem comportamento constante e para as demais, um comportamento crescente.

As curvas de crescimento encontradas na análise inferencial podem ser úteis para comparar as espécies segundo sua velocidade de crescimento, complementando assim a análise feita na parte descritiva do trabalho.

APÊNDICE A
TABELAS

APÊNDICE B

GRÁFICOS

Tabela A.1. Medidas descritivas das variáveis CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Xylopia brasiliensis*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
CAP87	139	50,80	42,40	32,15	2,73	15,70	144,50	29,50	62,20
CAP92	139	60,52	54,00	32,35	2,74	16,80	161,00	34,90	73,60
CAP96	139	67,59	62,00	32,16	2,73	17,00	170,00	45,00	81,00

Tabela A.2. Medidas descritivas das variáveis CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Copaífera langsdorffi*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
CAP87	494	52,46	47,70	31,00	1,39	15,70	188,50	24,20	73,25
CAP92	494	55,71	50,25	32,23	1,45	15,70	200,80	26,88	78,35
CAP96	494	57,66	52,90	33,07	1,49	16,00	204,70	27,88	80,15

Tabela A.3. Medidas descritivas das variáveis CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Ocotea odorífera*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
CAP87	331	43,62	37,70	24,35	1,34	15,70	138,20	23,60	58,10
CAP92	331	46,49	41,50	25,24	1,39	16,00	140,90	25,50	60,50
CAP96	331	48,26	43,00	25,79	1,42	16,00	143,50	26,00	63,00

Tabela A.4. Medidas descritivas das variáveis CAP95, CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Trichilia catigua*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
CAP95	24	16,68	15,40	12,66	2,59	3,14	47,12	5,81	21,83
CAP01	24	17,69	16,00	14,45	2,95	0,00	53,00	6,10	24,25
CAP02	24	18,71	16,75	14,12	2,88	4,40	54,00	6,88	24,25
CAP03	24	19,29	17,35	14,38	2,93	4,50	55,20	7,25	24,25

Tabela A.5. Medidas descritivas das variáveis CAP95, CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Trichilia clausenii*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
CAP95	10	14,14	10,21	10,27	3,25	5,34	37,70	6,83	18,77
CAP01	10	10,35	9,15	8,02	2,54	0,00	26,00	4,50	16,13
CAP02	10	15,18	11,25	10,96	3,47	6,00	41,00	7,60	20,00
CAP03	10	16,18	12,60	10,91	3,45	6,20	42,10	8,02	20,95

Tabela A.6. Medidas descritivas das variáveis CAP95, CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Actinostemon concolor*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
CAP95	26	7,20	6,13	3,42	0,67	3,14	17,28	4,63	9,74
CAP01	26	4,12	5,03	4,30	0,84	0,00	13,00	0,00	7,00
CAP02	26	7,10	7,00	4,28	0,84	0,00	17,30	5,23	10,20
CAP03	26	8,79	7,50	3,15	0,62	5,00	18,10	6,70	11,00

Tabela A.7. Medidas descritivas das variáveis CAP95, CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Savia dictiocarpa*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
CAP95	51	50,65	34,24	38,90	5,45	3,14	152,37	19,79	81,37
CAP01	51	46,12	35,00	41,55	5,82	0,00	162,00	10,00	80,50
CAP02	51	55,01	40,40	41,25	5,78	0,00	166,30	21,00	91,00
CAP03	51	56,29	41,50	41,25	5,78	3,80	168,00	23,00	92,50

Tabela A.8. Medidas descritivas das variáveis CAP95, CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Ocotea indecora*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
CAP95	25	44,21	36,13	27,93	5,59	3,77	102,73	26,23	60,47
CAP01	25	40,81	36,50	29,04	5,81	0,00	104,50	22,50	56,35
CAP02	25	48,01	42,00	27,73	5,55	10,05	105,00	28,10	65,10
CAP03	25	49,22	43,20	28,07	5,61	11,00	106,10	28,35	67,20

Tabela A.9. Medidas descritivas das variáveis CAP95, CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Metrodorea nigra*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
CAP95	201	19,97	18,85	12,33	0,87	3,14	80,74	10,68	26,39
CAP01	201	19,40	18,50	13,95	0,98	0,00	86,00	8,35	28,00
CAP02	201	22,43	21,00	13,83	0,98	0,00	86,20	11,15	30,05
CAP03	201	23,53	21,60	13,83	0,98	4,00	87,50	12,25	31,15

Tabela A.10. Medidas descritivas das variáveis CAP95, CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Aspidosperma polyneuron*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
CAP95	26	30,90	6,30	55,10	10,80	3,10	219,30	4,40	37,20
CAP01	26	30,10	6,10	58,00	11,40	0,00	234,00	4,90	36,50
CAP02	26	32,30	6,80	57,60	11,30	0,00	234,00	5,10	39,00
CAP03	26	33,10	7,20	58,20	11,40	3,50	238,00	5,50	39,40

Tabela A.11. Medidas descritivas das taxas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 da espécie *Xylopia brasiliensis*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
G_1	139	0,040	0,038	0,023	0,002	0,003	0,117	0,021	0,053
G_2	139	0,163	0,157	0,036	0,003	0,114	0,318	0,135	0,180
G_3	139	1,869	1,870	0,740	0,063	0,044	3,713	1,280	2,497
G_4	139	0,052	0,046	0,036	0,003	0,003	0,207	0,024	0,069

Tabela A.12. Medidas descritivas das taxas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 da espécie *Copaifera langsdorffii*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
G_1	494	0,012	0,009	0,009	0,000	0,000	0,095	0,005	0,015
G_2	494	0,124	0,121	0,012	0,001	0,111	0,262	0,117	0,127
G_3	494	0,581	0,473	0,479	0,022	0,000	2,880	0,227	0,801
G_4	494	0,013	0,010	0,012	0,001	0,000	0,151	0,006	0,016

Tabela A.13. Medidas descritivas das taxas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 da espécie *Ocotea odorífera*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
G_1	331	0,013	0,010	0,011	0,001	0,000	0,071	0,005	0,016
G_2	331	0,125	0,121	0,013	0,001	0,111	0,210	0,116	0,128
G_3	331	0,518	0,354	0,464	0,026	0,000	2,806	0,222	0,695
G_4	331	0,014	0,010	0,013	0,001	0,000	0,101	0,005	0,017

Tabela A.14. Medidas descritivas das taxas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 da espécie *Ocotea indecora*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
G_1	25	0,020	0,011	0,028	0,006	0,001	0,139	0,006	0,022
G_2	25	0,152	0,137	0,050	0,010	0,126	0,381	0,131	0,150
G_3	25	0,593	0,485	0,451	0,090	0,030	1,635	0,193	0,900
G_4	25	0,026	0,010	0,054	0,011	0,001	0,278	0,006	0,025

Tabela A.15. Medidas descritivas das taxas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 da espécie *Metrodorea nigra*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
G_1	201	0,024	0,019	0,020	0,001	0,002	0,140	0,013	0,027
G_2	201	0,154	0,146	0,034	0,002	0,127	0,384	0,138	0,156
G_3	201	0,428	0,356	0,419	0,030	0,029	5,051	0,192	0,585
G_4	201	0,028	0,019	0,035	0,002	0,002	0,268	0,012	0,029

Tabela A.16. Medidas descritivas das taxas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 da espécie *Savia dictiocarpa*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
G_1	51	0,019	0,012	0,023	0,003	0,001	0,133	0,007	0,023
G_2	51	0,149	0,138	0,038	0,005	0,126	0,361	0,132	0,150
G_3	51	0,695	0,541	0,601	0,084	0,008	2,468	0,272	0,935
G_4	51	0,023	0,012	0,038	0,005	0,001	0,241	0,007	0,024

Tabela A.17. Medidas descritivas das taxas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 da espécie *Actinostemon concolor*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
G_1	26	0,030	0,024	0,024	0,005	0,000	0,098	0,015	0,037
G_2	26	0,163	0,152	0,036	0,007	0,125	0,275	0,141	0,169
G_3	26	0,185	0,170	0,120	0,024	0,000	0,470	0,090	0,274
G_4	26	0,035	0,027	0,034	0,007	0,000	0,150	0,014	0,043

Tabela A.18. Medidas descritivas das taxas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 da espécie *Trichilia clausenii*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
G_1	10	0,021	0,016	0,021	0,007	0,005	0,079	0,012	0,018
G_2	10	0,149	0,142	0,031	0,010	0,130	0,235	0,137	0,144
G_3	10	0,212	0,142	0,166	0,052	0,050	0,521	0,101	0,323
G_4	10	0,019	0,016	0,019	0,006	0,003	0,071	0,012	0,018

Tabela A.19. Medidas descritivas das taxas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 da espécie *Trichilia catigua*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
G_1	24	0,021	0,017	0,015	0,003	0,000	0,058	0,011	0,033
G_2	24	0,149	0,143	0,019	0,004	0,125	0,199	0,136	0,162
G_3	24	0,315	0,212	0,284	0,058	0,000	0,998	0,093	0,472
G_4	24	0,022	0,017	0,018	0,004	0,000	0,068	0,011	0,035

Tabela A.20. Medidas descritivas das taxas G_1 , G_2 , G_3 e G_4 da espécie *Aspidosperma polyneuron*

Variáveis	N	Média	Mediana	Desvio Padrão	Erro Padrão	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil
G_1	26	0,01636	0,01533	0,01086	0,00213	0,00066	0,04721	0,00775	0,02385
G_2	26	0,14301	0,14131	0,01288	0,00253	0,12566	0,18236	0,133	0,15127
G_3	26	0,2585	0,1225	0,4442	0,0871	0,0255	2,2782	0,0621	0,2502
G_4	26	0,01622	0,01402	0,01196	0,00235	0,00061	0,05362	0,00696	0,02286

Gráfico B.1. Gráfico Box-Plot das medidas CAP87, CAP92 e CAP96 da espécie *Xylopi brasiliensis*

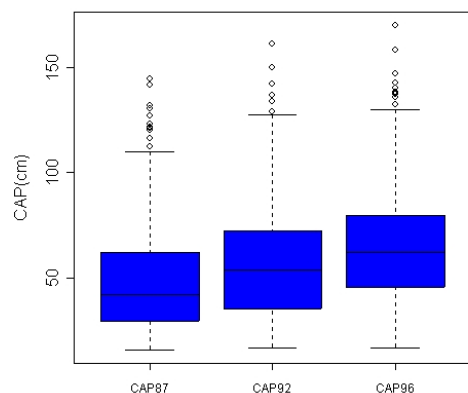


Gráfico B.4. Gráfico Box-Plot das medidas CAP95, CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Trichilia catigua*

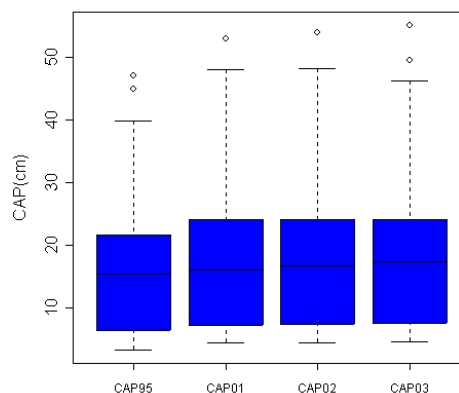


Gráfico B.2. Gráfico Box-Plot das medidas CAP87, CAP92 e CAP96 da espécie *Copaifera langsdorffii*

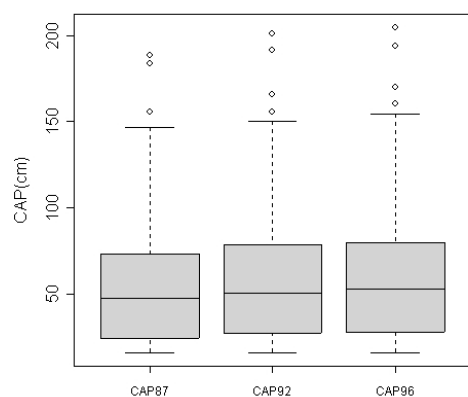


Gráfico B.5. Gráfico Box-Plot das medidas CAP95, CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Trichilia clausenii*

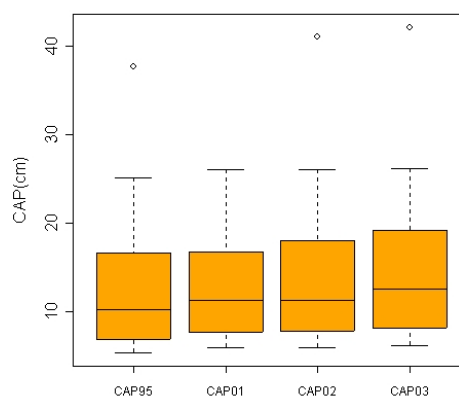


Gráfico B.3. Gráfico Box-Plot das medidas CAP87, CAP92 e CAP96 da espécie *Ocotea odorifera*

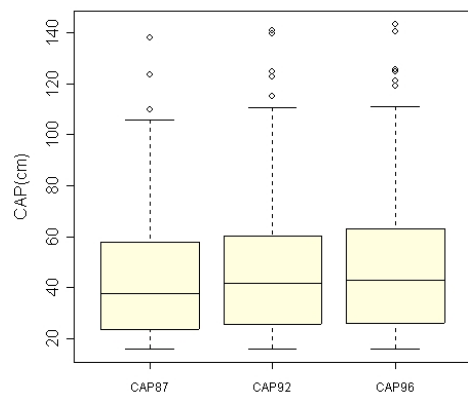


Gráfico B.6. Gráfico Box-Plot das medidas CAP95, CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Actinostemon concolor*

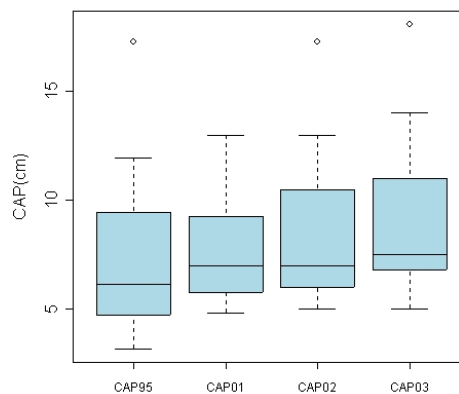


Gráfico B.7. Gráfico Box-Plot das medidas CAP95, CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Savia dictiocarpa*

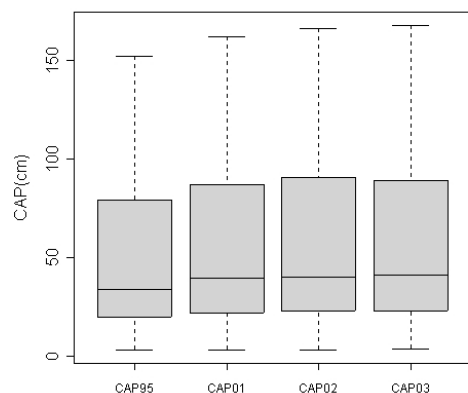


Gráfico B.10. Gráfico Box-Plot das medidas CAP95, CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Aspidosperma polyneuron*

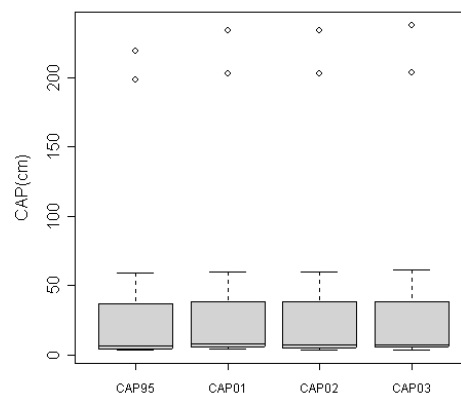


Gráfico B.8. Gráfico Box-Plot das medidas CAP95, CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Ocotea indecora*

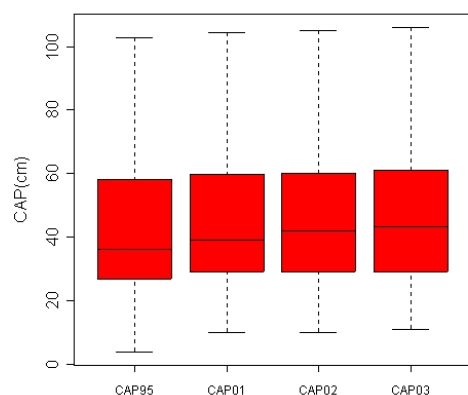


Gráfico B.11. Gráfico Box-Plot da medida CAP87 para as espécies *Xylopia brasiliensis*, *Copaifera langsdorffii*, *Ocotea odorifera*

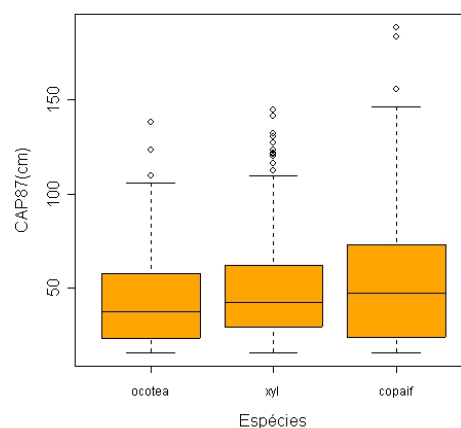


Gráfico B.9. Gráfico Box-Plot das medidas CAP95, CAP01, CAP02 e CAP03 da espécie *Metrodorea nigra*

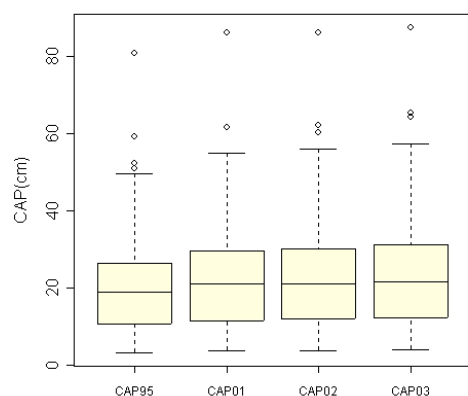


Gráfico B.12. Gráfico Box-Plot da medida CAP92 para as espécies *Xylopia brasiliensis*, *Copaifera langsdorffii*, *Ocotea odorifera*

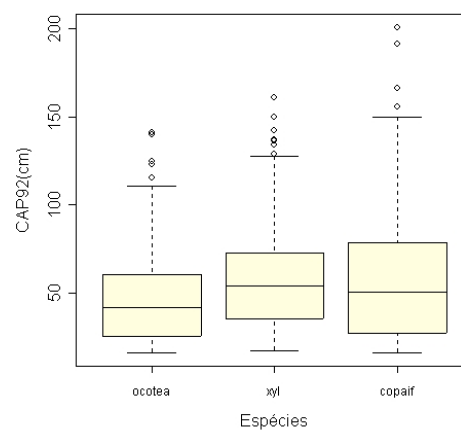


Gráfico B.13. Gráfico Box-Plot da medida CAP96 para as espécies *Xylopi* *brasiliensis*, *Copaifera* *langsдорffi*, *Ocotea* *odorífera*

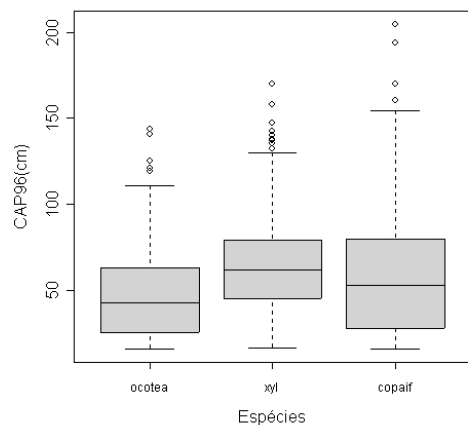


Gráfico B.14. Gráfico Box-Plot da medida CAP95 para as espécies *Ocotea indecora*, *Metrodorea nigra*, *Savia dictiocarpa*, *Actinostemon concolor*, *Trichilia clausenii*, *Trichilia catigua*, *Aspidosperma polyneuron*

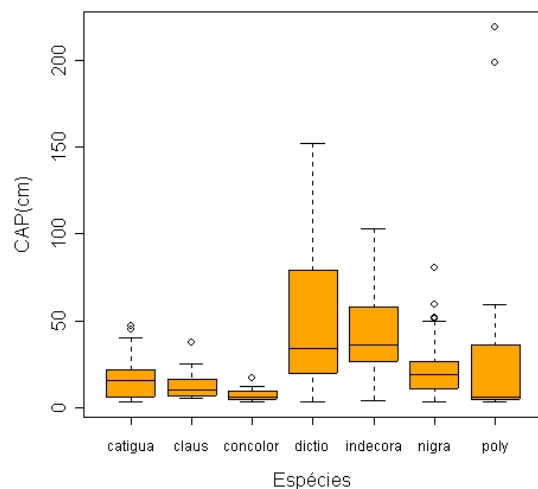


Gráfico B.15. Gráfico Box-Plot da medida CAP01 para as espécies *Ocotea indecora*, *Metrodorea nigra*, *Savia dictiocarpa*, *Actinostemon concolor*, *Trichilia clausenii*, *Trichilia catigua*, *Aspidosperma polyneuron*

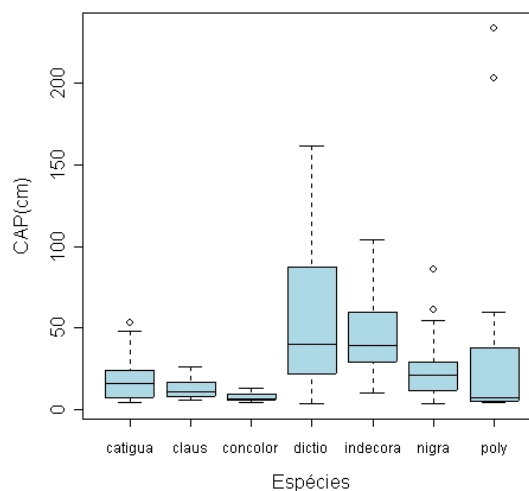


Gráfico B.16. Gráfico Box-Plot da medida CAP02 para as espécies *Ocotea indecora*, *Metrodorea nigra*, *Savia dictiocarpa*, *Actinostemon concolor*, *Trichilia clausenii*, *Trichilia catigua*, *Aspidosperma polyneuron*

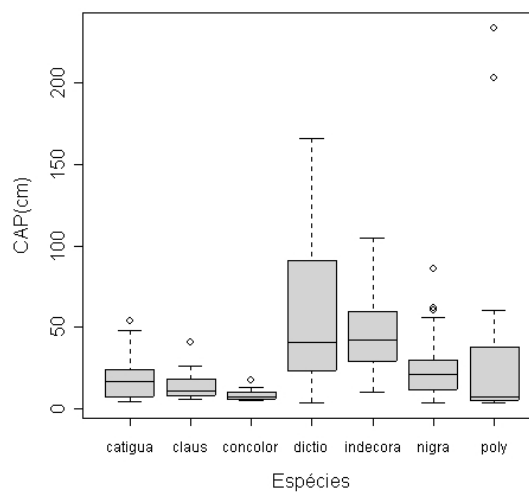


Gráfico B.17. Gráfico Box-Plot da medida CAP03 para as espécies *Ocotea indecora*, *Metrodorea nigra*, *Savia dictiocarpa*, *Actinostemon concolor*, *Trichilia clausenii*, *Trichilia catigua*, *Aspidosperma polyneuron*

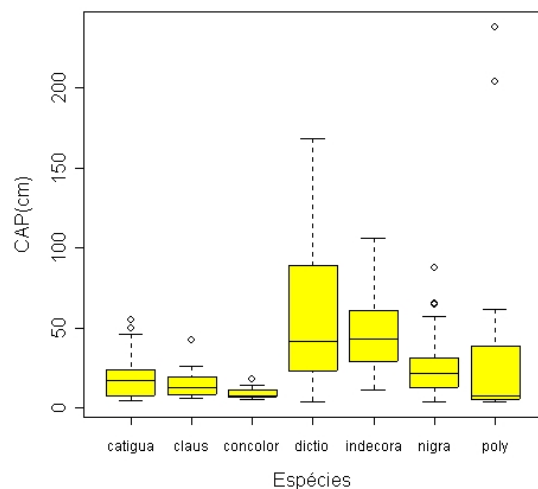


Gráfico B.18. Gráfico Box-Plot da Taxa G1, para as espécies *Xylopiia brasiliensis*, *Copaifera langsdorffii*, *Ocotea odorífera*

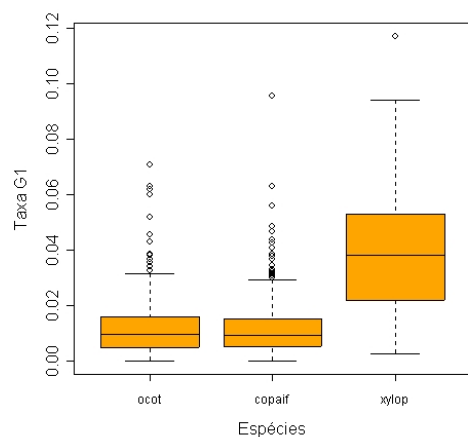


Gráfico B.19. Gráfico Box-Plot da Taxa G2, para as espécies *Xylopiia brasiliensis*, *Copaifera langsdorffii*, *Ocotea odorífera*

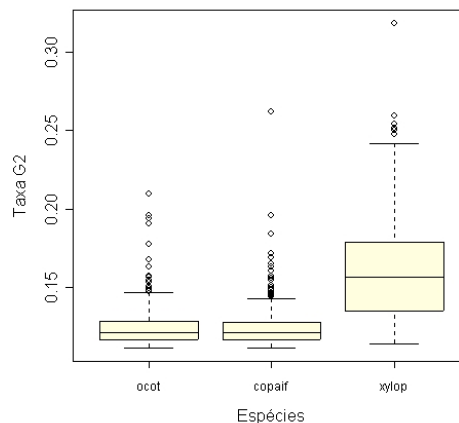


Gráfico B.20. Gráfico Box-Plot da Taxa G3, para as espécies *Xylopiia brasiliensis*, *Copaifera langsdorffii*, *Ocotea odorífera*

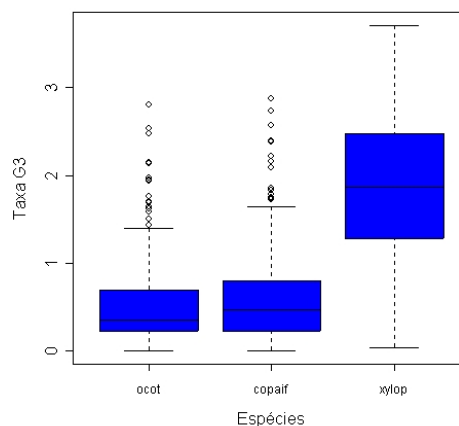


Gráfico B.21. Gráfico Box-Plot da Taxa G4, para as espécies *Xylopiia brasiliensis*, *Copaifera langsdorffii*, *Ocotea odorífera*

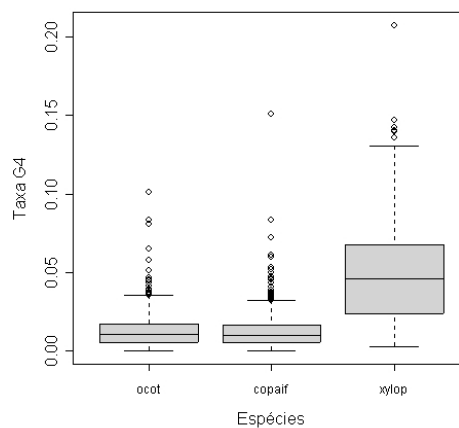


Gráfico B.22. Gráfico Box-Plot da Taxa G1, para as espécies *Ocotea indecora*, *Metrodorea nigra*, *Savia dictiocarpa*, *Actinostemon concolor*, *Trichilia clausenii*, *Trichilia catigua*, *Aspidosperma polyneuron*

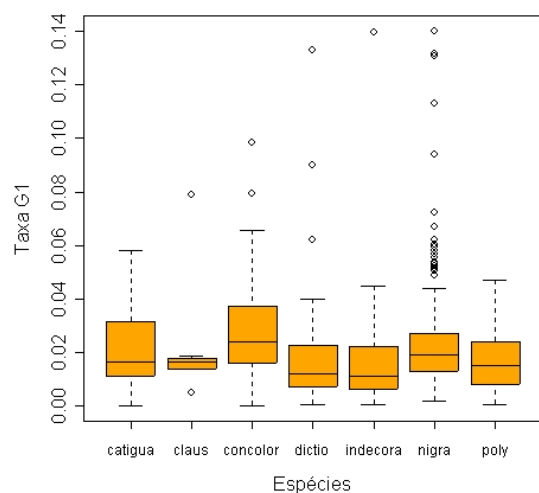


Gráfico B.24. Gráfico Box-Plot da Taxa G3, para as espécies *Ocotea indecora*, *Metrodorea nigra*, *Savia dictiocarpa*, *Actinostemon concolor*, *Trichilia clausenii*, *Trichilia catigua*, *Aspidosperma polyneuron*

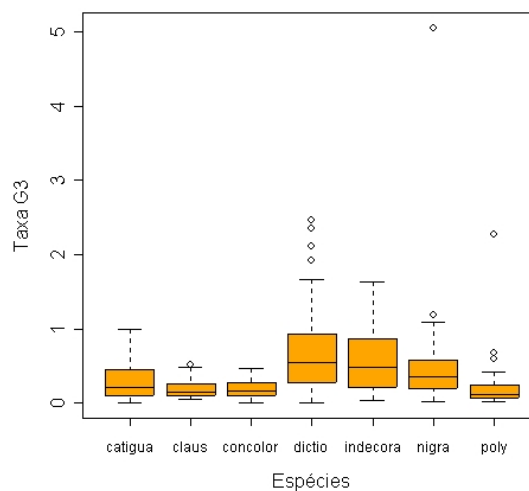


Gráfico B.23. Gráfico Box-Plot da Taxa G2, para as espécies *Ocotea indecora*, *Metrodorea nigra*, *Savia dictiocarpa*, *Actinostemon concolor*, *Trichilia clausenii*, *Trichilia catigua*, *Aspidosperma polyneuron*

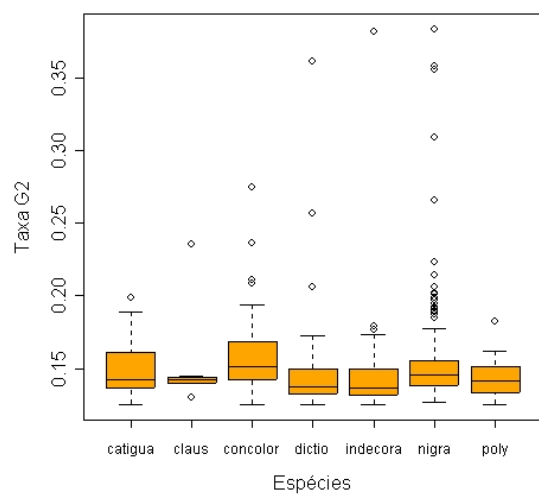


Gráfico B.25. Gráfico Box-Plot da Taxa G4, para as espécies *Ocotea indecora*, *Metrodorea nigra*, *Savia dictiocarpa*, *Actinostemon concolor*, *Trichilia clausenii*, *Trichilia catigua*, *Aspidosperma polyneuron*

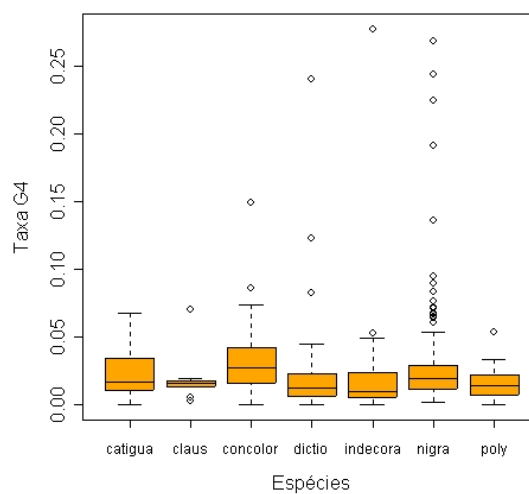


Gráfico B.26. Gráfico de dispersão da Taxa G1, em função de CAP87 da espécie *Xylopi* *brasiliensis*

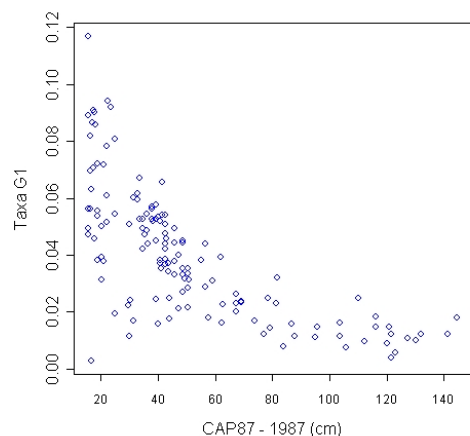


Gráfico B.29. Gráfico de dispersão da Taxa G4, em função de CAP87 da espécie *Xylopi* *brasiliensis*

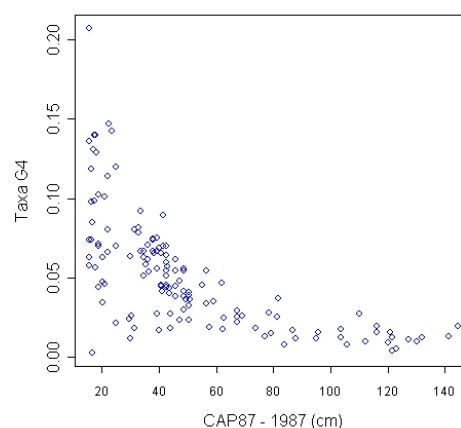


Gráfico B.27. Gráfico de dispersão da Taxa G2, em função de CAP87 da espécie *Xylopi* *brasiliensis*

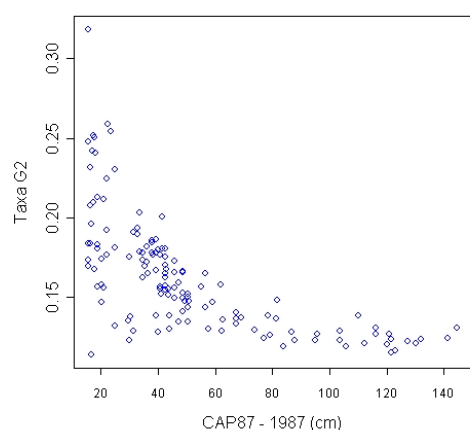


Gráfico B.30. Gráfico de dispersão da Taxa G1, em função de CAP87 da espécie *Copaifera* *langsdorffii*

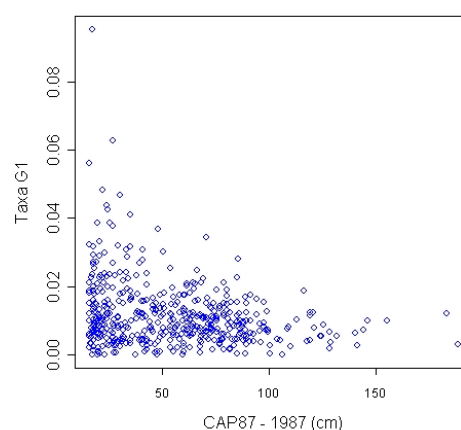


Gráfico B.28. Gráfico de dispersão da Taxa G3, em função de CAP87 da espécie *Xylopi* *brasiliensis*

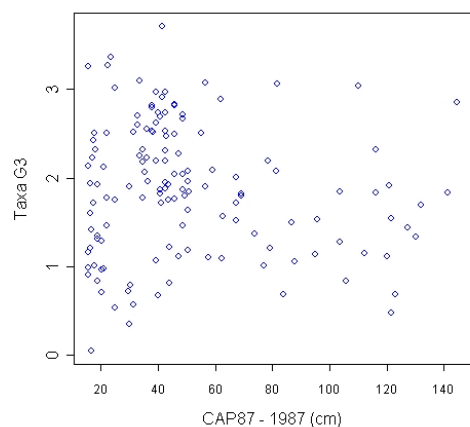


Gráfico B.31. Gráfico de dispersão da Taxa G2, em função de CAP87 da espécie *Copaifera* *langsdorffii*

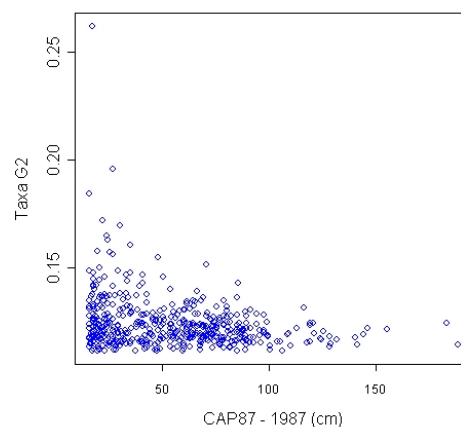


Gráfico B.32. Gráfico de dispersão da Taxa G3, em função de CAP87 da espécie *Copaifera langsdorffii*

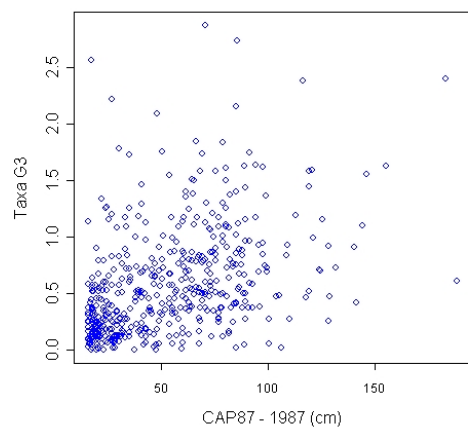


Gráfico B.35. Gráfico de dispersão da Taxa G2, em função de CAP87 da espécie *Ocotea odorífera*

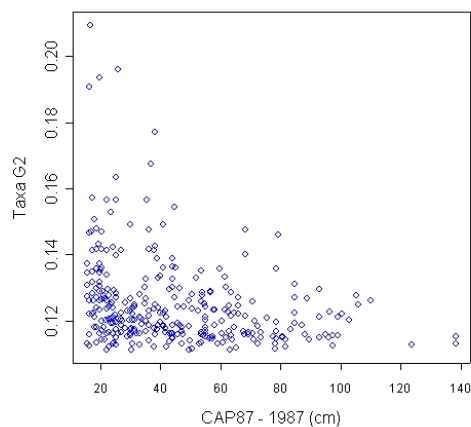


Gráfico B.33. Gráfico de dispersão da Taxa G4, em função de CAP87 da espécie *Copaifera langsdorffii*

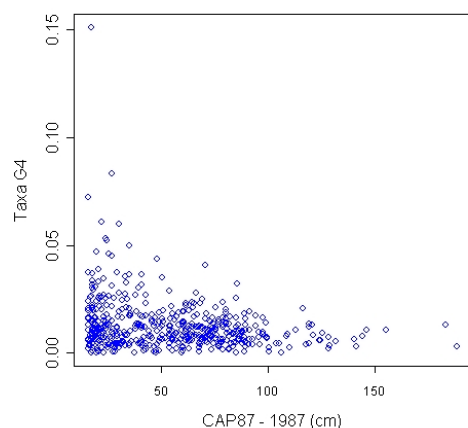


Gráfico B.36. Gráfico de dispersão da Taxa G3, em função de CAP87 da espécie *Ocotea odorífera*

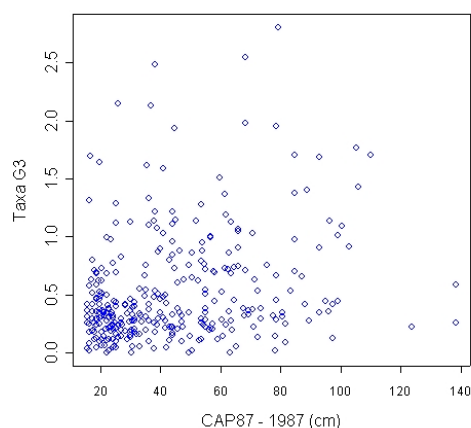


Gráfico B.34. Gráfico de dispersão da Taxa G1, em função de CAP87 da espécie *Ocotea odorífera*

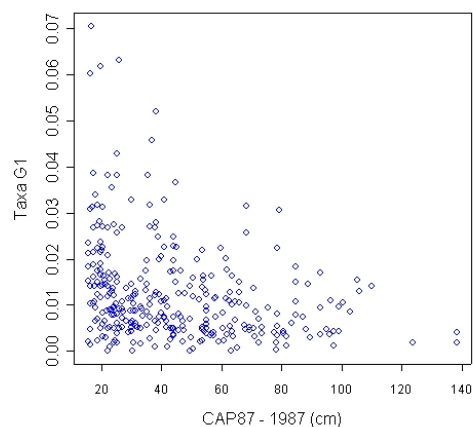


Gráfico B.37. Gráfico de dispersão da Taxa G4, em função de CAP87 da espécie *Ocotea odorífera*

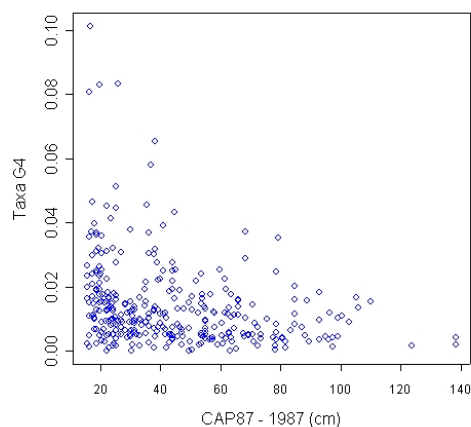


Gráfico B.38. Gráfico de dispersão da Taxa G1, em função de CAP95 da espécie *Trichilia catigua*

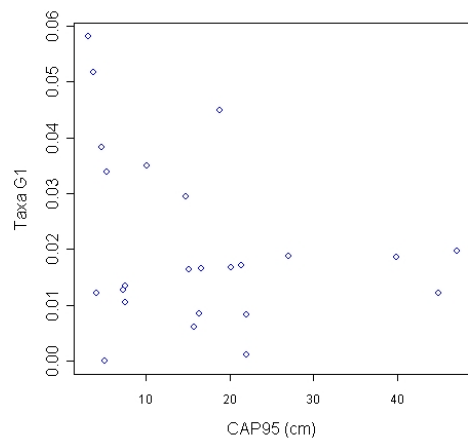


Gráfico B.41. Gráfico de dispersão da Taxa G4, em função de CAP95 da espécie *Trichilia catigua*

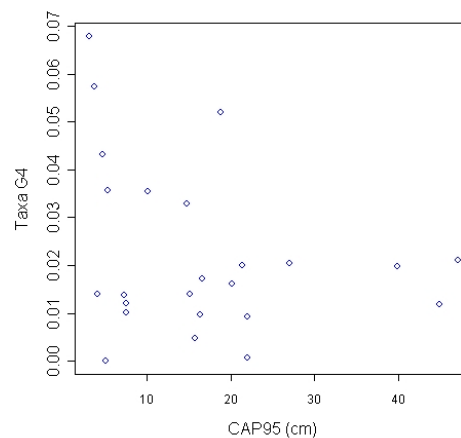


Gráfico B.39. Gráfico de dispersão da Taxa G2, em função de CAP95 da espécie *Trichilia catigua*

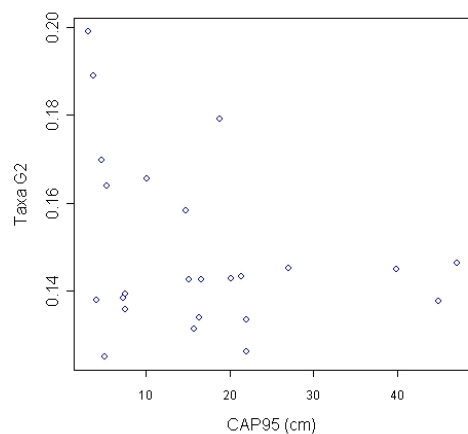


Gráfico B.42. Gráfico de dispersão da Taxa G1, em função de CAP95 da espécie *Trichilia clausenii*

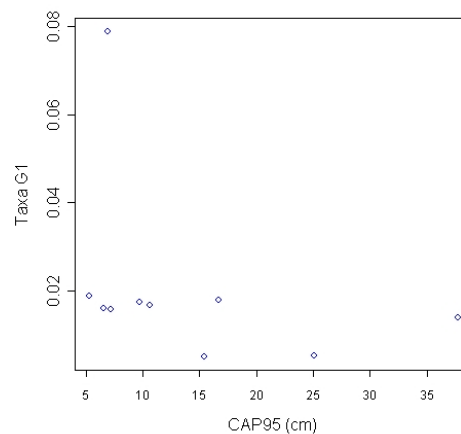


Gráfico B.40. Gráfico de dispersão da Taxa G3, em função de CAP95 da espécie *Trichilia catigua*

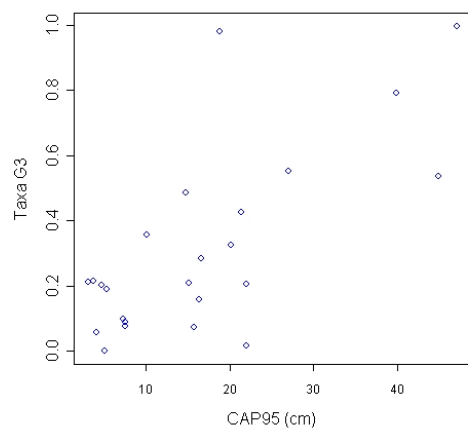


Gráfico B.43. Gráfico de dispersão da Taxa G2, em função de CAP95 da espécie *Trichilia clausenii*

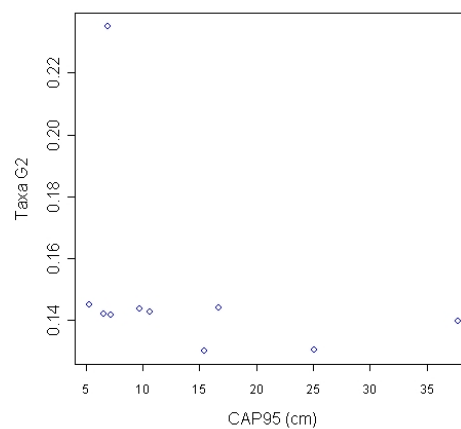


Gráfico B.44. Gráfico de dispersão da Taxa G3, em função de CAP95 da espécie *Trichilia clausenii*

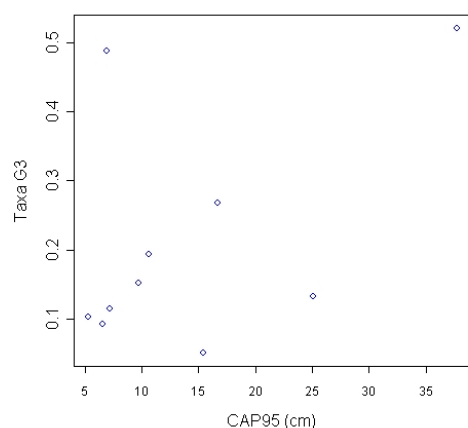


Gráfico B.45. Gráfico de dispersão da Taxa G4, em função de CAP95 da espécie *Trichilia clausenii*

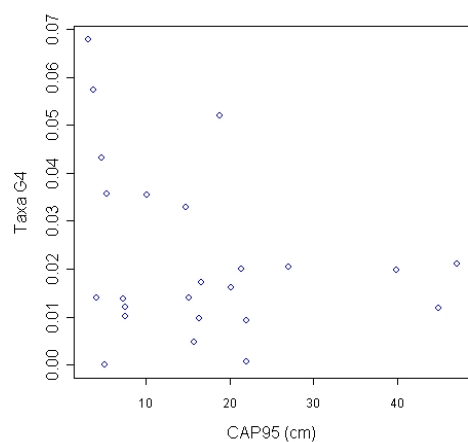


Gráfico B.46. Gráfico de dispersão da Taxa G1, em função de CAP95 da espécie *Actinostemon concolor*

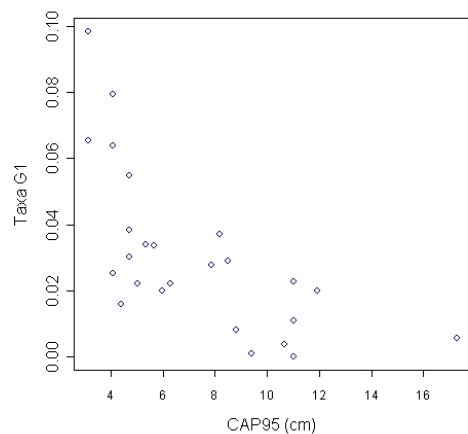


Gráfico B.47. Gráfico de dispersão da Taxa G2, em função de CAP95 da espécie *Actinostemon concolor*

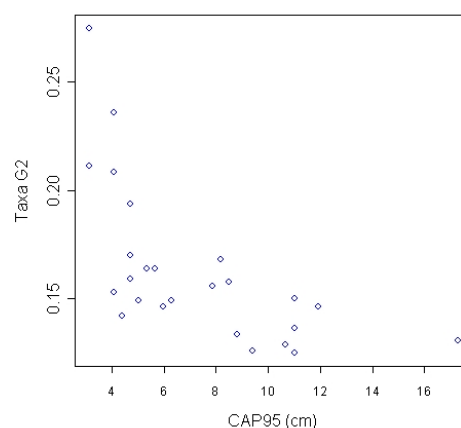


Gráfico B.48. Gráfico de dispersão da Taxa G3, em função de CAP95 da espécie *Actinostemon concolor*

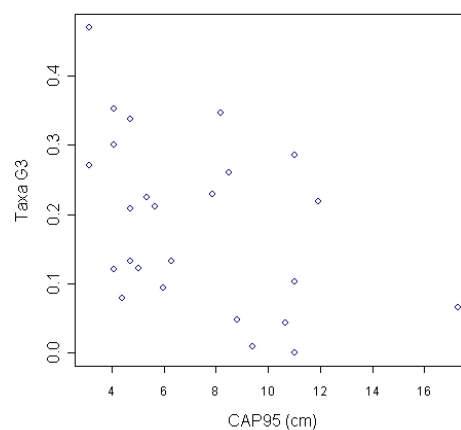


Gráfico B.49. Gráfico de dispersão da Taxa G4, em função de CAP95 da espécie *Actinostemon concolor*

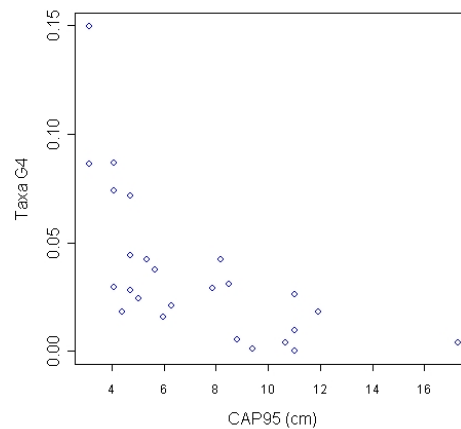


Gráfico B.50. Gráfico de dispersão da Taxa G1, em função de CAP95 da espécie *Savia dictiocarpa*

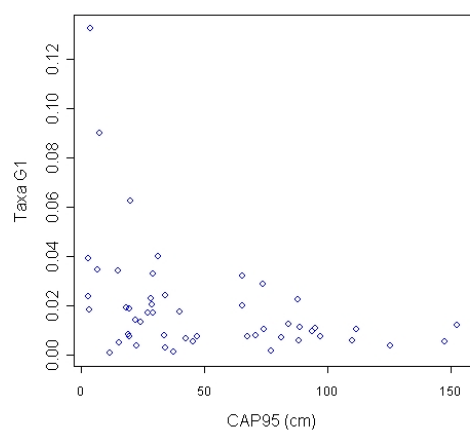


Gráfico B.53. Gráfico de dispersão da Taxa G4, em função de CAP95 da espécie *Savia dictiocarpa*

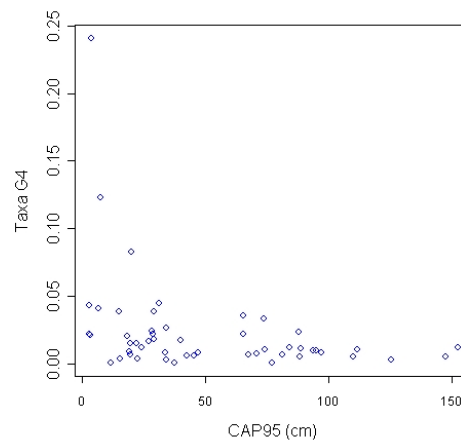


Gráfico B.51. Gráfico de dispersão da Taxa G2, em função de CAP95 da espécie *Savia dictiocarpa*

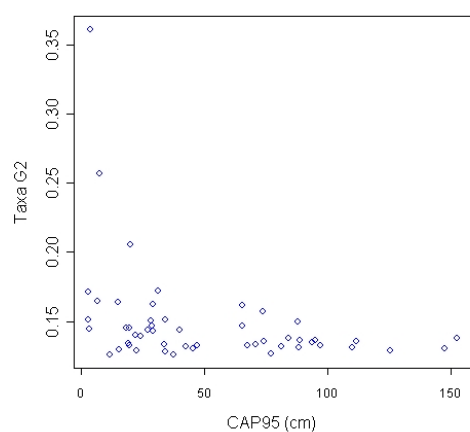


Gráfico B.54. Gráfico de dispersão da Taxa G1, em função de CAP95 da espécie *Ocotea indecora*

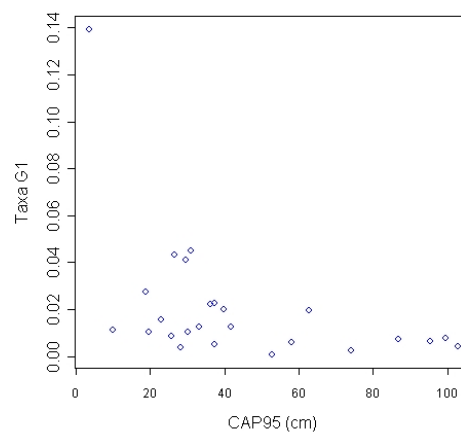


Gráfico B.52. Gráfico de dispersão da Taxa G3, em função de CAP95 da espécie *Savia dictiocarpa*

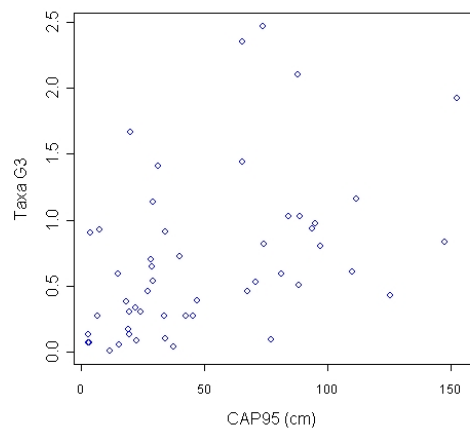


Gráfico B.55. Gráfico de dispersão da Taxa G2, em função de CAP95 da espécie *Ocotea indecora*

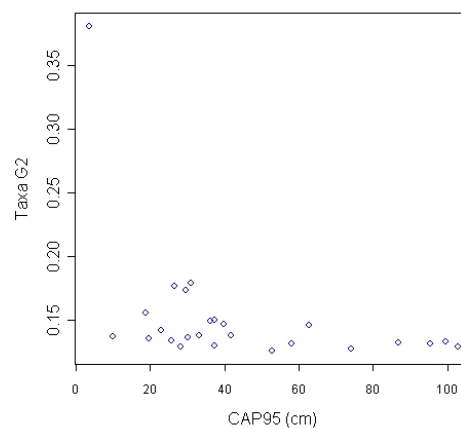


Gráfico B.56. Gráfico de dispersão da Taxa G3, em função de CAP95 da espécie *Ocotea indecora*

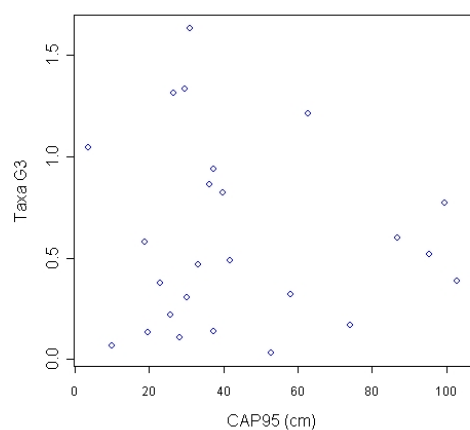


Gráfico B.59. Gráfico de dispersão da Taxa G2, em função de CAP95 da espécie *Metrodorea nigra*

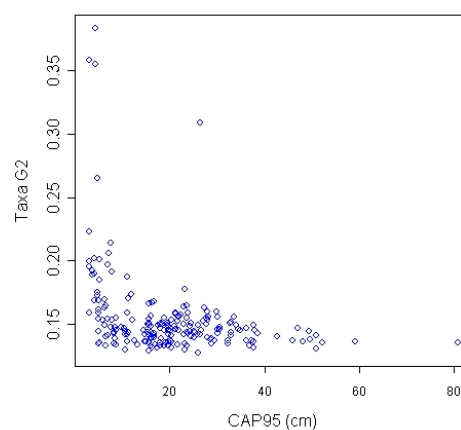


Gráfico B.57. Gráfico de dispersão da Taxa G4, em função de CAP95 da espécie *Ocotea indecora*

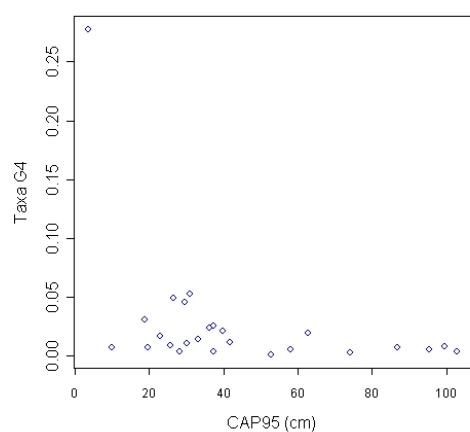


Gráfico B.60. Gráfico de dispersão da Taxa G3, em função de CAP95 da espécie *Metrodorea nigra*

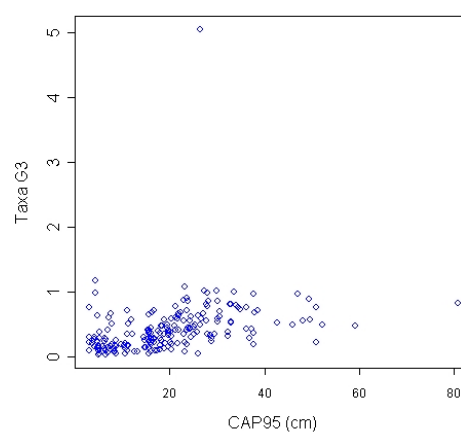


Gráfico B.58. Gráfico de dispersão da Taxa G1, em função de CAP95 da espécie *Metrodorea nigra*

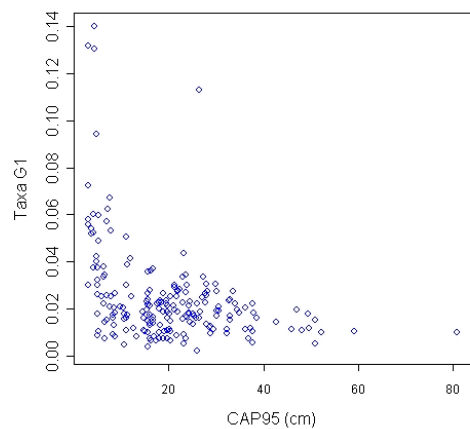


Gráfico B.61. Gráfico de dispersão da Taxa G4, em função de CAP95 da espécie *Metrodorea nigra*

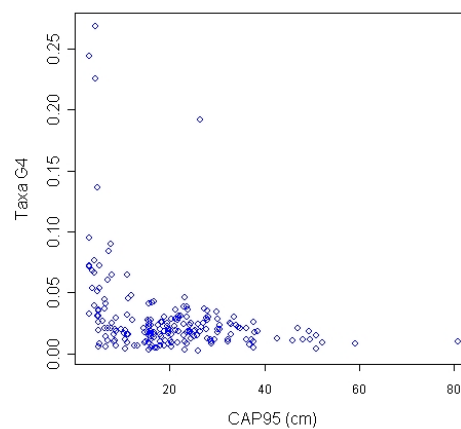


Gráfico B.62. Gráfico de dispersão da Taxa G1, em função de CAP95 da espécie *Aspidosperma polyneuron*

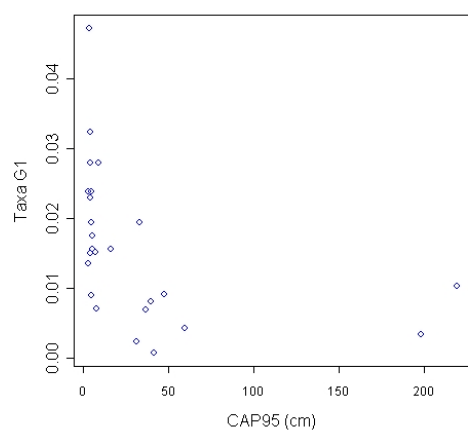


Gráfico B.64. Gráfico de dispersão da Taxa G3, em função de CAP95 da espécie *Aspidosperma polyneuron*

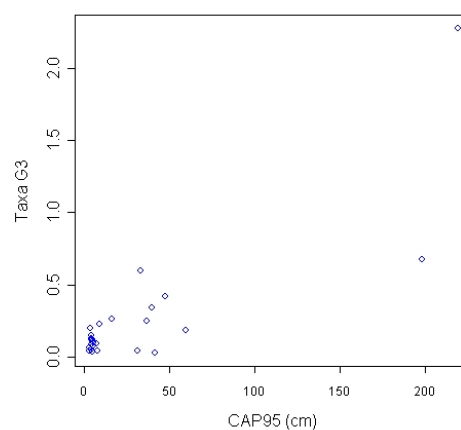


Gráfico B.63. Gráfico de dispersão da Taxa G2, em função de CAP95 da espécie *Aspidosperma polyneuron*

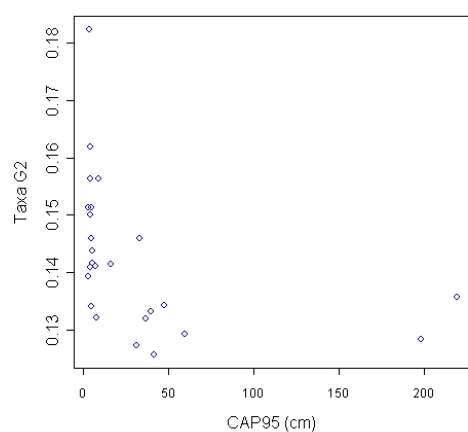


Gráfico B.65. Gráfico de dispersão da Taxa G4, em função de CAP95 da espécie *Aspidosperma polyneuron*

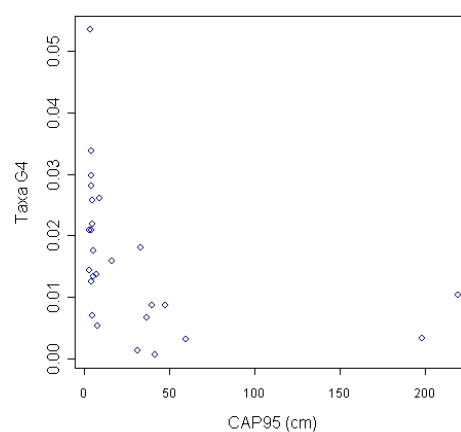


Gráfico B.66. Gráfico de Dispersão e do modelo ajustado para a espécie *Copaifera langsdorffii*

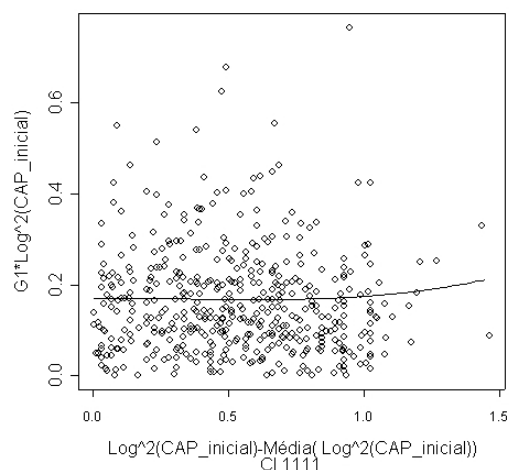


Gráfico B.67. Histograma dos resíduos do modelo ajustado para a espécie *Copaifera langsdorffii*

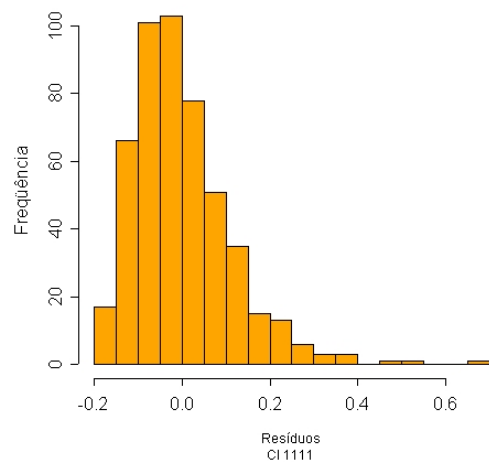


Gráfico B.68. Gráfico de Probabilidade Normal para os resíduos do modelo ajustado na espécie *Copaifera langsdorffii*

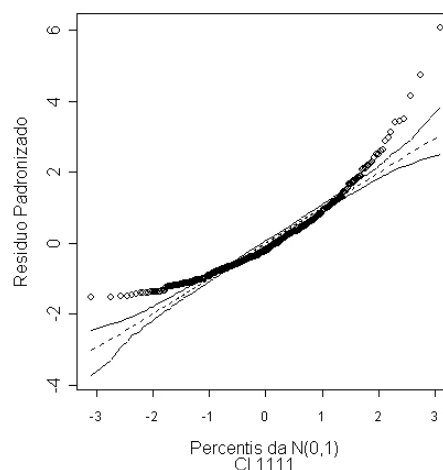


Gráfico B.69. Gráfico Resíduos Padronizados contra a variável explicativa

Homocedasticidade

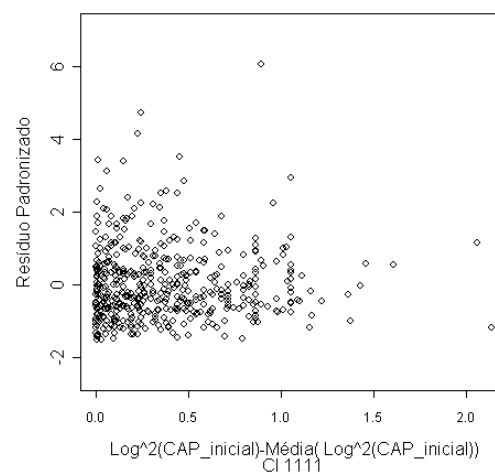


Gráfico B.70. Gráfico de Dispersão e do modelo ajustado para a espécie *Metrodorea nigra*

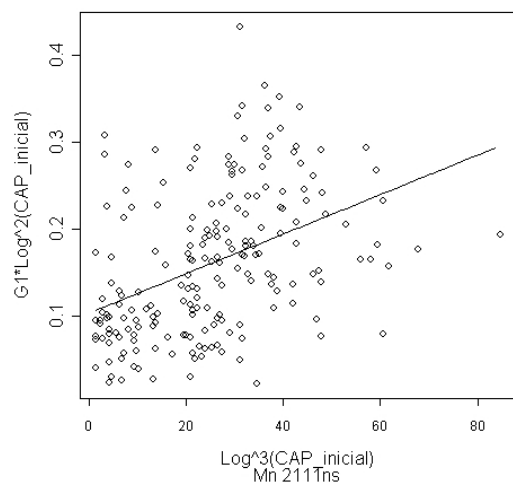


Gráfico B.71. Histograma dos resíduos do modelo ajustado para a espécie *Metrodorea nigra*

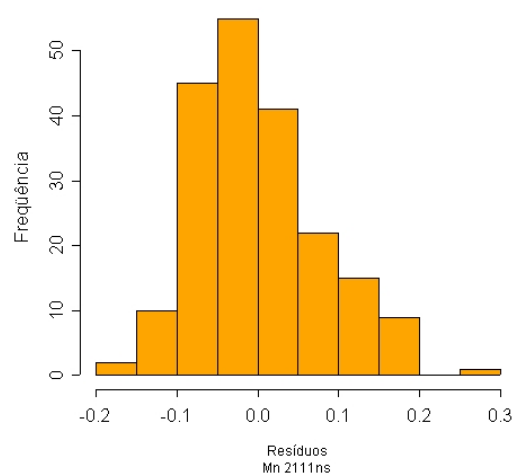


Gráfico B.72. Gráfico de Probabilidade Normal para os resíduos do modelo ajustado na espécie *Metrodorea nigra*

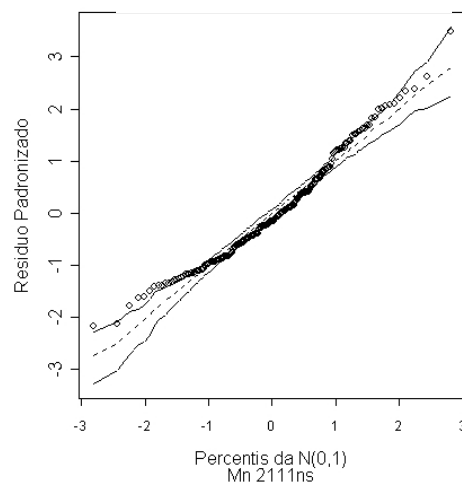


Gráfico B.73. Gráfico Resíduos Padronizados contra a variável explicativa

Homocedasticidade

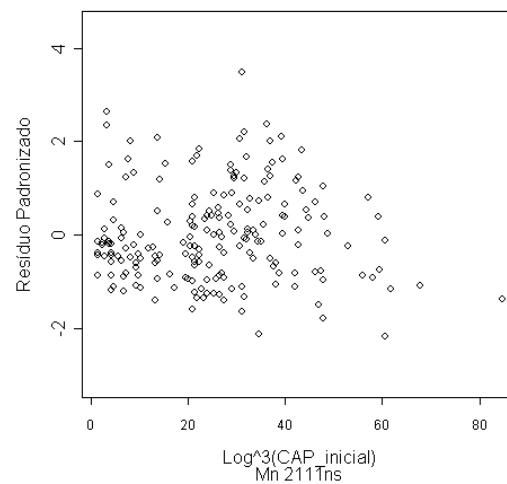


Gráfico B.74. Histograma dos resíduos do modelo ajustado para a espécie *Trichilia catigua*

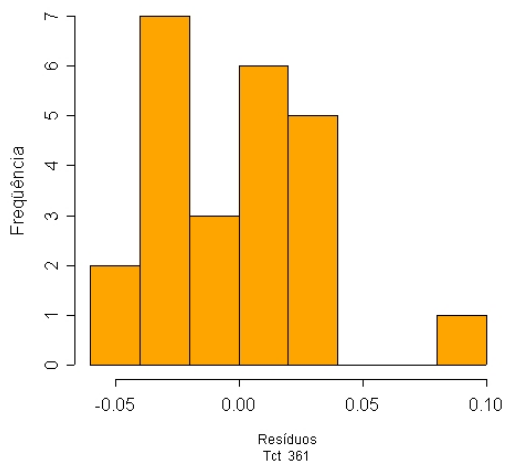


Gráfico B.75. Gráfico de Probabilidade Normal para os resíduos do modelo ajustado na espécie *Trichilia catigua*

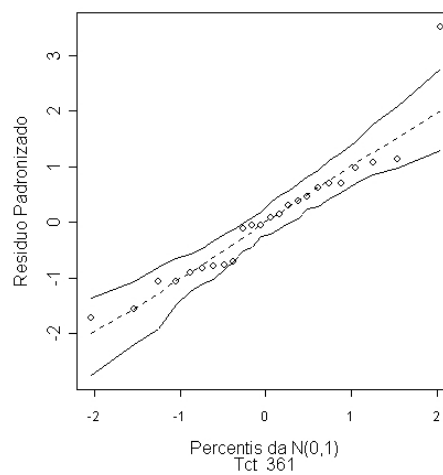


Gráfico B.76. Gráfico de Dispersão e do modelo ajustado para a espécie *Actinostemon concolor*

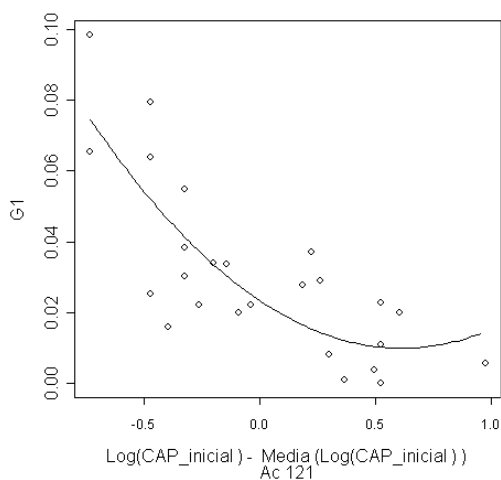


Gráfico B.77. Histograma dos resíduos do modelo ajustado para a espécie *Actinostemon concolor*

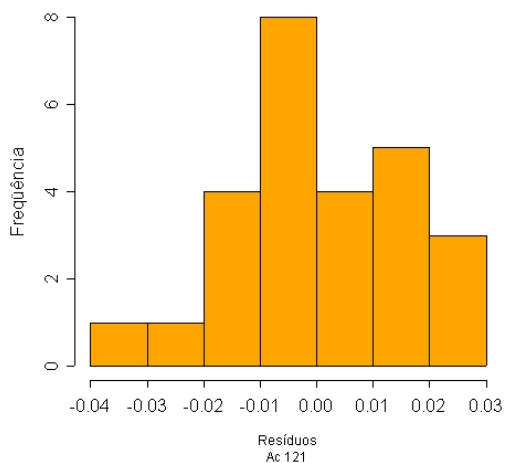


Gráfico B.78. Gráfico de Probabilidade Normal para os resíduos do modelo ajustado na espécie *Actinostemon concolor*

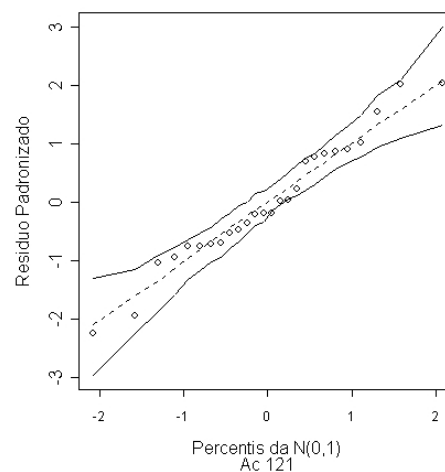


Gráfico B.79. Gráfico Resíduos Padronizados contra a Valores Ajustados

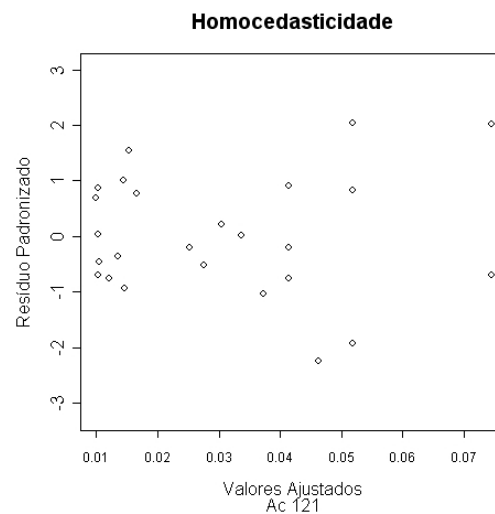


Gráfico B.80. Histograma dos resíduos do modelo ajustado para a espécie *Savia dictiocarpa*

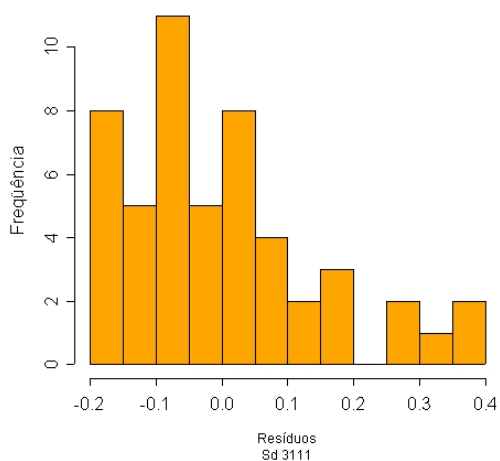


Gráfico B.81. Gráfico de Probabilidade Normal para os resíduos do modelo ajustado na espécie *Savia dictiocarpa*

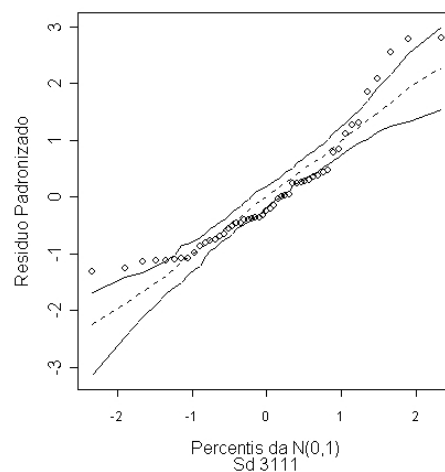


Gráfico B.82. Gráfico de Dispersão e do modelo ajustado para a espécie *Ocotea odorifera*

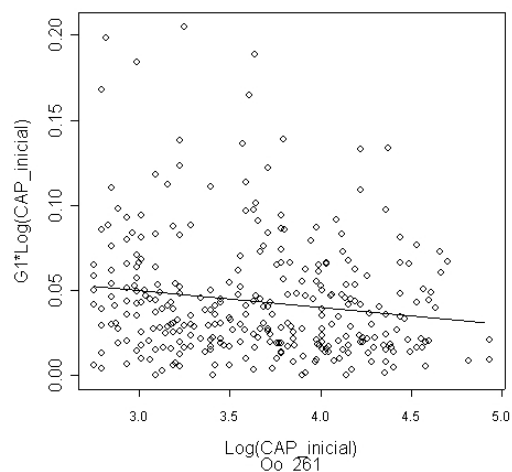


Gráfico B.83. Histograma dos resíduos do modelo ajustado para a espécie *Ocotea odorifera*

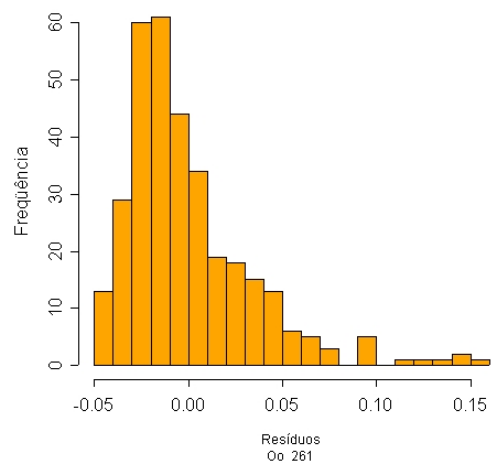


Gráfico B.84. Gráfico de Probabilidade Normal para os resíduos do modelo ajustado na espécie *Ocotea odorifera*

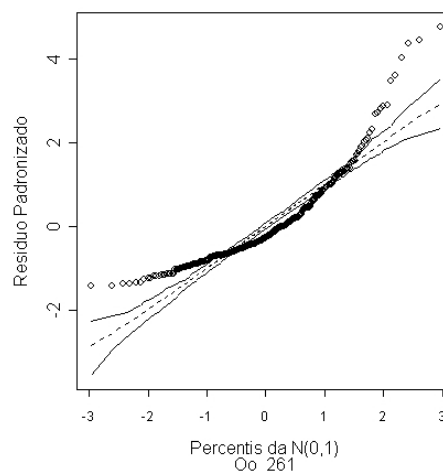


Gráfico B.85. Gráfico Resíduos Padronizados contra a Valores Ajustados

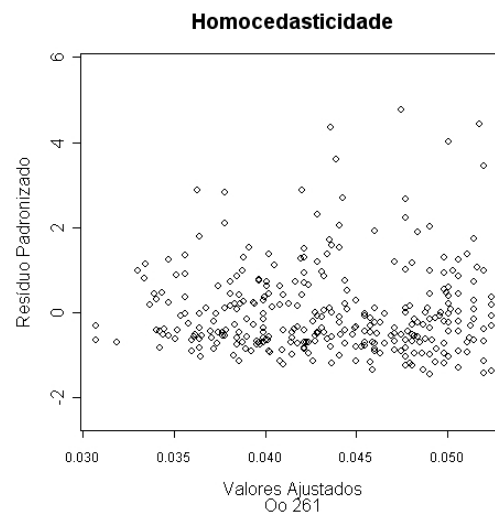


Gráfico B.86. Gráfico de Dispersão e do modelo ajustado para a espécie *Xylopi* *brasiliensis*

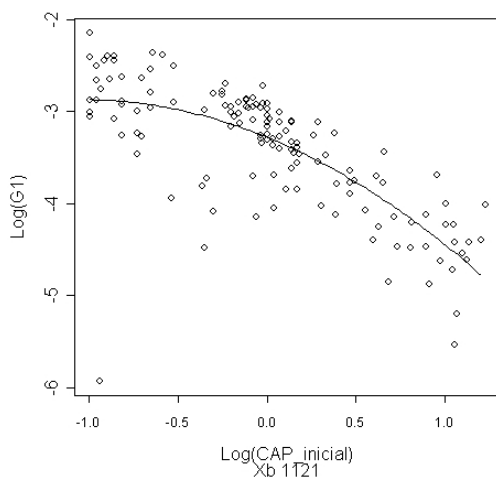


Gráfico B.87. Histograma dos resíduos do modelo ajustado para a espécie *Xylopi* *brasiliensis*

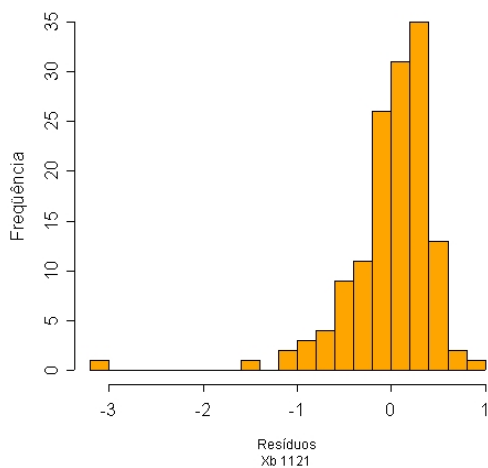


Gráfico B.88. Gráfico de Probabilidade Normal para os resíduos do modelo ajustado na espécie *Xylopi* *brasiliensis*

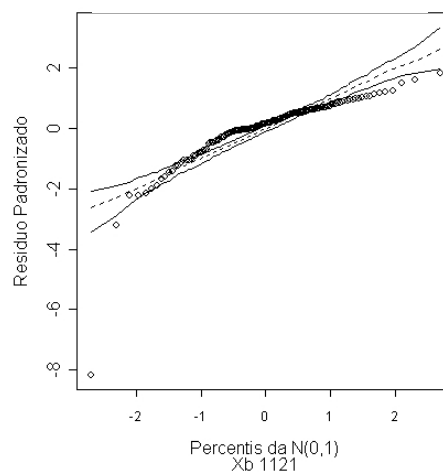


Gráfico B.89. Gráfico Resíduos Padronizados contra a Valores Ajustados

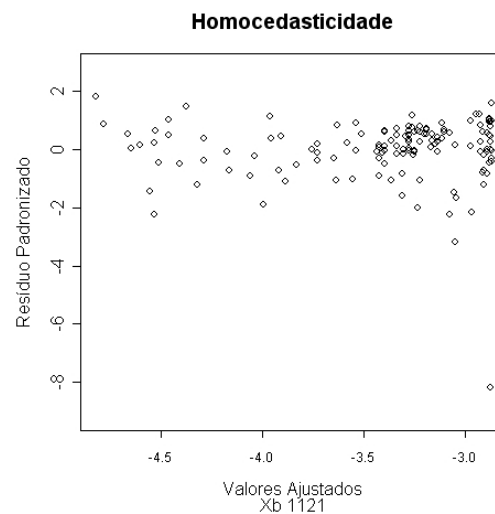


Gráfico B.90. Gráfico de Dispersão e do modelo ajustado para a espécie *Aspidosperma polyneuron*

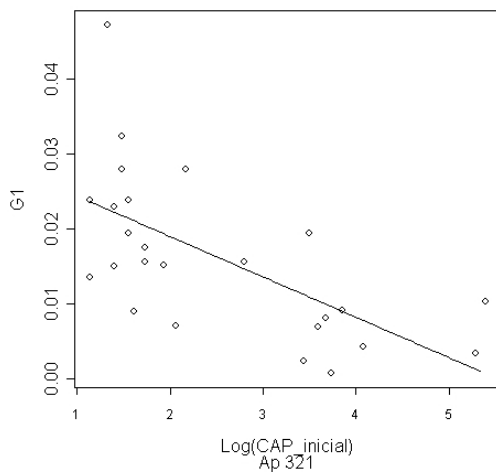


Gráfico B.91. Histograma dos resíduos do modelo ajustado para a espécie *Aspidosperma polyneuron*

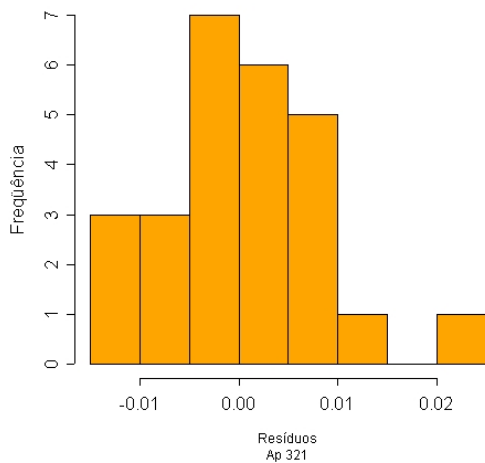


Gráfico B.92. Gráfico de Probabilidade Normal para os resíduos do modelo ajustado na espécie *Aspidosperma polyneuron*

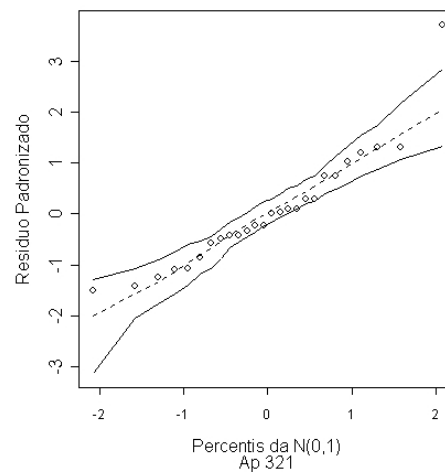


Gráfico B.93. Gráfico Resíduos Padronizados contra a Valores Ajustados

Homocedasticidade

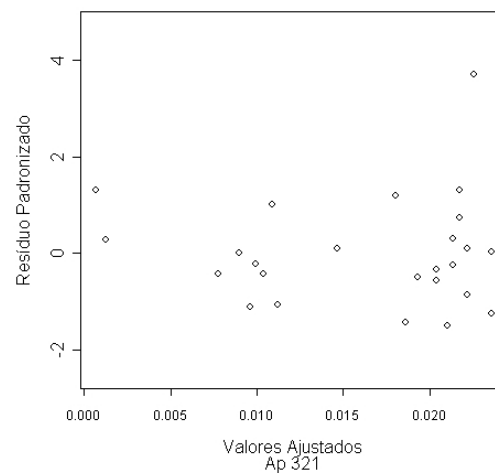


Gráfico B.94. Gráfico de Dispersão e do modelo ajustado para a espécie *Ocotea indecora*

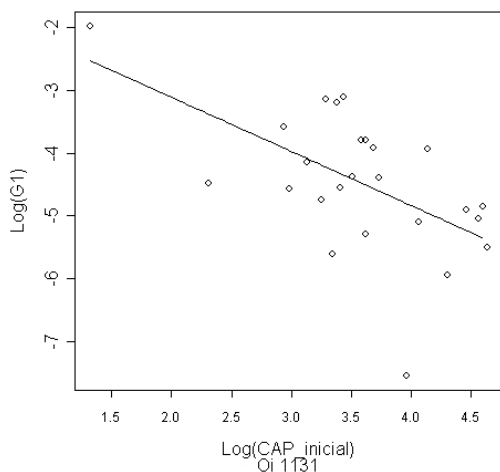


Gráfico B.95. Histograma dos resíduos do modelo ajustado para a espécie *Ocotea indecora*

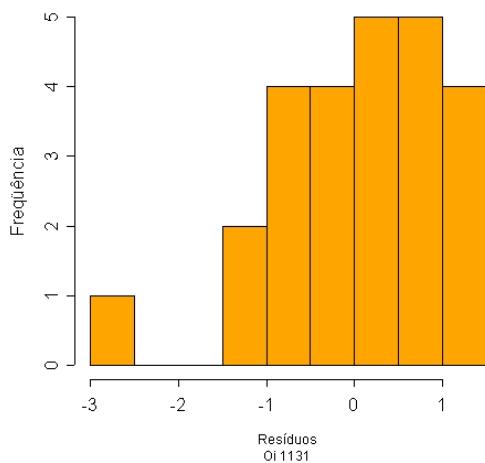


Gráfico B.96. Gráfico de Probabilidade Normal para os resíduos do modelo ajustado na espécie *Ocotea indecora*

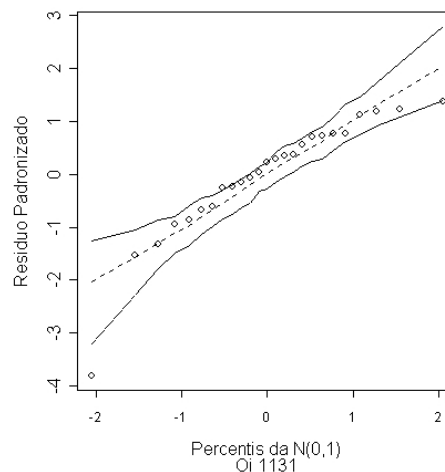


Gráfico B.97. Gráfico Resíduos Padronizados contra a Valores Ajustados

Homocedasticidade

