

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**SUBSÍDIOS PARA O MANEJO DE *Cedrela fissilis* (Vell.)
EM FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL
SECUNDÁRIA**

TESE DE DOUTORADO

Lílian Daniel Pereira

**Santa Maria, RS, Brasil
2015**

**SUBSÍDIOS PARA O MANEJO DE *Cedrela fissilis* (Vell.)
EM FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL
SECUNDÁRIA**

Lílian Daniel Pereira

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Área de concentração em Crescimento e Produção Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para a obtenção do grau de
Doutora em Engenharia Florestal

Orientador: Prof. Doutor Frederico Dimas Fleig

**Santa Maria, RS, Brasil
2015**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Daniel Pereira, LÍlian
SUBSÍDIOS PARA O MANEJO DE *Cedrela fissilis* (Vell.)
EM FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL SECUNDÁRIA / LÍlian
Daniel Pereira.-2015.
150 p.; 30cm

Orientador: Frederico Dimas Fleig
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2015

1. cedro. 2. Incremento em diâmetro. 3. Incremento
em altura. 4. Regeneração. I. Dimas Fleig, Frederico II.
Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado**

**SUBSÍDIOS PARA O MANEJO DE *Cedrela fissilis* (Vell.) EM FLORESTA
ESTACIONAL DECIDUAL SECUNDÁRIA**

Elaborada por
Lílian Daniel Pereira

Como requisito para obtenção do grau de
Doutora em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:

Frederico Dimas Fleig
(Presidente/orientador)

Paulo Justiniano Ribeiro Junior, Dr. (UFPR)

Pedro Higuchi, Dr. (UDESC)

João Eduardo da Silva Pereira, Dr. (UFSM)

Dílson Antônio Bisognin, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 24 de fevereiro de 2015.

Agradecimentos

Agradeço a Deus.

À minha família pelo apoio e incentivo.

Ao orientador Frederico Dimas Fleig, pela incansável orientação, que proporcionou grandes aprendizados.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.pela oportunidade.

Ao programa de Pós graduação que proporcionou grandes aprendizados.

Aos diversos colegas que compuseram as equipes de campo, Dilson, Evandro, Karina L., Karina W., Thomas, Lovaine, e amiga Dirce, fazendo com que o trabalho diário se tornasse divertido, leve e gratificante.

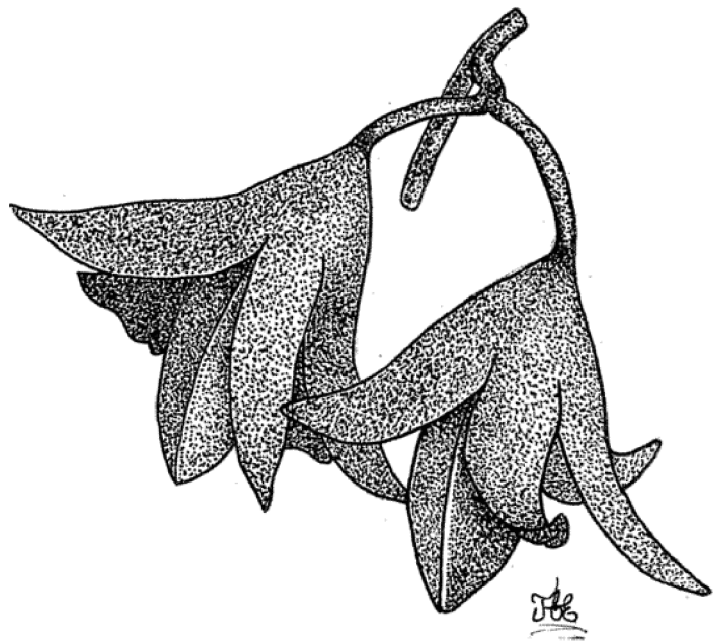
A Glaucio pela boa vontade e disponibilidade de sua propriedade

Aos membros da banca de qualificação, Edson José Vidal da Silva, Miguel Antão Durlo, Maristela Machado Araujo e Elódio Sebem que auxiliaram para a melhoria da tese.

Aos membros da banca de defesa da tese que também auxiliam no aprimoramento da mesma.

Aos colegas de laboratório, pela convivência e conversas que muito contribuíram para a minha formação.

A todos que de alguma forma me auxiliaram neste trabalho o meu muito obrigada.



“Em qualquer área da ciência, o observador perfeito terá seus olhos, por assim dizer, abertos, de modo que possam ser imediatamente tomados de surpresa por qualquer evento que, *de acordo com teorias aceitas, não deveriam acontecer*, pois estes são os fatos que servem como pistas para novas descobertas.”

Sir John Herschel

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria

SUBSÍDIOS PARA O MANEJO DE *Cedrela fissilis* (Vell.) EM FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL SECUNDÁRIA

Autora: LÍlian Daniel Pereira

Orientador: Frederico Dimas Fleig

Data e Local da defesa: Santa Maria, 24 de fevereiro de 2015.

O manejo florestal das espécies nativas tem mostrado grande potencial para a produção de madeira. Neste sentido entende-se que o estudo das condições que abrangem desde os aspectos iniciais do crescimento das plântulas até a árvore adulta seja imprescindível. Com isso em mente, visou-se avaliar indivíduos de cedro jovens e adultos, quanto aos seus aspectos de distribuição diamétrica, distribuição espacial, sanidade, incremento em altura e incremento em diâmetro e volume. Para isso, foram medidos a altura total; o diâmetro de coleto ou DAP, a competição pela área basal pontual de Spurr, pela área basal de Bitterlich e índice de competição vertical das árvores jovens e adultas. Para análise de distribuição espacial todos os cedros com altura superior à 15 cm tiveram suas coordenadas obtidas com GPS e anotadas as suas características e estados sanitário quanto a presença de danos de ataque de pragas. O incremento das árvores maduras foi obtido através de tradagem, e algumas árvores de cedro foram abatidas para análise de tronco (ANATRO). Foi feito histograma de frequência dos diâmetros, análise da distribuição espacial pela função K de Ripley, e análise de regressões pelo método stepwise para o incremento em diâmetro e altura em função das variáveis medidas. A distribuição diamétrica tanto dos indivíduos jovens como dos indivíduos maduros teve forma exponencial negativa. As plantas jovens de cedro apresentam distribuição agrupada, enquanto as árvores maduras apresentam distribuição aleatória. O modelo encontrado para o incremento em altura das árvores jovens incluiu as variáveis altura inicial e área basal. Não foi possível determinar um modelo de incremento em diâmetro para as árvores jovens devido sua elevada variação. As árvores jovens foram atacadas pela mariposa e pelo serrador. A intensidade de ataque da mariposa foi maior em áreas com baixa densidade total de árvores e do serrador em áreas com elevada densidade de cedro nas dimensões de ataque (entre 8 e 12 cm de diâmetro do coleto). O modelo de incremento em diâmetro das árvores maduras incluiu os parâmetros de classe de copa, e do diâmetro inicial, de incremento em área transversal incluiu a relação hipsométrica, a classe de copa e o índice de saliência. O incremento em diâmetro foi claramente menor nas árvores oprimidas que nas árvores consideradas do estrato emergente. O modelo que melhor descreveu os dados de volume foi o modelo de Ogaya. A partir dos resultados expostos concluiu-se que o cedro necessita de clareiras para sua regeneração, sendo que são necessárias poucas árvores matrizes por hectare para garantir sua regeneração, o crescimento da regeneração de cedro é beneficiado pela presença da samambaia das taperas, e por áreas com menor área basal, contudo áreas muito abertas proporcionam o ataque da mariposa. Para o manejo de cedro em florestas nativas devem-se priorizar árvores com menores relações hipsométrica e de maiores índices de saliência, e deve-se manter a área basal menor que 30m², pois área basal superior a esse valor indica elevada competição para a espécie.

Palavras-chave: cedro. Incremento em diâmetro. Incremento em altura. Regeneração.

ABSTRACT

Thesis of doctor
Pós Graduate Program of Forest Engineering
Universidade Federal de Santa Maria

SUBSIDIES FOR MANAGEMENT OF *Cedrela fissilis* (Vell.) IN SECONDARY DECIDUOUS FOREST

Author: Lílian Daniel Pereira

Adviser: Frederico Dimas Fleig

Place and date of defense: Santa Maria, February 24, 2015.

The forest management of native species has shown great potential for the production of timber. Therefore, the study of aspect since seedling initial growth until mature tree is essential. So, this study aimed to evaluate diameter distribution, spatial distribution healthy, height increment, diameter increment and volume of cedar individuals. Young and adults individuals have been measured in their height, diameter of the base or DBH, the competition around these by measure of point density, basal area of Bitterlich and vertical competition index. All cedars higher than 15 cm had their coordinates obtained with GPS and had noted their characteristics and health state as present pest attack damage for spatial distribution. The increment of adult trees was obtained by Presler trade and some trees were slaughtered for stem analysis (ANATRO). Frequency histogram diameter, analysis of special distribution by function K of Ripley, stepwise regression analysis for diameter increment and height increment in function of measure variable were made. The diametrical distribution had negative exponential form for both young and adult individuals. The young trees were clustered, while adult trees were random. The equation for height increment included initial height and basal area. A model for diameter increment of young tree was not possible to make due to their high variation. The young trees were attacked by the moth and the sawyer. The intensity of moth attack was higher in areas with low total density of trees, and sawyer attack was higher in areas with high density of plant with attack dimensions cedar (between 8 and 12 cm of diameter of base). The model of diameter increment of adult trees included crown class, initial diameter. The model of transversal area increment included hypsometric relationship, crown class and range index. The diameter increment was clearly lower in the oppressed trees than in the tree of emergent stratum. The best model for describing volume was Ogaya. From the above results it was concluded that the cedar is a gap-phase species. Are required few matrices trees per hectare for ensure its regeneration, the growth of young trees is benefited by presence of taperas bracken and for areas with lower basal area, however, very open areas provide the moth attack. For the management of cedar in native forests should be prioritized trees with lower hypsometric relations and greater range index, and should keep cedar in areas with basal area lower than 30m², because basal area greater than this value becomes very high competition for the species.

Keywords: cedro. Diameter increment. Height increment. Regeneration

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 - Localização das áreas de estudo: Santa Maria, Silveira Martins e Aguda, RS.	36
Adaptado de Google Maps.	36
Figura 1.2 - Área de estudo na região de Val Feltrina, município de Silveira Martins RS, localizado na zona SH 22 e classificação da área de floresta em estágio de regeneração inicial, área em cinza (A, B e C) e em floresta de regeneração avançada, área branco (D).	37
Figura 1.3 - Áreas de estudo no município de Silveira Martins, localidade de Val Feltrina, RS, em estágio inicial de regeneração (A) e em estágio de regeneração intermediário (B).	39
Figura 2.2 - Estrutura diamétrica de cedro jovens em área com uso intensivo de solo (área A), em área de clareira com raio de 17,5 m (área B) em área de clareira com raio de 16 m (área C) e área de regeneração intermediária (área D), Silveira Martins/RS.	46
Figura 2.3 – Boxplot dos diâmetros de cedro jovens em área com uso intensivo de solo (área A), em área de clareira com raio de 17,5 m (área B) em área de clareira com raio de 16 m (área C) e área de regeneração intermediária (área D), Silveira Martins/RS.	47
Figura 2.4 - Estrutura diamétrica do coleto de plantas juvenis de cedro em área com uso intensivo de solo (área A), em área de clareira com raio de 17,5 m (área B) em área de clareira com raio de 16 m (área C) e área de regeneração intermediária (área D), Silveira Martins/RS.	48
Figura 2.5 – Boxplot dos diâmetros do coleto de plantas juvenis de cedro em área com uso intensivo de solo (área A), em área de clareira com raio de 17,5 m (área B) em área de clareira com raio de 16 m (área C) e área de regeneração intermediária (área D), Silveira Martins/RS.	48
Figura 3.1 - Densidade das árvores adultas (A), árvores adulto-intermediárias (B), árvores jovens (C), juvenis (D), os maiores círculos indicam árvores com DAPs superiores de <i>Cedrela fissilis</i> Vell, na região de Val Feltrina, RS.	59
Figura 3.2 - Função L para as árvores adultas, adulto-intermediárias, jovens e juvenis de <i>Cedrela fissilis</i> Vell, na região de Val Feltrina, RS.	60
Figura 3.3 Densidade de plantas juvenis de cedro e as diferentes áreas, representadas pelos polígonos em brancos, da região de Val Feltrina, RS.	61
Figura 3.4 função K não homogênea para as árvores adultas (A) e para as árvores adulto-intermediárias (B) de <i>Cedrela fissilis</i> Vell. na região de Val Feltrina, RS.	62
Figura 3.5 Função L, transformação da função K bivariada para análise de relação entre adultos e juvenis (A), adulto-intermediárias e jovens (B), adulto-intermediárias e juvenis (C) e jovens e juvenis (D) de <i>Cedrela fissilis</i> Vell, na região de Val Feltrina, RS.	63
Figura 3.6 - Função de correlação de marca, com a marca diâmetro, das árvores adulto-intermediárias de <i>Cedrela fissilis</i> Vell. em função da distância (r) em metros, na região de Val Feltrina, RS.	64
Figura 3.7 - Regressão suavizada de kernel para a marca altura, e os pontos de cada indivíduo de <i>Cedrela fissilis</i> Vell, na região de Val Feltrina, RS.	65
Figura 3.8 Função da média condicional E(r) e função da variância condicional V(r) da marca altura das árvores de <i>Cedrela fissilis</i> Vell. em função da distância na região de Val Feltrina, RS.	65
Figura 3.9 Perfil de altitude da área de estudo, em Valfeltrina, RS.	66
Figura 3.10 Intensidade de indivíduos de cedro adulto (A), adulto-intermediários (B), jovens (C) e juvenis (D) conforme a altitude na região de Val Feltrina, RS.	67
Figura 4.1 - Identificação das unidades de extensão de <i>Cedrela fissilis</i> Vell. (setas vermelhas).	75
Figura 4.2 - Incremento periódico em altura (IP _H) e altura total inicial (H _t) de <i>Cedrela fissilis</i> Vell. em regeneração em Floresta Estacional Decidual, na região de Val Feltrina, RS.	77

Figura 4.3 - Incremento periódico em altura (IP_H) de <i>Cedrela fissilis</i> Vell. com relação ao índice de competição vertical com raio de 2 metros (ICV_2), índice de competição vertical com raio de 2,5 m ($ICV_{2,5}$), área basal pontual de Spurr (Gsp) e área basal de Bitterlich (Gb).	78
Figura 4.5 - Relação entre incremento periódico em altura (IP_H) e altura total inicial de <i>Cedrela fissilis</i> Vell. em área de regeneração intermediária e clareiras (pontos representados pelo número 1 e linha pontilhada) e em área de regeneração inicial com presença da samambaia das taperas (pontos representados pelo número 0 e linha contínua).....	80
Figura 4.6 - Distribuição dos resíduos do modelo ajustado para o incremento periódico em altura das plantas jovens de <i>Cedrela fissilis</i> Vell.	81
Figura 4.7 – Superfície estimada da influencia dos parâmetros da altura inicial (Ht) e da área basal (Gb) no incremento em altura (ICA_H) das plantas jovens de <i>Cedrela fissilis</i> Vell.	81
Figura 4.8 - Diferença absoluta e relativa (erro proporcional) entre as medidas de unidade de extensão e o crescimento medido entre 2012 e 2014 em altura para árvores de cedro.	82
Figura 4.9 - Incremento periódico diâmetro do coleto (IP_{DC}) com relação ao diâmetro do coleto inicial (DC), a altura total inicial (Ht) das plantas de cedro e a classe da área.	83
Figura 4.10 - Incremento periódico em diâmetro do coleto (IP_{DC}) de <i>Cedrela fissilis</i> com relação ao índice de competição vertical com raio de 2 metros (ICV_2), índice de competição vertical com raio de 2,5 m ($ICV_{2,5}$), área basal pontual de Spurr (Gsp) e área basal (Gb).	84
Figura 4.11 - Relação entre incremento periódico em diâmetro à altura do peito (IP_{DAP}) de <i>Cedrela fissilis</i> Vell. e a altura inicial (Ht) , o diâmetro inicial(DAP) e a classe de área.	85
Figura 4.12 - Incremento periódico em diâmetro à atura do peito (IP_{DAP}) com relação ao índice de competição vertical com raio de 2 metros (ICV_2), índice de competição vertical com raio de 2,5 m ($ICV_{2,5}$), área basal pontual de Spurr (Gsp) e área basal (Gb).	85
Figura 5.1. - (A) Exemplar da larva de <i>Hypsipyla grandella</i> encontrada no caule de cedro atacado em 19 de agosto de 2013. (B) Ponteira de cedro danificada pelo ataque de <i>Hypsipyla grandella</i> . (C) <i>Oncideres</i> sp.encontrando em tronco de cedro no dia 28 de Janeiro de 2013.(D) <i>Cedrela fissilis</i> Vell. danificada pelo ataque de <i>Oncideres</i> sp. em Val Feltrina, RS. Créditos: Lillian Daniel Pereira.	92
Figura 5.2 - Histograma de frequência de do diâmetro do coleto das árvores não danificadas, danificadas pelo serrador e danificadas pela mariposa, na região de Val Feltrina, município de Silveira Martins, RS.	93
Figura 5.3 – Porcentagem de indivíduos de <i>Cedrela fissilis</i> atacados pelo serrador e pela mariposa por classe de diâmetro de coleto.	94
Figura 5.4 - Relação entre altura e diâmetro do coleto de cedros não danificados (pontos) e sua relação hipsométrica (linha contínua) de cedros danificados pelo ataque do serrador (triângulos e linha tracejada) (A) e danificados pelo ataque da mariposa (triângulos e linha tracejada) (B).	94
Figura 5.5 - Incremento em altura do broto de <i>Cedrela fissilis</i> , no primeiro ano após o ataque do serrador, em função do diâmetro do coleto.	96
Figura 5.6 - Gráficos dos resíduos da função ajustada para o incremento em altura do broto de <i>Cedrela fissilis</i> , no primeiro ano após o ataque do serrador.	96
Figura 5.7 - Mapas de intensidade de ocorrência dos cedros (densidade) (A) e mapa de intensidade em função do diâmetro do coleto (Densidade f(Dcoletto)) (B), mapas de taxa de risco do serrador (C) e mapa de taxa de risco da mariposa (D)na região de Val Feltrina, no município de Silveira Martins, RS.	98
Figura 6.1 - Incremento acumulado de altura de cedro com a idade.	104
Figura 6.2 Gráficos dos valores estimados pela ANATRO e valores medidos pela unidade de extensão de altura total e incremento em altura de <i>Cedrela fissilis</i> Vell.	106

Figura 6.3 - Crescimento diamétrico das árvores de cedro na região de Val Feltrina (Silveira Martins), Fepgro e Agudo (onde as linhas tracejadas indicam árvores da FEPAGRO e linhas contínuas árvores de Agudo), RS.	106
Figura 6.4 - Histograma de frequência por classe de DAP das árvores de <i>Cedrela fissilis</i> (Vell.) com incremento periódico anual em diâmetro e área basal medidos.	108
Figura 6.5 - relação entre incremento periódico anual em diâmetro (IPA_d) e DAP e incremento periódico anual em área transversal (IPA_g) e DAP de <i>Cedrela fissilis</i> (Vell.).....	108
Figura 6.6 - Distribuição dos resíduos da equação de regressão para o logaritmo do incremento periódico em diâmetro de <i>Cedrela fissilis</i> (Vell.).....	110
Figura 6.7 - Distribuição dos resíduos da equação de regressão para o logaritmo do incremento periódico em área transversal de <i>Cedrela fissilis</i> (Vell.).....	110
Figura 6.8 - Valores reais de em incremento em área transversal (círculos) e valores estimados (cruzes) de <i>Cedrela fissilis</i> (Vell.) em função do DAPi (diâmetro a altura do peito inicial).	111
Figura 6.9 - Árvore de regressão multivariada para o incremento periódico em diâmetro de <i>Cedrela fissilis</i> Vell.....	112
Figura 6.10 - Distribuição dos resíduos da árvore de regressão de incremento diamétrico para <i>Cedrela fissilis</i> Vell.....	113
Figura 7.1 - Distribuição de resíduos dos oito modelos de volume total ajustados de <i>Cedrela fissilis</i> Vell.....	120
Figura 7.2 - Gráfico dos resíduos da estimativa de volume total de <i>Cedrela fissilis</i> Vell por meio da utilização do fator de forma médio e pelo fator de forma por classe diamétrica.	121
Figura 7.3 - Fator de forma das árvores de cedro em função do DAPsc (A), e árvores que com fator de forma estabilizado ou aumentado com o avanço do DAP da região de Agudo (A1, A4, A5, A6 e A7) e da FEPAGRO (F5) (B).	122
Figura 7.4- Variações de porcentagem do incremento em diâmetro ao longo da altura de cedro.....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Número de árvores de cedro e densidade em cada sub-área da região de estudo, Valfeltrina, RS.....	57
Tabela 4.1 - Resultados dos coeficientes da regressão stepwise para o incremento periódico em altura de plantas jovens de regeneração de <i>Cedrela fissilis</i> Vell.....	81
Tabela 6.1 - Correlações entre os incrementos periódico em diâmetro e em área transversal de <i>Cedrela fissilis</i> (Vell.) com as variáveis medidas.....	109
Tabela 7.1 - Modelos de volume total sem casca testados para as árvores de cedro abatidas.....	118
Tabela 7.2 - modelos de regressão de volume total.....	119
Tabela 7.3 - Fator de forma por classe de DAP, e coeficiente de variação para <i>Cedrela fissilis</i> Vell.....	121
Tabela 7.4 - Correlações significativas ao nível de significância de 5% para o fator de forma e outras variáveis medidas.....	121
Tabela 7.5 Competição pela área basal pontual de Spurr (Gsp) e a área basal de Bitterlich (Gb) para as árvores de cedro de Agudo (A) e da Fepagro (F).....	123

LISTA DE ABREVIATURAS

CC1 = Classe de copa de árvores oprimidas e co-emergentes.

DAP = Diâmetro à altura do peito.

DAPsc = Diâmetro à altura do peito sem casca.

DC = Diâmetro do coleto.

Dcp = Diâmetro da copa.

f = Fator de forma.

Fc = Formas de copa.

Gb = Área basal.

Gsp = Área basal pontual de Spurr.

HD = grau de esbeltez ou relação hipsométrica.

Ht = Altura total.

IA = Índice de abrangência.

ICV₂ = Índice de competição vertical considerando um raio de 2 metros.

ICV_{2,5} = Índice de competição vertical considerando um raio de 2,5 metros.

IH = Incremento em altura do primeiro ano após ataque de pragas.

IP_{DAP} = Incremento periódico em diâmetro à altura do peito.

IP_{DC} = Incremento periódico em diâmetro do coleto.

IP_g = Incremento periódico em área transversal.

IP_H = Incremento periódico em altura.

IS = Índice de saliência.

L = Comprimento de copa

LISTA DE APÊNDICE

Apêndice A – Código do R referente ao artigo 3: Distribuição espacial de <i>Cedrela fissilis</i> Vell. em Floresta estacional Decidual.....	138
Apêndice B - Código do R referente ao artigo 4: Incremento de indivíduos jovens de <i>Cedrela fissilis</i> Vell.....	142
Apêndice C - Código do R referente ao artigo 5: Danos causados por pragas em <i>Cedrela fissilis</i> Vell. em Floresta Estacional Decidual.....	144
Apêndice D - Código do R referente ao artigo 6: Crescimento e incremento de <i>Cedrela fissilis</i> Vell.	147
Apêndice E - Código do R referente ao artigo 7: Volume e forma da árvore.....	149

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	23
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 Distribuição diamétrica	25
2.2 Distribuição espacial	25
2.3 Incremento de indivíduos jovens de cedro	28
2.4 PRAGAS DO CEDRO	30
2.4.1 <i>Hypsipyla grandella</i>	30
2.4.2 Problemas com ataque de serrador.....	31
2.5 Crescimento e incremento em diâmetro	31
2.6 Volume e forma da árvore	32
ARTIGO 1 – CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO E DA ESPÉCIE	35
1.1 Áreas de estudo	35
1.1.1. Silveira martins	35
1.1.2 Agudo	35
1.1.3 Santa maria	36
1.2 Especificações das áreas de estudo	37
1.2.1 Distribuição diamétrica e distribuição espacial das árvores sadias e atacadas.....	37
1.2.2 Crescimento de indivíduos jovens	38
1.3 Caracterização da espécie em estudo: <i>cedrela fissilis</i> (vell.)	39
1.4 Referência	41
ARTIGO 2 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE <i>CEDRELA FISSILIS</i> VELL. EM FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL SECUNDÁRIA	43
2.1 Introdução	43
2.2 Material e métodos	43
2.3 Resultados	44
2.4 Conclusão	49
2.5 Referências bibliográficas	49
ARTIGO 3 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE <i>CEDRELA FISSILIS</i> VELL. EM FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL	53
3.1 Introdução	53
3.2 Material e métodos	54
3.2.1 Classificação das árvores.....	54
3.2.2 Análise da intensidade e da interação entre as árvores	55
3.2.3 Análise da influência da altitude na distribuição espacial das árvores.....	56

3.3 Resultados e discussão.....	56
3.3.1 Análise da intensidade e da interação entre as árvores	58
3.3.2 Análise da influência da altitude na distribuição espacial das árvores.....	66
3.4 Conclusão.....	68
3.5 Referências	68
ARTIGO 4 – INCREMENTO DE INDIVÍDUOS JOVENS DE <i>CEDRELA FISSILIS</i>	
VELL.	73
4.1 Introdução	73
4.2 Material e métodos	73
4.2.1 Análise dos dados	75
4.3 Resultados e discussão.....	76
4.3.1 Incremento em altura.....	76
4.3.1.1 Incrementos pelas unidades de extensão	82
4.3.2 Incremento em diâmetro do coleto das plantas jovens.....	83
4.3.3 Incremento em diâmetro à altura do peito das plantas jovens	84
4.4 Conclusão.....	86
4.5 Referências	86
ARTIGO 5 - O DANO CAUSADO POR PRAGAS EM <i>CEDRELA FISSILIS</i> VELL. EM	
FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL.....	89
5.1 Introdução	89
5.2 Material e métodos	90
5.2.1 Caracterização das plantas danificadas	90
5.2.2 Incremento em altura das plantas danificadas pelo serrador	90
5.2.3 Análise espacial de árvores danificadas pelo ataque de pragas	91
5.3 Resultados e discussão.....	91
5.3.1 Caracterização de plantas danificadas	91
5.3.2 Incremento em altura das plantas danificadas pelo ataque do serrador.....	95
5.3.3 Análise espacial de árvores danificadas pelo ataque de pragas	97
5.4 Conclusão.....	98
5.5 Referências	99
ARTIGO 6 – CRESCIMENTO E INCREMENTO DE <i>CEDRELA FISSILIS</i> VELL. .	101
6.1 Introdução	101
6.2 Material e métodos	102
6.2.1 Crescimento em diâmetro e altura.....	102
6.2.2 Incremento em diâmetro à altura do peito	103
6.3 Resultados e discussão.....	104

6.3.1 Crescimento em altura.....	104
6.3.2 Crescimento em diâmetro.....	106
6.3.3 Incremento em diâmetro e área transversal.....	107
6.4 Conclusão.....	113
6.5 Referências.....	114
ARTIGO 7 – VOLUME E A FORMA DA ÁRVORE.....	117
7.1 Introdução.....	117
7.2 Material e método.....	117
7.3 Resultados e discussão.....	118
7.4 Conclusão.....	123
7.5 Referências.....	123
DISCUSSÃO GERAL.....	127
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
APÊNDICES.....	137

1. INTRODUÇÃO

As florestas nativas, mesmo sem qualquer intervenção silvicultural, já vêm demonstrando elevados incrementos, portanto, se bem manejadas podem alcançar alta produção com o manejo sustentável (MATTOS, 2007). Os estudos que dão base ao manejo em florestas nativas, apesar de ainda incipientes, vêm ganhando expressivo destaque no Brasil, principalmente devido ao elevado potencial que muitas espécies nativas apresentam. Entretanto, esta prática ainda é vista com restrições pela população em geral (BRAZ et al., 2008), pois há um equívoco sobre a palavra proteção ambiental que, em geral, é tida como sinônimo de sustentabilidade. Ao contrário, o estudo da ecologia deveria servir para o manejo consciente da natureza (ANDRAE, 2000).

O paradigma de que a floresta apresenta um processo de sucessão previsível e fixo já foi ultrapassado pelas pesquisas que indicam um processo dinâmico e aberto, com constantes alterações e sujeito a variados tipos de distúrbios (MARTINS et al., 2009). A abertura de clareiras, por exemplo, auxilia no processo de regeneração, aumentando o recrutamento de plantas (DUAH-GYAMFI et al., 2014b; DUAH-GYAMFI et al., 2014a). A extração de madeira a partir de cortes seletivos, se realizada de forma tecnicamente adequada, não diminui o número de espécies, ao contrário, contribui com o aumento dos índices de diversidade (LONGHI, 2011), além do mais, as florestas manejadas apresentam a vantagem de proporcionar maior crescimento e incremento do que em áreas intactas (COLPINI et al., 2010).

A legislação florestal ainda considera o manejo de florestas nativas de forma simplificada, pois o estabelecimento de taxas de corte fixas implica na desconsideração do potencial de crescimento específico da floresta (BRAZ et al., 2012), há, portanto, necessidade de pesquisas que visem auxiliar na determinação de técnicas de manejo de maneira sustentável, de forma que o potencial produtivo da floresta possa ser utilizado juntamente com a manutenção do ecossistema. Neste contexto, nota-se a importância da investigação acerca das espécies nativas em aspecto abrangente.

No presente trabalho buscou-se avaliar diversas características da espécie *Cedrela fissilis* (Vell.), como a distribuição diamétrica para caracterização da estrutura da espécie na floresta, a distribuição espacial, fundamental para o planejamento de manejo da floresta considerando desde as árvores adultas até as regenerantes, o incremento de indivíduos jovens e sua suscetibilidade ao ataque de pragas, e o crescimento e incremento de árvores adultas e estimação de seu volume, na tentativa de uma avaliação global.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Distribuição diamétrica

A caracterização da distribuição dos diâmetros é essencial para a pesquisa e prática florestal (JAWORSKI; PODLASKI, 2012), mesmo que os ecossistemas raramente alcancem um estado de equilíbrio com respeito à distribuição de diâmetros, esta caracterização tem elevado significado para a manutenção da estrutura da floresta pelo manejo sustentável (RUBIN et al., 2006), podendo também ser muito proveitosa em modelos de crescimento e produção (JAWORSKI; PODLASKI, 2012).

Diferentes espécies florestais podem apresentar distribuições diamétricas distintas (SOUZA et al., 2012), influenciadas por suas características ecológicas (ORELLANA et al., 2014). Espécies intolerantes ao sombreamento tendem a ter uma regeneração descontínua, e por isso apresentam uma distribuição diamétrica tendendo para a normal. Já as espécies tolerantes, possuem uma regeneração contínua e distribuição diamétrica exponencial negativa (BATISTA, 1989). Além disso, o histograma de frequência de diâmetro pode mostrar a situação atual da vegetação e indicar possíveis perturbações passadas (SOUZA et al., 2012).

A distribuição de diâmetros em florestas nativas comumente apresenta uma forma exponencial negativa (CABACINHA; CASTRO, 2010), que, em geral, indica boa capacidade de manutenção da floresta, pois a alta frequência de indivíduos nas menores dimensões garante a perpetuação das espécies (ORELLANA, et al., 2014). Contudo, também existem outros modelos de distribuição diamétrica, como a normal ou as assimétricas, que não indicam, necessariamente, a baixa capacidade de regeneração de uma espécie. Este é o caso das espécies heliófilas, que necessitam de clareiras para regeneração (SOUZA et al., 2012). Há ainda, outros fatores que podem influenciar no processo de recrutamento da espécie, e na sua distribuição diamétrica, como presença de fogo, regime de chuvas, topografia, entre outros (PRIOR et al., 2010). Também se deve considerar que a forma de distribuição exponencial negativa nem sempre está relacionada com a presença de indivíduos no estado inicial de desenvolvimento, isso pode estar relacionado a restrições edáficas (CABACINHA; CASTRO, 2010).

2.2 Distribuição espacial

Um padrão pontual compreende um conjunto de localizações de pontos, com suas coordenadas espaciais dentro de uma área de estudo específica (LLOYD, 2006). A análise dos

padrões pontuais é focada na observação dos eventos e nas inferências sobre os processos que geraram esses padrões, em geral, há duas questões de interesse, a distribuição dos eventos no espaço e a existência de interações entre eles (BIVAND et al. 2008).

A primeira descrição do padrão pontual é a estimação da densidade (BIVAND et al. 2008), que é a probabilidade de observar um evento em uma dada localização (LLOYD, 2006). A estimativa da função *kernel* ou função de intensidade dá uma idéia global das regiões com alto e baixo número de eventos por unidade de área (CRESSIE, 1991). Na estimativa da intensidade realizada pela função *kernel*, o valor da largura da banda ou raio de influência (bandwidth) deve ser escolhido com cautela, valores grandes tendem a gerar grupos pequenos, e valores pequenos geram tendência, pois aumentam a variância (CRESSIE, 1991; BIVAND et al. 2008).

A intensidade de um padrão pontual pode ser constante, resultando em um processo de Poisson homogênea, ou pode variar de localização para localização, resultando um processo de Poisson não homogênea (BADDELEY, 2010a). O conceito de processo de Poisson homogêneo é a própria definição de completa aleatoriedade espacial, o processo de Poisson não homogêneo é uma função genérica que varia espacialmente, com intensidade não constante (BIVAND et al. 2008). Dados que são não homogêneos, quando considerados homogêneos nas análises de segunda ordem podem resultar em padrão agrupado, quando na verdade há somente a não homogeneidade dos pontos (BADDELEY, 2010a). Na prática é muito difícil de distinguir efeitos de primeira (intensidade) e de segunda ordem (interação entre os pontos) (LLOYD, 2006).

Um padrão espacial pontual é, em geral, comparado com um processo espacial completamente aleatório, que de ordinário utiliza a distribuição de Poisson como referência (CRESSIE, 1991). Um processo pontual completamente aleatório assume que os eventos são distribuídos independentemente e de maneira uniforme na área de estudo, isso significa que os eventos ocorrem de maneira igual e que a presença de um evento não modifica a probabilidade de ocorrer outro evento próximo desse (BIVAND et al. 2008). Se a hipótese de completa aleatoriedade espacial é rejeitada deve-se ajustar um modelo alternativo para os dados (CRESSIE, 1991).

Muitas vezes há o interesse em saber se o padrão de distribuição é regular, aleatório ou agrupado (LLOYD, 2006). A função K, também chamada de análise reduzida de segunda ordem, é uma ferramenta apropriada para a descrição do padrão espacial, pois leva em consideração a grande abrangência de escalas (CRESSIE, 1991). A função K apresenta o

número de árvores para um determinado raio r , valores altos da função indicam agrupamento e valores baixo regularidade (PRETZSCH, 2009). Contudo, deve-se evitar observar a função K para valores muito altos de r , com relação à área de estudo, pois a função K vai se tornando incerta (DIXON, 2002). Para a verificação das hipóteses de completa aleatoriedade espacial, regularidade ou agrupamento, para a função K , são utilizados envelopes de confiança, esses são construídos pelos valores máximos e mínimos obtidos das simulações de Monte Carlo da hipótese nula de CSR (CUNHA, 2003).

As simulações são utilizadas para explorar as flutuações da amostra, e gerar a região crítica do teste. Se há uma distância particular, previamente determinada, pode-se comparar a função K , para esta distância, com o simulado. A hipótese nula é de que os dados são gerados pelo modelo com $(m+1)$ amostras independentes de uma variável aleatória (onde m é o numero de simulações), assim, as probabilidades que os dados estão acima e abaixo o valor extremo são $1/(m+1)$ cada. Como o teste é bicaudal o valor de probabilidade é $2/(m+1)$ (RIPLEY, 1977). Assim, se há o desejo de analisar as interações entre pontos de maneira que não haja uma distância previamente determinada, isto é, de maneira que se considerem todas as distâncias simultaneamente, deve-se utilizar a banda crítica simultânea (simultaneous critical bands), que apresenta a probabilidade da função K estar fora da zona crítica da banda sobre a hipótese inicial, de exatamente $1/(m+1)$ (BADDELEY, 2010a).

Dentro das análises de padrões pontuais espaciais, deve-se considerar o efeito de borda, pois o padrão observado é uma região que faz parte de outra maior. A dificuldade essencial é que os eventos não observados, que estão fora da região analisada, podem interagir com os eventos observados, sem que se tenha um apropriado conhecimento sobre isso (DIGGLE, 2003). Assim, para que não seja feita uma análise tendenciosa dos dados é necessário uma aplicação de correção de borda nas análises espaciais (BADDELEY, 2010a; CRESSIE, 1991). Na maioria das aplicações florestais tem se utilizado da correção de borda isotrópica (BATISTA e MAGUIRE, 1998) sugerida por Ripley (1977).

A função K bivariada considera o processo pontual com mais de um tipo de categoria. Assim, para qualquer par de pontos do tipo i e j , com intensidade respectivamente de λ_i e λ_j , A função de K bivariada é $1/\lambda_j$ vezes o numero de pontos esperados do tipo j dentro de uma distância r de um típico ponto do tipo i (BADDELEY, 2010b).

Geralmente a análise de processos pontuais na engenharia florestal é formada pela localização de pontos, que são as árvores, juntamente com suas características, como diâmetro à altura do peito, altura, incremento do tronco em um determinado período de tempo ou nível

de dano devido algum fator ambiental. Essa descrição caracteriza um processo pontual marcado, onde a localização das árvores é o processo pontual e as características das árvores são as marcas (STOYAN e PENTTINEN, 2000; SCHLATHER et al. 2004). No processo pontual marcado há o interesse em verificar a interação entre os pontos e as marcas (OLINDA, SCALON, 2010). Um processo pontual marcado independente tem marcas que são identicamente distribuídas e independentes da localização (SCHLATHER et al. 2004).

Para diagnosticar dependência entre pontos e marcas, pode-se utilizar a função $E(r)$ e $V(r)$. A função $E(r)$ é a média condicional da marca e a função $V(r)$ é a variância condicional da marca para um típico ponto aleatório, dado que existe outro ponto aleatório a uma distância r . Se os pontos e as marcas são independentes ambas as funções devem ser constantes e não variar com r (BADDELEY, 2010a).

Há também a função de correlação de marca que descreve se há correlação entre as marcas. Se a marca é o DAP, então frequentemente o comportamento é de valores pequenos para a função à distâncias pequenas, e para as maiores distância aumenta as flutuações ao redor do valor 1. Este comportamento indica as árvores quando próximas, devido o efeito da competição, tendem a ter diâmetros menores que a média da floresta (STOYAN e PENTTINEN, 2000, POMMERENING, 2002).

A ciência florestal ainda avança com relação à integração entre técnicas de visualização e análise de padrões pontuais. Neste contexto, pode-se destacar o pacote “spatstat” para o programa R, que é feito para aplicação das análises de padrões pontuais espaciais, abrangendo vários aspectos. O pacote apresenta a possibilidade de cálculos em áreas não regulares, de utilização de marcas nos pontos, e de multipontos (BADDELEY e TURNER, 2005).

2.3 Incremento de indivíduos jovens de cedro

O crescimento em altura das árvores geralmente ocorre em periodicidade estacional. Ele inicia vagarosamente, contudo logo sua velocidade aumenta até um ponto máximo, e a partir de então começa a declinar, formando uma curva de crescimento acumulada com forma sigmoidal (KRAMER; KOZLOWSKI, 1960; ASSMANN, 1970).

O incremento em altura, demarcado pela periodicidade do crescimento, pode ser chamado de unidade de extensão “UE” (HALLÉ et al., 1978). No cedro isto pode ser facilmente visualizado pela presença de cicatrizes, de folhas, de catafilos, e pela textura da casca (IWASAKI-MAROCHI, 2007).

Assmann (1970) afirma que a taxa anual de crescimento em altura varia com as condições climáticas. Kramer e Kozlowski (1960) alegam que o crescimento em altura é regulado principalmente por fatores genéticos internos e que somente o crescimento em diâmetro é afetado pelas variações do meio.

Contudo, já foi verificada correlação do crescimento em altura com a abertura do dossel (WEDY, 2007), entretanto essa relação se torna mais fraca com o tempo, pois as árvores da clareira tendem a crescer rapidamente e a fechar o dossel, a medida que isso ocorre o incremento em altura vai diminuindo (CHAGAS et al., 2012).

O mogno (*Swietenia macrophylla*) pode ser utilizado como um exemplo de espécie que tem maior probabilidade de sobrevivência e maior crescimento em clareiras do que no sub bosque da floresta (GROGAN et al., 2005).

A espécie em estudo, o cedro, *Cedrela fissilis* Vell também apresenta maior crescimento da regeneração em área com intervenção intermediária, contudo esse resultado provavelmente se deu devido à característica específica do estudo em questão que apresentou maior quantidade de litter nesse tratamento, e conseqüentemente manteve maior umidade do solo (GUARINO; SCARIOT, 2011) e também devido a alta luminosidade (SANTOS et al., 2006).

Contudo, Inoue (1973) conclui em seu estudo com *Cedrela* spp., que no estado juvenil, as plantas se desenvolvem melhor na sombra. Os melhores resultados obtidos em crescimento em altura em *Cedrela fissilis* foram encontrados para os tratamentos que permitiram 31 e 2,5 % de entrada de luz solar. Este resultado encontrado por Inoue (1973) pode ser justificado pelo trabalho de Yoshimura (2010) com *Cedrela sinensis*, que avaliou a influência da heterogeneidade de irradiância na copa dos indivíduos jovens, verificando que o sombreamento em geral influencia na taxa de sobrevivência das folhas, entretanto nas plantas cujo sombreamento foi homogêneo, o comportamento foi diferenciado, tendo as folhas melhor adaptação a esta situação.

Vários outros fatores podem influenciar no incremento de *Cedrela fissilis* quando em estágio de regeneração, entre eles o suprimento de nutriente do solo (RENO, et al. 1997; FREIBERGER et al. 2013), a presença de elementos tóxicos (MARQUES et al., 2000; PAIVA et al., 2000) e a presença de fungos micorrízicos (ROCHA et al. 2006) a presença de samambaia das taperas (MATOS; BELINATO, 2010), a precipitação (RUIZ et al. 2013) e a capacidade de retenção de água do solo (OLIVEIRA et al. 2008).

2.4 Pragas do cedro

2.4.1 *Hypsipyla grandella*

A *H. grandella*, como toda mariposa, apresenta quatro etapas de ciclo de vida: ovo, larva, pupa e indivíduo adulto. O ciclo de vida varia de 30 a 141 dias, depende de fatores como temperatura, entre outros (HILJE e CORNELIUS,2001). Taveras et al. (2004) verificaram que a temperatura é um dos fatores de maior influencia no desenvolvimento da mariposa: o ciclo biológico do inseto variou de 30 dias para 30°C a 104, dias para 15°C, e a maior mortalidade de larvas (90%) ocorreu na temperatura de 15°C.

Segundo Howard e Merida (2011), *Hypsipyla grandella* ataca as espécies da família Meliaceae. Árvores pequenas que tenham seus ramos terminais repetidamente atacados pela broca em sucessivos anos tornam-se extremamente deformadas. Carvalho (1981) cita, por exemplo, um plantio de cedro, no Paraná, com quatro anos de idade que foi atacado pela broca e que como consequência apresentou árvores bifurcadas e com fuste torto. Contudo, há relatos de ataques que não causaram danos às plantas, como na Flórida em mognos (*Swietenia macrophylla*) que apesar de serem comumente atacados pela broca na primavera não apresentaram dano que afetasse o crescimento e a qualidade estética das árvores maduras (HOWARD e MERIDA, 2011), e como citado por Gomes et al. (2010) em *C. odorata*.

Há evidências de que quando as árvores alcançam 6 metros de altura o risco ao dano é menor (HILJE e CORNELIUS,2001). Com altura total média de 1,08m e incremento anual em altura de apenas 22 cm com cinco anos de idade, o cedro plantado em plantio puro teve uma sobrevivência de apenas 34,4% devido ao ataque da *H. grandella* (CARVALHO, 1981). Em outro experimento feito em capoeira, a sobrevivência do cedro foi maior, em média 55%, contudo estes indivíduos apresentaram baixo crescimento devido ao ataque da *Hypsipyla grandella* (CARVALHO, 1982).

O controle da *H. grandella* é extremamente difícil, pois, apenas uma larva para causar danos ao ramo terminal (HOWARD e MERIDA, 2011; HILJE e CORNELIUS, 2001). Além do mais, mesmo com os vários estudos que visam o controle dessa praga nenhuma técnica isolada tem sido satisfatória (LUNZ, et al. 2009).

Para combater esta praga é recomendada a utilização do manejo integrado de pragas. Para isto, além de conhecer a biologia do inseto é importante o conhecimento do período crítico das árvores, que é o intervalo em que o impacto da praga é mais prejudicial, este período é considerado dos três primeiros anos do plantio. Como prática silvicultural é

recomendado o sombreamento lateral das árvores e a poda. Acredita-se que o sombreamento estimula o crescimento vertical e a auto poda. A poda tem a função de eliminar os galhos com dano e conduzir seu crescimento de modo que não se perceba que ali houve lesão. Com relação ao controle biológico foram identificadas 11 espécies de parasitas, contudo, apesar destes inimigos estarem presentes nas florestas eles não são eficientes no controle da praga em plantações (HILJE e CORNELIUS,2001).

2.4.2 Problemas com ataque de serrador

Reitz et al. (1983) relataram a ocorrência de ataques, em pequena escala, de serrador (*Oncideres* sp.) em *Cedrela fissilis*. Este gênero de inseto, pertence à Ordem Coleoptera e a Família Cerambycidae. No Brasil ocorre desde Minas Gerais até o Rio Grande do Sul. As fêmeas anelam galhos ou troncos e ali depositam seus ovos, pois as larvas necessitam de madeira morta e lenho para se desenvolver, ocorrem de novembro a fevereiro (COSTA et al., 2011).

A localização das larvas de *Oncideres impluviata* em galhos atacados abrange, a partir da base do galho, comprimentos entre 10 cm e 40 cm (COSTA et al. 1992; LINK e COSTA, 1993). A dimensão das árvores atacadas varia com as espécies do gênero *Oncideres*. *Oncideres captiosa* ataca galhos com menor dimensão que *O. impluviata* (LINK e COSTA, 1993) que corta galhos com diâmetro em torno de 1,2 cm, enquanto o *Oncideres saga* ataca galho com diâmetro médio de 4,2 cm (LINK e COSTA, 1988).

2.5 Crescimento e incremento em diâmetro

O crescimento em diâmetro ocorre a partir dos produtos da fotossíntese e é influenciado pelas condições do meio, principalmente com relação à disponibilidade hídrica (KRAMER e KOZLOWSKI, 1960). Todo o ano, devido à atividade cambial, as árvores crescem em diâmetro, formando os anéis de crescimento (SILVA e NETO, 1979).

A formação dos anéis de crescimento anuais em árvores de zonas tropicais e subtropicais não é bem conhecida, já que nessas áreas não há tanta demarcação climática como nas zonas temperadas. Existem árvores tropicais que podem formar mais de um anel no decorrer de um ano, ou por vezes, podem não formar anel em determinada porção do tronco da árvore (ZIMMERMANN; BROWN, 1977). Contudo, atualmente pode-se contar com vários trabalhos que demonstram que diversas espécies das áreas tropicais e subtropicais

possuem anéis visíveis e distintos, dentre eles cita-se Boninsegna et al. (1989), Mattos (1999), Botosso et al. (2000), Maria (2002), Munareto (2007), Mattos et al. (2004), Brienem e Zuidema (2005), Callado e Guimarães (2010). Em muitas árvores tropicais e subtropicais, os anéis correspondem aos períodos de chuva e de seca, de inundação, de queda das folhas e/ou simplesmente de dormência (BOTOSSO e MATTOS, 2002).

Segundo Morey (1980) o aumento da circunferência do tronco pode ser explicado pela regulação das concentrações de auxina vinda da copa. Entretanto, isso não exclui a influência indireta de uma grande gama de fatores ambientais que alteram o crescimento da copa da árvore, pois a maior ou menor quantidade de auxina está associada ao nível de atividades da espécie, o que depende dos fatores ambientais.

O tamanho da copa e a luminosidade incidente estão relacionados com a capacidade fotossintética e, portanto, são importantes parâmetros tanto para estudos de árvores individuais. A correlação entre diâmetro de copa e DAP já é bem conhecida, sendo que o primeiro trabalho desenvolvido sobre este assunto foi realizado em 1903, em *Fagus* sp. (HEMERY et al., 2005). A relação entre alongamento da copa e incremento diamétrico para a espécie *Cedrela fissilis* já foi bem caracterizada (CUNHA et al., 2013).

Em modelagem do incremento de *Cedrela odorata* as características que entraram no modelo foram variáveis morfométricas principalmente as ligadas à copa, e a competição, contudo a competição influenciou de maneira diferente para cada tamanho da árvore, árvores de menores tamanhos não demonstraram influência da competição (CUNHA, FINGER; 2013).

2.6 Volume e forma da árvore

O fator de forma surgiu de maneira a suprir as dificuldades em enquadrar as árvores nos estudos das formas dos sólidos, ele foi, portanto, concebido para coordenar os estudos de forma e volume (HUSCH et al. 2003). Quanto menor é o fator de forma, maior é o valor de desconto do volume do cilindro, indicando que a árvore tem forma mais cônica (FINGER, 1992).

O fator de forma pode apresentar ampla variação, como por exemplo, para estimativa de volume total de canjerana o fator de forma variou de 0,94 a 0,40 (DURLO, DENARDI, 1998), pois é influenciado pelo sítio, classe diamétrica (SOUZA, JESUS, 1991; MIGUEL et al., 2011), e pelo vento. Santana, Imaña-Encinas (2013) verificaram em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* que as árvores mais próximas da borda da floresta e que sofrem mais

intensamente a influencia do vento apresentam fatores de forma menores do que as árvores do interior da floresta.

Verificando o comportamento do fator de forma para louro-pardo, *Cordia trichotoma* (Vell) Arrab. ex steud averiguou-se que esta espécie aumentou com o crescimento em diâmetro e isto foi relacionado com a alta competição ao redor das árvores analisadas (WEBER et al., 2002). Contudo, esse comportamento também foi verificado para várias outras espécies nativas como a canela-amarela, *Nectandra megapotamica* (TONINI, et al., 2003), a congonha, *Ilex brevicuspis* Rei ssek., o cocão (*Erythroxylum deciduum* A.St.-Hil.), o tarumã-de-espinho (*Cytharexylum montevidense* Sprenger) e a capororoca (*Rapanea ferruginea* (Ruiz e Pavon) Mez) (SPATHELF et al., 2001). Em plantios de teca (*Tectona grandis* L.f.), o fator de forma também diminui com o aumento do DAP, indicando que os indivíduos menores são suprimidos, e assim tendem a uma forma mais cilíndrica (FIGUEIREDO et al., 2005).

O estudo da variação do incremento ao longo do fuste de *Pinus taeda* L. possibilitou a averiguação de que árvores com menor competição apresentavam maior incremento na base da árvore, enquanto árvores que estavam sob maior influencia da competição tiveram um máximo de incremento em área transversal à 50% da altura do total da árvore, essa situação pode reverter conforme a condição ambiental, ou seja, quando a árvore for liberada novamente, os incrementos passam outra vez a ser maiores na base da árvore (ANDRADE et al., 2007). Este comportamento também foi relatado por Asmmann (1970).

Entretanto, apesar da facilidade de obter estimativas de volume com o fator de forma (FIGUEIREDO et al., 2005) a medida mais precisa para a estimativa de volume é o uso das equações de volume (FRAGA, et al., 2014). O volume das árvores pode ser estimado por modelos de simples entrada, que utilizam somente o diâmetro como variável independente, ou dupla entrada, que permite empregar como variáveis independentes o diâmetro e a altura, ou uma combinação destas (SCHNEIDER, 2009). Os modelos de simples entrada têm utilização restrita aos locais que geraram os modelos, e por áreas em que as árvores tenham relação hipsométrica (H/DAP) similar, portanto, devem ser utilizados com cuidado, pois podem apresentar tendenciosidade (LOETSCH et al. 1973), já os modelos de dupla entrada produzem estimativas de volume mais acuradas (MIGUEL et al, 2010) e são, portanto, mais flexíveis e mais utilizados, há ainda um grupo de modelos de volume que incluem uma terceira variável independente, como o valor do diâmetro na base do tronco, altura de copa, entre outros (LOETSCH et al. 1973).

Dentre os modelos testados para estimativa de volume, destaca-se o modelo de Shumacher e Hall, pois foi eficiente para estimar o volume de diversas espécies diferentes (COLPINI et al., 2009, SOUZA, JESUS, 1991, MÜLLER, et al. 2014, TONINI, et al, 2009, AZEVEDO, et al. 2011). Há ainda outros modelos que se destacam, conforme a espécies florestal, como o Stoate (FRAGA, et al., 2014, SILVESTRE et al. 2014), Spurr (AZEVEDO, et al. 2011), entre outros.

Artigo 1 – CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO E DA ESPÉCIE

1.1 Áreas de estudo

O clima das áreas estudadas foi classificado como Cfa, conforme Köpen, caracterizado por apresentar verões quentes, temperatura média anual de 19°C, temperatura média do mês mais quente superior a 22°C, e temperatura média do mês mais frio superior a 3°C, precipitação anual média de 1769 mm sem estação seca definida (MORENO, 1961). O solo predominante na região é o Neossolo Litólico Húmico típico (EMBRAPA, 2006), caracterizado por ser pouco profundo, bem drenado e encontrado entre as superfícies onduladas do início do Planalto. O uso destes solos é dominado por pastagens, culturas anuais e áreas de vegetação secundária. São solos aptos a usos menos intensivos, principalmente à silvicultura (DALMOLIN et al., 2008). A formação florestal da região foi classificada como Floresta Estacional Decidual (IBGE, 2004).

1.1.1. Silveira Martins

O estudo sobre distribuição diamétrica, distribuição espacial das árvores, distribuição espacial de plantas atacadas, crescimento de indivíduos jovens e crescimento de árvores adultas foi realizado no município de Silveira Martins na localidade de Val Feltrina, no Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1.1). A área avaliada é constituída por trechos em diferentes estágios de regeneração, decorrente de diferentes usos do solo e englobam várias propriedades rurais.

Na região predominam ventos do sudeste, que podem variar na direção de sul até nordeste, mas é com maior frequência de direção sudeste, e tem intensidade fraca a moderada. Há o vento Minuano com direção do quadrante oeste com velocidade fraca a moderada, e o vento Norte com direção média do quadrante norte, com velocidade de moderada a forte, podem chegar a velocidades superiores a 50km/hora (HELDWEIN et al. 2009).

1.1.2 Agudo

O estudo sobre a forma das árvores, crescimento e incremento em diâmetro também foi realizado em uma propriedade particular, no município de Agudo, RS (Figura 1.1). A área sofreu corte raso no início da década de 1990, com retirada da lenha, e queimada. Logo após

foi cultivada uma safra de milho na área, sem revolvimento do solo, seguido de pousio. A floresta se encontra em estágio intermediário a maduro de regeneração, caracterizada por espécies como canela-preta (*Nectandra megapotamica* Mez.); cedro (*Cedrela fissilis* (Vell.)); canjerana (*Cabraelea canjerana* (Vellozo) C. Martius); canela-guaicá (*Ocotea puberula* (Rich.) Nees), entre outras. A floresta pode ser caracterizada como em sistema de talhadia, pois, devido as intervenções antrópicas várias árvores são provenientes de brotações.

1.1.3 Santa Maria

O estudo sobre a forma das árvores, crescimento e incremento em diâmetro também foi realizado na Fepagro: Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa de Recursos Florestais. O estudo do crescimento também abrangeu a área do no Campo de Instrução de Santa Maria (CISM) pertencente ao exército Brasileiro, e a região de Arroio Grande. Todas as áreas estão situadas no município de Santa Maria, RS (Figura 1.1). Os cedros coletados da FEPAGRO são provenientes da regeneração natural em uma área de plantio de canafistula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) realizado em 1982. As árvores coletadas no CISM são provenientes de floresta natural, e as árvores de Arroio Grande, são provenientes das propriedades rurais locais, sendo caracterizados de um modo geral, por estarem em condições de bordadura ou livres.



Figura 1.1 - Localização das áreas de estudo: Santa Maria, Silveira Martins e Aguda, RS. Adaptado de Google Maps.

1.2 Especificações das áreas de estudo

1.2.1 Distribuição diamétrica e distribuição espacial das árvores sadias e atacadas

As plantas medidas para os estudos sobre distribuição diamétrica, distribuição espacial das árvores de cedro e distribuição espacial de plantas atacadas, foram encontradas por censo a partir de caminhamento em uma área de 5,55 hectares com floresta secundária na região de Val Feltrina, com estado variando de regeneração inicial à regeneração intermediária, com algumas manchas de florestas maduras nos locais de difícil acesso, devido a topografia e provavelmente sem a presença de cedros devido a elevada pedregosidade e incidência de cipós (Figura 1.2). A área amostrada tem forma irregular em função da elevada declividade e instabilidade do terreno. Todos os cedros encontrados com altura superior a 15 cm tiveram suas coordenadas obtidas com GPS Garmin (76 CSX map), utilizando a função média, com coleta de aproximadamente 20 pontos em cada planta.

Como a floresta apresenta variações no estágio de regeneração a área foi dividida em quatro categorias: área A, com 0,36 hectares, caracterizada pelo uso mais intenso de solo e por possuir menor densidade total de árvores; área B, com 0,1 hectares, caracterizada como uma clareira com raio aproximado de 17,5 m; área C, com 0,08 hectares é outra clareira com raio aproximado de 16 m, área D com 5,0 hectares, caracterizada por apresentar regeneração em fase intermediária (Figura 1.2). A área D é composta por um mosaico de vegetações com diferentes idades. Ou seja, haviam áreas de lavoura abandonada, cujo dossel apresentava uma altura média de 10 m, até áreas de vegetação mais velha, com dossel acima de 15 m.

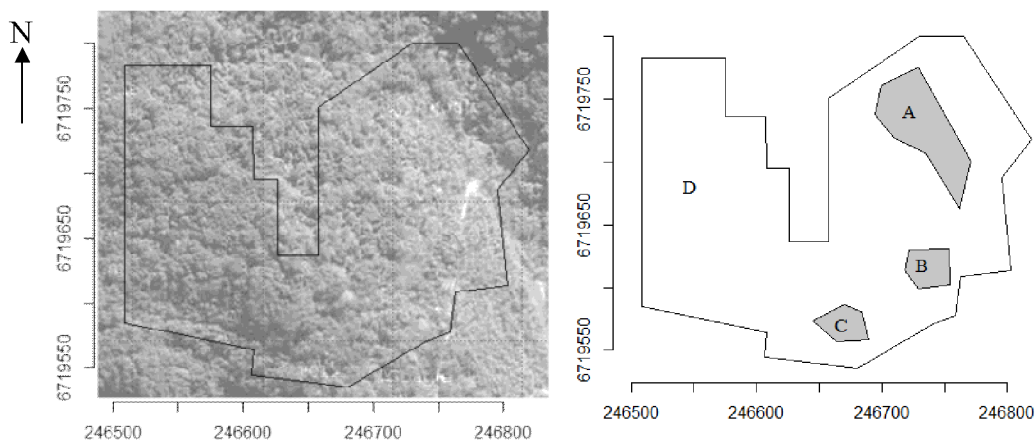


Figura 1.2 - Área de estudo na região de Val Feltrina, município de Silveira Martins RS, localizado na zona SH 22 e classificação da área de floresta em estágio de regeneração inicial, área em cinza (A, B e C) e em floresta de regeneração avançada, área branco (D).

1.2.2 Crescimento de indivíduos jovens

As plantas de cedro medidas para a análise de crescimento de indivíduos jovens foram encontradas na região, contudo em área mais ampla que a delimitada na Figura 1.2. Cada planta foi marcada com tinta amarela e teve sua posição obtida com GPS Garmin (76 CSX map). A região de caminamento abrangeu área de diferentes estágios sucessionais. Assim, a floresta foi classificada conforme sua característica: a floresta em estágio inicial de regeneração foi considerada de classe 0; as áreas de clareiras em florestas maduras foram denominadas de classe 1; as florestas em estágio de regeneração intermediário de classe 2.

A floresta de estágio inicial de regeneração (classe 0) foi caracterizada por elevada ocorrência da samambaia das taperas (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), indicadora de solo ácido e de baixa fertilidade (LORENZI, 2000), e presença de espécies exóticas, como goiabas (*Psidium guajava* L.) (Figura 1.3A).

A clareira (classe 1) foi formada pela queda de uma árvore de cedro que ocasionou grande abertura do dossel, apesar da característica florestal da área da clareira é de floresta madura, a clareira apresenta em seu interior elevada densidade de cipós e indivíduos com baixos diâmetros, sendo que indivíduos de dimensões elevadas estão mais restritos à borda da clareira.

A floresta em estágio de regeneração intermediária (classe 2) é uma floresta secundária de aproximadamente 15 anos, caracterizada pela presença das espécies camboatá-vermelho (*Cupania vernalis* Cambess.), canela-do-brejo (*Machaerium paraguariense* Hassl.), angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan), canela-preta (*Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez), sabão-de-soldado (*Quillaja brasiliensis* (A.St.-Hil. & Tul.) Mart.), cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), entre outras (Figura 1.3B) (MEYER, 2011).



Figura 1.3 - Áreas de estudo no município de Silveira Marins, localidade de Val Feltrina, RS, em estágio inicial de regeneração (A) e em estágio de regeneração intermediário (B).

1.3 Caracterização da espécie em estudo: *Cedrela fissilis* (Vell.)

Conforme Reitz et al. (1983), *Cedrela fissilis* (Vell.) pode atingir alturas entre 25 e 35 m e diâmetro a altura do peito (DAP) entre 60 e 150 cm. Pode apresentar tronco cilíndrico longo reto ou pouco tortuoso, copa arredondada, folhagem densa composta por folhas longas decíduais (com queda no outono-inverno), alternas, compostas, de 60 a 120 cm de comprimento por 20 a 30 cm de largura. Cada folha tem geralmente de 24 a 30 folíolos opostos ou alternos. Floresce durante os meses de setembro a dezembro. Os frutos amadurecem após a queda das folhas em julho e agosto. A distribuição desta espécie no Brasil abrange desde o Rio Grande do Sul até Minas Gerais (LORENZI, 1992).

A madeira apresenta ótimas propriedades físicas e, além de ter boa trabalhabilidade, apresenta grande durabilidade. Utilizada em compensados, obras de talha, esculturas, móveis em geral, marcenaria, carpintaria, esquadrias, madeira de construção cível, naval e aeronáutica (REITZ et al., 1983).

Segundo Reitz et al. (1983) é uma espécie heliófita e higrófila. Já Lorenzi (1992) a classifica como heliófita ou esciófita. A categoria de sucessão do cedro varia conforme os autores. Reitz et al., (1983) consideram esta espécie como pioneira, pois é encontrada em capoeirões, matas secundárias ou matas semi devastadas. Vaccaro et al. (1999) classificaram

a espécie como secundária inicial, pois apesar de terem encontrado alguns indivíduos em capoeirão, a espécie apresentou expressiva quantidade de indivíduos em floresta secundária. Também é classificada como secundária inicial por Martins e Rodrigues (2002).

A baixa densidade de cedros encontrada nas matas é consequência de sua característica oportunista, ou seja, a espécie se desenvolve plenamente somente em clareiras (CARVALHO, 2003). Contudo, Martins e Rodrigues (2002), pesquisando em 10 clareiras, encontraram apenas um indivíduo de cedro. Em contrapartida, a variação da densidade na floresta estacional decidual, quando considerada uma amostragem a partir de 10 cm de DAP, é alta, variando de 1,9 (FARIAS, et al, 1994), 6,43 (HACK et al, 2005), e 13,35 (BRENA; LONGHI, 2002) e, quando considerada uma amostragem com DAP a partir de 5 cm, a densidade variou de 5,6 (LONGHI, 1999) à 9 (SCIPIONI et al. 2011).

Paiva e Poggiani (2000), estudando crescimento de cinco espécies de mudas plantadas em floresta em estágio médio de regeneração (capoeira), verificaram que a espécie cedro foi a que melhor cresceu, tendo as mudas inicialmente altura média de 24,7 cm e 5,4 cm de diâmetro de colo, em média, crescimento de 25,6 cm em altura e 5,9 cm de diâmetro de colo em 13 meses. O cedro apresenta destaque no incremento, quando comparada à outras espécies, Os incrementos variaram em função das classes de diâmetro, da vitalidade, posição sociológica (SCHAAF et al., 2005). Mattos (1980) afirma que em boas condições o cedro chega a crescer 1,5 m em altura no primeiro ano.

Apesar de Reitz et al. (1983) indicarem o cedro como um espécie muito promissora para os reflorestamentos comerciais eles citam um grande problema que é o relacionado a larva da mariposa *Hypsipyla grandella* Zell.. Esta larva ataca os frutos e os caules. Carvalho (2003) também se refere à mariposa como o principal problema ao cultivo em plantios de cedro, pois o ataque das gemas apicais pela broca leva ao desenvolvimento arbustiforme e em alguns casos à morte.

O plantio consorciado é recomendado para evitar o ataque da broca. Cita-se que é necessária a aplicação de desbaste ralo ao redor do cedro, para manter meia sombra e umidade à planta de cedro (MATTOS, 1980). Lorenzi (1992) também não recomenda plantios homogêneos devido a ataques da broca do cedro.

Carvalho (2003) sugere que em floresta o plantio do cedro deve ser feito em faixas abertas, e recomenda que a densidade de plantio não ultrapasse 100 árvores por hectare. Carvalho (1982) aconselha, em capoeira de 10 a 14m de altura, realizar o plantio de cedro com aberturas de 2 ou 3 m de largura.

1.4 Referência

BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Inventário Florestal. In: ITAQUI, J. (Org.) Quarta Colônia: inventários técnicos. Santa Maria: Condesus- Quarta Colônia, 2002. p. 34-136,.

CARVALHO, P. E. R. Comparação de espécies nativas, em plantio em linhas em capoeira, na região de Irati-PR – resultados aos sete anos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.5, p.53-68, dez.1982.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo: Embrapa Florestas, 2003, p.385-393.

DALMOLIN, R. S. D., et al. Solos do município de Silveira Martins: características, classificação, distribuição geográfica e aptidão agrícola. Santa Maria: Orium, 2008. 73 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema de Classificação Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: 2006. 306 p.

FARIAS, J. A. C.; TEIXEIRA, I. F.; PES, L.; ALVARES FILHO, A. Estrutura fitossociológica de uma floresta estacional decidual na região de Santa Maria, RS. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.4, n.1, p. 109-128, 1994.

HACK, C.; LONGHI, S. J.; BOLIGON, A. A.; MURARI, A. B.; PAULESKI, D. T. Análise fitossociológica de um fragmento de floresta estacional decidual no município de Jaguari, RS. *Ciência Rural*, Santa Maria, v35, n.5, p.1083-1091, set-out, 2005.

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência e Ambiente**. n.38, jan/jun.. 2009

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Mapa de Vegetação Brasil**, 2004. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/>. Acesso em: 25 ago. 2009.

LONGHI, S. J.; NASCIMENTO, A. R. T.; FLEIG, F. D.; DELLA-FLORA, J. B.; FREITAS, R. A., CHARÃO, L. W. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal no município de Santa Maria-Brasil. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.9, n.1, p.115-133. 1999.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil, Nova Odessa, SP. Ed. Plantarum, p.241. 1992.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas, Nova Odessa, SP. Ed. Plantarum, p.37. 2000.

MARTINS, S. V; RODRIGUES, R. R. Gap-phase regeneration in a semideciduous mesophytic forest, south-eastern Brazil. **Plant Ecology**00: 1–12, 2002.

MATTOS, J. R. **Contribuição ao estudo do cedro – Cedrella fissilis Vell.** Publicação: N.º4. Porto Alegre. 1980. 54p.

MEYER, E. A. **Densidade de árvores por diâmetro na floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul.** 2011. 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul,** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961, 41 p.

PAIVA, A. V. de; POGGIANI, F. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas plantadas no sub-bosque de um fragmento florestal. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 141-151, jun. 2000.

REITZ, R.; KLEIN, R. M. ; REIS, A. **Projeto Madeirado Rio Grande do Sul.** Porto alegre: sudesul-gers-ibdf, 1983. 525 p.

SCHAAF, L. B., FIGUEIREDO FILHO, A., SANQUETTA, C. R., GALVÃO, F. Incremento diamétrico e em área basal no período 1979-2000 de espécies arbóreas de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do Paraná. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 35, n. 2, mai./ago. 2005.

SCIPIONI, M. C.; FINGER, C. A. G.; CANTARELLI, E. B.; DENARDI, L. MEYER, E. A. Fitossociologia em fragmento florestal no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 409-419, jul.-set., 2011.

VACCARO, S; LONGHI S. J; BRENA D. A. Aspectos da composição florística e categorias sucessionais do estrato arbóreo de três subseres de uma floresta Estacional Decidual no município de Santa Tereza - RS **Ciência Florestal** Santa Maria v.9 n.1 p1-18. 1999.

ARTIGO 2 - DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Cedrela fissilis* VELL. EM FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL SECUNDÁRIA

2.1 INTRODUÇÃO

A análise da distribuição diamétrica de espécies arbóreas em ecossistemas florestais é empregada para caracterizar tipologias vegetais, estágios sucessionais, estados de conservação, regimes de manejo, grupos ecológicos de espécies (SOUZA; SOARES, 2013). Florestas e espécies com boa capacidade de regeneração apresentam distribuição diamétrica com forma exponencial negativa (ORELLANA, et al., 2014), já espécies heliófilas, que necessitam de luminosidade para continuidade da regeneração, apresentam distribuição com forma normal ou assimétrica (SOUZA et al., 2012).

Além do mais, o exame sobre a distribuição diamétrica pode auxiliar como guia de corte, e na verificação da sustentabilidade ambiental do manejo (SOUZA, SOARES, 2013), principalmente na análise sobre a capacidade de regeneração da florestal (SILVA, FELFILI, 2012). Assim, a relação da distribuição de diâmetros com o manejo é fundamental, pois permite inferir sobre o ingresso, mortalidade e histórico de desenvolvimento de espécies (REIS et al., 2014).

Em uma área florestal manejada, o planejamento sobre a área basal remanescente pode ser determinada com vista na distribuição diamétrica e o diâmetro máximo desejado (SCHNEIDER, 2009). Somente as informações sobre incremento não são suficientes para avaliar a recuperação da floresta, sendo necessário considerar a distribuição diamétrica remanescente (BRAZ et al., 2012).

Assim, o presente estudo teve o objetivo de caracterizar a distribuição diamétrica de *Cedrela fissilis* Vell., em uma área de regeneração e analisar a influência das clareiras e de área com maior uso de solo na distribuição diamétrica.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em Silveira Martins, na região de Valfeltrina. Foram consideradas árvores adultas aquelas com DAP superior à 10 cm, árvores jovens aquelas com DAP entre 10 e 0 cm, e plantas juvenis aquelas sem DAP, ou seja, as plantas de 0,15 à 1,30 cm de altura.

As áreas foram divididas nas categorias: de área com uso mais intensivo do solo (categoria A), de clareira (categoria B e C) e de regeneração intermediária (categoria D) (Figura 1.2).

Foram confeccionados histogramas de distribuição diamétrica para cada classe de tamanho de árvores (adultas, jovens e juvenis), para área total e para cada categoria de área e gráficos box-plot do diâmetro.

Em geral, a definição do número de intervalos de classe é arbitrária e depende da natureza dos dados, dos objetivos do estudo, entre outros fatores. Os critérios comumente definidos para a divisão de classe, como a fórmula de Sturges, também são arbitrários (MILONE, 2009).

A distribuição diamétrica foi calculada para diferentes áreas com diferente número total de indivíduos, a utilização de fórmulas para determinação do número de classes geraria diferentes intervalos para cada área de estudo, assim, para facilitar a comparação entre os dados, estipulou-se o mesmo número de intervalos de classe para todas as áreas. As árvores adultas tiveram um intervalo de classe de 10 cm, as árvores jovens de 2 cm e as plantas juvenis de 1 cm.

As análises foram realizadas em ambiente estatístico R (R CORE TEAM, 2013).

2.3 RESULTADOS

Foram localizadas 42 árvores adultas (7,6 indivíduos/ha), 225 jovens (40,9 indivíduos/ha) e 146 juvenis (26,5), totalizando 413 plantas de cedro. As plantas amostradas variaram entre 0,15 e 23,00 metros de altura (média=3,4; desvio padrão= \pm 3,7). As plantas adultas apresentaram DAP médio de 21,8 \pm 13,3 cm, e altura média de 12,1 \pm 3,7 m, as plantas jovens apresentaram DAP médio de 3,2 \pm 3,4 cm e altura média de 3,4 \pm 2,0 m e as plantas juvenis obtiveram diâmetro do coleto médio de 1,8 \pm 1,2 cm e altura média de 1,1 \pm 1,7 m. As distribuições diamétricas de cada classe de tamanho tiveram forma exponencial negativa, com exceção das juvenis que apresentaram forma assimétrica (Figura 2.1).

A distribuição de “J” invertido é típica de florestas inequiâneas (CABACINHA; CASTRO, 2010), e indica que a espécie se apresenta de forma bem estocada, com boa capacidade de regeneração e de se manter no ambiente (ORELLANA et al., 2014). A distribuição em J invertido também foi encontrada por GRAU (2000) para *Cedrela lilloi* C. DC.

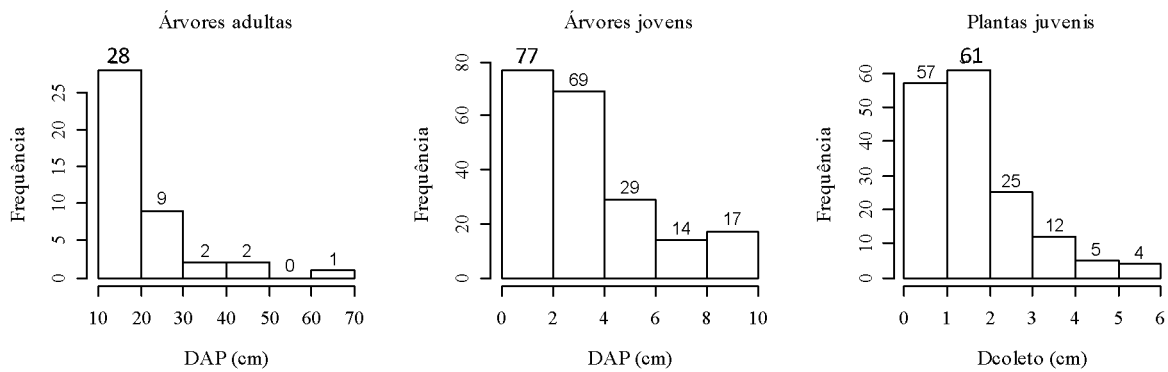


Figura 2.1 - Estrutura diamétrica dos cedros em floresta secundária, em Silveira Martins/RS

Contudo outros estudos mostram que o cedro pode apresentar uma distribuição diamétrica unimodal assimétrica (MACHADO et al., 2009; FIGUEIREDO FILHO et al., 2010; ORELLANA et al., 2014). A maior frequência de indivíduos em dimensões intermediárias pode indicar baixo estabelecimento de novos indivíduos, e que a espécie necessita de clareiras para regeneração (SOUZA et al., 2012). O que é condizente com a espécie em estudo, caracterizada como semi-heliófila, oportunista, que se regeneram preferencialmente em clareiras, ou em áreas abandonadas por outras atividades (CARVALHO, 2003).

De acordo com TONHASCA JR. (2005), após a ocorrência de um distúrbio, a área afetada, dependendo do grau de degradação, é colonizada por espécies pioneiras, que tipicamente apresentam alto crescimento, alto poder reprodutivo, baixa longevidade e são adaptadas a ambientes instáveis. Com o passar do tempo, as pioneiras são gradualmente substituídas por espécies de maior poder competitivo e adaptadas a ambientes mais estáveis. Por isso, se espera que o cedro apresente uma distribuição diamétrica variável em função das características da vegetação analisada, principalmente o grau de distúrbio da mesma.

Assim, a distribuição em J invertido obtida no presente estudo, considerando a totalidade da área, pode ser devido a característica do estágio sucessional, ou seja, a área encontra-se em um estágio de sucessão que ainda permite uma regeneração satisfatória de cedro. Além do mais, cabe ressaltar que nem sempre a forma de exponencial negativa significa que a espécie esteja em equilíbrio (RUBIN et al., 2006).

O histograma de diâmetro das plantas juvenis não teve uma forma de J invertido perfeito, tendendo mais para uma forma assimétrica (Figura 2.1), isso pode indicar variações nos anos de frutificação e conseqüentemente na dispersão e germinação das sementes de cedro (GRAU, 2000).

Há grande relação entre a fenologia e o clima, contudo a fase da frutificação apresenta interações mais complexas que envolvem outros mecanismos além dos relacionados com o clima (ALBERTI, 2002). Além do mais, há ainda a ocorrência de lagartas da *Hypsipyla grandella* nos frutos (CORVELLO et al., 1999), o que também pode influenciar na distribuição e germinação das sementes, além das condições climáticas que influenciam na germinação.

Nas diferentes áreas amostradas, a distribuição da frequência de indivíduos pelos diâmetros para as árvores adultas não foi feito, pois as árvores adultas ocorreram somente na área de regeneração intermediária (área D). A distribuição de frequência dos diâmetros para as plantas jovens apresentou forma assimétrica somente na área A, as demais áreas foram representadas pela curva exponencial negativa (Figura 2.2). O gráfico Box-plot ainda indicou que a área A apresenta a maior variação de diâmetros e a área C apresenta os menores diâmetros (Figura 2.3)

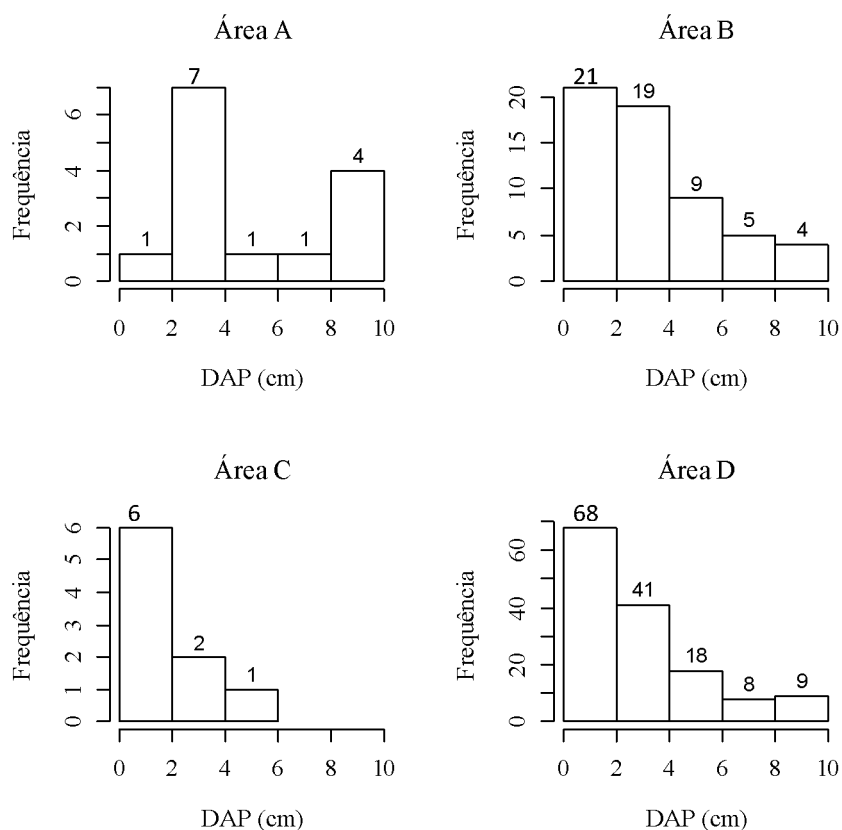


Figura 2.2 - Estrutura diamétrica de cedro jovens em área com uso intensivo de solo (área A), em área de clareira com raio de 17,5 m (área B) em área de clareira com raio de 16 m (área C) e área de regeneração intermediária (área D), Silveira Martins/RS.

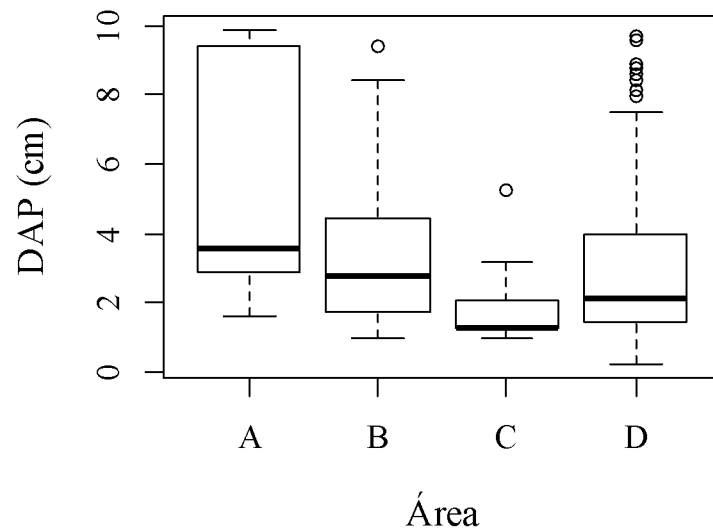


Figura 2.3 – Boxplot dos diâmetros de cedro jovens em área com uso intensivo de solo (área A), em área de clareira com raio de 17,5 m (área B) em área de clareira com raio de 16 m (área C) e área de regeneração intermediária (área D), Silveira Martins/RS.

Contudo, para a distribuição de diâmetro de coleto das plantas juvenis somente a área A teve a forma exponencial negativa, enquanto as outras tiveram foram assimétrica (Figura 2.4). A forma assimétrica dos indivíduos juvenis na área A pode estar indicando que a regeneração nesta área está descontínua. O gráfico Box-plot das árvores jovens indica semelhança da média de diâmetros para todas as áreas (Figura 2.5).

A análise conjunta dos histogramas em função da área de ocorrência demonstra que a área A se diferencia das demais. A forma exponencial negativa para as plantas juvenis e assimétrica para as árvores jovens indica que essa área pode estar ainda em estágio inicial de colonização, pois sua regeneração permanece contínua, enquanto a ocorrência de plantas jovens, que indicariam a colonização apresenta histograma descontínuo. Portanto, o intenso cultivo agrícola ao qual esta área foi submetida no passado pode ter ocasionado restrições edáficas que no presente podem estar limitando o crescimento das plantas de cedro. Cabacinha e Castro (2010) verificaram que limitações edáficas restringiram a presença de indivíduos maiores.

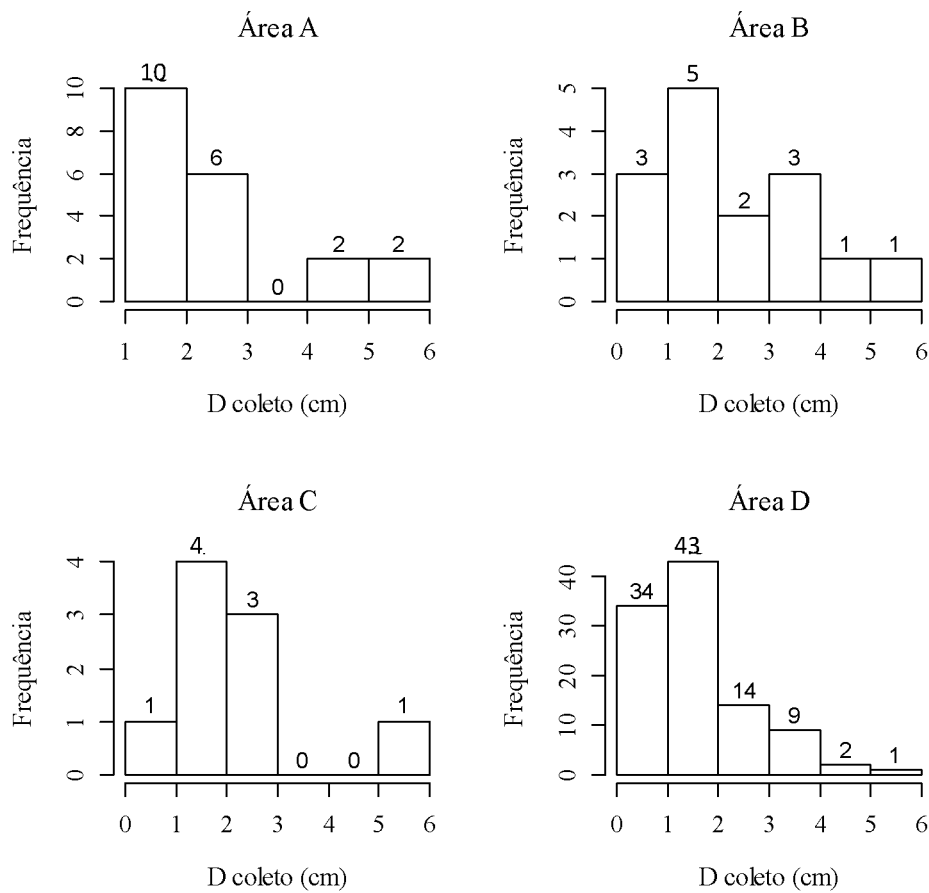


Figura 2.4 - Estrutura diamétrica do colete de plantas juvenis de cedro em área com uso intensivo de solo (área A), em área de clareira com raio de 17,5 m (área B) em área de clareira com raio de 16 m (área C) e área de regeneração intermediária (área D), Silveira Martins/RS.

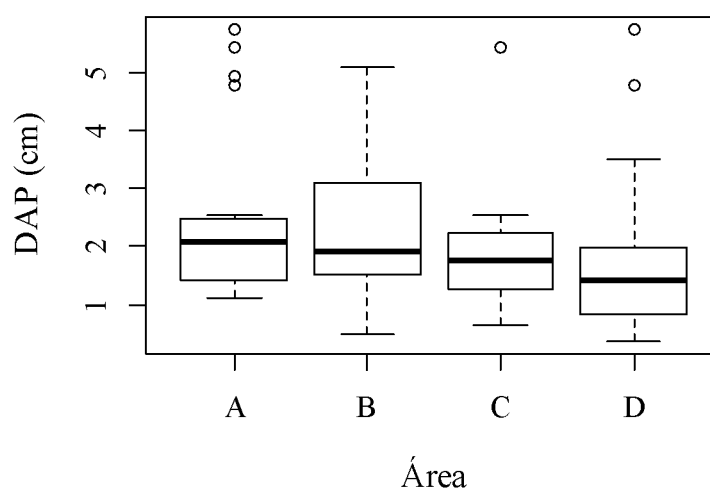


Figura 2.5 – Boxplot dos diâmetros do colete de plantas juvenis de cedro em área com uso intensivo de solo (área A), em área de clareira com raio de 17,5 m (área B) em área de clareira com raio de 16 m (área C) e área de regeneração intermediária (área D), Silveira Martins/RS.

Nas outras áreas que apresentam a forma da distribuição de diâmetros assimétrica para as plantas juvenis e exponencial negativa para as árvores jovens, a regeneração do cedro está se tornando descontínua. Conforme PRIOR et al. (2010), a menor quantidade de plantas juvenis nas menores dimensões pode indicar que houve no passado uma condição climática mais propícia para o recrutamento da espécie. Entretanto, outra hipótese para a menor frequência das plantas juvenis nas menores dimensões, é a de que as clareiras, já estando colonizadas pelas árvores jovens, apresentam espaço reduzido para a regeneração de plântulas, pois o ingresso de indivíduos em um povoamento florestal depende da existência de espaço suficiente para o estabelecimento da regeneração e subsequente crescimento das novas árvores. (SMITH, 1962).

2.4 Conclusão

A forma exponencial negativa dos histogramas de diâmetros dos indivíduos jovens e adultos de cedro indica que a área está em estágio de regeneração.

A distribuição diamétrica de indivíduos jovens e juvenis de cedros não diferiu entre as clareiras e a área em estágio inicial de regeneração.

A distribuição diamétrica foi diferente para a área de uso mais intensivo do solo, indicando que essa área apresenta regeneração de cedro mais lenta.

2.5 Referências bibliográficas

ALBERTI, L. F. **Fenologia de uma Comunidade Arbórea em Santa Maria, RS**. 2002, 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

BRAZ, E. M., SCHNEIDER, P. R., MATTOS, P. P. THAINES, F., SELLE, G. L., OLIVEIRA, M. F., OLIVEIRA, L. C. manejo da estrutura diamétrica remanescente de florestas tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 787-794, out.-dez., 2012.

CABACINHA C.D.; CASTRO S.S. Estrutura diamétrica e estado de conservação de fragmentos florestais no cerrado brasileiro. **Floresta e Ambiente**.v. 17 n.1, p. 51-62, 2010.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Volume 1, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.

CORVELLO, W. B. V.; VILLELA, F. A.; NEDEL, J. L.; PESKE, S. T. Maturação fisiológica de sementes de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 21, nº 2, p.23-27, 1999.

FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; STEPKA, T. F.; SAWCZUK, A. R. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 763-776, out./dez. 2010.

GRAU, H. R. Regeneration patterns of *Cedrela lilloi* (Meliaceae) in northwestern Argentina subtropical montane forests. **J. Trop. Ecol.** V. 16, p 227-242, 2000.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual da Vegetação Brasileira**. 2ª edição, Rio de Janeiro/Brasil, 2012.

MACHADO, S. do A.; AUGUSTYNCZYK, A. L. D.; NASCIMENTO, R. G. M. ; TEO, S. J.; MIGUEL, E. P.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R. da. Funções de distribuição diamétrica em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Rural**, v.39, n.8, p. 2428-2434, 2009.

MILONE, G. **Estatística geral e aplicada**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

ORELLANA, E.; FIGUEIREDO Filho, A., PÉLLICO NETTO, S.; DIAS, A. N.; Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de floresta ombrófila mista. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.2, p.297-308, 2014.

PRIOR, L. D.; LEE, Z.; BROCK, C.; WILLIAMSON, G. J; BOWMAN, D. M. J. S. What limits the distribution and abundance of the native conifer *Callitris glaucophylla* (Cupressaceae) in the West MacDonnell Ranges, central Australia? **Australian Journal of Botany**, v. 58, p. 554-564, 2010.

REIS, L. P., RUSCHEL, A. R., SILVA, J. N. M, REIS, P. C. M., CARVALHO, J O. P., SOARES, M. H. M. Dinâmica da distribuição diamétrica de algumas espécies de Sapotaceae após exploração florestal na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 57, n. 3, p. 234-243, jul./set. 2014.

RUBIN, B. D; MANION, P. D.; FABER-LANGENDOEN, D. Diameter distribution and structural sustainability in forests. **Forest Ecology and Management**, v. 222, p. 427-438, 2006.

SCHNEIDER, P. R. Manejo Florestal: planejamento da produção florestal, Ed. UFSM, 613p. 2009

SILVA, J. S., FELFILI, J. M. Distribuição de diâmetros de um cerradão distrófico no Distrito Federal (DF), Brasil. Nota científica. **Pesquisa Florestal Brasileira**. v. 32, n. 72, 2012.

SMITH, D. M; **The Practice of silviculture**. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1962.

SOUZA, P. B. de; SOUZA, A. L. de; MEIRA NETO, J. A. A. Estrutura diamétrica dos estratos e grupos ecológicos de uma área de Floresta Estacional Semidecidual, em Dionísio, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 1, Feb. 2012.

SOUZA, A. L. de; SOARES, C. P. B. **Florestas Nativas**. Editora UFV, Viçosa, MG, 2013, 322p.

TONHASCA Jr., A. **Ecologia e história natural da Mata Atlântica**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2005. 197 p.

ARTIGO 3 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Cedrela fissilis* Vell. EM FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL

3.1 Introdução

A distribuição espacial de indivíduos e espécies arbóreas é uma importante característica da floresta no que concerne a análise ecológica (CAPRETEZ, 2004). Ela está relacionada a vários fatores como microclima, solo, disponibilidade de água e luz, existências de clareiras (SILVA et al., 2009), e topografia do terreno (WHITE e HOOD, 2004). A própria estrutura de um povoamento também influencia a distribuição espacial das espécies, pois determina as condições ambientais das mesmas, como a competição por recursos, a produção de biomassa e o processo de regeneração, por meio da polinização, dispersão de sementes, germinação e desenvolvimento da regeneração (PRETZSCH, 2009).

O conhecimento e a análise das relações espaciais de uma floresta podem ser utilizados para estabelecer critérios de seleção de árvores para o corte, para orientar a construção de mapas operacionais, com trilhas de arraste desenhadas de modo a minimizar impactos ambientais, sendo assim, a distribuição espacial disponibiliza informações básicas para o planejamento de manejo (CUNHA, 2003), e para a conservação das espécies, quando consideradas as características de dispersão (AUSTIN, 2002).

Em geral, as árvores tropicais tendem a ter formação agregada devido ao número de sementes próximas à árvore matriz. As árvores de uma mesma espécie, quando jovens, tendem a ter um padrão agregado forte (CAPRETEZ, 2004; STOYAN e PENTTINEN, 2000) possivelmente devido a heterogeneidade do ambiente, a dispersão de sementes e a competição com outras espécies (STOYAN e PENTTINEN, 2000), contudo com o aumento das dimensões tendem a padrões mais aleatórios (CAPRETEZ, 2004).

O grau em que a população de determinada espécie é agregada ou dispersa é crucial para determinar como a espécie utiliza os recursos disponíveis e, como esta deve ser manejada (CONDIT et al., 2000). Características como densidade e frequência são muito úteis para o entendimento de como as espécies estão distribuídas (OOSTING, 1956), em geral, para a descrição do padrão espacial são comuns os métodos baseados em parcelas (SILVA et al. 2009). A função K, também chamada de análise reduzida de segunda ordem apresenta maior potencial em relação a esses métodos (POTTKER, 2012), pois apresentam a vantagem de considerar a abrangência de escalas (CRESSIE, 1991). A função K apresenta o número de árvores para um determinado raio, valores altos da função indicam agrupamento e valores

baixa regularidade (PRETZSCH, 2009). Já foram feitos vários estudos com a função K e/ou a sua transformação em função L, que na prática apresenta análise mais fácil, pois apresenta variância aproximadamente constante (DIXON, 2002).

Na engenharia florestal foram feitos estudos verificando diferenças de agregação com relação à diferentes tipologias (ANJOS et al. 2004; CAPTREZ et al, 2012) e com relação a diferentes de estágios ontogenéticos (distribuição de plantas juvenis e árvores adultas) (SILVA et al., 2008; PEREIRA, et al. 2006, DAMALSO et al., 2012; BRUZINGA et al., 2013). Há também estudos com a utilização da função K em seu caso bivariado, verificando as relações de agregação ou repulsão entre árvores de diferentes tamanhos (SILVA et al 2008; PEREIRA, et al. 2006, CAPTREZ et al, 2012, MACHADO et al. 2012) e de diferentes espécies (HIGUCHI et al., 2011).

A consideração do padrão espacial e da estrutura funcional coletiva das árvores individuais, ao contrário das medidas convencionais que indicam a produtividade de um povoamento pelos seus valores médios gerais, fortifica o reconhecimento da importância da árvore individual dentro da floresta, pois, é neste nível que se podem maximizar as suas capacidades (PRETZSCH, 2009).

O objetivo do presente trabalho foi caracterizar a distribuição espacial de árvores de cedro em cada estágio ontogenéticos e as relações entre esses estágios em uma floresta secundárias, bem como avaliar a influência dos fatores ambientais como a presença de clareiras e a altitude na distribuição da espécie.

3.2 Material e métodos

O estudo foi realizado em floresta em estágio de regeneração, no município de Silveira Martins, na localidade chamada de Val Feltrina. A área de floresta foi amostrada partir de caminhamento, a área foi dividida em categorias, área A de uso mais intenso do solo, área B de clareira, área C de clareira e área D de regeneração intermediária (Figura 1.2).

3.2.1 Classificação das árvores

As árvores foram divididas em classes de tamanho, sendo que foram consideradas árvores adultas aquelas com diâmetro à altura do peito (DAP) superior a 20 cm, esse diâmetro limite foi selecionado devido as características de espécie, pois somente árvores com DAP superior a essa dimensão frutificam (MANTOVANI et al., 2003). Contudo, a maior parte da

literatura florestal utiliza como referência árvores com diâmetro superior a 10 cm, assim, a classificação de árvores com DAP superior a 10 cm também foi considerada, sendo nomeada de árvores adulto-intermediárias, essa classificação foi feita a fim de facilitar a comparação com outros trabalhos, essas árvores também englobaram as árvores consideradas adultas (com DAP superior a 20 cm). Árvores com tamanho superior a 1,30 m de altura até 10 cm de DAP foram consideradas árvores jovens, e árvores com tamanho entre 0,15 e 1,30 metros foram consideradas juvenis.

3.2.2 Análise da intensidade e da interação entre as árvores

A densidade de cada classificação de árvore por categorização de área (A, B, C e D) foi calculada e analisada pelo teste qui-quadrado a partir da hipótese de completa aleatoriedade.

A intensidade foi estimada pela função densidade de Kernel Gaussiana isotrópica, com largura de banda (bandwidth) de 30 m. A interação entre pontos foi analisada com a função K de Ripley com função homogênea para cada classe de tamanho, com correção de borda isotrópica. O valor máximo de distância (r) computado para a análise do valor de K de Ripley foi determinado pela regra de Ripley (Ripley's rule of thumb) que diz que a distância máxima é um quarto da menor lado do retângulo delimitador foi de 70 m. O envelope de confiança foi feito com a utilização da banda crítica simultânea (simultaneous critical bands), com probabilidade 0,01% da função K estar fora da zona crítica da banda sobre a hipótese inicial, construída com 99 simulações. Quando a função densidade de Kernel indicou claramente um padrão de pontos não homogêneos calculou-se a função K não homogênea.

A função K bivariada foi calculada para a análise da interação entre as diferentes classes de árvores por tamanho, o envelope de confiança foi feito pela banda crítica simultânea, também com 99 simulações. Também foi feita a função de correlação de marca para o diâmetro das árvores adulto-intermediárias.

Para verificar a tendência espacial das árvores atreladas a sua altura (padrão de ponto marcado, com a marca altura), foi feita a regressão suavizada de kernel (kernel regression smoother) com a marca altura. Para diagnosticar dependência entre pontos e marcas foi calculada a Função da média condicional da marca $E(r)$ e a função da variância condicional da marca $V(r)$.

3.2.3 Análise da influência da altitude na distribuição espacial das árvores

Para gerar o perfil de altitude foi criado um processo pontual marcado, sendo a marca o valor de altitude do ponto. Foi feita a função suavizada de kernel (kernel regression smoother). A partir dessa função, gerou-se uma imagem com a perspectiva da altitude.

A influencia da altitude foi verificada pelo cálculo do teste Kolmogorov-Smirnov para completa aleatoriedade espacial (CAE), com a função suavizada de kernel da altitude como covariável. Também foi calculada uma estimativa suavizada de intensidade de um processo pontual como função de uma variável altitude, assumindo que a intensidade de um processo pontual ocorre em função da variável altitude.

Todos os cálculos descritos acima foram feitos no ambiente de análise estatística R (R CORE TEAM, 2013) com o pacote estatístico '*spatstat*' (BADDELEY; TURNER, 2005).

3.3 Resultados e discussão

Foram localizadas 14 árvores adultas, 42 adulto-intermediárias, 225 árvores jovens e 146 juvenis, totalizando 413 plantas de cedro. A densidade das árvores adulto-intermediárias (árvores com DAP maior que 10 cm) foi de 7,6 indivíduos/hectare. A densidade na floresta estacional decidual, em outros estudos variou de 1,9 (FARIAS, et al, 1994), 6,43 (HACK et al, 2005), e 13,35 (BRENA e LONGHI, 2002) e quando considerada uma amostragem com DAP a partir de 5 cm, a densidade variou de 5,6 (LONGHI, 1999) à 9 (SCIPIONI et al. 2011). Em outras formações a densidade dessa espécie apresenta ampla variação: 2,85 (TROIAN et al. 2011), 10,6 (BRACHT et al 2011), 13,10 (SANTOS et al. 2012), 15 (ORELLANA et al, 2014).

A densidade das juvenis foi de 26,5 indivíduos por hectare, inferior à encontrada de 62,5 em regeneração natural de um fragmento de floresta estacional decidual, em fase avançada de sucessão (LONGHI et al, 2000).

As densidades foram significativamente diferentes nas diversas áreas para as árvores adulto-intermediárias ($\chi^2= 16,06$, Pr.< 0,01), para as árvores jovens ($\chi^2= 775,81$, Pr.< 0,01) e para as juvenis ($\chi^2= 98,52$, Pr.< 0,01). Já para as árvores adultas, mesmo não correndo nenhum indivíduo nas áreas de regeneração inicial, o teste de qui-quadrado não mostrou diferença significativa entre as áreas ($\chi^2=1,52$; Pr.=0,6469), contudo isso pode ter ocorrido devido ao numero muito pequeno de pontos, o que pode gerar uma aproximação não acurada do valor de qui-quadrado.

As maiores densidades de árvores jovens e juvenis ocorreram nas áreas B e C, que são áreas de clareiras (Tabela 3.1), condição na qual a sobrevivência de cedro é superior (SCARPA, 2002), indicando que a espécie é demandante de luz. Há ainda uma diferença entre a área B e C, no sentido que a área B apresenta densidade bem superior do que na área C, isso pode ser justificado no sentido de que muito próximo da área B há uma árvore madura (Figura 3.1A).

A menor densidade das juvenis nas áreas B, C e D em relação às árvores jovens pode indicar que as clareiras, já estando colonizadas pelas árvores jovens estão com espaço reduzido para a regeneração de juvenis, pois o ingresso de indivíduos em um povoamento florestal depende da existência de espaço suficiente para o estabelecimento da regeneração e subsequente crescimento das novas árvores (SMITH, 1962). Contudo, outros fatores que podem influenciar a menor quantidade de juvenis são as variações nos anos de frutificação, tanto quanto ao período quanto a abundância de sementes (MOSTACEDO et al. 2001), isso pode ser resultado da relação entre a fenologia e o clima, sendo que a fase da frutificação apresenta interações mais complexas que envolvem outros mecanismos além dos relacionados com o clima (ALBERTI, 2002). Outro fator que também pode influenciar na distribuição e germinação das sementes é a ocorrência de lagartas da mariposa *Hypsipyla grandella* nos frutos (CORVELLO et al, 1999).

Tabela 3.1 - Número de árvores de cedro e densidade em cada sub-área da região de estudo, Valfeltrina, RS.

Classe\Área	Número de árvores (Número de árvores/hectare)				
	A	B	C	D	Total
Adultas	0 (0)	0 (0)	0 (0)	14 (2,8)	14 (2,8)
Adultas-intermediárias	4 (11,1)	4 (40,0)	0 (0)	34 (6,8)	42 (7,6)
Jovens	14 (38,8)	58 (580,0)	9 (112,5)	144 (28,8)	225 (40,9)
Juvenis	19 (52,7)	15 (150,0)	9 (112,5)	103 (20,6)	146 (26,5)
Total	37 (102,8)	77 (770,0)	18 (225,0)	281 (56,2)	413 (75,1)

As árvores da classe Adultas englobam cedro com DAP>20cm, Adulto-intermediárias cedros com DAP>10 cm, Jovens cedros com 0<DAP<10, Juvenis DAP<0.

O entendimento das estratégias de estabelecimento e ocupação de uma espécie se deve principalmente aos fatores abióticos, como intensidade de luz, água, temperatura, tipo de solo e disponibilidade de nutrientes (RODE et al.; 2010). A fase de estabelecimento dos indivíduos é um período crítico. Mesmo que várias sementes viáveis germinem na floresta, poucos são os indivíduos que se estabelecem (WHATLEY e WHATLEY, 1982). Assim, mesmo que o cedro apresente característica de disseminar as sementes de forma homogênea na área,

independentemente dos distúrbios (MOSTACEDO et al. 2001), e que a germinação seja insensível à luz, ou seja, pode germinar independente da condição de clareira ou sob dossel (FIGLIOLIA et al., 2006), há necessidade das condições ambientais que permitam o estabelecimento da planta (LARCHER, 2004), o que justifica a maior quantidade de juvenis e árvores jovens nas áreas de regeneração inicial e de clareiras.

3.3.1 Análise da intensidade e da interação entre as árvores

A função densidade de Kernel indicou maior intensidade na região noroeste para as árvores adultas e adulto-intermediárias (Figura 3.1A e 3.1B), e maior intensidade nas regiões ao sul e leste para as árvores jovens e juvenis (Figura 3.1C e 3.1B), sendo que as variações de intensidade das árvores adultas e adulto-intermediárias podem estar indicando a não homogeneidade dos dados, pois a diminuição de frequência dos indivíduos ocorre em uma clara direção (do leste para o oeste). Já as diferentes intensidades das árvores jovens e juvenis podem estar indicando a relação de interação de segunda ordem, ou seja, o agrupamento dos pontos.

A maior densidade de juvenis nas regiões sul e leste podem estar indicando que o vento norte é o que mais influencia na disseminação das sementes nessa região, as árvores adultas intermediárias também estão localizadas na região sul quando comparadas com os pontos do gráfico das árvores adultas (Figura 3.1).

Outro fator ambiental que pode estar influenciando na distribuição de indivíduos jovens e juvenis são a presença de clareiras na área (Figura 1.2). Também é interessante notar que próximo aos pontos onde há alta intensidade de indivíduos juvenis há pelo menos a presença de uma árvore adulta (Figura 3.1).

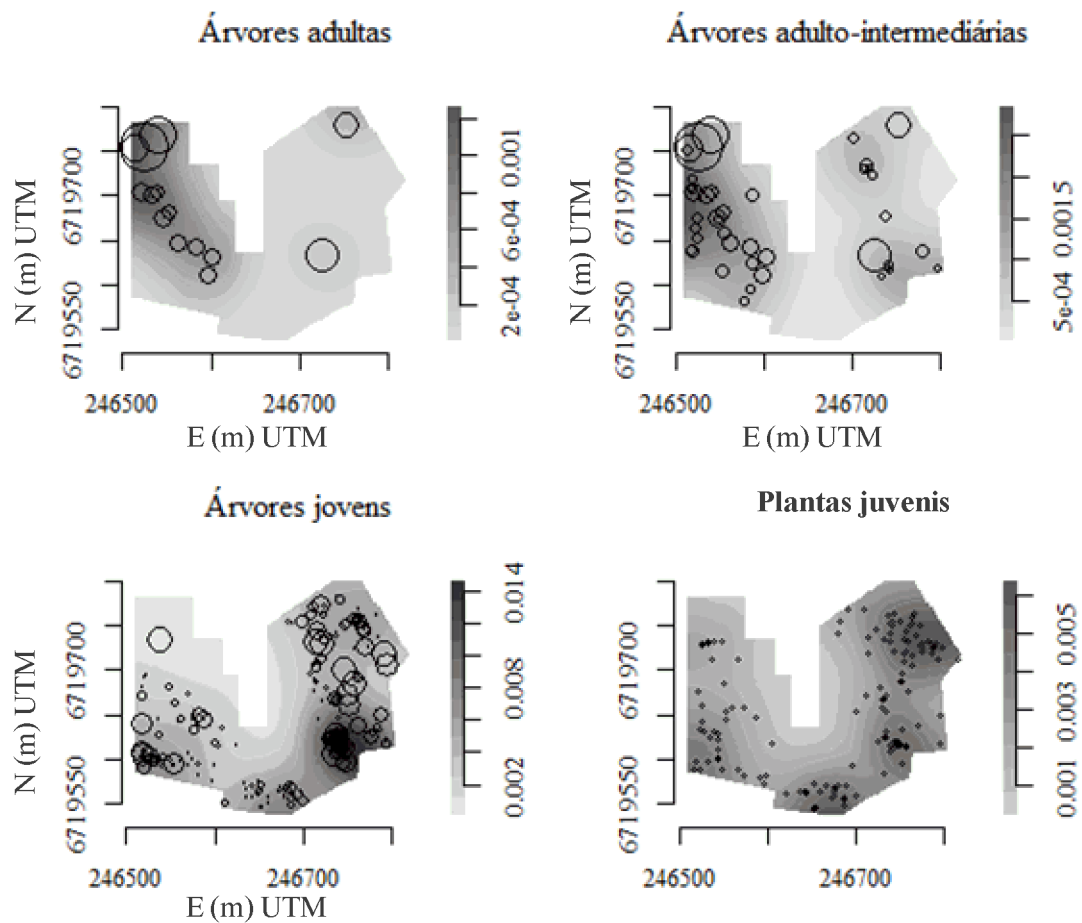


Figura 3.1 - Densidade das árvores adultas (A), árvores adulto-intermediárias (B), árvores jovens (C), juvenis (D), os maiores círculos indicam árvores com DAPs superiores de *Cedrela fissilis* Vell, na região de Val Feltrina, RS.

A análise da função K homogênea, transformada em função L, indicou que as árvores adultas apresentam tendência ao agrupamento a partir de uma escala de aproximadamente 55 metros, isto significa que o número de árvores dentro de um raio de 55 metros é maior do que o que seria para um padrão aleatório. Árvores adulto-intermediárias apresentam comportamento agrupado a partir de aproximadamente 45 metros de distância, árvores jovens apresentam agrupamento a partir de aproximadamente 10 metros e juvenis a partir de aproximadamente 15 metros de distância (Figura 3.2).

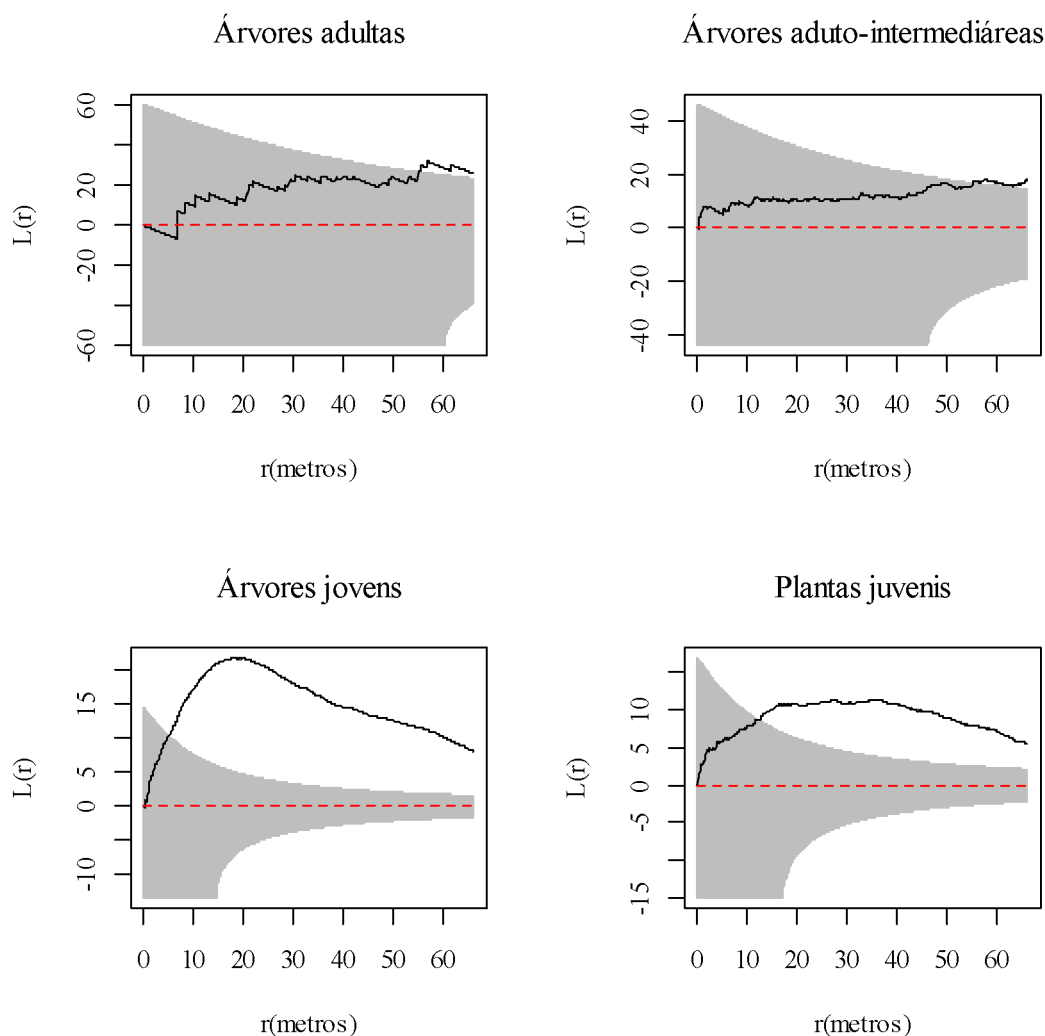


Figura 3.2 - Função L para as árvores adultas, aduto-intermediárias, jovens e juvenis de *Cedrela fissilis* Vell, na região de Val Feltrina, RS.

As diferenças de níveis de agrupamento conforme o tamanho das árvores são naturais, pois em diferentes estágios as plantas possuem necessidades distintas (CAPRETZ et al., 2012). O agrupamento das árvores jovens e das juvenis registrou exatamente os raios das clareiras (áreas B e C). Com o aumento das dimensões das árvores há consequentemente aumento da competição, o que leva as árvores, que estavam com comportamento agrupado em uma determinada distância irem se tornando com padrão aleatório para essa mesma distância, por causa da mortalidade devido à densidade, em algumas florestas, o comportamento das árvores torna-se regular com o efeito da competição (CAPRETEZ, 2004).

O agrupamento das árvores jovens e das juvenis para as distâncias superiores à 20 metros podem ser produto da característica da área, pois as áreas de regeneração inicial (área A, B e C), que tiveram maior intensidade de plantas jovens e juvenis estão próximas (Figura

3.3), assim, o agrupamento para distâncias superiores a 15 metros pode ter sido influenciado pelas proximidades das áreas, e não ser um padrão real para a espécie, ainda cabe ressaltar que as bordas de clareiras também apresentam maior quantidade de luz. Contudo, o agrupamento de juvenis aos níveis superiores a 15 metros pode ser devido a característica distribuição de sementes da espécie, que ocorre de forma homogênea (MOSTACEDO et al. 2001), como a espécie apresenta alta plasticidade, com boa resposta à liberação (SANTOS et al, 2006), a alta frequência de juvenis pela área pode ser uma estratégia de estabelecimento, pois as plantas juvenis podem permanecer sob o dossel da floresta esperando um espaço para o seu desenvolvimento quando houver a queda de alguma árvore próxima.

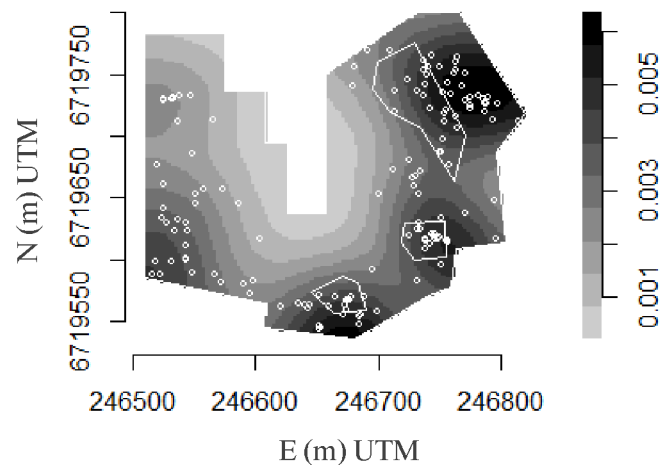


Figura 3.3 Densidade de plantas juvenis de cedro e as diferentes áreas, representadas pelos polígonos em brancos, da região de Val Feltrina, RS.

Quando analisado a interação de segunda ordem das árvores adultas e adulto-intermediárias com a função K não homogênea, essas árvores apresentaram comportamento aleatório (Figura 3.4). Pottker (2012) também encontrou distribuição aleatória para árvores de cedro com DAP maior que 10 cm, para um escala de até 50 metros de distância, contrariamente aos resultados de Machado et al. (2012) que demonstrou padrão de agregação para a espécie. A diferença de comportamento da espécie conforme a localidade deve ser analisada mais profundamente, fatores ambientais possivelmente devem estar envolvidos na distribuição da espécie, Pottker (2012), por exemplo, relatou a ausência da espécie em determinado tipo de solo.

Analisando conjuntamente os resultados da função de intensidade de Kernel e a função K (para dados homogêneos e não homogêneos), das árvores adultas e adulto-intermediárias, pode-se observar que a função K homogênea indicou o agrupamento na escala em que foi

observado de maior intensidade pela função Kernel (55 m), e quando foi feita a análise da função K para dados não homogêneos o cedro passou a apresentar padrão aleatório em todas as escalas, ou seja, o agrupamento dos dados obtido na função K homogênea pode ter ocorrido devido à característica dos dados, que podem ser não homogêneos.

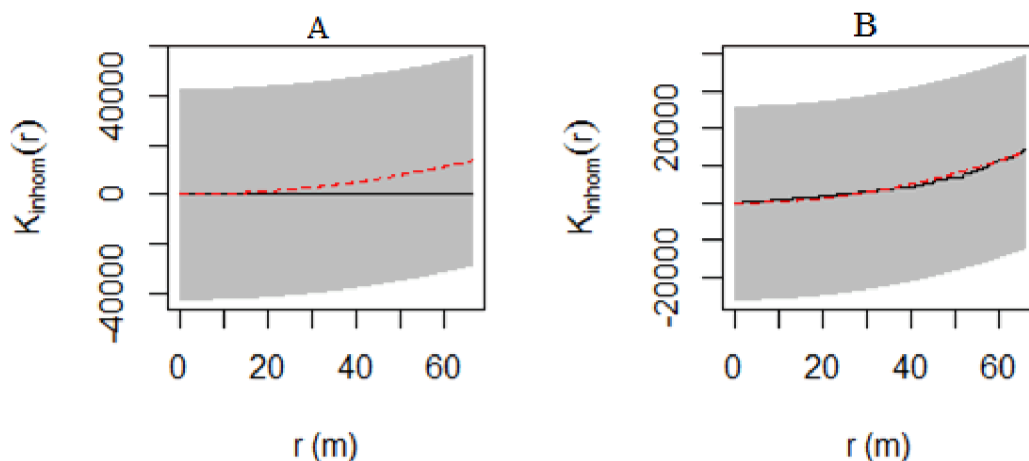


Figura 3.4 função K não homogênea para as árvores adultas (A) e para as árvores adulto-intermediárias (B) de *Cedrela fissilis* Vell. na região de Val Feltrina, RS.

A análise da função L bivariada (função K em sua transformação) indicou que a relação é aleatória para as árvores adultas e juvenis (Figura 3.5A) e para as árvores adulto-intermediárias e juvenis (Figura 3.5C). As árvores jovens e juvenis se atraem a partir de 10 metros (Figura 3.5D), e com relação as árvores adulto-intermediárias e jovens, houve uma leve tendência de atração para uma distância de 20 metros (Figura 3.5B).

A falta de relação entre indivíduos adultos e juvenis para espécies anemocóricas já foi observada também para outras espécies (SILVA, et al., 2008; PEREIRA et al., 2006). Mesmo que não haja relação entre árvores adultas e juvenis isso não significa que com a retirada da planta mãe não haverá regeneração na clareira formada pela retirada desta. Isso provavelmente ocorrerá se for mantida outra árvore da mesma espécie próxima da clareira, e que, preferencialmente a árvores esteja disposta na região oeste ou norte, para o vento leste ou norte possa disseminar as suas sementes.

A relação de associação entre as árvores jovens e as juvenis pode ocorrer devido às condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento destas serem as mesmas (condição de clareiras), pois novamente a escala de associação corresponde ao raio das clareiras (10 metros). A fraca relação de agrupamento entre as árvores adulto-intermediárias e jovens, também pode indicar uma semelhança de ambiente favorável, contudo interessante notar que

a relação entre as diferentes classes de tamanho vai de agrupada para as árvores de menor porte (a partir de 10 m) à fracamente agrupada (à distância de 20 metros) para árvores de porte intermediário e grande, isso indica que a relação entre as plantas são mais fortes entre plantas de menores os tamanhos, e vão enfraquecendo com o aumento da dimensão, provavelmente devido à competição.

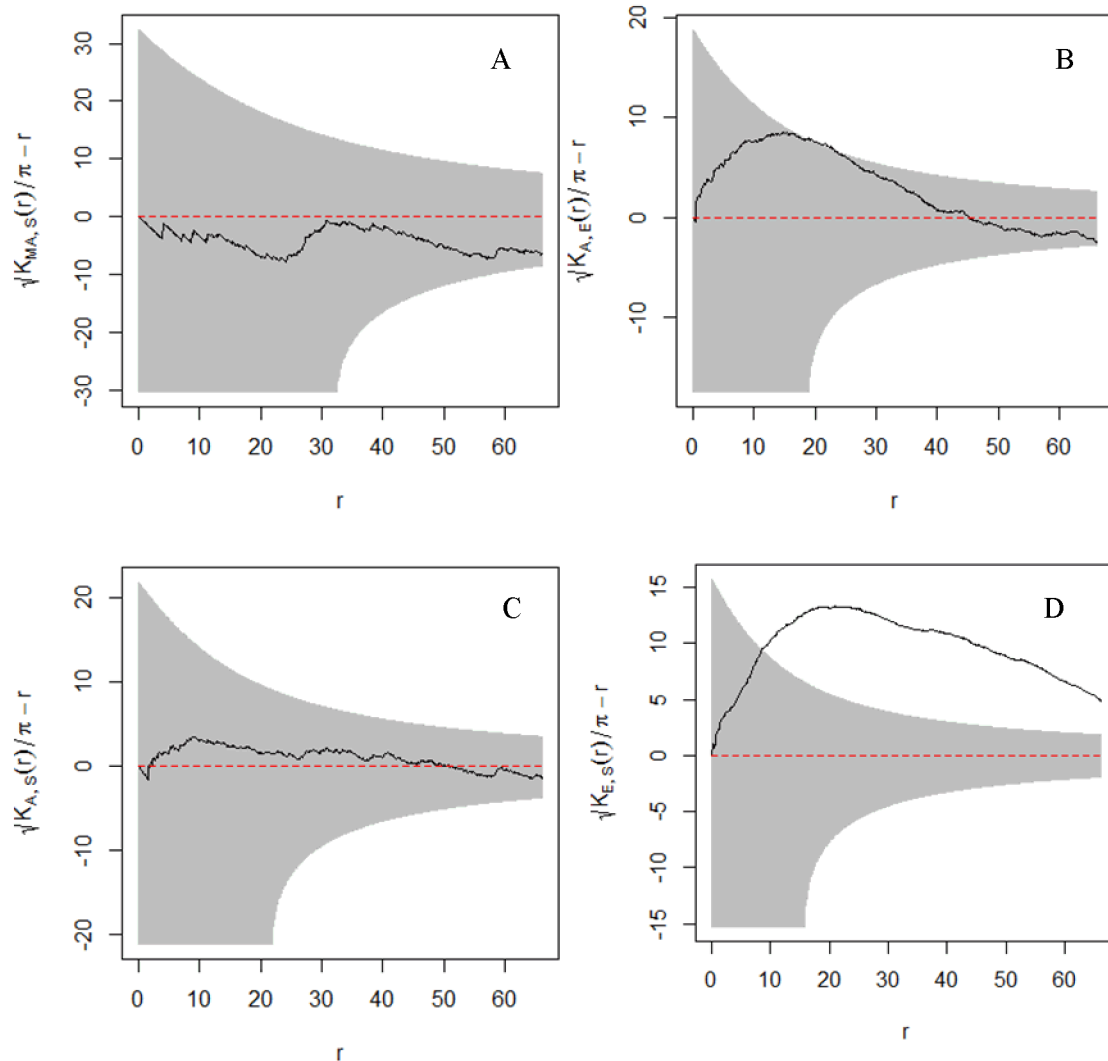


Figura 3.5 Função L, transformação da função K bivariada para análise de relação entre adultos e juvenis (A), adulto-intermediárias e juvenis (B), adulto-intermediárias e juvenis (C) e juvenis e juvenis (D) de *Cedrela fissilis* Vell, na região de Val Feltrina, RS.

A função de correlação marcada, com o diâmetro como marca, das árvores adulto-intermediárias indicou o comportamento modelo, onde as árvores muito próximas tendem a ter diâmetros menores que a média devido à competição, contudo, esse comportamento foi fraco, pois os valores da função para as pequenas distâncias são similares as flutuações

normais que ocorrem para as grandes distâncias (Figura 3.6). Isso pode indicar que a área de competição dessa espécie é reduzida a poucos metros, aproximadamente 5 metros, visto que as variações para as distâncias maiores que 5 metros se enquadram dentro das flutuações normais da função. Essa fraca relação de diâmetros menores que a média quando as árvores estão próximas é um bom indicativo de que as árvores grandes podem estar relativamente próximas sem alta competição. Esse comportamento é muito atrativo do ponto de vista do manejo florestal, pois árvores próximas possibilitam que haja a retirada de uma delas para propiciar a formação de clareira, sendo que a remanescente permanece na área como matriz para disseminação de sementes e perpetuação da espécie.

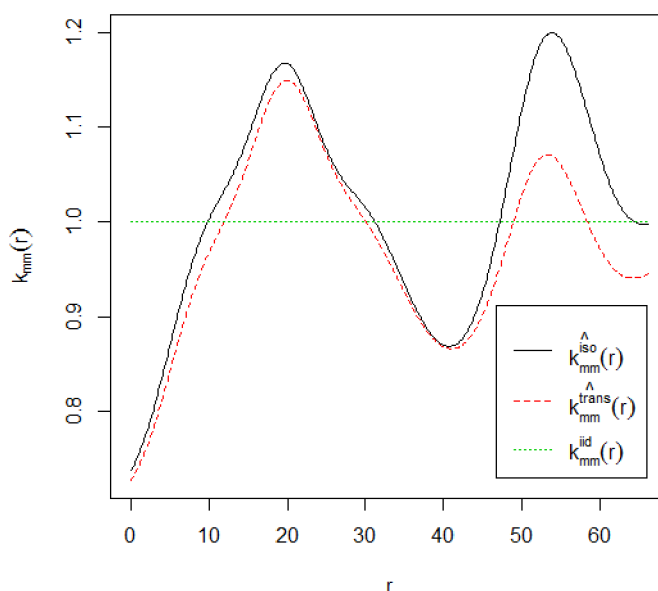


Figura 3.6 - Função de correlação de marca, com a marca diâmetro, das árvores adulto-intermediárias de *Cedrela fissilis* Vell. em função da distância (r) em metros, na região de Val Feltrina, RS.

A regressão suavizada de kernel para a marca altura indicou maior intensidade de indivíduos grandes na parte norte da região oeste e de indivíduos intermediários na parte central da região oeste e parte norte da região leste (Figura 3.7). A região com maior intensidade de altura, das árvores adulto-intermediárias, corresponde a uma área pedregosa, de difícil acesso e mais densa, o que indica que provavelmente essa não é uma parte da floresta que não sofreu intervenção tão recente quanto às demais, justificando assim maior intensidade de indivíduos maiores nessa parte.

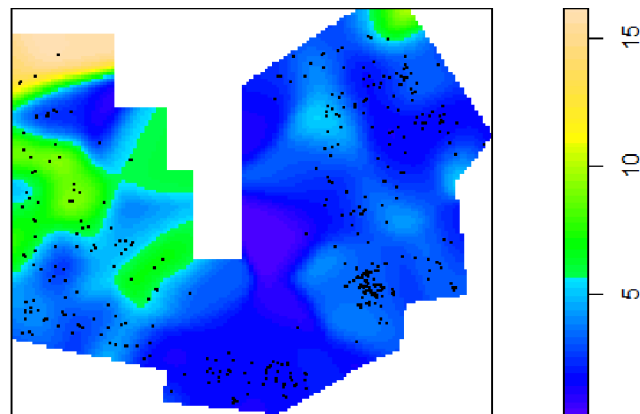


Figura 3.7 - Regressão suavizada de kernel para a marca altura, e os pontos de cada indivíduo de *Cedrela fissilis* Vell, na região de Val Feltrina, RS.

As funções da média condicional da marca $E(r)$ e da variância condicional da marca $V(r)$ demonstraram que a altura não foi independente do padrão pontual (Figura 3.8). As alturas demonstram ser correlacionadas até uma distância de 15 metros ($V(r)$), e mostram que até essa distancia tendem a ter altura menor que a média ($E(r)$). Esse resultado reforça o encontrado anteriormente nas análises de agrupamento das juvenis e dos indivíduos jovens, que demonstraram agrupamento no raio de 10 a 20 metros.

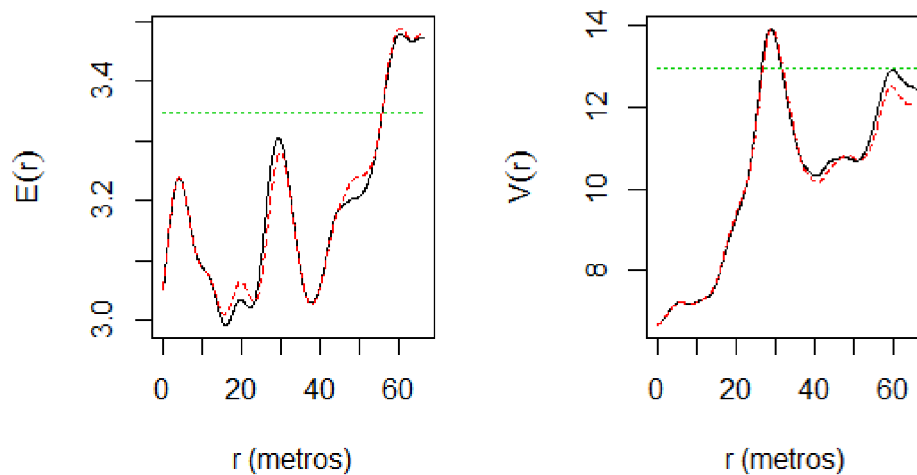


Figura 3.8 Função da média condicional $E(r)$ e função da variância condicional $V(r)$ da marca altura das árvores de *Cedrela fissilis* Vell. em função da distância na região de Val Feltrina, RS.

3.3.2 Análise da influência da altitude na distribuição espacial das árvores

O perfil da altitude (Figura 3.9) evidencia uma área com bastantes irregularidades, sendo a maior altitude encontrada na região oeste do estudo e a menor na região leste, em sua parte norte.

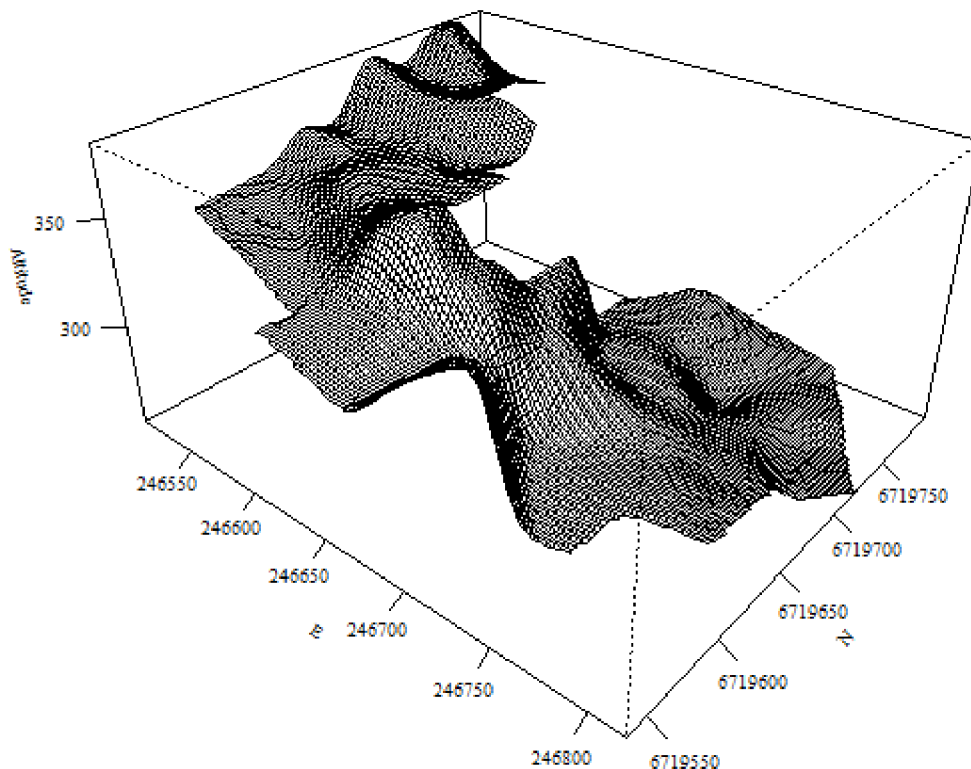


Figura 3.9 Perfil de altitude da área de estudo, em Valfeltrina, RS.

O teste de Kolmogorov-Smirnov sobre a co-variável de altitude indicou relação entre a altitude e a distribuição espacial do cedro em todas as classes: para as árvores adultas ($D = 0,56$; $Pr.<0,001$), árvores adulto-intermediárias ($D = 0,29$; $Pr.= 0,0012$); árvores jovens ($D = 0,27$; $Pr<0,001$) e juvenis ($D = 0,19$; $Pr<0,001$).

A estimativa de intensidade em função da altitude evidenciou uma maior intensidade plantas adultas nas maiores altitudes, em torno de 360 m (Figura 3.10A). A relação clara de maior intensidade de indivíduos com o aumento da altitude para as árvores adultas confirma a falta de homogeneidade espacial desses dados.

As plantas adulto-intermediárias, além de alta intensidade nas maiores altitudes também apresentaram elevada intensidade em altitude intermediária, de 290 m (Figura 3.10B), as plantas jovens e juvenis também apresentaram elevada intensidade nas altitudes

intermediárias de 290 m com tendência de diminuição de intensidade para as altitudes mais altas (Figura 3.10C e 3.10D).

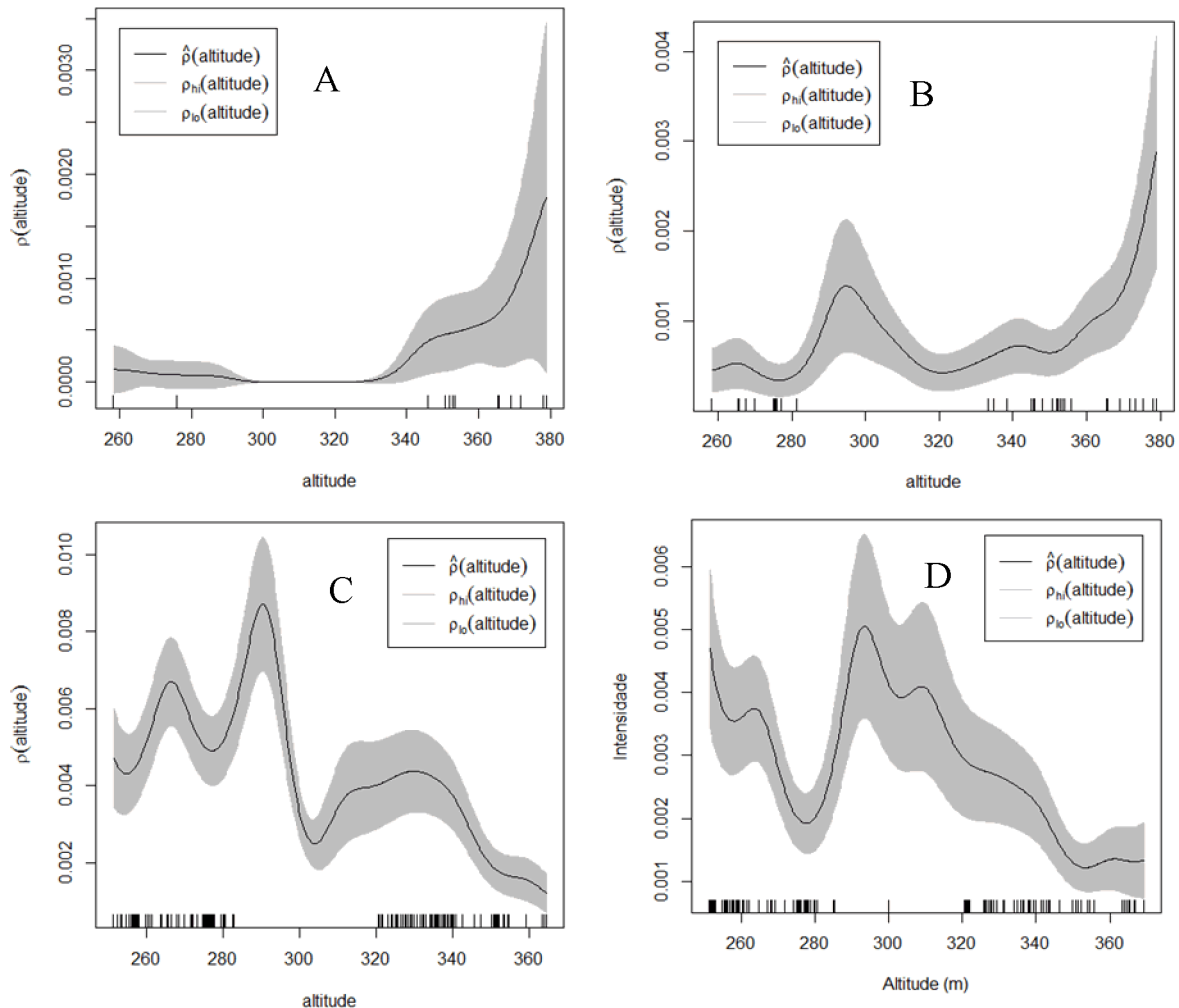


Figura 3.10 Intensidade de indivíduos de cedro adulto (A), adulto-intermediários (B), jovens (C) e juvenis (D) conforme a altitude na região de Val Feltrina, RS.

A intensidade de plantas adulto-intermediárias, jovens e juvenis demonstram que essa espécie também coloniza áreas de menor altitude. A baixa densidade de adultos nas altitudes baixas, no presente caso, pode indicar somente que essas áreas foram exploradas no passado, e que agora estão sendo recolonizadas. As florestas nas maiores altitudes são menos perturbadas pelas atividades humanas, e funcionam como fonte de sementes para colonizar, depois do corte, as áreas em menores elevações (SHI et al., 2011). A presença mais expressiva de indivíduos adultos da espécie nas maiores altitudes é um fator favorável a disseminação, visto que a altura em que a semente é liberada influencia a distância de dispersão, de maneira que quanto mais alto, mais distante é a dispersão (SOONS et al., 2004).

A pesar da maior parte dos indivíduos adultos estarem provavelmente favorecendo a disseminação de sementes devido sua localização nas maiores altitudes, há tendência de haver maior taxa de fluxo de genes entre sítios de elevação semelhante (SHI et al., 2011), ideia que apóia a hipótese de que a dispersão da espécie tende a ocorrer mais próxima da árvore mãe.

A relação entre a presença de árvores adultas com a maior altitude pode estar mais relacionada com a parte da floresta mais preservada do que alguma característica ecológica da espécie, contudo, isso deve ser analisado em áreas mais amplas. Frade (2014) determinou a intensidade de ocorrência de três espécies em função de diversas variáveis, como a altitude e variáveis de solo, como matéria orgânica, nitrogênio, capacidade de troca catiônica, entre outros. As variáveis de solo, por exemplo, não foram consideradas no presente caso, e provavelmente também estejam influenciando na distribuição espacial das árvores.

3.4 Conclusão

O cedro necessita de clareiras para seu processo de regeneração.

Houve maior quantidade de regeneração quando as árvores matrizes estavam localizadas próximas das áreas de clareiras.

Recomendam-se estudos em áreas de regeneração mais amplas para a confirmação do agrupamento em grandes escalas para as árvores jovens e juvenis.

As árvores adultas apresentam a característica de ter baixa distância de competição entre si, possibilitando a existência de árvores próximas, sem custo de crescimento, permitindo que no futuro haja a retirada de uma delas para propiciar a formação de clareira e que a remanescente permanece na área como matriz para disseminação de sementes e perpetuação da espécie.

A relação da altitude com a distribuição das plantas esta relacionada com o histórico de utilização da área.

3.5 Referências

ALBERTI, L. F. **Fenologia de uma Comunidade Arbórea em Santa Maria, RS**. 2002, 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002

ANJOS, A, dos; MAZZA, M. C. M.; SANTOS, A. C. M. C, dos; DELFINI, L. T. Análise de padrão de distribuição espacial da araucária (*Araucaria angustifolia*) em algumas áreas do estado do Paraná, utilizando a função K de Ripley. *Scientia Florestalis*, n.66, dez., p.38-45, 2004.

AUSTIN, M. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. **Ecological Modelling**, v. 157, p. 101–118, nov. 2002.

BADDELEY, A.; TURNER, R. spatstat: An R Package for Analyzing Spatial Point Patterns. **Journal of Statistical Software**. January 2005, Volume 12, Issue 6. <http://www.jstatsoft.org/2005>

BRACHT, D. S.; GRINGS, I. H.; TEO S. J. ;WEBER, V. P.; SCCOTI, M. S. V.. Levantamento fitossociológico de um remanescente florestal no município de Xanxerê-SC. **Unesc & Ciência** – ACET, Joaçaba, v. 2, n. 2, p. 165-174, jul./dez. 2011.

BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. **Inventário Florestal**. In: ITAQUI, J. (Org.) Quarta Colônia: inventários técnicos. Santa Maria: Condesus- Quarta Colônia, 2002. p. 34-136,.

BRUZINGA, J. S.; OLIVEIRA, M. L. R. de; MACHADO, E. L. M.; LEITE, H. G.; PEREIRA, I. M.; NOGUEIRA, G. S. Distribuição espacial de indivíduos adultos de pequi. **Scientia Florestales**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 249-256, jun. 2013.

CAPRETZ, R. L. **Análise dos padrões espaciais de árvores em quatro formações florestais do estado de São Paulo, através de análises de segunda ordem, como a função k de Ripley**. 2004, 93f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CAPRETZ, R. L.; BATISTA, J. L. F. SOTOMAYOR, J. F. M.; CUNHA, C. R. da; NICOLETTI, M. F.; RODRIGUES, R. R. Padrão espacial de quatro formações florestais do estado de São Paulo, através da função K de Ripley. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 551-565, jul.-set., 2012.

CONDIT, R. et al. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. **Science**, v. 288, n. 5470, p. 1414–1418, 26 maio. 2000.

CORVELLO, W. B. V.; VILLELA, F. A.; NEDEL, J. L.; PESKE, S. T. Maturação fisiológica de sementes de cedro (*cedrela fissilis* Vell.). **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 21, nº 2, p.23-27, 1999.

CUNHA, U. S. **Análise da Estrutura Espacial Horizontal de uma Floresta de Terra Firme da Amazônia**. 126 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

DAMALSO, C. A., INOUE, M. T.; OLIVEIRA FILHO, P. C.; MARCELINO, V. R.; POTTKER, G. S. Análise dos padrões espaciais de *Ocotea odorifera* (vell.) rohwer na floresta nacional de Irati (PR). **Ambiência** - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais V. 8 Ed. Especial, Outubro 2012.

DIXON, P. M. Ripley's K function. **Encyclopedia of Environmetrics**, v. 3, p.1796–1803, 2002.

FARIAS, J. A. C.; TEIXEIRA, I. F.; PES, L.; ALVARES FILHO, A. Estrutura fitossociológica de uma floresta estacional decidual na região de Santa Maria, RS. *Ci. Flor.*, Santa Maria, v.4, n.1, p. 109-128, 1994.

FIGLIOLIA, M. B.; AGUIAR, I. B. de; SILVA, A. da. Germinação de sementes de *Lafoensia glyptocarpa* Koehne (mirindiba-rosa), *Myroxylon peruiferum* L. f. (cabreúva-vermelha) e *Cedrela fissilis* Vell. (cedro-rosa), **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 18, n. único, p. 49-58, dez. 2006.

FRADE, D. D. R., **Relação entre fatores ambientais e espécies florestais por metodologias de processos pontuais**. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Ciências. Estatística e Experimentação agrônômica. Piracicaba, ESALQ, 2014. 94p.

HACK, C.; LONGHI, S. J.; BOLIGON, A. A.; MURARI, A. B.; PAULESKI, D. T. Análise fitossociológica de um fragmento de floresta estacional decidual no município de Jaguari, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v35, n.5, p.1083-1091, set-out, 2005.

HIGUCHI, P. et al. Associações espaciais entre indivíduos de diferentes espécies de *Miconia* spp. Ruiz & Pav. (Melastomataceae). **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, 2011.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Paulo: Ed. RiMa Artes e Textos. São Carlos, São Paulo. 2004. 531p.

LONGHI, S. J.; ARAUJO, M. M.; KELLING, M. B.; HOPPE, J. M.; MÜLLER, I.; BORSOI, G. A. Aspectos fitossociológicos de fragmento de floresta estacional decidual, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 59-74. 2000.

LONGHI, S. J.; NASCIMENTO, A. R. T.; FLEIG, F. D.; DELLA-FLORA, J. B.; FREITAS, R. A., CHARÃO, L. W. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal no município de Santa Maria-Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p.115-133. 1999.

MACHADO, S. do A.; SANTOS, A. A. P. dos; ZAMIN, N. T.; NASCIMENTO, R. G. M. Distribuição espacial de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana. **Ciência Rural** vol.42 no.6 Santa Maria June 2012.

MANTOVANI, M; RUSCHEL, A. R.; REIS, M. S. dos; PUCHALSKI, A. NODARI, R. O. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta atlântica. **Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.4, p.451-458, 2003.

MOSTACEDO, B; PEREIRA, M; FREDERICKSEN T. S. Dispersión de semillas anemócoras y autócoras durante la época seca en áreas con aprovechamiento forestal en un bosque seco tropical. **Ecología en Bolivia**, v.36, p.3-16, 2001.

OOSTING HJ. **The study of plant communities**. San Francisco. Freeman and company. 389p. 1956.

ORELLANA, E.,; FIGUEIREDO Filho, A., PELLICO NETTO, S., DIAS, A. N.; Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de floresta ombrófila mista. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.2, p.297-308, 2014.

PEREIRA, A. A.; PÉLLICO NETO, S.; CARVALHO, L. M. T. de. Análise da distribuição espacial de Jequitibá Rosa em uma floresta estacional sub-montana. **Rev. Acad.**, Curitiba, v.4, n.2, p. 21-34, abr./jun. 2006.

POTTKER, G. S. **Distribuição espacial de espécies da Floresta Ombrófila Mista na Flona de Irati, Paraná**. Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Florestal, 96 p. 2012.

PRETZSCH, H. **Forest Dynamics, Growth and Yield**. Springer – Verlag, Berlin, 2009.

R Core Team. 2013. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing.

RODE, R.; FIGUEIREDO Filho, A.; MACHADO, S do A.; GALVÃO, F. Análise do padrão espacial de espécies e de grupos florísticos estabelecidos em um povoamento de *Araucaria angustifolia* e em uma Floresta Ombrófila Mista no centro-sul do Paraná. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 2, p. 255-268, abr./jun. 2010.

SANTOS, C. S.; CHIOSSI, R. Y.; AVILA, A. L. GASPARIN, E. Levantamento florístico e fitossociológico de um fragmento florestal no município de Faxinal dos Guedes, SC. **Unoesc & Ciência** – ACET, Joaçaba, v. 3, n. 1, p. 7-22, jan./jun. 2012.

SANTOS, D. L. dos; RAKOCEVIC, M.; TAKAKI, M.; RIBASKI, J. Morphological and Physiological Responses of *Cedrela Fissilis* Vellozo (Meliaceae) Seedlings to Light. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. V. 49, n.1. pp. 171-182, Jan. 2006.

SCARPA, F. M. **Crescimento inicial de espécies pioneiras e não pioneiras das florestas semidecíduas do estado de São Paulo**. 2002.73f. Tese de doutorado. (Doutorado em Biologia vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

SCIPIONI, M. C.; FINGER, C. A. G.; CANTARELLI, E. B.; DENARDI, L. MEYER, E. A. Fitossociologia em fragmento florestal no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 409-419, jul.-set., 2011.

SHI, M., MICHALSKI, S. G., CHEN, X., DURKA, W. Isolation by Elevation: Genetic Structure at Neutral and Putatively Non-Neutral Loci in a Dominant Tree of Subtropical Forests, *Castanopsis eyrei*. **Plos One**. June, V. 6, Issue 6, 2011.

SILVA, M. A. DA; MELLO, J. M. DE; SCOLFORO, J. R. S.; CZANCK JR, L.; ANDRADE, I. S.; OLIVEIRA, A. D. Análise da distribuição espacial da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) sujeita ao sistema de manejo porta-sementes. **Cerne**, v. 14, n. 4, out-dec, p. 311-316. 2008.

SILVA, K. E. da; MARTINS, S. V.; SANTOS, N. T.; RIBEIRO, C. A. A. S. Padrão espacial de espécies arbóreas tropicais. IN: MARTINS, S. V. (Org) Ecologia de florestas tropicais. Ed. UFV: Viçosa, p. 217-244. 2009.

SMITH, D. M; **The Practice of silviculture**. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1962.

SOONS, M. B. HEIL, G. W.; NATHAN, R.; KATUL, G. G. Determinants of long-distance seed dispersal by wind in grasslands. **Ecology**, v.85, n.11, p. 3056–3068, 2004.

STOYAN, D; PENTTINEN, A. Recent applications of point process methods in forestry statistics. **Statistical Science**. v. 15, n. 1, p.61–78, 2000.

TROIAN, L. C.; KÄFFER., M. I.; MÜLLER, S. C.; TROIAN, V. R.; GUERRA, J.; BORGES, M. G.; GUERRA, T.; RODRIGUES, G. G. & FORNECK, E. D. Florística e padrões estruturais de um fragmento florestal urbano, região metropolitana de Porto Alegre, RS, Brasil. **IHERINGIA**, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 66, n. 1, p. 5-16, julho 2011

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. **A luz e a vida das plantas**, (tradução de Gil Martins Felipe) –São Paulo, EPU, Ed. da Universidade de São Paulo, (Coleção: Temas de biologia), v.30, 1982, 101.

WHITE, D.A., HOOD, C. S. Vegetation patterns and environmental gradients in tropical dry forest of the northern Yucatan Peninsula. **Journal of Vegetation Science** n.15, p.151-160. 2004.

ARTIGO 4 – INCREMENTO DE INDIVÍDUOS JOVENS DE *Cedrela fissilis* Vell.

4.1 Introdução

A condução da regeneração natural das florestas nativas, para formar povoamentos produtivos, apresenta diversos fatores positivos, como a manutenção da alta variabilidade genética da floresta e redução de custos de implantação (SMITH, 1962). Entretanto, as informações sobre o crescimento da regeneração das espécies arbóreas são escassas (CHAGAS et al, 2012), principalmente quanto as características silviculturais, o padrão de crescimento e as exigências nutricionais (NASCIMENTO et al. 2012).

A regeneração de uma floresta não é mantida necessariamente pela simples conservação de áreas (GUARIGATA; PINARD, 1998), ressaltando ainda mais a necessidades de estudos sobre a regeneração. Pesquisas apontam que em áreas exploradas a regeneração é beneficiada quando comparada às áreas não exploradas, pois as plantas tendem a apresentar maior recrutamento e crescimento principalmente das espécies pioneiras (DUAH-GYAMFI et al., 2014b; DUAH-GYAMFI et al., 2014a).

Uma dificuldade para os estudos em áreas florestais é a demanda de tempo, pois o processo de crescimento das árvores é lento e exige muitos anos de acompanhamento, uma alternativa para tentar sanar esse problema é a utilização de medidas das unidades de extensão, que correspondem ao incremento corrente anual em altura. A unidade de extensão é uma unidade de crescimento delimitada por cicatrizes devido a periodicidade de crescimento (IWASAKI-MAROCHI, 2007).

O conhecimento adequado das condições em que ocorre o maior desenvolvimento das plantas é fundamental para basear as medidas que visam estabelecer um povoamento por meio da regeneração, portanto, o estudo teve como finalidade analisar o crescimento de *Cedrela fissilis* Vell em floresta de regeneração, verificar a precisão da utilização das unidades de extensão para análise de incremento em altura e modelar o seu incremento em diâmetro e altura.

4.2 Material e métodos

O estudo foi realizado no município de Silveria Martins, RS, na localidade de Val Feltrina, em uma floresta em estágio de regeneração inicial e intermediário (Figura 1.3) e em clareira de floresta madura.

Das plantas analisadas foram medidos a circunferência do coleto e a altura total, com fita métrica nos meses de fevereiro a abril de 2012, as plantas foram remedidos nos mesmos meses de 2014. A diferença entre as medidas geraram os valores de incremento periódico em altura (IP_H) e incremento periódico em diâmetro do coleto (IP_{Dc}).

Das árvores consideradas competidoras mediu-se a altura total, DAP, distancia da árvore de cedro e azimute. Os parâmetros para considerar uma árvore como competidora consistiram na inclusão de árvores pelo fator de área basal (FAB) de 1 a 3, conforme o estado da floresta para calculo de área basal pontual de Spurr (SPURR, 1962) e de área basal (BITTERLICH, 1947), e de árvores dentro de um raio de 2 (ICV_2) e 2,5 ($ICV_{2,5}$) metros para o cálculo do índice de competição vertical (ICV) de Mitsuda et al.(2002). Esses raios foram escolhidos para verificar em qual distância a competição é mais expressiva, Hubell et al (2001) analisando a influência da competição indicou um raio de 2,5 metros como o mais influente.

A área basal pontual de Spurr (G_{sp}) depende da dimensão e distância da árvore ao ponto central da amostra (indivíduo de cedro), da mesma forma que a inclusão de indivíduos no método de Bitterlich. A área basal de Spurr foi calculada conforme a Equação 1.

$$G_{sp} = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\left(nr - \frac{1}{2} \right) \cdot \left(0,25 \cdot \left(\frac{D_j}{L_{ij}} \right)^2 \right) \right]}{n} \quad (1)$$

Onde: G_{sp} = área basal de Spurr; nr = Número da árvore por ordem de *rank* decrescente da razão (D_j/L_{ij}) na unidade amostral; D_j = Diâmetro da árvore competidora; L_{ij} = Distância da árvore concorrente (j) até a árvore central de cedro da parcela, (i).

O índice de competição vertical (ICV) foi calculado conforme Mitsuda et al. (2002), segundo a equação 2. Esse índice resulta em valores negativos, assim, valores muito baixos indicam alta competição.

$$ICV = \sum_{j=1}^n \tan^{-1} \left(\frac{\Delta H_{ij}}{L_{ij}} \right) \quad (2)$$

Onde: ICV = índice de competição vertical; ΔH_{ij} = diferença entre altura da árvore de cedro e da árvore competidora; L_{ij} = Distância da árvore concorrente (j) até a árvore central de cedro da parcela, (i).

4.2.1 Análise dos dados

Foi realizado o cálculo da correlação de Pearson ds incrementos em altura e o incremento em diâmetro, com as variáveis medidas (diâmetro do coleto; altura total) e variáveis de competição (índices de competição vertical, área basal de Biterlich e área basal pontual de Spurr). A influência do estágio da floresta (regeneração inicial=0; clareira=1 e regeneração intermediária=2) no incremento foi verificada por gráfico boxplot e por análise de covariância.

O incremento em altura, demarcado pela periodicidade do crescimento, foi medido com fita métrica visualizado pela presença de cicatrizes, de folhas, de catafilos, e pela textura da casca (IWASAKI-MAROCHI, 2007). Outra característica que auxilia na identificação das unidades de extensão (HALLE, 1978) resulta da velocidade mais lenta de crescimento do final e início da estação, ficando assim, as marcas das cicatrizes das folhas mais próximas umas das outras. Tais características, agrupadas, identificam claramente os módulos de crescimento (Figura 4.1).



Figura 4.1 - Identificação das unidades de extensão de *Cedrela fissilis*Vell. (setas vermelhas).

Foi feito o teste de Wilcoxon para analisar se houve diferença estatística entre o incremento em altura obtido pela diferença entre as medidas de 2012 e 2014 e o incremento em altura da medida de unidade de extensão.

Foi feita análise de regressão *stepwise* com o objetivo de modelar o incremento em altura, em diâmetro do coleto e em diâmetro a altura do peito (DAP) em função das variáveis: altura total inicial, diâmetro inicial, índice de competição vertical e área basal pontual de Spurr e área basal. Foi feito o teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e o teste de Durbin-Watson para a verificação da independência dos erros e a análise gráfica dos resíduos para verificação de homogeneidade de variância.

Todos os cálculos foram realizados em ambiente estatístico R (R CORE TEAM, 2013).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Incremento em altura

Das 90 árvores jovens medidas 13 apresentaram problemas na remedição da altura, pois estavam com o meristema apical morto ou quebrado devido a causas desconhecidas, e foram descartadas. A altura total em 2012 variou de 0,18 a 3,00 metros, e em 2014 de 0,21 a 3,3 metros. A média do incremento corrente anual em altura, considerando os dois anos de análise foi $0,11 \pm 0,08$ m.

O incremento periódico em altura foi correlacionado significativamente e positivamente com a altura total inicial (Figura 4.2) e com os índices de competição (Figura 4.3). A análise de correlação já permite esclarecimentos sobre a dinâmica de crescimento em altura das árvores, demonstrando que o incremento em altura é influenciado pela altura inicial, e pela competição, tanto em área basal (expressa pela área basal pontual de Spurr e área basal de Bitterlich), quanto em altura das árvores vizinhas (expressa pelos índices de competição vertical).

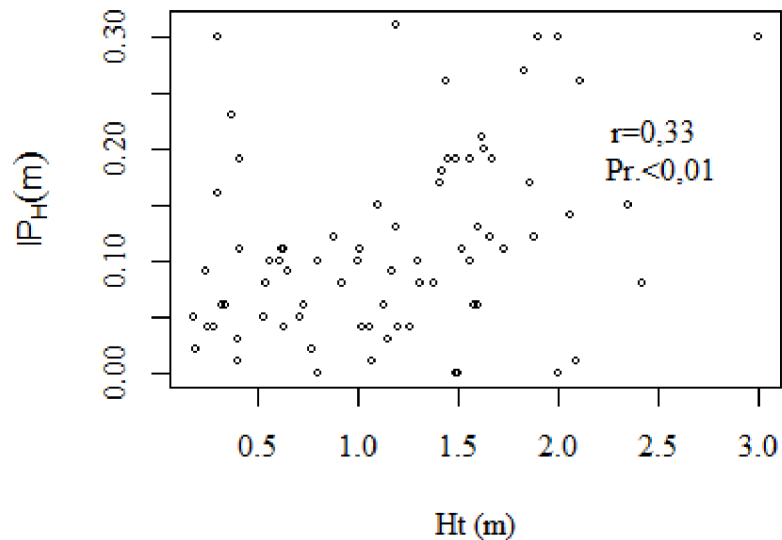


Figura 4.2 - Incremento periódico em altura (IP_H) e altura total inicial (H_t) de *Cedrela fissilis* Vell. em regeneração em Floresta Estacional Decidual, na região de Val Feltrina, RS.

A influência da altura inicial no incremento, verificada pela relação positiva obtida pelo teste de correlação é facilmente explicável, visto que são plantas jovens, a curva de crescimento das árvores ainda se encontra na parte linear ascendente. Contudo essa tendência natural se mostrou afetada pela competição das árvores vizinha com maior influência em um raio de até 2 metros. Essa influência também pôde ser observada na relação do incremento com a classe da área, pois foi levemente menor quando no estágio mais avançado de regeneração, ou seja, na floresta com maior competição. Maiores incrementos em altura, em locais de maior luminosidade, ou seja, de menor competição em altura, também foram verificados para mogno (GROGAN et al., 2005) e cedro (SANTOS et al., 2006).

Todavia, apesar da competição mostrar um limite para o máximo incremento (Figura 4.3), por exemplo, plantas sob uma área basal de 20 m² não apresentaram incrementos periódico superiores a 15 cm (7,5 cm/ano), contudo, a condição de baixa área basal não indica necessariamente que a planta terá incrementos superiores, pois as plantas sob baixa competição não demonstraram um comportamento claro, apresentando elevados e baixos de incremento.

Os baixos valores de incremento devem ser resposta de variáveis não medidas como das variáveis de solo. Relações entre o crescimento em altura da espécie de cedro e algumas características do solo para produção de mudas já foram detectadas, entre elas o suprimento de nutrientes como o enxofre, o fósforo (RENO, et al. 1997) e o nitrogênio (RENO, et al. 1997; FREIBERGER et al. 2013), a presença de elementos tóxicos (Cd, Ni e Pb) e Zn em

excesso em substrato (MARQUES et al., 2000; PAIVA et al., 2000) e a presença de fungos micorrízicos (ROCHA et al. 2006). Cabe ressaltar que a presença de fungos no solo também pode ter uma relevante influencia na sobrevivência de plantas que estão próximas das árvores adultas da mesma espécie (LIU, et al, 2012), assim, até mesmo a proximidade das plantas jovens com as árvores adultas pode influenciar no incremento em altura.

Em experimento em área degradada, em solo com características ácidas e com poucos de nutrientes o incremento em altura do cedro foi semelhante ao encontrado no presente trabalho, contudo com taxa de mortalidade das plantas de 100% (JUNIO et al., 2012).

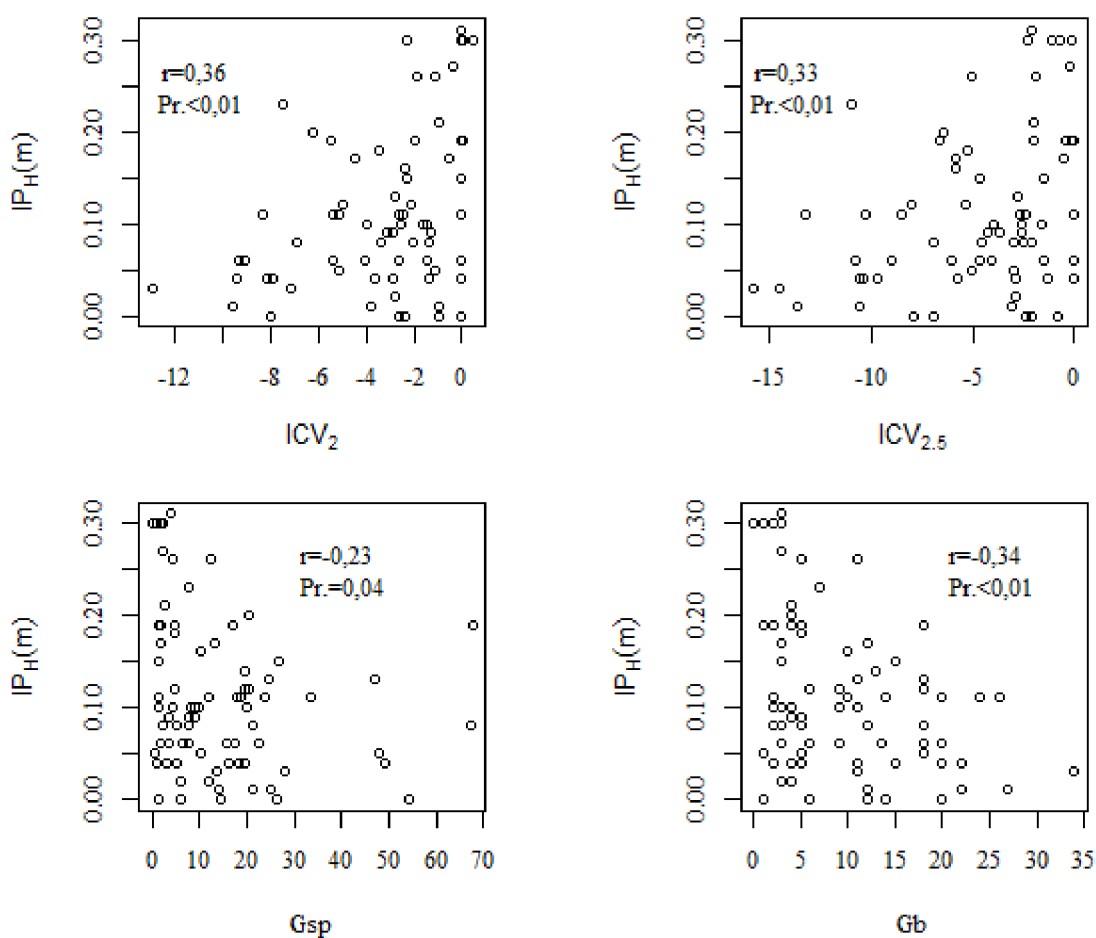


Figura 4.3 - Incremento periódico em altura (IP_H) de *Cedrela fissilis* Vell. com relação ao índice de competição vertical com raio de 2 metros (ICV_2), índice de competição vertical com raio de 2,5 m ($ICV_{2,5}$), área basal pontual de Spurr (Gsp) e área basal de Bitterlich (Gb).

Outra característica que pode influenciar o incremento em altura é a expressiva presença da samambaia das taperas (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) na área de regeneração inicial, pois a presença da samambaia promove maior crescimento em altura no cedro quando comparada com área em que a samambaia foi cortada, ou seja, nas áreas em que a samambaia

ocorre, o simples corte desta afeta o crescimento em altura das plantas de cedro (MATOS; BELINATO, 2010).

Foram medidas 40 plantas da classe 0 (área de regeneração inicial com a presença da samambaia das taperas), 32 na classe 1 (clareiras) e 18 árvores na classe 2 (regeneração intermediária), e apesar da maior variação de incrementos na área de regeneração inicial a médias foi semelhante em todas as áreas, com uma leve tendência a diminuir na regeneração intermediária (Figura 4.4).

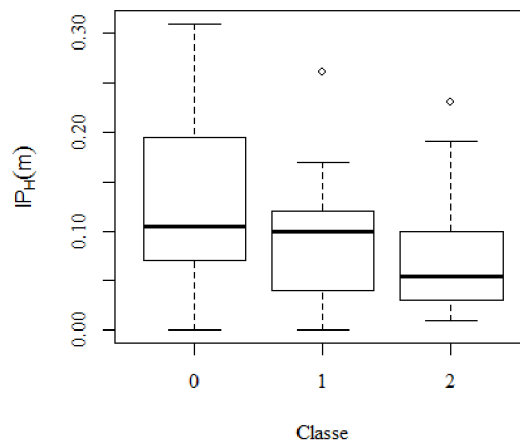


Figura 4.4 - Incremento periódico em altura para *Cedrela fissilis* Vell. em classe de área 0 (área de regeneração inicial), classe 1 (clareiras) e classe 2 (regeneração intermediária), na região de Val Feltrina, RS.

Quando se efetuou a primeira medição de altura, em 2012, algumas samambaias foram cortadas para facilidade de acesso, portanto o corte destas samambaias também pode ter influenciado para que árvores sob baixa competição apresentassem baixos incrementos.

Análise de covariância para a relação entre IP_H e H_t , entre as áreas de regeneração intermediária e clareiras não apresentou efeito significativo tanto para a o intercepto ($t=0,101$; $Pr=0,920$), quanto para a inclinação ($t=-1,130$; $Pr=0.266$). Assim, essas árvores foram agrupadas para a análise com relação à área de regeneração inicial que apresenta alta incidência da samambaia.

A covariância entre as áreas e a área de regeneração inicial com samambaia mostrou diferença na inclinação ($t=-2,552$, $Pr=0,013$), sendo que a área de regeneração intermediária e de clareira apresentaram uma inclinação levemente menor (Figura 4.5) que a da área de regeneração inicial que contem a samambaia, indicando que as plantas nesta última área tem

tendência para maiores incrementos, resultado de acordo com o encontrado por Matos e Belinato (2010).

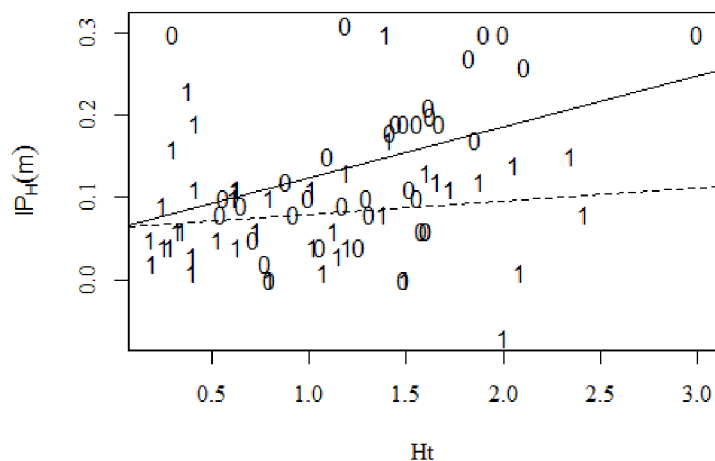


Figura 4.5 - Relação entre incremento periódico em altura (IP_H) e altura total inicial de *Cedrela fissilis* Vell. em área de regeneração intermediária e clareiras (pontos representados pelo número 1 e linha pontilhada) e em área de regeneração inicial com presença da samambaia das taperas (pontos representados pelo número 0 e linha contínua).

A análise de regressão *stepwise* resultou no modelo que inclui a altura total e a área basal: $ICA_H = 0,093 + 0,043H_t - 0,003Gb$ ($F=10,47$; $Pr < 0,01$), detalhes dos valores de coeficientes podem ser visualizados na Tabela 4.1. O modelo apresentou coeficiente de determinação de 0,22, o que significa que apresentou baixa explicação sobre a variação de incremento. Os erros do modelo foram normalmente distribuídos ($W = 0,969$, $Pr. = 0,057$) e independentes ($DW = 2,0288$, $Pr. = 0,4828$), com homogeneidade de variância, devido a boa distribuição dos resíduos (Figura 4.6). Entretanto os dados não estão bem ajustados, pois além do baixo valor do coeficiente de determinação o gráfico dos resíduos mostra erros de 20 a -15 cm, que são muito altos para a estimação do incremento em altura de árvores com altura média de 1,2 metros. Possivelmente a baixa explicação do modelo para o incremento da altura foi causado pelo baixo incremento das árvores sob baixa competição, que possivelmente foi influenciado por fatores não medidos.

No presente trabalho as plantas jovens de cedro foram medidas em situações em que a competição da floresta ainda não é expressiva, pois estão em floresta em estágio de regeneração inicial ou intermediário ou ainda clareiras. Assim, apesar da área basal ter entrado no modelo ela explicou pouco da variação do incremento em altura, e o que pode estar afetando mais significativamente o incremento em altura dessas plantas são, provavelmente, fatores ligados ao solo. Outra relação que pode ser estabelecida é a influencia

da competição feita por cipós e gramíneas, que não foi medida e, em geral, é muito expressiva nas florestas com as características de estágio inicial, como caracterizado por Schröder et al. (2013).

Tabela 4.1 - Resultados dos coeficientes da regressão stepwise para o incremento periódico em altura de plantas jovens de regeneração de *Cedrela fissilis* Vell.

	Coefficiente	Erro padrão	Valor de t	Pr(> t)
Intercepto	0.093974	0.022165	4.240	6.39e-05
Altura total	0.043291	0.014008	3.090	0.00282
Área basal	-0.003488	0.001154	-3.022	0.00345

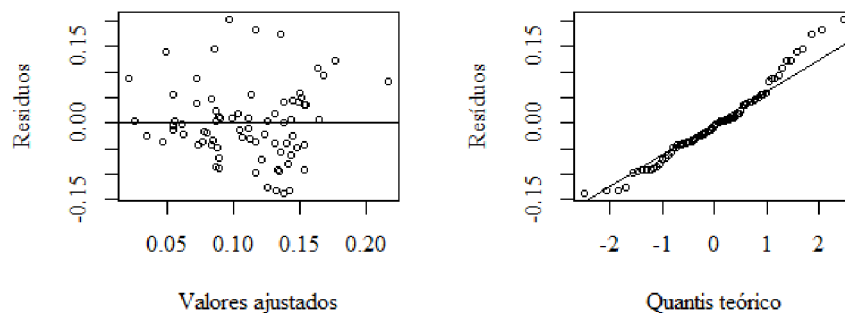


Figura 4.6 - Distribuição dos resíduos do modelo ajustado para o incremento periódico em altura das plantas jovens de *Cedrela fissilis* Vell.

A influência dos parâmetros incluídos na regressão pode ser visualizada na Figura 4.7, que demonstra a atuação positiva da altura inicial e negativa da área basal no incremento em altura, gerando um modelo com comportamento lógico para a explicação do crescimento em altura.

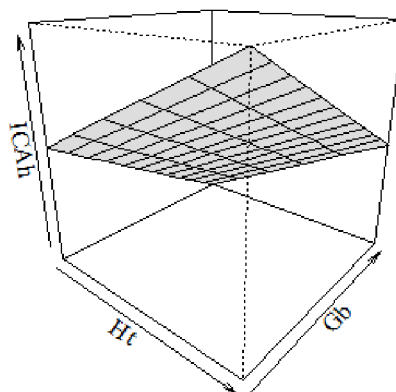


Figura 4.7 – Superfície estimada da influência dos parâmetros da altura inicial (H_t) e da área basal (G_b) no incremento em altura (ICA_h) das plantas jovens de *Cedrela fissilis* Vell.

4.3.1.1 Incrementos pelas unidades de extensão

Do total de árvores medidas 41 (53%) tiveram a unidade de extensão bem demarcada e visível, que permitiram a medida dos incrementos correspondentes aos incrementos de 2012 a 2014. A diferença absoluta entre as unidades de extensão e o crescimento medido foi maior com o aumento da altura, contudo quando o erro é transformado em erro proporcional ele se torna similar para todas as alturas, com exceção de um ponto que apresenta erro maior que 10% (Figura 4.8). Esse erro foi causado em uma árvore que apresentou crescimento real nulo, ou seja, a medidas de altura realizada em 2014 foi a mesma de 2012. Assim, os valores de incremento das unidades de extensão medidas corresponderam aos anos anteriores de 2010 e 2011 e não de 2012 e 2013 como o esperado, o que ocasionou o erro excessivo, com a retirada desse indivíduo, que teve incremento real nulo, os erros variam entre 10 e -10% (Figura 4.8).

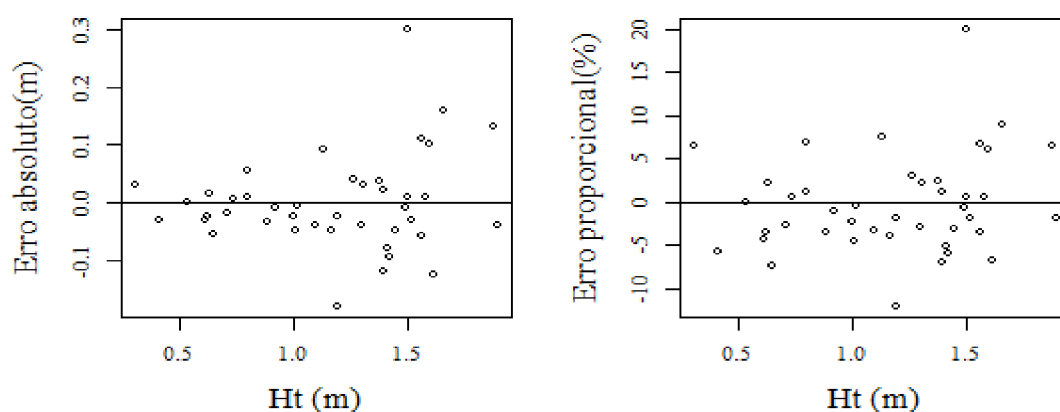


Figura 4.8 - Diferença absoluta e relativa (erro proporcional) entre as medidas de unidade de extensão e o crescimento medido entre 2012 e 2014 em altura para árvores de cedro.

As diferenças de 10% no incremento em alturas, entre o obtido pela diferença de medição dos anos de 2012 e 2014 e o medido pelas unidades de extensão, podem ser explicadas pelo período em que as medições foram realizadas, pois o período da medição não coincide exatamente com o período do início de crescimento da unidade de extensão, por exemplo, suponhamos que o crescimento em altura deve iniciar no mês de novembro e terminar no mês de junho (período quente), o crescimento deste período fica demarcado na unidade de extensão, já as medições da altura, que foram realizadas entre 2012 e 2014, foram efetuadas nos meses de março e abril. Assim, quando a altura inicial e final foi medida e remediada (em 2012 e 2014) a unidade de extensão do ano já havia começado a crescer, gerando e isso deve ter ocasionado pequenas diferenças que resultaram nos erros de 10%.

Esses erros foram considerados insignificantes pelo teste de Wilcoxon, que não mostrou diferença significativa entre o incremento obtido pela remedição e os incrementos obtidos pelas medições das unidades de extensão ($V = 502$, $Pr. = 0,3574$).

Portanto, quando considerados os problemas de árvores que não crescem e geram erros muito grandes, e que possuem a demarcação bem formada, a metodologia de medição de módulos de crescimento é mais rápida e eficaz que as medidas repetidas no tempo da altura total, para árvores jovens.

4.3.2 Incremento em diâmetro do coleto das plantas jovens

Foram medidas 57 plantas para a análise do incremento em diâmetro do coleto, que tiveram suas dimensões variando entre 0,48 e 2,86 cm, com média de $1,49 \pm 0,67$. O incremento em diâmetro do coleto teve média de 0,34 cm, com desvio padrão de 0,42, isso significa um coeficiente de variação de 125%, ou seja, houve uma excessiva variação no incremento em diâmetro para uma baixa amplitude de dados medidos.

O incremento em diâmetro não foi correlacionado com nenhuma das variáveis medidas (Figuras 4.9 e 4.10). Contudo o incremento conforme a classe da área teve uma tendência inversa do incremento em altura, pois apresentou maior variação na área de regeneração intermediária. A influência da samambaia das taperas (*Pteridium aquilinum*) para a espécie é significativa somente para o incremento em altura, e não para o incremento em diâmetro (MATOS; BELINATO, 2010). Isso pode explicar a maior variação da altura no sítio com a presença da samambaia contrariamente a variação de diâmetros.

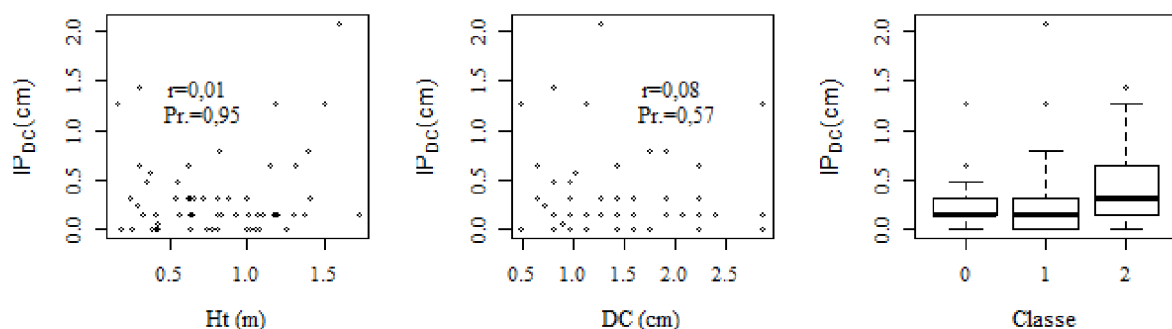


Figura 4.9 - Incremento periódico diâmetro do coleto (IP_{DC}) com relação ao diâmetro do coleto inicial (DC), a altura total inicial (Ht) das plantas de cedro e a classe da área.

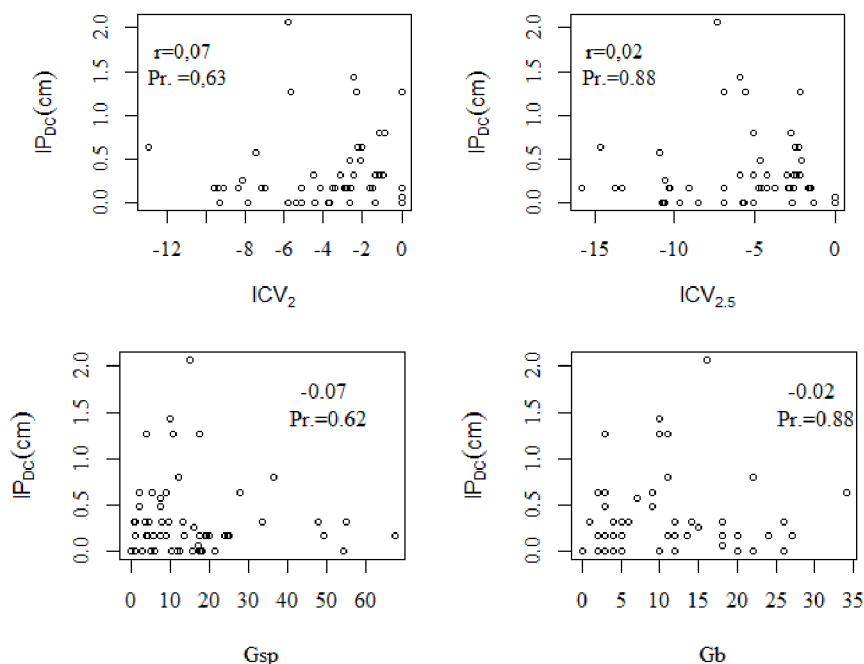


Figura 4.10 - Incremento periódico em diâmetro do coleto (IP_{DC}) de *Cedrela fissilis* com relação ao índice de competição vertical com raio de 2 metros (ICV_2), índice de competição vertical com raio de 2,5 m ($ICV_{2,5}$), área basal pontual de Spurr (Gsp) e área basal (Gb).

A análise de regressão *stepwise* não resultou em uma equação significativa para o modelo de incremento em diâmetro do coleto, provavelmente devido à falta de correlação dessa variável com as outras variáveis medidas, e à alta variabilidade do incremento em diâmetro. A presença da samambaia na região do estudo indica solos de baixa fertilidade (LORENZI, 2000), e em geral, as plantas tendem a apresentar maior variação de crescimento em solos de baixa fertilidade, pois a heterogeneidade do solo pode ser maior quando há menor quantidade de nutrientes (BREUGEL et al., 2011). Outras características do solo que podem influenciar no incremento em diâmetro são a capacidade de retenção de água (OLIVEIRA et al. 2008), e a disponibilidade de potássio (SILVA et al., 1997).

4.3.3 Incremento em diâmetro à altura do peito das plantas jovens

Foram medidas 50 árvores que tiveram diâmetro à altura do peito (DAP) entre 1,1 e 4,6 com média de 2,25 cm, o incremento médio em DAP foi de 0,29 cm com desvio padrão de 0,33, resultando em um coeficiente de variação de 114,7%, semelhante ao encontrado para o incremento em diâmetro do coleto.

O incremento em diâmetro teve correlação significativa com a altura inicial e o diâmetro inicial (Figura 4.11) e com a área basal de Bitterlich (Figura 4.12). Contudo, ao contrário do esperado, pois no caso a área basal de Bitterlich corresponderia a uma medida de

competição, esta teve uma correlação positiva com o incremento em diâmetro, o que pode ter ocorrido devido aos dois pontos, com área basal superior a 25 m² que tiveram alto incremento, sendo que provavelmente se fossem medidos mais pontos nessa faixa de área basal ocorreriam maiores variações de incremento o que conseqüentemente alteraria a padrão de correlação para não significativo.

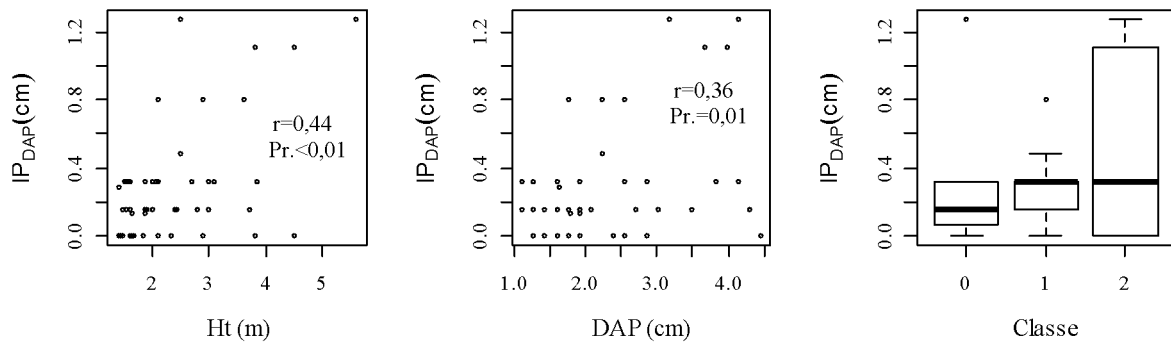


Figura 4.11 - Relação entre incremento periódico em diâmetro à altura do peito (IP_{DAP}) de *Cedrela fissilis* Vell. e a altura inicial (Ht), o diâmetro inicial(DAP) e a classe de área.

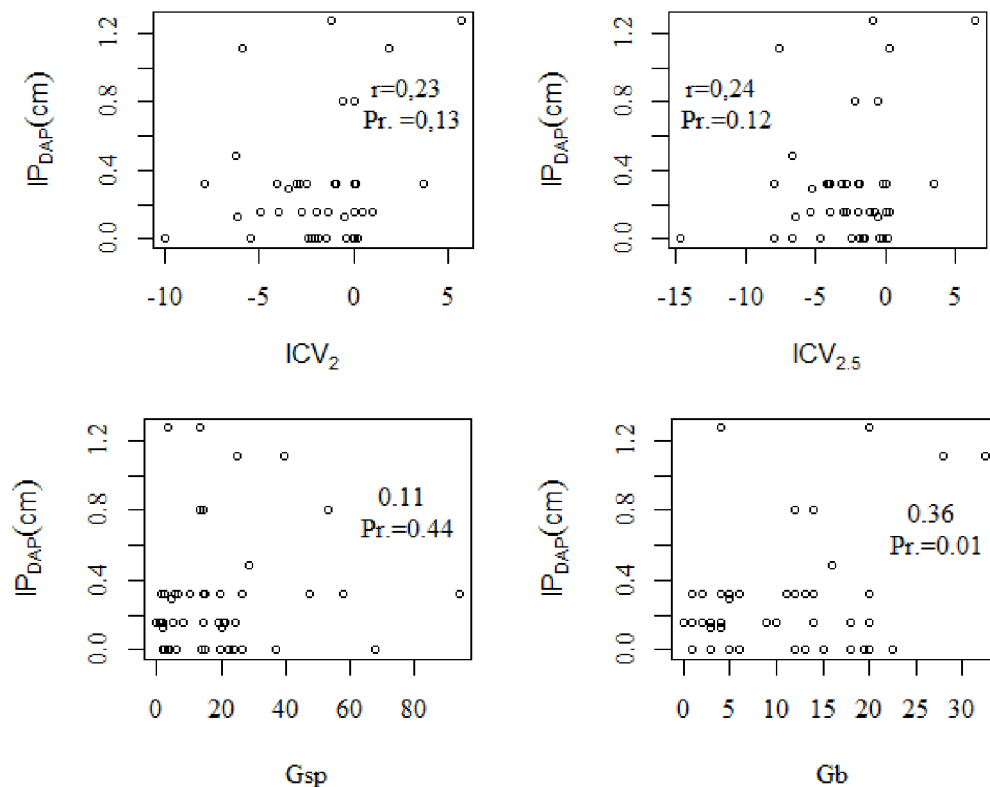


Figura 4.12 - Incremento periódico em diâmetro à altura do peito (IP_{DAP}) com relação ao índice de competição vertical com raio de 2 metros (ICV_2), índice de competição vertical com raio de 2,5 m ($ICV_{2,5}$), área basal pontual de Spurr (Gsp) e área basal (Gb).

Não foi possível construir um modelo significativo para o incremento periódico em diâmetro a altura do peito, assim como para o diâmetro do coleto, provavelmente devido a grande variação dos dados.

4.4 Conclusão

O incremento em altura e diâmetro das plantas jovens de cedro é muito variável. O incremento em altura é influenciado positivamente pela altura e diâmetro inicial da planta, e pela presença da samambaia *Pteridium aquilinum*, e negativamente pela competição. O incremento em diâmetro de coleto não respondeu a nenhuma variável medida, e o diâmetro a altura do peito foi influenciado pelas dimensões iniciais da planta.

O incremento em altura obtido pela unidade de extensão é uma maneira confiável de medição do incremento em altura para as plantas da regeneração.

O modelo de incremento em altura explicou somente 20% da variação do incremento da planta e inclui as variáveis altura inicial e área basal. Não foi possível o desenvolvimento de modelos satisfatórios para o incremento em diâmetro das plantas jovens de cedro.

4.5 Referências

- BITTERLICH, W. Measurement of basal area per hectare by means of angle measurement. **Allg. Forest. Holzwirtschaft**, Ztg. v.58, p.94-96. 1947.
- BREUGEL, M. VAN et al. Early growth and survival of 49 tropical tree species across sites differing in soil fertility and rainfall in Panama. *Forest Ecology and Management*, v. 261, n. 10, p. 1580–1589, maio 2011.
- CHAGAS, R. S. das; GOMES, J. M.; CARVALHO, J. O.P. de; FERREIRA, J. E. R. Sobrevivência e crescimento de plântulas de *Manilkara huberi* Chevalier durante cinco anos em clareiras causadas pela exploração de impacto reduzido na Amazônia brasileira. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 417-424, set. 2012.
- DUAH-GYAMFI, A. et al. Can harvesting for timber in tropical forest enhance timber tree regeneration? *Forest Ecology and Management*, v. 314, p. 26–37, fev. 2014a.
- DUAH-GYAMFI, A. et al. Natural Regeneration Dynamics of Tree Seedlings on Skid Trails and Tree Gaps Following Selective Logging in a Tropical Moist Semi-Deciduous Forest in Ghana. *Open Journal of Forestry*, v. 04, n. 01, p. 49–57, 2014b.
- FREIBERGER, M. B.; GUERRINI, I. A.; GALETTI, G.; FERNANDES, D. M.; CORRÊA, J. C. Crescimento inicial e nutrição de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) em função de doses de nitrogênio. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.37, n.3, p.385-392, 2013.

GROGAN, J.; LANDIS, R. M.; ASHTON, M. S.; GALVÃO, J. Growth response by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) advance seedling regeneration to overhead canopy release in southeast Pará, Brasil. **Forest Ecology and Management**.204 p.399-412. 2005

GUARIGATA, M. R.; PINARD; M. A. Ecological knowledge of regeneration from seed in neotropical forest trees: Implications for natural forest management. *Forest Ecology and Management* 112 (1998) 87-99.1998

HALLÉ, F.; OLDEMANN, R. A. A.; TOMLINSON, P.B. **Tropical Trees and Forests: An Architectural Analysis**, Springer-Verlag: Berlin Heidelberg New York. 1978.

HUBELL, S. P.; AHUMADA, J. A.; CONDIT, R.; FOSTER, R. B. Local neighborhood effects on long-term survival of individual trees in a neotropical forest. **Ecological Research**, v. 16 n.5, p.859–875, Dec. 2001.

IWASAKI-MAROCHI, C. **Anéis anuais de crescimento do cedro (*Cedrela fissilis* - Meliaceae) aplicados à avaliação da taxa de crescimento e dendroclimatologia**. 2009, 120f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

JUNIO, G. et al. CRESCIMENTO DE CEDRO E DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM ÁREA DEGRADADA, ADUBADO COM PÓ-DE-ROCHA. *Revista Caatinga*, v. 25, n. n.2, mar-jun., p. 159–165, 2012.

LIU, X.; LIANG, M. ETIENNE, R. S.; WANG, Y., STAEHELIN, C., YU, S. Experimental evidence for a phylogenetic Janzen–Connell effect in a subtropical forest. *Ecology letters*. V.15, p.111-118, 2012.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas, Nova Odessa, SP. Ed. Plantarum, p.37. 2000.

MARQUES, T. C. L. L. S. E. M.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Crescimento e teor de metais de mudas de espécies arbóreas cultivadas em solo contaminado com metais pesados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 1, p. 121-132, jan. 2000.

MATOS, D. M. S.; BELINATO, T. A. Interference of *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon. (Dennstaedtiaceae) on the establishment of rainforest trees. *Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia*, v. 70, n. 2, p. 311–6, maio 2010.

MITSUDA, Y.; ITO, S.; TAKATA, K. Effects of competitive and cooperative interaction among neighboring trees on tree growth in a naturally regenerated even-aged *Larix sibirica* Stand in considering height stratification. **Journal of Forest Research**. v.7 p. 185-191, 2002.

NASCIMENTO, D. F., LELES, P. S. S., OLIVEIRA NETO, S. N., MOREIRA, R. T. S. ALONSO, J. M. Crescimento inicial de seis espécies florestais em diferentes espaçamentos. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 159-165, jan./mar. 2012.

OLIVEIRA, R. B.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, C. A. M.; SILVA, S. A.; MARTINS Fl. S. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento a campo. *Ciênc. agrotec.*, Lavrs.32, n1p.-28, jan./fev, 2008

PAIVA, A. V. de; POGGIANI, F. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas plantadas no sub-bosque de um fragmento florestal. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 141-151, jun. 2000.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing, 2013.

RENO, N. B.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; VALE, F. R. Limitações nutricionais ao crescimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas em latossolo vermelho-amarelo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.32, nt, p.17-25, jan. 1997.

ROCHA, F. S.; SAGGIN JR, O. J.. SILVA, E. M. R.; LIMA, W. L. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.41, n.1, p.77-84, jan. 2006

SANTOS, D. L. dos; RAKOCEVIC, M.; TAKAKI, M.; RIBASKI, J. Morphological and Physiological Responses of *Cedrela Fissilis* Vellozo (Meliaceae) Seedlings to Light. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. V. 49, n.1. pp. 171-182, Jan. 2006.

SCHRÖDER, T., FLEIG, F. D., SPADETTO, V. Liana community ecology and interaction with *Parapiptadenia rigida* (Bentham) Brenan in a fragment of secondary forest. **Forest Ecology and Management**. v.307, n.1, Nov. p. 84–89, 2013.

SILVA, I. R.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; VALE, F. R. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 205-212, fev. 1997.

SMITH, D. M; **The Practice of silviculture**. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1962.

SPURR, S.. A measure of point density. **Forest Science**, Bethesda, v. 8, n. 1, p. 85-96, 1962.

ARTIGO 5 - O DANO CAUSADO POR PRAGAS EM *Cedrela fissilis* Vell. EM FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL

5.1 Introdução

Os insetos, apesar de serem essenciais na ecologia da floresta, podem gerar inúmeros danos no que concerne a culturas florestais (COSTA et al., 2011). O cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), por exemplo, é uma espécie muito promissora para os reflorestamentos comerciais, contudo, os plantios são inviabilizados devido aos danos causados pela mariposa *Hypsipyla grandella* Zell. (broca-do-cedro), que ataca principalmente as gemas apicais dos indivíduos (CARVALHO, 2003; REITZ et al., 1983), provavelmente atraídas por componentes orgânicos voláteis (ABRAHAM et al., 2014).

O principal dano causado pela *H. grandella* é a destruição do broto terminal de plântulas e indivíduos jovens devido à entrada das larvas e posterior escavação de galerias. Estas galerias causam a morte da região apical dos ramos ou plantas atacadas, desencadeando uma intensa emissão de brotações a cada novo ataque, prejudicando a formação de um tronco retilíneo e o crescimento em altura (LUNZ et al. 2009), gerando troncos deformados (HOWARD e MERIDA, 2011).

Outra praga relacionada a *Cedrela fissilis*, contudo, com ocorrência em pequena escala é o serrador (*Oncideres* sp.) (REITZ et al., 1983). Este gênero de inseto é bem conhecido pelo ataque em plantações de *Acacia mearnsii* de Wild (*O. impluviata*; *O. dejeani* Thoms). O dano desse inseto é realizado pelas fêmeas que anelam galhos ou troncos para depositar seus ovos (COSTA et al., 2011). Apesar de pouco relacionada ao cedro esse gênero tem ganhado destaque, pois diversos estudos têm relatado a sua incidência em espécies distintas, como Witeck Neto, et al. (2013); Souza et al., (2012) e Lemes et al, (2012).

Para o controle de pragas é necessário o entendimento do período crítico em que a planta é atacada, bem como em quais condições o ataque ocorre. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as características das plantas atacadas, os danos causados pelos ataques, o incremento das plantas atacadas pelo serrador, e avaliar em quais condições as incidências de ataques são mais intensos.

5.2 Material e métodos

O estudo foi realizado em floresta em estágio de regeneração, no município de Silveira Martins, na localidade chamada de Val Feltrina. A área de floresta amostrada foi levantada a partir de caminhamento e foi dividida em categorias, área A de uso mais intenso do solo, área B de clareira, área C de clareira e área D de regeneração intermediária (Figura 1.2).

5.2.1 Caracterização das plantas danificadas

As árvores atacadas foram identificadas através da visualização do dano ocasionado pelo ataque das referidas pragas. Foi confeccionado um histograma de frequência de diâmetro do coleto das árvores não atacadas e atacadas com amplitude entre 0 e 12 cm de diâmetro de coleto, essa amplitude correspondeu as dimensões das plantas danificadas pelo ataque. O intervalo de classe dos histogramas foi 2 cm tanto para árvores não danificadas quanto para as danificadas para determinado. Também foi analisada a proporção de plantas atacadas em cada classe de diâmetro de coleto. Foi avaliada a relação hipsométrica (relação entre altura e diâmetro do coleto) das árvores atacadas e sadias através da análise de covariância, considerando nível de significância de 0,01. As análises foram realizadas no ambiente estatístico R (R CORE TEAM, 2013).

5.2.2 Incremento em altura das plantas danificadas pelo serrador

Algumas plantas de cedro danificadas pelo serrador na localidade de Val Feltrina tiveram medido seu primeiro incremento em altura emitido após o ataque do serrador (rebrota). O primeiro incremento após o ataque foi identificado por meio da unidade de extensão (HALLÉ et al., 1978), através da marca formada pela periodicidade do crescimento (Figura 4.1) e foi medido com fita métrica.

Foi feita análise de correlação entre o incremento em altura e a altura de ataque e o diâmetro do colo, e análise de regressão com o modelo não linear Gompertz, $Y = b_1 * \exp(-\exp(-b_3 * (x - b_2)))$, onde b_1 , b_2 e b_3 são os coeficientes e x é a variável independente diâmetro do colo e Y o incremento em altura do primeiro ano após o ataque, a qualidade do ajuste foi verificada com o coeficiente de determinação, erro padrão da estimativa e gráficos de distribuição de resíduos. As análises foram realizadas no ambiente estatístico R (R CORE TEAM, 2013) e o pacote estatístico 'Hmisc' (HARREL, 2013).

5.2.3 Análise espacial de árvores danificadas pelo ataque de pragas

Foram confeccionados os mapas de densidade dos cedros com a função densidade Kernel Gaussiana isotrópica, de densidade em função do diâmetro do coleto com a kernel suavizada (*kernel regression smoother*), e os mapas de taxa de risco de ataque do serrador e da mariposa feitos a partir da divisão entre a matriz da função densidade de Kernel Gaussiana isotrópica do total de indivíduos e a matriz da função densidade de Kernel Gaussiana isotrópica dos indivíduos atacados, com largura de banda (bandwidth) de 20 m. Os mapas foram construídos no ambiente estatístico R (R CORE TEAM, 2013) e o pacote estatístico 'spatstat' (BADDELEY; TURNER, 2005).

5.3 Resultados e discussão

5.3.1 Caracterização de plantas danificadas

Foram medidas 206 plantas de cedro, destas 70 foram danificadas pelo ataque do serrador (34,0%), e 55 da mariposa (26,7%). Ao contrário do esperado a ocorrência do ataque do serrador foi superior ao da mariposa. Além disso, observou-se a ocorrência de plantas com sinais de danos de ataques do serrador em múltiplas ocasiões. Destas, 18 plantas foram danificadas duas vezes, duas foram três vezes e uma cinco vezes. Ocorreram também 17 plantas que foram danificadas pelo ataque das duas pragas.

A altura dos cedros danificados pela *H. grandella* (Figura 5.1A) variou entre 0,67 e 6,9 m e apesar do ataque, a partir de análise visual, foi possível constatar que maioria das plantas não apresentou danos excessivos que comprometessem permanentemente a sua forma. Isso ocorreu devido a capacidade que o cedro possui de emitir brotações após a perda do seu ápice, recuperando assim, parcialmente a sua forma original (Figura 5.1B). Esta constatação está de acordo com Howard e Merida (2011), que afirmam que os ataques da *Hypsipyla grandella* em mogno não afetaram a qualidade estética das árvores e também com Gomes et al. (2010) que observam que os ataques da *H. grandella* não prejudicaram o desenvolvimento do *Cedrela odorata*. Entretanto foram encontrados dois indivíduos que emitiram mais de uma brotação comprometendo assim a qualidade do fuste.

As árvores danificadas pelo ataque do serrador (Figura 5.1C) tiveram diâmetro do coleto entre 1,6 e 12 cm, e a altura do ataque variou de 0,05 metros a 3 metros, teve média de 0,82 metros e desvio padrão de 0,73. Pode-se afirmar que as plantas atacadas pelo serrador

demonstram claramente deformidades no fuste, com brotações que comprometem a qualidade estética da planta (Figura 5.1D), principalmente em árvores com elevada altura de ataque.

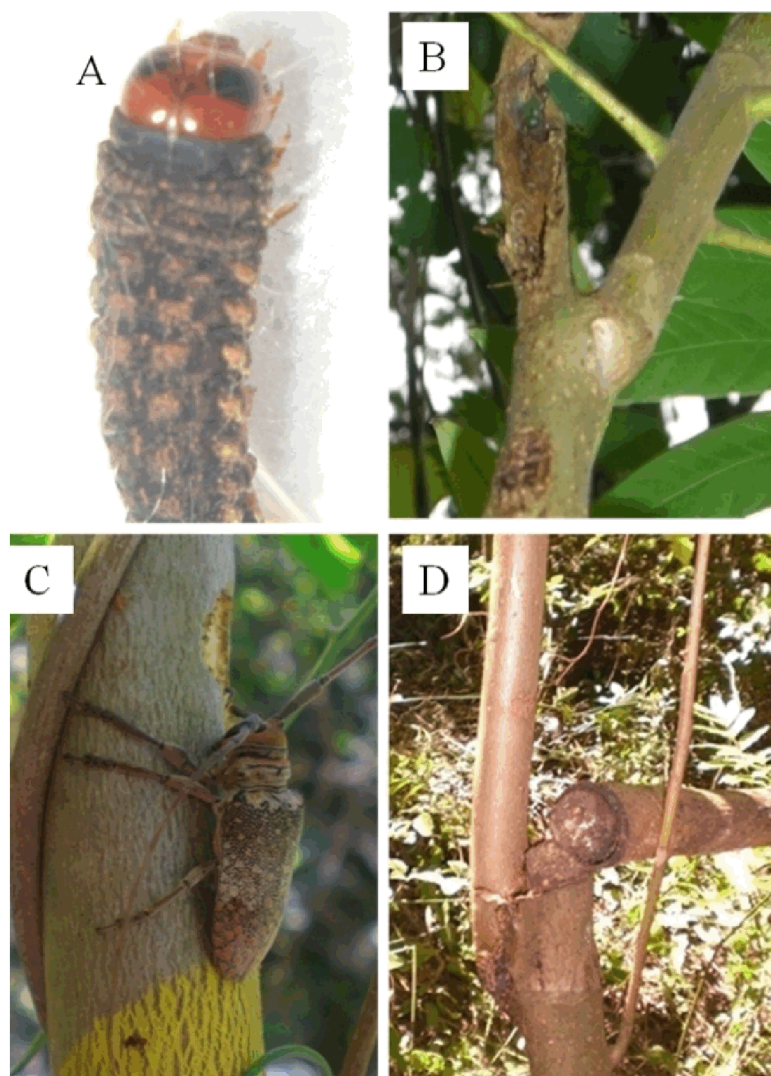


Figura 5.1. - (A) Exemplar da larva de *Hysipyla grandella* encontrada no caule de cedro atacado em 19 de agosto de 2013. (B) Ponteira de cedro danificada pelo ataque de *Hysipyla grandella*. (C) *Oncideres* sp.encontrando em tronco de cedro no dia 28 de Janeiro de 2013.(D) *Cedrela fissilis* Vell. danificada pelo ataque de *Oncideres* sp. em Val Feltrina, RS. Créditos: Lílian Daniel Pereira.

Os histogramas de frequência sugere a preferência das pragas por árvores com diâmetros de coleto entre 2 e 6 cm (Figura 5.2), poucas plantas com diâmetro do coleto menores que dois cm foram atacadas, mesmo com elevada frequência como indicado pelo histograma das árvore não atacadas, isto também foi encontrado por Costa et al. (2013), pois em plantio de mogno aos 360 dias não apresentou nenhum ataque da mariposa, pois o diâmetro do coleto não alcançou 2 cm.

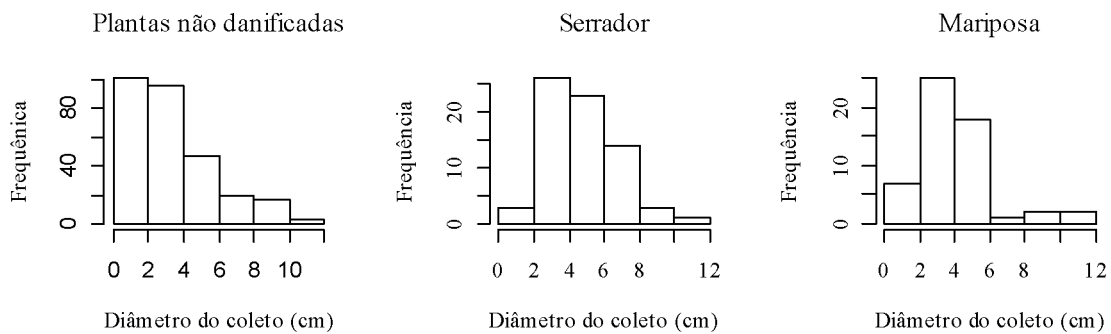


Figura 5.2 - Histograma de frequência de do diâmetro do coleto das árvores não danificadas, danificadas pelo serrador e danificadas pela mariposa, na região de Val Feltrina, município de Silveira Martins, RS.

Interessante notar que a presença de danos causados pelo ataque da mariposa diminui drasticamente para árvores de diâmetro de coleto maiores que 6 cm. Entretanto, o histograma de frequência não representa a porcentagem de árvores danificadas, a diminuição de ataque para os diâmetros superiores a 6 cm podem ser decorrente da baixa frequência de indivíduos a partir dessa classe.

A porcentagem de árvores danificadas pelos ataques por classe de diâmetro indica que a mariposa apresenta preferência por indivíduos nos diâmetros entre 10 a 12 cm além da preferência entre 2 e 6 cm, contudo a elevada proporção de ataque para as árvores entre 10 e 12 cm de diâmetro do coleto pode estar sendo influenciada pelo baixo número de árvores encontradas nessas dimensões (4) (Figura 5.3). A altura média correspondente ao diâmetro de maior porcentagem de ataque da mariposa (de 11,5 cm) é de 6 metros, há evidências de que árvores que já alcançaram 6 metros de altura apresentam o menor risco de ataque (HILJE e CORNELIUS, 2001). Tanto que, uma estratégia de controle silviculturas da *H grandela* é promover um rápido estabelecimento e crescimento, de modo a reduzir a fase de desenvolvimento em que a planta é mais suscetível ao dano, isso pode ser feito pela seleção de sítios adequados, luz sobre a copa e sombreamento lateral para promover o crescimento vertical, e poda das plantas atacadas (YADE; CARPANEZZI, 1981).

O porcentagem de árvores danificas pelo ataque do serrador foi superior para os indivíduos entre 4 e 8 cm (Figura 5.3).

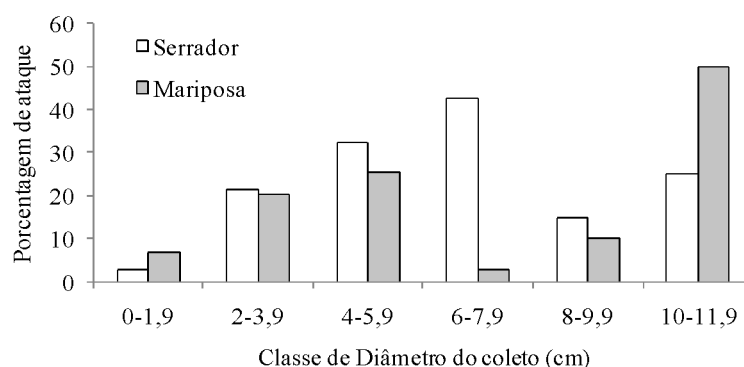


Figura 5.3 – Porcentagem de indivíduos de *Cedrela fissilis* atacados pelo serrador e pela mariposa por classe de diâmetro de coleto.

A relação hipsométrica para as árvores não danificadas resultou na equação $Ht=0,42+0,581DC$, onde DC significa diâmetro do coleto, o coeficiente de determinação foi 0,598 e o erro padrão foi 1,02. A análise de covariância para a relação hipsométrica entre as árvores danificadas pelo serrador e as árvores não danificadas indicou diferença significativa somente para a inclinação ($t=-6,34$; $Pr.<0,01$) da regressão, mantendo o mesmo intercepto ($t=-0,72$; $Pr=0,47$), gerando a equação $Ht=0,42+0,413.DC$ (Figura 5.4A). O mesmo ocorreu para as árvores danificadas pela mariposa, a análise de covariância indicou diferença somente na inclinação ($t=4,73$; $Pr.<0,01$), mantendo o mesmo intercepto ($t=0,425$; $Pr=0,65$), resultando a equação $Ht=0,42+0,413.DC$ (Figura 5.4B).

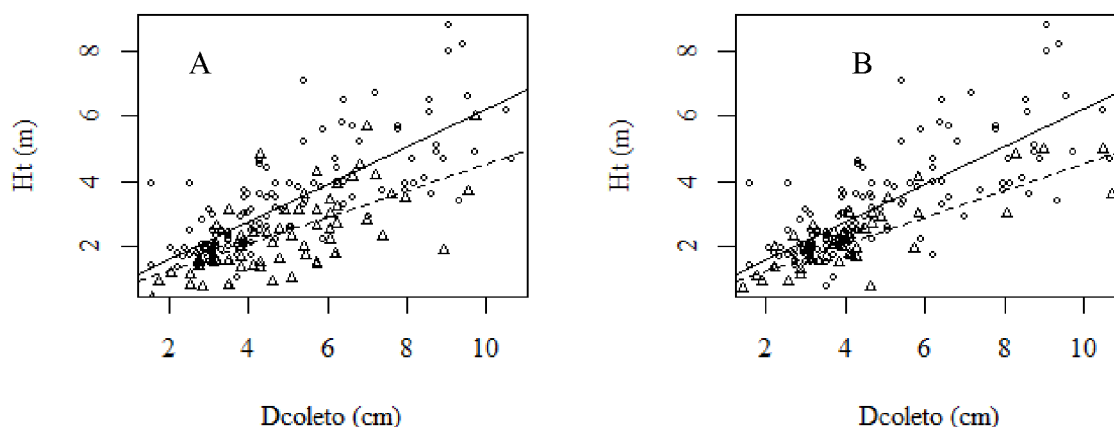


Figura 5.4 - Relação entre altura e diâmetro do coleto de cedros não danificados (pontos) e sua relação hipsométrica (linha contínua) de cedros danificados pelo ataque do serrador (triângulos e linha tracejada) (A) e danificados pelo ataque da mariposa (triângulos e linha tracejada) (B).

As equações das árvores danificadas pelo serrador e pela mariposa foram idênticas, e indicaram que o dano aumentou com o aumento da dimensão da árvore. A relação

hipsométrica das árvores danificadas pela mariposa demonstra que, apesar das plantas não apresentar comprometimento quanto à sua qualidade estética, há um retardo no desenvolvimento da mesma, com redução de altura em comparação com as árvores não danificadas. Contudo, pode-se observar que nas duas categorias de ataques a distribuição de pontos indica que há pontos de árvores danificadas semelhantes às das árvores não danificadas, indicando que essas árvores se restabeleceram. Entretanto, em alguns casos das árvores danificadas pelo serrador, isso ocorreu pela elevada altura de ataque, o que faz com que a relação hipsométrica seja alta, contudo isso não necessariamente indica um adequado restabelecimento, visto que o dano causado, sendo em uma altura elevada, deprecia a qualidade do fuste.

5.3.2 Incremento em altura das plantas danificadas pelo ataque do serrador

O incremento médio em altura do primeiro ano após o ataque das árvores danificadas (brotação) pelo serrador foi de 50,9 cm e coeficiente de variação de 62,3%. A média de incremento em altura das árvores atacadas pode ser considerada alta quando comparada com a média de incremento em altura das árvores não danificadas (5,5 cm). O alto vigor das brotações das árvores de talhadia é conhecido, devido as planta já apresentar seu sistema radicular formado (TOUMEY, KORSTIAN, 1947).

A característica de alto incremento em altura das brotações de árvores atacadas é importante, pois permite a inferência de que árvores mal formadas podem ser cortadas para nova formação com rápida recuperação.

A análise de correlação do incremento em altura com a altura de ataque não foi significativa ($r=0,01$; $Pr=0,97$), contudo foi positivamente significativa com relação ao diâmetro do coleto ($r= 0,46$, $Pr<0,01$).

A análise para o primeiro ano de crescimento após o ataque do serrador resultou na equação $IH_i = 61,44 * \exp(-\exp(-2.523 * (DC_i - 2,144)))$, com erro padrão de 25,81, e coeficiente de determinação de 0,98 (Figura 5.5). O modelo apresentou dados normais e resíduos bem distribuídos (Figura 5.6).

A análise de regressão indica que plantas danificadas pelo ataque com diâmetro de coleto inferior a 3 cm possuem baixo incremento em altura no primeiro ano, resultado semelhante também foi encontrado em eucalipto (*Eucalyptus dunnii*), que apresentou brotações menos vigorosas em árvores com DAP menor que 4 cm (GRAÇA, TOTH, 1990).

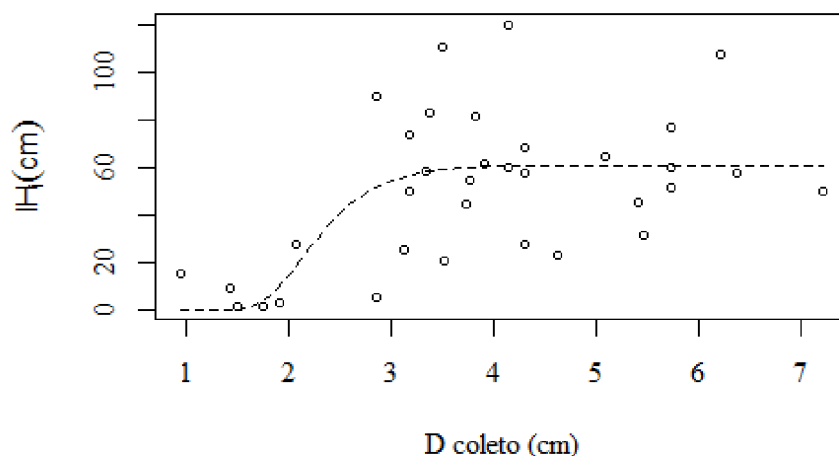


Figura 5.5 - Incremento em altura do broto de *Cedrela fissilis*, no primeiro ano após o ataque do serrador, em função do diâmetro do colete.

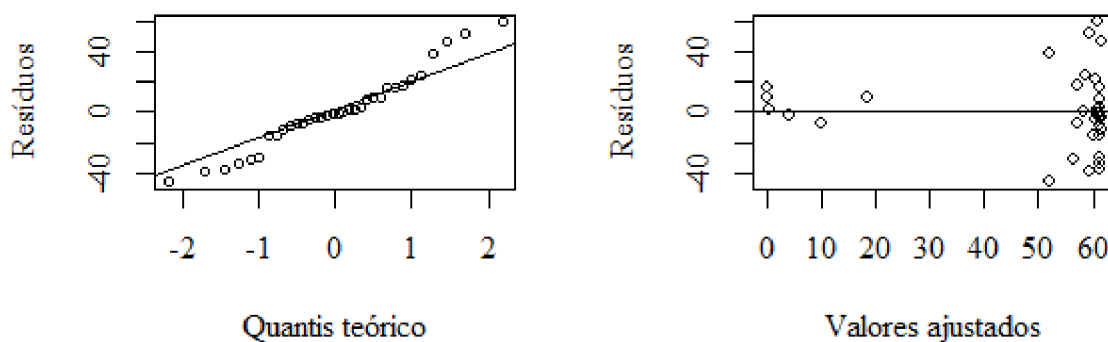


Figura 5.6 - Gráficos dos resíduos da função ajustada para o incremento em altura do broto de *Cedrela fissilis*, no primeiro ano após o ataque do serrador.

Contudo, a partir do diâmetro de 3 cm a brotação apresenta uma média de 61,44 cm (representada pela assíntota) com alta variação. As variações de incremento podem ter diversas causas, entre as causas ambientais pode-se citar a disponibilidade de água. Em algumas espécies de eucalipto, por exemplo, a demanda de água pode ser maior que a da planta normal quando na mesma dimensão sem ser de brotação, pois nas plantas provenientes de brotação há maior superfície de absorção de água, devido as raízes já estabelecidas, e pequenos déficits de água podem gerar grandes diferenças nos incrementos (REIS, REIS, 1997).

5.3.3 Análise espacial de árvores danificadas pelo ataque de pragas

O mapa de densidade de cedros mostrou regiões de elevada densidade (Figura 5.7A), algumas dessas regiões coincidiram com os locais com alta densidade de indivíduos das maiores classes estudadas (Figura 5.7B).

O mapa de taxa de risco do serrador foi semelhante ao mapa da densidade das árvores de maiores dimensões (Figura 5.7B e 5.7A), indicando que os locais com alta densidade de indivíduos grandes (nesse caso os indivíduos grandes são até a dimensão de 12 cm de diâmetro de coleto) são os locais com maior probabilidade de ataque. Portanto, em florestais naturais com fins produtivos, deve-se reduzir a densidade dos indivíduos quando chegam a estas dimensões, a fim de diminuir o risco de ataque.

O mapa de taxa de risco da mariposa apresentou semelhança com o mapa de densidade e com as classificações das áreas da região de estudo sendo maior o risco nas áreas de clareiras e área com menor densidade total (Figura 6B). Entretanto, como o estudo de Pérez-Salicrup e Esquivel, (2008) demonstra que a densidade de plantas de cedro não influencia a proporção de ataque, a taxa de risco do ataque deve estar sendo influenciada pelas áreas. A maior probabilidade de ataque da mariposa em plantas que estão em clareiras já foi observado por Grogan et al. (2005) em mogno. Além do mais, as áreas com baixa densidade total de plantas pode estar indicando deficiências no solo, e áreas com baixo suprimento de cálcio são mais suscetíveis ao ataque da mariposa (SILVA et al. 2009).

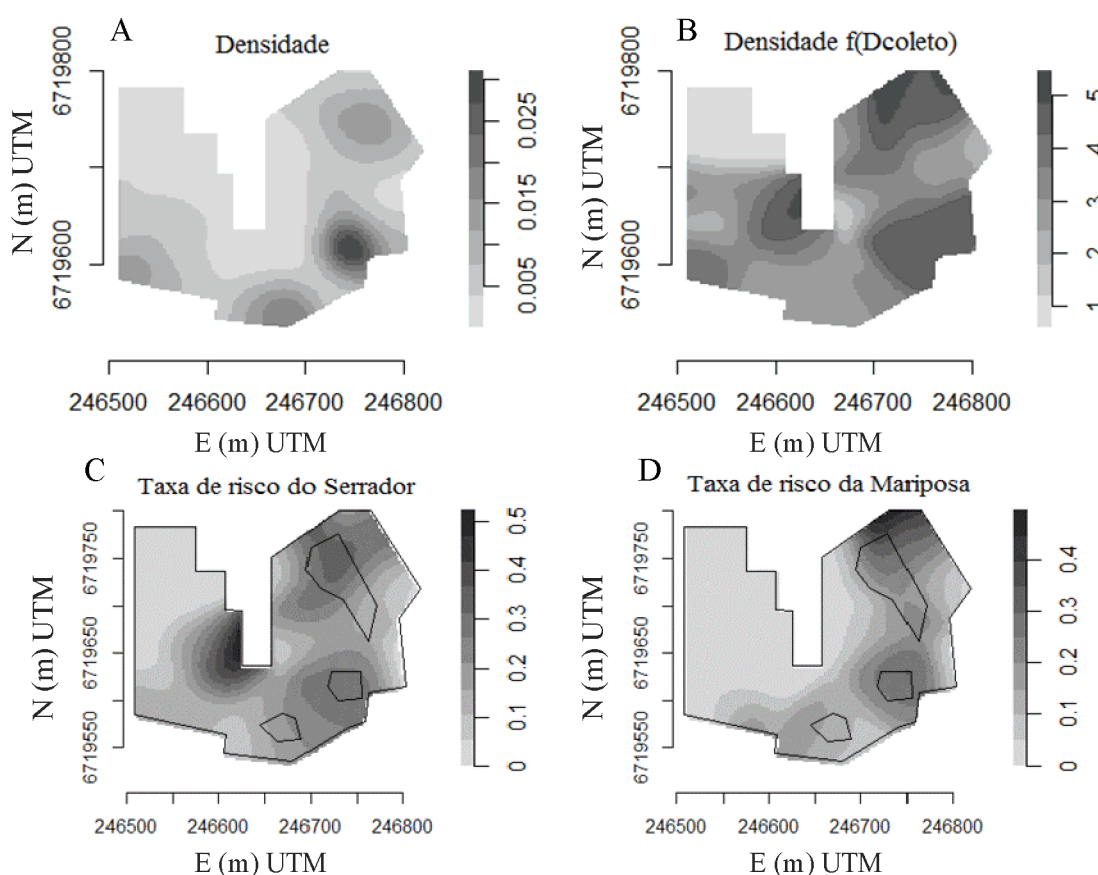


Figura 5.7 - Mapas de intensidade de ocorrência dos cedros (densidade) (A) e mapa de intensidade em função do diâmetro do coleto (Densidade $f(D_{coleta})$) (B), mapas de taxa de risco do serrador (C) e mapa de taxa de risco da mariposa (D) na região de Val Feltrina, no município de Silveira Martins, RS.

5.4 Conclusão

As árvores com maior probabilidade de ataque do serrador são aquelas com diâmetro de coleto entre 4 e 8 cm.

As árvores com maior probabilidade de ataque da mariposa são aquelas com diâmetro de coleto entre 2 a 5 cm e entre 10 e 12 cm.

A altura total dos indivíduos de cedro é danificada quando sofre ataque da mariposa e do serrador. O dano aumenta com a dimensão da árvore.

A rebrota dos indivíduos atacados pelo serrador apresenta elevado desempenho para plantas com diâmetro do coleto superior à 3 cm.

Indivíduos de cedro em áreas de clareira e de menor densidade total são mais suscetíveis a ataques da mariposa.

Indivíduos de cedro localizados em áreas com elevada densidade de indivíduos nas dimensões entre 8 e 12 cm de diâmetro de coleto são mais suscetíveis ao ataque do serrador.

5.5 Referências

- ABRAHAM, J., OPUNI-FRIMPONG, E., WEISSBECKER, B., SCHÜTZ, S., ANGELI, S. Olfactory cues of mahogany trees to female *Hypsipyla robusta*. **Bulletin of Insectology**. V.01, n. 1. P.21-30, 2014.
- BADDELEY, A. ; TURNER, R. spatstat: An R Package for Analyzing Spatial Point Patterns. **Journal of Statistical Software**. V. 12, Issue 6, p. 1-42. 2005.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo: Embrapa Florestas, 2003, p.385-393.
- COSTA, E. C., d'AVILA, M., CANTARELLI, E. B., MURARI, A. B. **Entomologia florestal**. Santa Maria:UFSM. 2011.
- COSTA, M. S., FEITOSA, C. T. L., CRUZ, S.S., RIBEIRO, S. B., MORAIS, A. B. F., OLIVEIRA, M. G. Crescimento do mogno em sistema silvipastoril. **Revista Agroecossistemas**, v. 5, n. 2, p. 53-57, 2013.
- GRAÇA, M. E. C., TOTH, V. B. R, Rebrotas de *Eucalyptus dunnii*: a influência da altura, diâmetro e procedência no vigor das brotações. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 20, p.49-57, jun. 1990.
- GOMES, J. M., CARVALHO J. O. P., SILVA, M. G., NOBRE, D. N. V., TAFFAREL, M., FERREIRA, J. E. R.; SANTOS, R. N. J. Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**. v. 40, n.1, p. 171 – 178, 2010.
- GROGAN, J.; LANDIS, R. M.; ASHTON, M. S.; GALVÃO, J. Growth response by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) advance seedling regeneration to overhead canopy release in southeast Pará, Brasil. **Forest Ecology and Management**. n.204, p.399-412, 2005.
- HALLÉ, F.; OLDEMANN, R. A. A.; TOMLINSON, P.B. **Tropical Trees and Forests: An Architectural Analysis**, Springer-Verlag: Berlin Heidelberg New York. 1978.
- HARRELL Jr, F.E. **Hmisc: Harrell Miscellaneous**. R package version 3.14-0, 2014
<<http://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>>.
- HOWARD F. W; MERIDA, M. A. **Mahogany Shoot Borer, Hypsipyla grandella (Zeller) (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae: Phycitinae), a series of Featured Creatures from the Entomology and Nematology Department**, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 2011. Disponível em <http://entomology.ifas.ufl.edu/creatures> Acessado em 25 maio de 2011.
- LEMES, P. G.; ANJOS, N., CORDEIRO, G. Injúrias e oviposição de *Oncideres imbrivata* (Germar) (Col.: Cerambycidae) em *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr. **Comunicata Scientiae**, v. 2, n. 1, p.53-56, 2011.

LUNZ, A. M.; THOMAZINI, M. J.; MORAES, M. C. B.; NEVES, E. J. M.; BATISTA, T. F. C.; DEGENHARDT, J.; SOUSA, L. A.; OHASHI, O. S. *Hypsipyla grandella* em Mogno (*Swietenia macrophylla*): Situação atual e perspectivas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.59, p.45-44. Jul/Dez. 2009.

PÉREZ-SALICRUP, D. R., & ESQUIVEL, R. Tree infection by *Hypsipyla grandella* in *Swietenia macrophylla* and *Cedrela odorata* (Meliaceae) in Mexico's southern Yucatan Peninsula. **Forest Ecology and Management**, v.255, n.2, p.324-327, 2008.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing, 2013.

REIS, G. G., REIS, M. G. F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série técnica IPEF**, v. 11, n. 30, p. 9-22, maio, 1997.

REITZ, R.; KLEIN, R. M. ; REIS, A. **Projeto Madeirado Rio Grande do Sul**. Porto alegre: sudesul-gers-ibdf, 1983. 525 p.

SILVA, S. A. S., SANTOS, M. M. L. S., SILVA, G. R., SILVA Jr. M. L., OHASHI, O. S., RUIVO, M. L. P. Efeito do cálcio no controle da *Hypsipyla grandella* em mudas de mogno cultivadas em hidroponia. **Acta Amazonica**. v. 39, n.2, p.273 – 278, 2009.

SOUZA, G. K., PIKART, T. G., PIKART, F. C., ZANUNCIA, J. C. Registro de *Oncideres saga* (Coleoptera: Cerambycidae) em *Peltophorum dubium* (Leguminosae) no Município de Trombudo Central, Santa Catarina, Brasil. **Entomo Brasilis**, v. 5, n. 1, p.75-77. 2012.

TOUMEY, J. W.; KORSTIAN, C.F. **Foundations of Silviculture upon an Ecological Basis**. John Wiley and Sons, New York, 457 pp. 1947.

WITECK NETO, L., LINK, D., PASINI, M. P. B. Cerambycidae associados a *Ocotea puberula*. Nota científica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 76, p-455-458. 2013.

YARED, J. A. G.; CARPANEZZI, A. A. **Conversão da capoeira alta da Amazônia em povoamentos de produção madeireira: o método 'recru' e espécies pormissoras**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 1981, 27p. (Boletim de Pesquisa, 25).

ARTIGO 6 – CRESCIMENTO E INCREMENTO DE *Cedrela fissilis* Vell.

6.1 Introdução

O crescimento das árvores consiste na mudança de uma característica, em geral, com o aumento desta no tempo, como do diâmetro, da altura entre outros (ENCINAS et al., 2005). Apesar do crescimento das plantas ser influenciado por diversos fatores que interagem com a genética do indivíduo, como disponibilidade de água e luz, competição, entre outros (HUSCH et al. 1982), a curva de crescimento, a longo prazo, mantém uma forma sigmoidal (SOUZA, SOARES, 2013).

A forma sigmoidal da curva de crescimento pode apresentar variações, como no caso das curvas de crescimento em diâmetro, que variaram conforme a altura da copa no dossel, árvores com copa no dossel apresentam curva de crescimento em diâmetro maiores que árvores com copa sombreada (SANQUETTA et al., 2010). As curvas de crescimento podem ainda variar dentro da mesma espécie, entre indivíduos, devido à influência genética, e também provavelmente ao histórico de desenvolvimento da mesma (TONINI et al., 2003).

A utilização de modelos de crescimento permite prever a produção futura e explorar opções silviculturais, dando, assim suporte para as decisões do manejo florestal (VANCLEY, 1994). A partir da curva de crescimento pode ser obtida a idade técnica de colheita, que corresponde a idade de maior eficiência na produção, essa idade é indicada pela intersecção das curvas de incremento corrente anual e incremento médio anual. A derivação da curva de crescimento pode gerar os dados de incremento (CAMPOS, LEITE, 2009).

Os modelos de crescimento para as espécies de florestas nativas são escassos, pois a determinação da idade é uma tarefa complexa e difícil. Para fins de produção e manejo de espécies em florestas nativas, os estudos atuais estão sendo focados em modelos de incremento, principalmente incremento diamétrico. O incremento diâmetro corresponde a mudança da dimensão da árvore em determinado tempo (diferença entre dimensão inicial e final), quando considerado um ano o incremento é chamado de incremento corrente, quando considerados mais anos incremento periódico.

As variáveis independentes que compõem esses modelos são amplas, como o diâmetro inicial (STEKPA, 2012, CHASSOT et al. 2011), índices de competição, variáveis morfométricas (CUNHA, FINGER; 2013; DELLA-FLORA et al., 2004) e ainda variáveis ambientais como pedregosidade (DELLA-FLORA et al, 2004), matéria orgânica, nitrogênio e argila (SCHNEIDER et al., 2014).

O objetivo do estudo foi caracterizar as curvas de crescimento em diâmetro e altura de árvores de cedro, bem como desenvolver um modelo de incremento em diâmetro e em área transversal.

6.2 Material e métodos

Cada árvore teve sua a circunferência à altura do peito (CAP) determinada com o auxílio de fita métrica a 1.30 cm do solo; a altura total (Ht); a altura comercial (Hc) e a altura de inserção de copa (Hi) medidas com o hipsômetro eletrônico Vertex III e oito raios de copa (Rc) foram medidos também pelo Vertex III (utilizando-se a função DME), orientados pelos pontos cardeais norte (N), nordeste (NE), leste (E), sudeste (SE), sul (S), sudoeste (SO), oeste (O) e noroeste (NO) e a classe de copa da árvore (Cl = dominante, co-dominante ou suprimida).

6.2.1 Crescimento em diâmetro e altura

O crescimento em diâmetro foi obtido a partir da análise de incremento dos discos obtidos dos troncos das árvores abatidas de Agudo, da FEPAGRO (Santa Maria), e das baguetas em que a atradagem atingiu a medula das árvores da região de Val Feltrina (Silveira Martins) (Figura 1.1). Os discos utilizados e as baguetas para a análise de crescimento foram obtidas no tronco na altura de 0,3 a 0,5 m do solo.

Os discos e as baguetas foram levados ao Laboratório de Manejo Florestal da UFSM, secos à temperatura ambiente e polidos com lixas de granulometria crescente de 80 a 400 grãos/mm². Logo após, foram limpos com ar comprimido para desobstrução dos vasos, procedimento que torna as características anatômicas da madeira mais visíveis, como recomendado por Stokes e Smiley (1968). Seguindo, foi feita a demarcação dos anéis de crescimento através da visualização em lupa e estas foram digitalizadas com escala por meio de scanner com resolução de 1200 dpi. A largura dos anéis de crescimento foi determinada pelo software Image Pro-Plus versão 4.5.

Para o crescimento em altura foram utilizadas somente as árvores de Agudo e da FEPAGRO (Santa Maria), pois as árvores foram derrubadas, com coleta de discos nas diversas alturas o que possibilita a reconstrução do crescimento em altura, os discos foram coletadas nas alturas de 0,3 – 0,4 metros do solo e logo após com intervalo de um metro, ou seja, o próximo disco correspondeu a altura de 1,3 – 1,4, e seguinte a altura de 2,3 – 2,4 e

assim sucessivamente. Foi feita a análise de tronco (ANATRO) completa permitiram reconstruir o crescimento em altura.

Foi feito o teste de Wilcoxon para analisar a diferença entre o incremento em altura obtido pela medida da ANATRO e o incremento em altura da medida de unidade de extensão.

6.2.2 Incremento em diâmetro à altura do peito

As árvores foram tradadas, com o trado de Pressler de 5 mm de diâmetro, à 30 cm do solo, salvo quando a árvore apresentou deformidades na base, sendo então, a tradagem feita imediatamente acima, onde o efeito da irregularidade cesse (a medida de 0,30 – 0,4 m do solo se justifica pois não reduz o potencial madeireiro da árvore, caso posteriormente seja cortada).

Cada árvore teve duas amostras retiradas perpendicularmente entre si. As amostras foram levadas ao Laboratório de Manejo Florestal da UFSM e foram coladas em suporte adequado após a secagem e o procedimento de polimento e demarcação dos anéis foi o mesmo do descrito acima para a análise do crescimento das árvores.

Os incrementos analisados consistiram em incremento periódico em diâmetro (IP_{DAP}) e incremento periódico em área transversal (IP_G), considerando a soma dos três últimos anos de incremento. As relações morfométricas avaliadas foram: comprimento de copa ($L=Ht-Hi$), proporção de copa ($Pc= (L.100)/Ht$), grau de esbeltez ($HD=Ht/Dap$), índice de saliência ($IS= Dc/Dap$), índice de abrangência ($IA= Dc/Ht$) e formal de copa ($Fc= Dc/L$).

A relação entre as variáveis medidas (diâmetro inicial; altura total), variáveis de competição (índices de competição vertical, área basal de Biterlich e área basal pontual de Spurr) e variáveis morfométricas com o incremento em diâmetro foi avaliada pela correlação de Pearson.

Foi feita a modelagem dos incrementos em altura e diâmetro pelo método de regressão stepwise, considerando como variáveis independentes apenas aquelas com $Pr < 0,05$. As apreciações sobre os modelos foram feitas com base no coeficiente de determinação, erro padrão de estimativa, coeficiente de variação ($CV\%$), e pelos gráficos de distribuição dos resíduos. Também foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e o teste de Durbin-Watson para a verificação da independência dos erros e a análise gráfica dos resíduos para verificação de homogeneidade de variância. Também foram testados os modelos com as variáveis encontradas para os modelos ajustados por Mattos (2007) e Cavalli (2013).

Foi modelada a árvore de regressão multivariada, o resultado da árvore de regressão é a formação de grupos compostos por subgrupos escolhidos para minimizar dentro do grupo a soma de quadrados (BORCARD, et al. 2011).

A análises foram feitas no ambiente estatístico R com os pacotes Coin (HOTHORN, et al. 2008), Hmisc (HARRELL, 2014), lmtest (ZEILEIS, HOTHORN, 2002) e mvpart (DE'ATH, 2013).

6.3 Resultados e discussão

6.3.1 Crescimento em altura

A curva crescimento em altura (Figura 6.1) mostra que as árvores localizadas na região de Agudo, em floresta de talhadia, tiveram um melhor desempenho, talvez devido à melhores condições de sítio. Outra hipótese, deriva do crescimento em função das condições iniciais de competição, pois as árvores de cedro da FEPAGRO cresceram em meio a um plantio de canafístula sendo, portanto, proveniente da regeneração natural, provavelmente tiveram competição no início de seu crescimento. Contudo esta última conjectura não parece muito adequada, pois, se fosse consequência das condições iniciais de crescimento, haveria curvas dos dois locais com inclinações semelhantes e diferentes, ou seja, haveria curvas entrecruzadas.

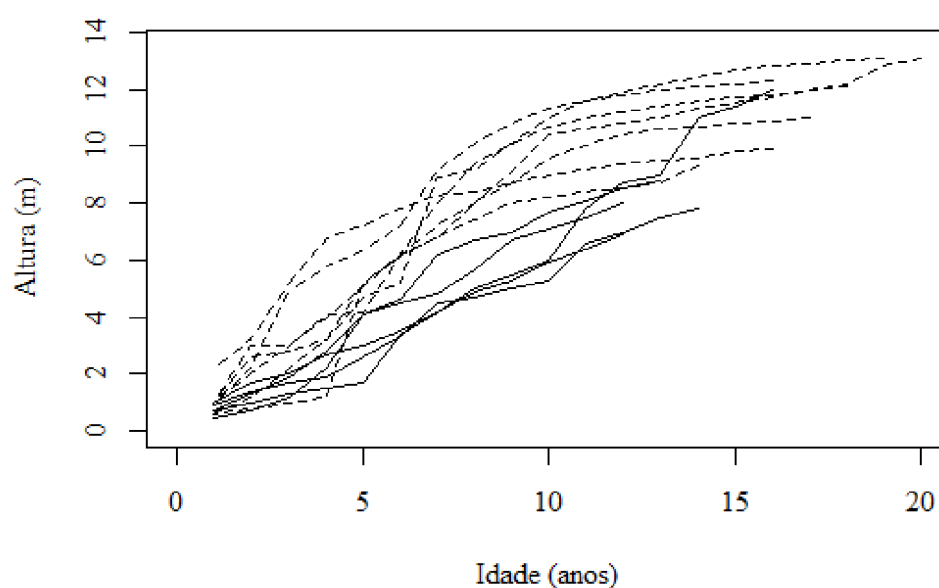


Figura 6.1 - Incremento acumulado de altura de cedro com a idade.

Onde: Linhas tracejadas correspondem a árvores de Agudo e linhas contínuas correspondem a árvores da FEPAGRO.

A curva de incremento acumulado em altura mostra, para algumas árvores da região de Agudo, uma altura inicial de dois metros, esse valor não é condizente com os valores de altura encontrados nos indivíduos jovens para a região de Val Feltrina, nos quais, plantas de aproximadamente dois metros apresentam em média três a quatro anos de idade. Contudo, Mattos (1980) afirma que em boas condições o cedro pode crescer até 1,5 m em altura no primeiro ano. Além do mais, o sítio da região de Agudo pode apresentar melhores condições que o sítio de Val Feltrina, justificando assim esta elevada altura inicial. A maioria dos indivíduos apresentaram alturas no primeiro ano de crescimento que variaram de 0,5 a 1 metro.

Apesar das curvas de incremento acumulado em altura terem sido construídas com a estimação da altura por meio da análise de tronco (ANATRO), as diferenças encontradas da altura real (medidas pelas unidades de extensão) com a estimada pela ANATRO não foram significativas pelo teste de Wilcoxon ($W = 25$, $Pr. = 0,1622$), ou seja, as alturas medidas das diferentes maneiras são estatisticamente iguais. O mesmo também pode ser aplicado à análise do incremento em altura ($W = 18$, $Pr. = 0,359$).

Contudo, deve ser considerada a magnitude dos valores, na estimação da altura um erro de aproximadamente 20 cm não é significativo considerando, por exemplo, uma árvore com altura total de 6 metros. Em geral, os valores estimados de altura pela análise de tronco foram inferiores aos medidos, ou seja, os valores foram subestimados (Figura 6.2). Entretanto, quando esse mesmo erro de 20 cm ocorre para o incremento em altura, esse passa a ser significativo, pois esse valor equivale a 146% do incremento médio (13,7 cm), os gráficos dos valores estimados e valores medidos demonstram essa realidade (Figura 6.2). Portanto, mesmo que o teste tenha indicado similaridade para os incrementos em altura pela medição da ANATRO e pela medição das unidades de extensão recomenda-se muito critério a utilização de valores de incremento em altura obtidos por estas metodologias, pois apesar da medição da unidade de extensão ser mais precisa ela pode gerar erros quando há incrementos nulos, e que, portanto, não são demarcados.

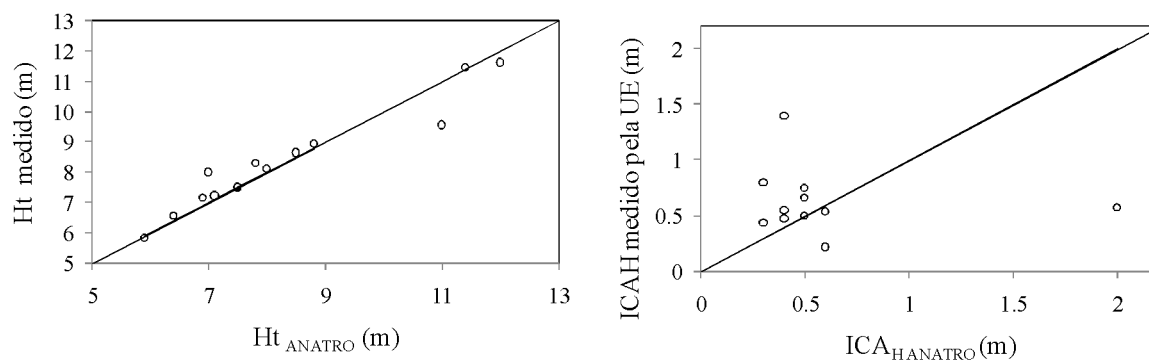


Figura 6.2 Gráficos dos valores estimados pela ANATRO e valores medidos pela unidade de extensão de altura total e incremento em altura de *Cedrela fissilis* Vell..

6.3.2 Crescimento em diâmetro

Ao contrário do que aconteceu nas curvas de incremento acumulado em altura, as curvas de incremento em diâmetro das árvores da FEPAGRO e de Agudo, não demonstraram tendências diferentes, estando todas mescladas (Figura 6.3).

O crescimento em diâmetro das árvores da região de Val Feltrina, no município de Silveira Martins, foi mais vigoroso que os das árvores da FEPAGRO (Santa Maria) e de Agudo, pois na idade de 20 anos a curva de crescimento ainda se apresenta em fase inicial da curva em foram sigmoidal, enquanto as árvores da FEPAGRO e de Agudo a curva já demonstram estabilização no crescimento (fase de assíntota da curva), provavelmente a estabilidade da curva indica que a árvore avança para a fase de senescência, uma das árvores de Agudo mostrou essa evidência, pois o tronco em suas partes superiores já estava em processo de apodrecimento, o que impossibilitou a utilização desta árvore para a ANATRO (Figura 6.3).

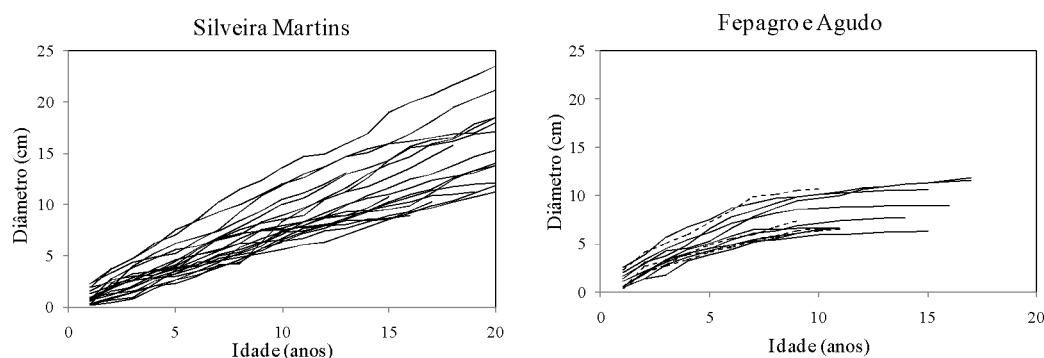


Figura 6.3 - Crescimento diamétrico das árvores de cedro na região de Val Feltrina (Silveira Martins), Fepagro e Agudo (onde as linhas tracejadas indicam árvores da FEPAGRO e linhas contínuas árvores de Agudo), RS.

Apesar das árvores terem sido cortadas no período que não apresentavam folhas, pode-se constatar que em Agudo elas estavam claramente suprimidas, com pouco espaço para a brotação de suas folhas, enquanto que as árvores coletadas na FEPAGRO se encontravam em um estrato co-dominante, já todas as árvores coletadas de Silveira Martins foram de posição emergente de copa, assim, a posição da copa no dossel certamente influenciou no baixo ou alto crescimento das árvores. A influência da posição sociológica da árvore na floresta tem sido bem explorada, a constatação de que árvores emergentes crescem mais que árvores dos estratos inferiores foi feita por vários autores, dentre eles cita-se Cunha (2009), Finger et al (1996), Zanon (2007), Mattos (2007) e Chassot (2009).

A curva de crescimento das árvores de Silveira Martins, apesar de apresentar maior crescimento, ainda é inferior a curva obtida por CUSATIS, et al.(2013), que mostra um estágio linear até no mínimo uma idade de 30 anos com um alcance de DAP entre 30 e 40 cm, enquanto as arvores de Silveira Martins apresentam na idade de 30 anos DAPs entre 14 e 30 cm.

Iwasaki-Marochi (2007) também encontrou árvores com grandes disparidades entre crescimentos, atribuindo esse fator à competição e disponibilidade de luz, e obteve curvas semelhantes à encontradas em Silveira Martins, Agudo e FEPAGRO.

6.3.3 Incremento em diâmetro e área transversal

O histograma de frequência das árvores amostradas para a modelagem do incremento teve forma exponencial negativa, com a maioria dos indivíduos nas classes de menor DAP (Figura 6.4). O incremento diamétrico médio das árvores de cedro foi de $0,51 \pm 0,33$ cm/ano, incremento semelhante ao encontrado por outros estudos, como de 0,48 (SCHAAF et al. 2005); 0,36 (FIGUEIREDO FILHO et al, 2010), 1,1 (CUSATIS et al., 2013) e 0,32 cm (MAIA, 2013). O menor incremento periódico anual foi de 0,07 cm e o maior foi de 1,77 cm, semelhante ao encontrado por Longhi et al. (2006) de 1,71 cm para um indivíduo, e por Figueiredo Filho et al, (2010), de 0 e 1,27 cm, para incremento mínimo e máximo, respectivamente.

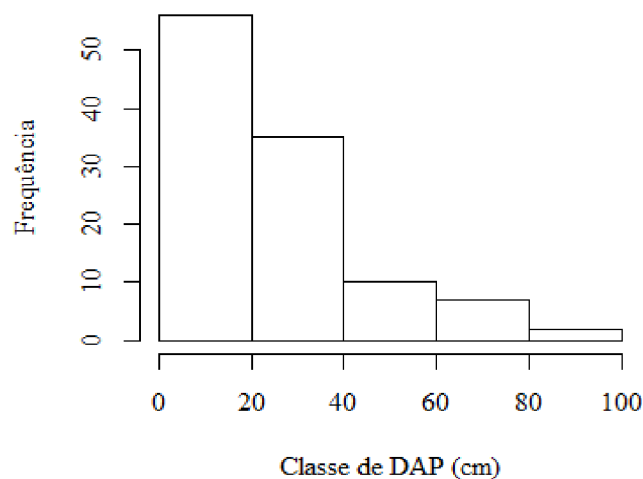


Figura 6.4 - Histograma de frequência por classe de DAP das árvores de *Cedrela fissilis* (Vell.) com incremento periódico anual em diâmetro e área basal medidos.

O incremento periódico anual em diâmetro teve a tendência de diminuir com o aumento da dimensão da árvore enquanto o incremento em área basal teve tendência ascendente (Figura 6.5). Isso ocorre, pois com o aumento do diâmetro a área adicionada ao redor da árvore é maior (ASSMANN, 1970), assim, o diâmetro influi mais no incremento em área basal do que no incremento radial.

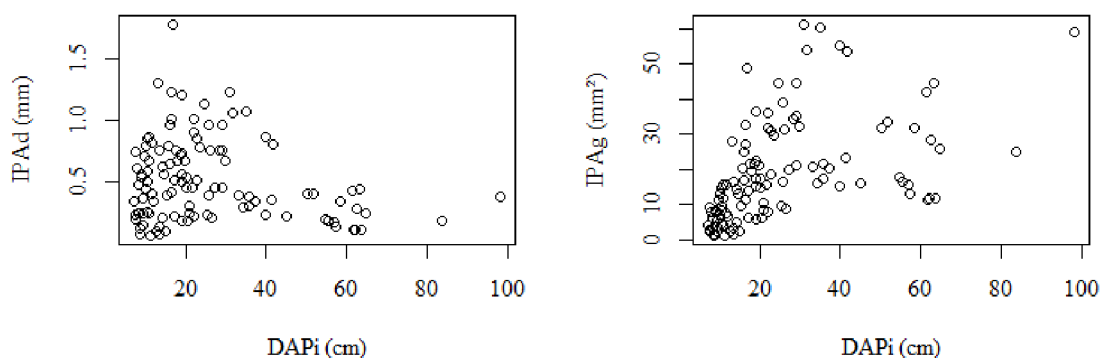


Figura 6.5 - relação entre incremento periódico anual em diâmetro (IPA_d) e DAP e incremento periódico anual em área transversal (IPA_g) e DAP de *Cedrela fissilis* (Vell.).

O diâmetro apresentou relação mais marcante com o incremento em área transversal do que com o incremento em diâmetro, e obteve, portanto, correlação superior (Tabela 6.1). Apesar disso, o incremento em área basal ainda apresenta dispersão bastante ampla quando comparada a encontrada por Mattos (2007) para a mesma espécie. A relação entre incremento em área transversal e diâmetro encontrada por Mattos (2007) apresentou menor dispersão e

forma quadrática, resultando em correlação de 0,63. Isso pode ter ocorrido devido as árvores analisadas no presente trabalho serem provenientes de áreas mais amplas do que o realizado por Mattos (2007). A coleta de árvores de áreas distintas pode incluir maiores variações nas condições das plantas, abarcando maiores amplitudes de sítios e gerando assim, maiores variações em relação ao comportamento do incremento.

Tabela 6.1 - Correlações entre os incrementos periódico em diâmetro e em área transversal de *Cedrela fissilis* (Vell.) com as variáveis medidas.

	DAP	Ht	HD	Dcp	L	Pc	IS	IA	Fc	Gsp	Gb
IPAd	-0,20	-0,12	0,14	-0,19	-0,25	-0,13	0,15	-0,09	0,04	-0,08	-0,01
Pr.	0,034	0,198	0,155	0,062	0,013	0,192	0,133	0,392	0,699	0,41	0,911
IPAg	0,48	0,47	-0,53	0,48	0,37	0,2	0,31	0,46	0,37	0,08	0,05
Pr.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	0,02	0,03	0,403	0,63

Onde: IPAd = Incremento periódico anual em diâmetro; IPAg= Incremento periódico anual em área transversal; Pr. = Probabilidade da correlação; DAP = diâmetro à altura do peito; Ht= altura total; HD =relação entre altura e diâmetro ou relação hisométrica; Dcp = diâmetro de copa; L = Comprimento da copa; Pc= proporção de comprimento de copa; IS= índice de saliência (DC/DAP); IA= índice de abrangência (DC/Ht); Fc= formal de copa (DC/L); Gsp = área basal pontual de Spurr; Gb = área basal de Bitterlich.

O incremento em área transversal teve maior correlação negativa com a relação HD, ou seja, quanto mais esbelta a árvore menor o incremento em área transversal. A maior esbeltez de uma árvore pode significar que enquanto ela cresceu em altura, as condições não foram propícias para o seu crescimento em diâmetro, o que pode estar indicando um estado de competição mais acentuado. As medidas que visaram mensurar a competição, como a área basal pontual de Spurr e a área basal de Bitterlich, não resultaram em correlação significativa com o incremento. Isso ocorre, pois as medidas de competição são expressões matemática que não necessariamente representam o processo de competição (CUNHA, FINGER, 2013).

O modelo para o incremento periódico em diâmetro incluiu as variáveis de diâmetro inicial e classe de copa, contudo os erros não apresentaram distribuição normal, conforme o teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($W = 0,9459$, $Pr. < 0,01$), portanto, a variável dependente foi transformada em logaritmo, para obtenção de normalidade. A equação obtida foi $\ln(\text{IPAd}) = -0,3254 - 0,01529 \cdot \text{DAP}_i - 1,305562 \cdot \text{CC1}$, onde DAP_i = diâmetro inicial, CC1 = classe de copa das árvores sob dossel. A regressão obteve erro padrão da estimativa de 0,5631, coeficiente de determinação de 0,36. O teste de normalidade de Shapiro-Wilk indicou que os dados são normais ($W = 0,9828$; $Pr. = 0,169$) e o teste de Durbin-Watson indicou independência de erros ($DW = 1,7621$; $Pr. = 0,08$). Os resíduos mínimo e máximo foram de -1,39 e 1,15, respectivamente (Figura 6.6).

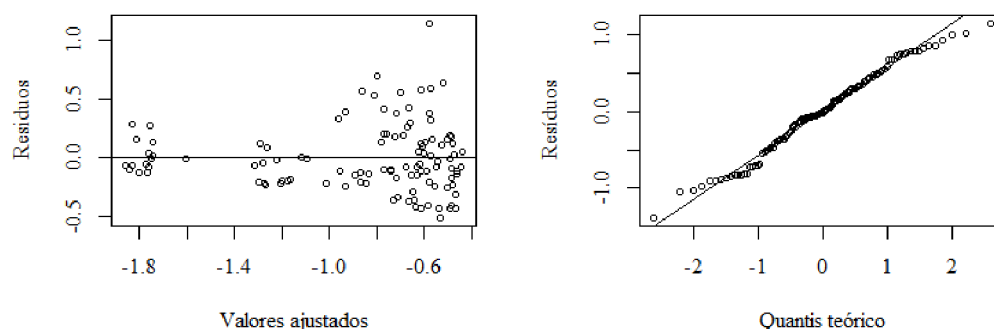


Figura 6.6 - Distribuição dos resíduos da equação de regressão para o logaritmo do incremento periódico em diâmetro de *Cedrela fissilis* (Vell.).

O incremento periódico em área transversal também foi transformado em logaritmo para a obtenção de resíduos normalmente distribuídos, resultando na equação $\text{Ln}(\text{IPg}) = 3,246 - 1,398 \cdot \text{HD} - 1,614 \cdot \text{CC1} + 2,920 \cdot \text{IS}$. Onde: HD= relação hipsométrica; CC1 = Classe de copa das árvores oprimidas e co-emergentes; IS= índice de saliência (DC/DAP). Com erro padrão de estimativa de 0,592 e coeficiente de determinação de 0,5855. O teste de normalidade de Shapiro-Wilk indicou normalidade de dados ($W = 0,9845$; $\text{Pr.} = 0,233$), e o teste Durbin-Watson para a verificação da correlação entre erros ($\text{DW} = 1,7937$, $\text{Pr.} = 0,099$), indicou que os erros não foram correlacionados (Figura 6.7), o gráfico dos valores reais de logaritmo em incremento em área transversal e DAP e valores estimados também indicam bom ajuste (Figura 6.8).

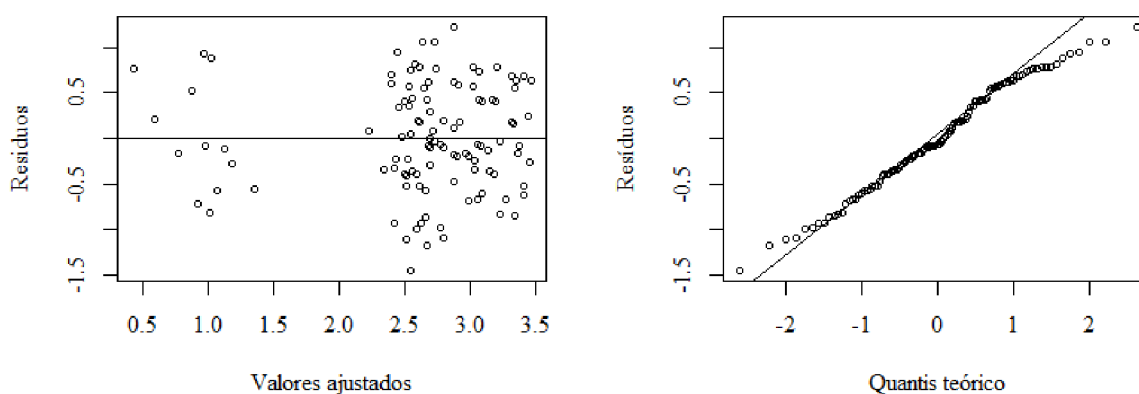


Figura 6.7 - Distribuição dos resíduos da equação de regressão para o logaritmo do incremento periódico em área transversal de *Cedrela fissilis* (Vell.).

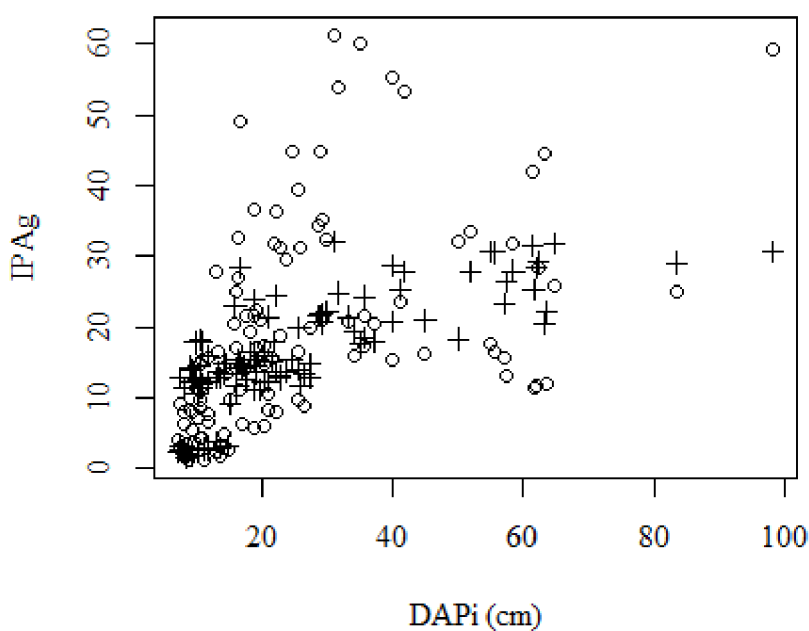


Figura 6.8 - Valores reais de em incremento em área transversal (círculos) e valores estimados (cruzes) de *Cedrela fissilis* (Vell.) em função do DAPi (diâmetro a altura do peito inicial).

Cunha (2009) conseguiu ajustar um bom modelo para o incremento periódico de *Cedrela odorata*, sendo as variáveis de maior importância (que explicaram a maior parte da variação) as correspondentes ao tamanho da árvore, e principalmente as ligadas a medidas de copa. Ainda entraram no modelo de Cunha (2009) os índices de competição. Já Mattos (2007) obteve um ajuste de 0,70, para *Cedrela fissilis* para o modelo de incremento periódico em área transversal em função do diâmetro elevado ao quadrado, do índice de abrangência (relação entre diâmetro de copa e altura total da árvore) e nível de pedregosidade ($IPA_g = -0,149 + 0,02006.DAP^2 + 58,546.Abr. - 0,24.Ped.$). Cavalli (2013) também encontrou um modelo que explicou a maior parte da variação do incremento em área transversal (66%) que incluiu o diâmetro ao quadrado e a relação HD para árvores isoladas de *Cedrela fissilis* (Vell.).

Foram testados os modelos encontrados para a espécie citados acima, contudo com pouco êxito, a variável de diâmetro ao quadrado não foi significativa, e os valores do coeficiente de determinação foram baixos, tanto para o modelo de Mattos (2007) quando para o modelo de Cavalli (2013). Sendo que o modelo gerado, que envolveu as variáveis HD e IS, parece gerar um modelo intermediário entre os dois modelos encontrados, visto que cada variável que entra no modelo corresponde à uma variável dos modelos anteriores.

As variações da modelagem para a mesma espécie indicam a alta variabilidade de crescimento para essa espécie. As diferenças encontradas entre o presente trabalho e o modelo de Cavalli (2013) são facilmente justificadas, pois o modelo de Cavalli foi feito para a

predição de incremento de árvores sem competição, já o modelo de Mattos (2007) foi feito para uma região mais delimitada, e mesmo que o parâmetro de competição não entre no modelo o valor de índice de saliência pode estar expressando a competição, pois quanto maior o valor desse índice, maior a copa para um determinado diâmetro, expressando a utilização do espaço pela árvore. Assim, o modelo encontrado que engloba, relação HD, Classe de copa e índice de saliência, demonstra ajuste para dados abrangentes e bom ajuste.

A árvore de regressão indicou uma primeira divisão entre as regiões de estudo, sendo que os indivíduos das área de FEPAGRO e Arroio Grande (no município de Santa Maria), e da região de Agudo se enquadram em um grupo de 32 indivíduos com incremento periódico em diâmetro de 0,296, enquanto os indivíduos da região de Val Feltrina são ainda divididas pelo índice de abrangência (DC/Ht). Os indivíduos com índice de abrangência menores que 0,422 apresentam incremento médio de 0,567, e indivíduos com IA maior ou igual a 0,422 apresentam incremento periódico em diâmetro de 1,26 (Figura 6.9). Os resíduos gerados pela árvore de regressão são aproximadamente normais e relativamente bem distribuídos (Figura 6.10) A validação cruzada do erro relativo resultou em 0,83 e o erro em 0,616.

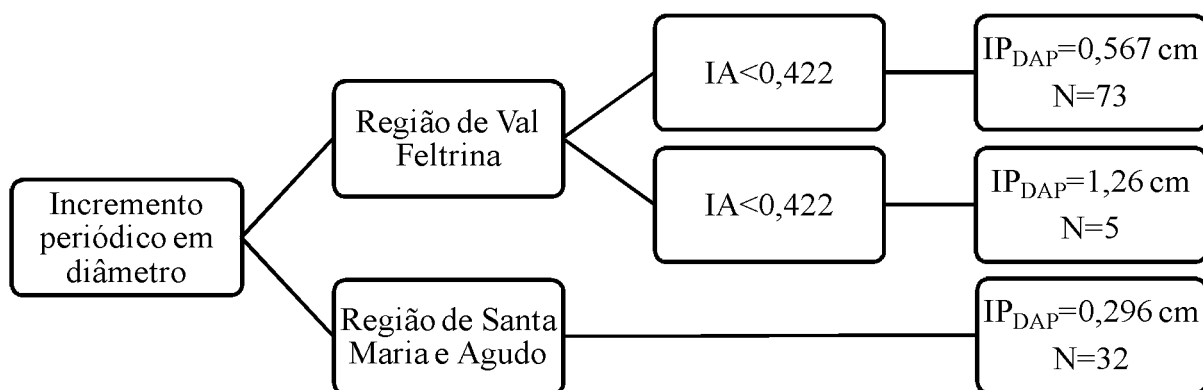


Figura 6.9 - Árvore de regressão multivariada para o incremento periódico em diâmetro de *Cedrela fissilis* Vell.

A divisão dos incrementos por área endossa a hipótese de que o incremento é mais variável com a maior abrangência de áreas amostradas, provavelmente devido à variação do sítio. Contudo, na análise de regressão *stepwise*, o valor sociológico da planta foi mais influente que a localização, considerando que todas as árvores de Agudo e da FEPAGRO

(Santa Maria) estão em condições de árvores oprimidas e co-emergentes, esse fator pode estar influenciado nessa divisão, contudo, também foram englobadas as árvores do CISME (Santa Maria), região onde todas as árvores foram classificadas como dominantes, indicando que o sítio do CISME é um sítio inferior para a espécie, pois mesmo as árvores estando em estado emergente possuíram um incremento periódico baixo. Entretanto, os valores inferiores de incremento em diâmetro das árvores do CISME podem estar relacionados às dimensões das mesmas, pois todas as árvores do CISME foram árvores de grande porte, pois o incremento em diâmetro foi negativamente correlacionado com o diâmetro, e deve-se considerar que para árvores grandes um pequeno incremento em diâmetro pode corresponder a um elevado incremento em área transversal.

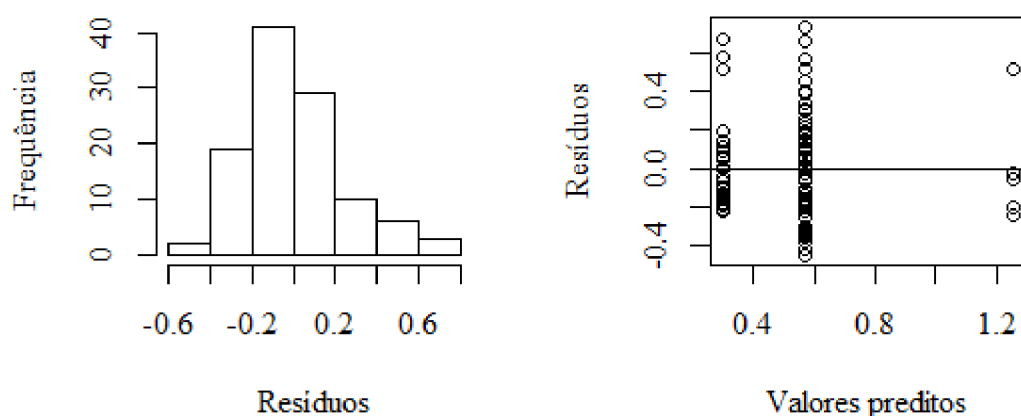


Figura 6.10 - Distribuição dos resíduos da árvore de regressão de incremento diamétrico para *Cedrela fissilis* Vell.

A técnica de árvore de regressão é uma técnica importante, pois é fácil e simples de ser aplicada para fins de produção. Contudo, a árvore de regressão não foi eficiente para descrever o incremento em área transversal, sendo feita somente uma divisão de incremento em função do diâmetro inicial.

6.4 Conclusão

O crescimento em diâmetro do cedro foi influenciado principalmente pelas condições de copa da árvore, sendo que árvores emergentes apresentam curvas com maior crescimento do que as árvores co-emergentes e oprimidas.

Os modelos de incremento periódico em diâmetro e em área transversal apresentaram bons ajustes, e tiveram como variáveis inclusas o diâmetro inicial e classe de copa, para o modelo de incremento em diâmetro, e grau de esbeltez, classe de copa e índice de saliência para o modelo de incremento em área transversal.

6.5 Referências

- ASSMANN, E. **The principles of Forest yield study**. New York: Pergamon, 1970. 506p.
- BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. **Numerical ecology with R**. Springer, 2011. 319p.
- CAMPOS, J. C. C., LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. UFV. 2009.
- CAVALLI, J. P., **Caracterização e modelagem do crescimento da copa e do incremento de árvores isoladas de *Cedrela fissilis* Vell.** Dissertação Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal. 2013. 95p.
- CHASSOT, T. **Modelos de crescimento em diâmetro de árvores individuais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na Floresta Ombrófila Mista**. 2009. 49 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.
- CHASSOT, T., FLEIG, F. D., FINGER, C. A. G., LONGHI, S. J. modelos de crescimento em diâmetro de árvores individuais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Florestal**. v. 21, n. 2, p. 303-313, abr.-jun., 2011.
- CUNHA, T. A. **Modelagem de incremento de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na Amazônica**, 2009, 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, 2009.
- CUNHA, T. A., FINGER, C. A. G., Competição assimétrica e o incremento diamétrico de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na Amazônia ocidental. **Acta amazônica**. v. 43, n.1, p. 9 – 18. 2013.
- CUSATIS, A. C., TRAZZI, P. A., DOBNER JR. M., HIGA, A. R. Dendroecologia de *Cedrela fissilis* na Floresta Ombrófila Mista. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 33, n. 75, p. 287-297, jul./set. 2013.
- DE'ATH, G. **mvpart: Multivariate Partitioning**. R Package Version 1.6-6. Available at: <http://cran.r-project.org/package=mvpart>.
- DELLA-FLORA, J. B., DURLO, M. A., SPATHELF, P. modelo de incremento para árvores singulares – *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 165-177. 2004.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. **Idade e Crescimento das Árvores**. Comunicações Técnicas Florestais: Brasília, v. 7, n. 1, dez. 2005.

FIGUEIREDO FILHO, A. DIAS, A. N., STEPKA, T. F., SAWCZUK, A. R. crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 763-776, out./dez. 2010.

HARRELL Jr, F.E. **Hmisc: Harrell Miscellaneous**. R package version 3.14-0, 2014
<<http://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>>.

HOTHORN, T., HORNIK, K., WIEL, M. A., ZEILEIS, A. Implementing a Class of Permutation Tests: The coin Package. **Journal of Statistical Software**. v. 28, n.8, p.1-23. 2008. URL: <http://www.jstatsoft.org/v28/i08/>

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. Florida: KriegerPublishingCompany, 402p. 1982.

IWASAKI-MAROCHI, C. **Anéis anuais de crescimento do cedro (*Cedrela fissilis* - Meliaceae) aplicados à avaliação da taxa de crescimento e dendroclimatologia**. 2009, 120f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

LONGHI, S. J., BRENA, D. A., GOMES, J. F., NARVAES, I. S., BERGER, G., SOLIGO, A. J. classificação e caracterização de estágios sucessionais em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista Na Flona De São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 113-125. 2006

MAIA, T, M. **Estimativa da idade, avaliação do incremento e análise dendrocronológica de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) em Santa Catarina**. Dissertação Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau – FURB. 2013. 73p.

MATTOS, J. R. **Contribuição ao estudo do cedro – *Cedrela fissilis* Vell.** Publicação: N.º4. Porto Alegre. 1980. 54p.

MATTOS, R. B. de. **Produtividade e incremento de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell. e *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., em Floresta Nativa no Rio Grande do Sul**, 2007, 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SANQUETTA, C. R., WEBERS, H., FORMAGINI, F., BARBEIRO, L. S., VIEIRA, G. equações individuais e determinação de classes de crescimento para *Nectandra grandiflora* nees a partir de dados de análise de tronco. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, n.1, p.001-008, Jan./Feb. 2010.

SCHAAF, L. B., FIGUEIREDO FILHO, A., SANQUETTA, C. R., GALVÃO, F. Incremento diamétrico e em área basal no período 1979-2000 de espécies arbóreas de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do Paraná. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 35, n. 2, mai./ago. 2005.

SCHNEIDER, T.; ASHTON, M. S.; MONTAGNINI, F.; MILAN, P. P. Growth performance of sixty tree species in smallholder reforestation trials on Leyte, Philippines. **New Forests**, Dordrecht, v. 45, n. 1, p. 83–96, jan. 2014.

SILVA, J. A.; PAULA NETO, F. **Princípios básicos de dendrometria**. Recife: UFRPE, 1979.185p.

SOUZA, A. L., SOARES, C. P. B. **Florestas Nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. UFV. 2013.

STEPKA, T. F., **Modelagem do crescimento e dendrocronologia em árvores nativas de *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* e *Ocotea porosa* no sul do Brasil**. Tese. Curitiba, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, UFPR. 2012.

STOKES, M. A.; SMILEY, T. L. **An Introduction to Tree-Ring Dating**, London W.C.: University of Chicago Press. 1968, 73p.

TONINI, H., FINGER, C. A. G., SCHNEIDER, P. R. O crescimento da *Nectandra megapotamica* Mez., em floresta nativa na depressão central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, jan-fev, p.85-90, 2003.

VANCLAY, J. **Modelling forest growth and yield**. Wallingford: CAB International, 1994. 329p.

ZANON, M. L. B. **Crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze diferenciado por dioicia**. 2007, 108f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

ZEILEIS, A., HOTHORN, T. Diagnostic Checking in Regression Relationships. **R News**. v. 2, n.3, p.7-10. 2002. <http://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/>

ARTIGO 7 – VOLUME E A FORMA DA ÁRVORE

7.1 Introdução

A estimativa do volume das árvores, geralmente é um dos principais objetivos quando há levantamentos florestais, pois é uma informação fundamental para o planejamento e o manejo da produção. As estimativas de volume podem ser obtidas por meio de fator de forma, funções de volume e de afilamento. O processo mais comum nas estimativas de volume é a utilização de equações de crescimento (OLIVEIRA et al., 2011) e, do fator de forma, que apesar de não apresentar elevada robustez (SCHRÖDER et al., 2013, MIGUEL et al., 2010) é uma maneira antiga e rápida de obter o volume (FIGUEIREDO et al., 2005).

Na utilização do fator de forma deve-se considerar as variáveis do povoamento, e a utilização destes por classe diamétrica, pois desta maneira, apresenta bons resultados (ROCHA et al., 2010). A forma da árvore é desenvolvida a partir dos incrementos ao longo do fuste. Árvores sem a influência da competição apresentam maiores porcentagens de incremento na base, formando indivíduos mais cônicos do que sob a influência da competição, que se tornam mais cilíndricas (ANDRADE et al., 2007; ASSMANN, 1970).

Os modelos de volume para árvores nativas de elevado valor comercial já desenvolvidos pelos pesquisadores ainda não englobam a totalidade de espécies, isso ocorre devido às árvores apresentarem formas variadas, dependente da espécie (HUSCH et al. 2003, SOUZA, JESUS, 1991) e do estágio de desenvolvimento (MIGUEL et al., 2011), dificultando que um único modelo se enquadre para as diversas espécies (HUSCH et al. 2003), sendo que modelos que englobem muitas espécies podem gerar erros excessivos (BORSOI et al, 2012).

Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar qual melhor modelo para as estimativas de volume total, determinar o fator de forma médio e por classe de diâmetro, bem como caracterizar o incremento ao longo do fuste para árvores de *Cedrela fissilis*.

7.2 Material e método

Para análise de volume e incremento ao longo do fuste, 11 árvores foram abatidas e seccionadas, tomando-se discos nas posições de base a 0,30 - 0,4 m e após de metro em metro. Os discos foram secos e polidos com lixas de granulometria crescente, os anéis foram demarcados com lupa e os discos digitalizados e anéis demarcados pelo software Image Pro-Plus. A determinação rigorosa do volume foi realizada pelo método de Smalian, formado pelo

somatório do volume do toco ($V_o = g_o \cdot l_o$, onde g_o = área transversal da base e l_o = comprimento da base); volumes das secções intermediárias ($v_i = (g_{i+1} + g_i) \cdot l_i / 2$, onde g_i = área transversal das extremidades das secções e l_i = comprimento da secção) e volume apical assumido como a forma de um cone ($V_c = 1/3 \cdot (g_i \cdot l_i)$) (FINGER, 1992). Através da análise de tronco também foram obtidos os volume das mesmas árvores durante os anos anteriores até o limite de 5 cm de DAP.

Foram testados 8 modelos para o volume total sem casca para as árvores cortadas de cedro (LOETSCH et al., 1973) (Tabela 7.1). Foi feito o teste de normalidade de Shapiro-Wilk para verificação dos pressupostos da regressão, e os modelos foram avaliados pelo coeficiente de determinação, valor de F, erro padrão da estimativa, valor de AIC e ainda pelos gráficos de resíduos.

O fator de forma foi calculado pela divisão entre o volume do cilindro, gerado pelo diâmetro da árvore e sua altura total, pelo volume real (SILVA, PAULA NETO, 1979), considerando até 5 cm de DAP, e foi confeccionado conforme a classe de dap.

O incremento porcentual ao longo do fuste foi calculado em porcentual em relação ao valor do DAP.

Tabela 7.1 - Modelos de volume total sem casca testados para as árvores de cedro abatidas.

Número do modelo	Modelo	Autor(s) do modelo
1	$V = b_0 + b_1 \cdot DAP^2$	Kopezky-Gehrhart
2	$V = b_0 + b_1 \cdot DAP + b_2 \cdot DAP^2$	Dissescu-Meyer
3	$V = b_0 + b_1 \cdot DAP^2 \cdot H$	Spurr
4	$V = b_0 + b_1 \cdot DAP^2 + b_2 \cdot DAP^2 \cdot H + b_3 \cdot H$	Stoate
5	$\log V = b_0 + b_1 \cdot \log(DAP^2 \cdot H)$	Spurr logarítmico
6	$\log V = b_0 + b_1 \log(DAP) + b_2 \log(H)$	Schumacher – Hall
7	$V = b_0 + b_1 \cdot D_{0,3h} \cdot DAP \cdot H$	Ogaya
8	$\log V = b_0 + b_1 \cdot \log(D_{0,3h} \cdot DAP \cdot H)$	Ogaya logarítmico

Onde: V= Volume; DAP = diâmetro à altura do peito; H=altura total; b_0 , b_1 , b_2 = coeficientes.

A verificação dos parâmetros que podem influenciar a forma da árvore foi feita a partir de análise de correlação do fator de forma com a competição, com a idade, com o DAP, o diâmetro na base do tronco e com a altura total. A competição foi determinada pela análise da área basal de Bitterlich e a área basal pontual de Spurr.

7.3 Resultados e discussão

Dentre os modelos testados para ajuste do volume total, somente dois modelos apresentaram os erros normalmente distribuídos, ao nível de 99% de significância. Os

modelos que apresentaram dados normais foram os de Shumacher - Hal (6) e o Ogaya logarítmico (8) (Tabela 7.2).

Ponderando conjuntamente todas as análises para a seleção do modelo, optou-se pela utilização daquele que proporcionou melhores valores de ajuste, com maior valor de coeficiente de determinação e menor erro padrão da estimativa e pequena distribuição de resíduos (Figura 7.1), assim foi escolhido o modelo de Ogaya (7).

O modelo de Ogaya resultou na equação $V = 0.002799 + 3.452e-05 D_{0,3h}.DAP.H$, com todos coeficientes significativos (Pr.<0,05).

Tabela 7.2 - modelos de regressão de volume total.

N.	Modelo	W (Pr.)	F	S _{xy}	R ² _{aj.}	AIC
1	$V=b_0+b_1.DAP_{sc}^2$	0.948 (<0,01)	458,5	0,0095	0,8192	-947,79
2	$V=b_0+b_1.DAP_{sc}+b_2.DAP_{sc}^2$	0.959 (<0,01)	240,1	0,0093	0,8256	-950,51
3	$V=b_0+b_1.DAP_{sc}^2.H$	0.929 (<0,01)	829,5	0,0074	0,8913	-999,75
4	$V=b_0+b_1.DAP_{sc}^2+b_2.DAP_{sc}^2.H+b_3.H$	0.918 (<0,01)	294,5	0,0072	0,8971	-1003,35
5	$\log V=b_0+b_1.\log.DAP^2H$	0.952 (<0,01)	963,4	0,0925	0,905	-483,75
6	$\log V=b_0+b_1\log(DAP)+b_2\log(H)$	0.972 (0,03)	533,3	0,0883	0,913	-492,14
7	$V=b_0+b_1.D_{0,3h}.DAP.H$	0.913 (<0,01)	1248	0,0061	0,9251	-1037,63
8	$\log V=b_0+b_1.\log(D_{0,3h}.DAP.H)$	0.976 (0,06)	2045	0,0651	0,9529	-555,32

Onde: W= Valor do teste de Shapiro-Wilk, Pr.=Probabilidade, F=valor de F; S_{xy}= Erro padrão da estimativa; R²_{aj.} =Coeficiente de determinação ajustado e AIC= critério de informação de Akaike.

O fator de forma médio foi de $0,5951 \pm 0,0851$, com coeficiente de variação de 14,3%, e variou de 0,4299 até 0,9136, variação semelhante a encontrada por Durlo e Denardi (1998) para canjerana. A variação não diminuiu com a divisão do fator de forma por classe de diâmetro (Tabela 7.3). Contudo, foram amostradas árvores de pequenas dimensões (de 5 até 13 cm de DAP), portanto, a verificação da variação do fator de forma pela classe diamétrica deve considerar árvores maiores para obter resultados mais conclusivos.

Os gráficos de resíduos obtidos pela estimativa do volume com a utilização do fator de forma médio e com o fator de forma por classe diamétrica tiveram amplitude de resíduos semelhante aos gráficos dos resíduos dos modelos (Figura 7.2), entretanto os resíduos dos modelos obtiveram melhor distribuição.

O fator de forma foi correlacionado negativamente com a idade, diâmetro e altura, ou seja, quanto maior a dimensão da árvore menor é o fator de forma (Tabela 7.4). Sendo o fator de forma menor há maior desconto do volume do cilindro, indicando que as árvores mais grossas são mais cônicas, contudo como não houve correlação significativa entre as medidas

de competição e o fator de forma, de maneira que a forma mais cônica nas árvores mais grossas pode estar relacionado com a genética da árvore.

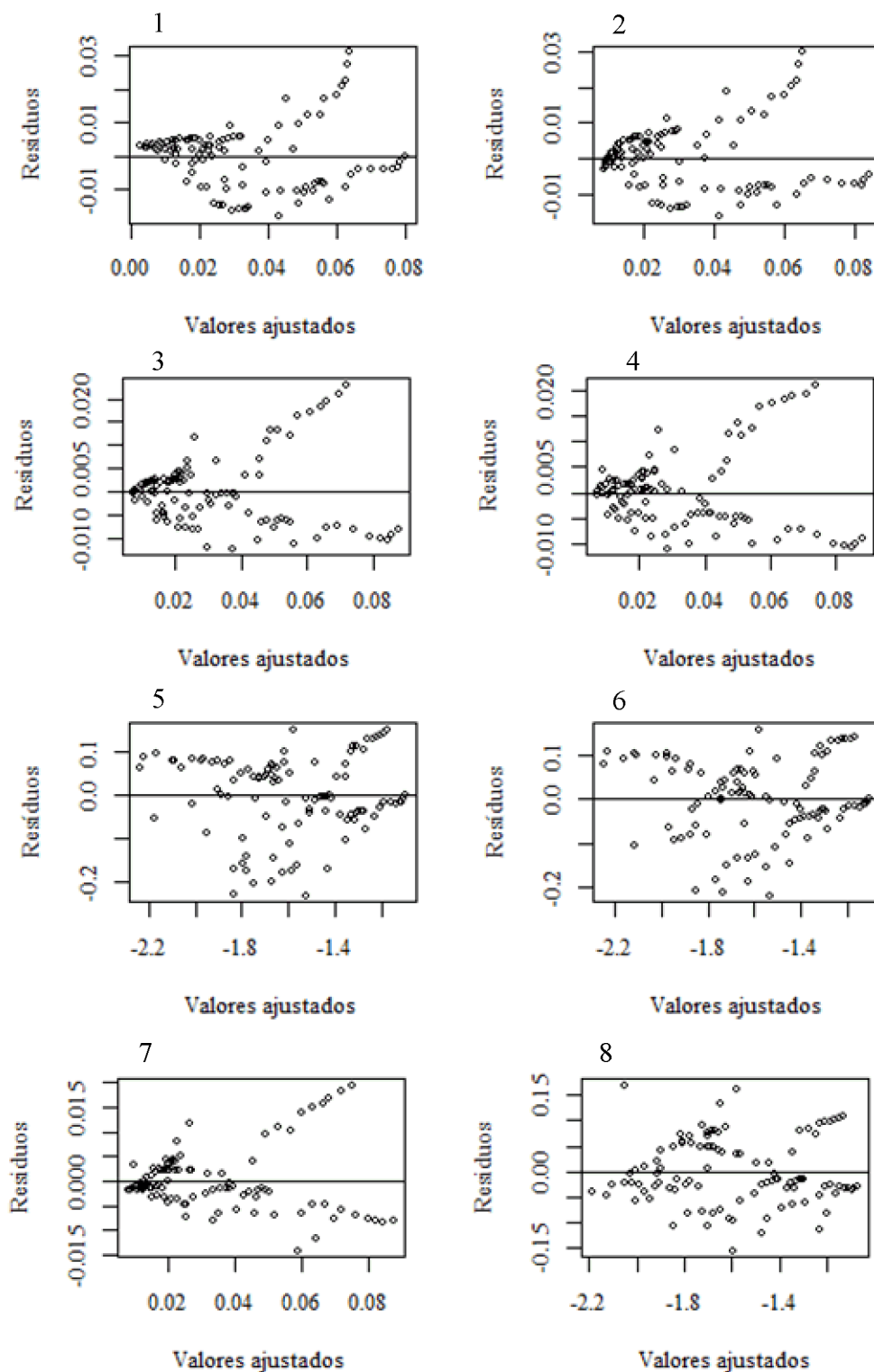


Figura 7.1 - Distribuição de resíduos dos oito modelos de volume total ajustados de *Cedrela fissilis* Vell.

Contudo, mesmo com correlação negativa entre fator de forma e diâmetro, algumas árvores mostraram tendências dispare, pois apresentam valores de fator estabilizados ou mesmo aumentam com o aumento do diâmetro (Figura 7.3).

Tabela 7.3 - Fator de forma por classe de DAP, e coeficiente de variação para *Cedrela fissilis* Vell.

Centro de classe de DAP	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5
Fator de forma	0,6327	0,6461	0,6291	0,5391	0,5661	0,5550	0,5767	0,5008
Cv	7,97	13,36	14,72	12,72	6,29	15,13	14,10	0,60

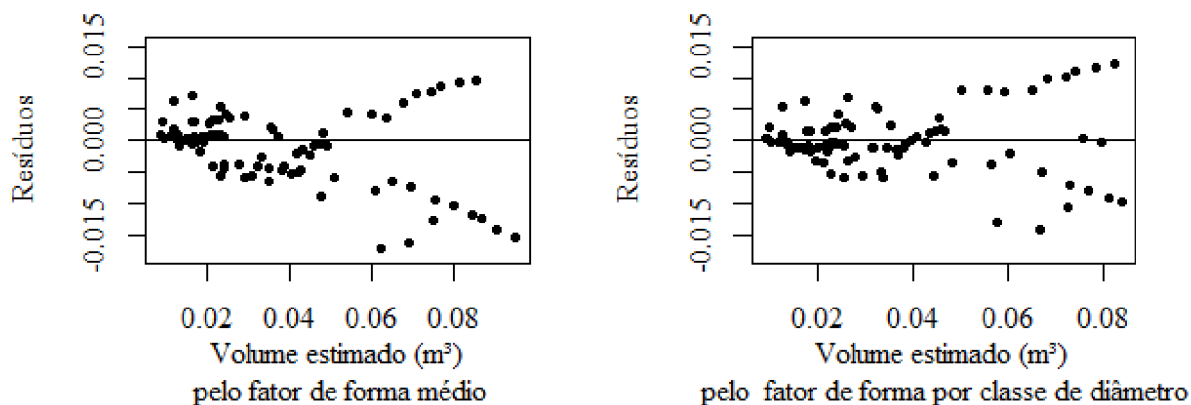


Figura 7.2 - Gráfico dos resíduos da estimativa de volume total de *Cedrela fissilis* Vell por meio da utilização do fator de forma médio e pelo fator de forma por classe diamétrica.

Tabela 7.4 - Correlações significativas ao nível de significância de 5% para o fator de forma e outras variáveis medidas.

	idade	DAPsc	Ht	Gb	Gsp
f	-0,25	-0,37	-0,44	0,05	0,29
	0,02	<0,01	<0,01	0,798	0,118

Onde: f= fator de forma; DAPsc=diâmetro à altura do peito sem casca; Ht=altura total, Gb=Área basal de Bitterlich; Gsp=Área basal pontual de Spurr.

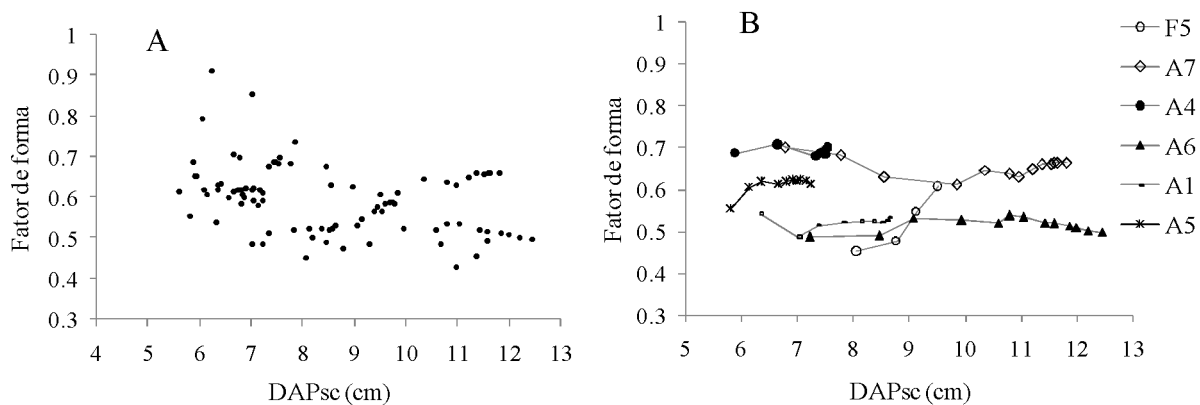


Figura 7.3 - Fator de forma das árvores de cedro em função do DAPsc (A), e árvores que com fator de forma estabilizado ou aumentado com o avanço do DAP da região de Agudo (A1, A4, A5, A6 e A7) e da FEPAGRO (F5) (B).

A análise de porcentagem do incremento em diâmetro ao longo do fuste das árvores indicou uma tendência geral dos maiores incrementos se situarem nas partes superiores do tronco. Contudo, para as árvores que tiveram fator de forma estabilizados ou aumentado com o aumento do diâmetro (Figura 7.3B) o gráfico de porcentagem mostrou incrementos semelhantes em todas as alturas da árvore, justificando a manutenção de mesmo valor de fator de forma. Sendo que para as demais árvores a tendência foi de maiores incrementos nas partes superiores do tronco (Figura 7.4).

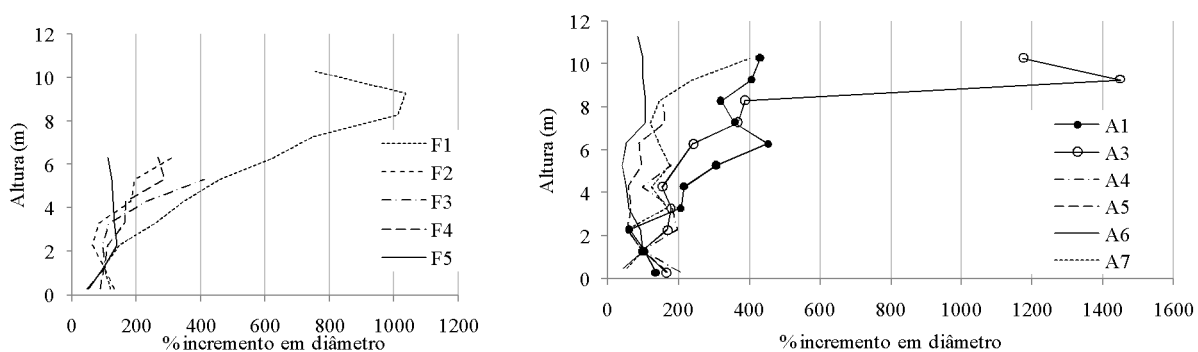


Figura 7.4- Variações de porcentagem do incremento em diâmetro ao longo da altura de cedro.
F1-F5: árvores da Fepagro, A1-A7: árvores de Agudo.

Cabe ressaltar, que apesar do fator de forma não apresentar correlação com a competição (Tabela 7.4), as árvores que tiveram fator de forma estabilizado com o crescimento do diâmetro, ou seja, as árvores que mantiveram a sua forma, não se tornando nem mais cônicas e nem mais cilíndricas, e conseqüentemente apresentando porcentagem de incremento semelhante ao longo das diferentes alturas do fuste (A1, A4, A5, A6, A7, F5)

estavam sob uma área basal pontual superior às outras árvores (em geral superior a 30 m²) que apresentaram maior porcentagem de incremento nas partes superiores, e que tiveram o fator de forma com tendência de redução com o aumento do diâmetro indicando que as árvores se tornaram mais cônicas com o aumento do diâmetro (Tabela 7.5).

Tabela 7.5 Competição pela área basal pontual de Spurr (Gsp) e a área basal de Bitterlich (Gb) para as árvores de cedro de Agudo (A) e da Fepagro (F).

Árvores	A1	A3	A4	A5	A6	A7	F1	F2	F3	F4	F5
Gsp	27,8	27,4	48,0	48,0	39,5	37,9	31,6	21,6	25,7	26,4	43,2
Gb	24,0	26,0	30,0	30,0	40,0	36,0	30,6	19,8	23,8	28,0	15,0

Tendo isto em vista, áreas basais pontuais de Spurr com valores acima de 30 m² podem estar indicando elevada área basal para a espécie, pois tendem a manter o fator de forma estabilizado e diminuir a porcentagem de incremento nas partes superiores do tronco da árvore.

7.4 Conclusão

O modelo de Ogaya apresentou bom ajuste para o volume total de árvores de *Cedrela fissilis* Vell.

O fator de forma médio apresentou alta variação e a divisão do fator de forma por classes diamétricas não diminuiu a variação do mesmo. Os erros dos fatores de forma foram semelhantes aos erros obtidos pelos modelos de volume.

De maneira geral, o incremento tende a ser maior nas partes superiores do tronco. As árvores sob alta competição tendem a apresentar incremento similar em todas as alturas do fuste.

7.5 Referências

ANDRADE, C. M.; FINGER, C. A. G.; THOMAS, C.; SCHNEIDER, P. R. Variação do incremento ao longo do fuste de *Pinus taeda* L. em diferentes idades e densidades populacionais. **Ciência florestal**. Santa Maria, v.17, n.3, p.239-246, jul-set, 2007.

ASSMANN, E. **The principles of Forest yield study**. New York: Pergamon, 1970. 506p.

BORSOI, G. A., MULLER, B. V., BRENA, D. A. Equações de volume para galhos de espécies em diferentes grupos de valor econômico em uma Floresta Ombrófila Mista. **Ambiência**. Guarapuava (PR) v.8 n.3 p. 869 - 878 Set./Dez. 2012.

DURLO, M. A., DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande Do Sul. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.8, n.1, p. 55-66. 1998.

FIGUEIREDO, E. O., SCOLFORO, J. R. S., OLIVEIRA, A. D., Estimativa do Percentual de Casca e do Fator de Forma em Povoamentos Jovens de Teca (*Tectona grandis* L.f.). Comunicado Técnico, 165. Julho, Embrapa, Acre, 2005.

FINGER, C. A. G. Fundamentos da biometria Florestal, Santa Maria UFSM, 1992.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. Florida: Krieger Publishing Company, 402p. 2003.

LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Vol. 2. BLV, München, Germany. 469 p. 1973.

MIGUEL, E. P., MACHADO, S. A., FIGUEIREDO FILHO, A. ARCE, J. E., Modelos polinomiais para representar o perfil e o volume do fuste de *Eucalyptus urophylla* na região norte do estado de Goiás. *Revista Floresta*. v. 41, n. 2, 2011.

MIGUEL, E. P., CANZI, L. F., RUFINO, R. F., SANTOS, G. A. Ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de *Eucalyptus grandis* localizados no município de Rio Verde – GO. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11; p. 1-13, 2010.

OLIVEIRA, M. F., MATTOS, P. P., BRAZ, E. M., ROSOT, M. A. D., ROSOT, N. C., SANTOS, W. C. Equação de volume para um plantio de *Araucaria angustifolia* em Rio Negro, PR. Comunicado técnico 275, Embrapa Colombo, PR, Ago, 2011.

ROCHA, T. B., CABACINHA, C. B., ALMEIDA, R. C., PAULA, A., SANTOS, R. C. Avaliação de métodos de estimativa de volume para um povoamento de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake no Planalto da Conquista- BA **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.10, 2010 Pág.1-13.

SCHNEIDER, P. R., SCHNEIDER, P. S. P., SOUZA, C. A. M. **Análise de regressão aplicada à engenharia florestal**. FACOS, UFSM, 2009.

SCHRÖDER, T., PEREIRA, L. D., HOFIÇO, N. S. A Comparação de Métodos de Estimativa de Volume Total para *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Floresta e Ambiente** 2013 out./dez. 20(4):480-486, 2013.

SILVA, J. A.; PAULA NETO, F. **Princípios básicos de dendrometria**. Recife: UFRPE, 1979.185p.

SOUZA, A. L., JESUS, R. M. Equação de volume comercial e fator de forma para espécies da mata atlântica ocorrentes na Reserva Florestal da Companhia Vale do Rio Doce, Linhares, ES. **Revista Árvore**. Viçosa, 15, n. 3, p. 257-273. 1991.

DISCUSSÃO GERAL

O manejo florestal deve garantir o processo de regeneração em áreas que foram exploradas (GUARIGATA e PINARD; 1998). Todas as áreas descritas na presente pesquisa sofreram ou sofrem algum tipo de ação antrópica, o que já era esperado visto que na região grande proporção de floresta nativa já sofreu processo de alteração (LONGHI et al, 2000). Como a espécie *Cedrela fissilis* apresentou característica de necessitar de clareiras para sua regeneração, o estado de florestas alteradas parece ter beneficiado a presença desta espécie, pois há elevada densidade de indivíduos de *Cedrela fissilis* nessa condição.

A dispersão de sementes das árvores anemocórica (como é o caso do cedro) é beneficiada pelas áreas abertas, sendo limitada quando há elevada densidade do dossel (HUGHES, et al. 1994). As áreas de capoeiras apresentam a maior concentração de dispersão anemocórica quando comparada à outros estágios sucessionais (VENZKE et al., 2014). Assim exposto, nota-se que para o manejo desta espécie, após extração de madeira, são necessárias poucas árvores matrizes para que a regeneração se estabeleça novamente. A densidade e a distribuição espacial demonstraram que, mesmo com a baixa densidade das árvores maduras (árvores produtoras de sementes), a regeneração é estabelecida, sendo que foi necessária apenas uma árvore próxima à clareira para propiciar elevada regeneração.

As florestas naturais apresentam densidade variável de indivíduos adultos de cedro de (1,9 a 13,35 indivíduos por hectare), e elevada densidade de regeneração, assim, com o manejo da regeneração, essa densidade de indivíduos adultos pode aumentar, gerando no final do ciclo de corte volumes consideráveis.

A regeneração das plantas jovens ocorre de maneira agrupada, e apesar das clareiras serem benéficas para o recrutamento da regeneração, há problemas relacionados ao ataque da mariposa, que está relacionada a áreas abertas, ou seja, com baixa densidade total de plantas. As áreas de clareiras estudadas são caracterizadas por serem de tamanho pequeno (em torno de 10 metros de raio). Assim, recomenda-se a utilização de cortes de liberação, para formar áreas que possibilitem a disseminação das sementes e que não sejam excessivamente abertas para evitar os ataques.

Também deve ser evitada a elevada densidade de plantas juvenis de cedro em uma área, para evitar o ataque do serrador, isso pode ser realizado com a retirada da regeneração excedente. Como as plantas de cedro regeneram de maneira agrupada, o excedente pode ser utilizado para o plantio em outras áreas, fazendo com que a espécie apresente uma

distribuição mais próxima da uniforme para auxílio do manejo e para, posteriormente, produzir uma regeneração natural com distribuição também mais uniforme no terreno.

Alguns indivíduos regenerantes permaneceram vivos mesmo com baixo crescimento em altura e diâmetro, isso ocorre, provavelmente, devido as características plásticas da espécie, sendo que, quando melhorada a condição da planta o crescimento possivelmente pode voltar a ser mais rigoroso. As plantas juvenis não devem ser deixadas em área com área basal superior à 20m², pois seu crescimento nesta densidade é reduzido. A elevada capacidade de rebrota da planta após o ataque do serrador indica que plantas que estão mal formadas podem ser cortadas para condução de rebrota a partir de 3 cm de diâmetro de coleto.

O crescimento em altura das plantas de regeneração foi maior em área com a presença da samambaia das taperas. A samambaia é uma espécie muito agressora que dificulta a regeneração natural da florestal (DELUCA et al, 2013), portanto o cedro é uma espécie promissora para a colonização de áreas ocupadas pela samambaia.

As árvores que se encontravam em estratos inferiores ao dossel da floresta apresentaram baixos incrementos. Assim, a verificação da capacidade de resposta à liberação dessa espécie deve ser testada, para averiguar uma possível utilização de árvores sob dossel. Segundo Soliz-Gamboa et al. (2012) a capacidade de resposta à liberação pode depender da espécie e da dimensão da árvore.

Para o manejo de cedro já adultos em floresta natural deve-se dar prioridade para árvores com menor relação hipsométrica (menor relação entre altura e diâmetro), e maior índice de saliência (relação entre diâmetro de copa e DAP). A manutenção de árvores sob áreas basais superiores à 30m² não é recomendada, pois pode interferir negativamente na forma da árvore, indicando elevada competição para a espécie.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRAE, F. Carta aberta aos interessados nas questões florestais do Rio Grande do Sul. **Ciência e Ambiente**. v.20, p.115-125. 2000
- ANDRADE, C. M.; FINGER, C. A. G.; THOMAS, C.; SCHNEIDER, P. R. Variação do incremento ao longo do fuste de *Pinus taeda* L. em diferentes idades e densidades populacionais. **Ciência florestal**. Santa Maria, v.17, n.3, p.239-246, jul-set, 2007.
- ASSMANN, E. **The principles of Forest yield study**. New York: Pergamon, 1970. 506p.
- AZEVEDO, G. B., SOUZA, G. T. O., BARRETO, P. A. B., CONCEIÇÃO Jr., V., Estimativas volumétricas em povoamentos de eucalipto sob regime de alto fuste e talhadia no sudoeste da Bahia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p.309-318, out/dez 2011.
- BADDELEY, A (a). **Analysing spatial patterns in R**. Workshop Notes, Version 4.1. CSIRO and University of Western Australia, p. 232, 2010.
- BADDELEY, A. (b) Multivariate and marked point process. In: GELFAND, A. E., DIGGLE, P., GUTTORP, P. & FUENTES, M., eds. **Handbook of Spatial Statistics**. Handbooks of Modern Statistical Methods. Chapman & Hall/CRC. 2010.
- BADDELEY, A. ; TURNER, R. spatstat: An R Package for Analyzing Spatial Point Patterns. **Journal of Statistical Software**. Jan, v.12, Issue 6. 2005. <http://www.jstatsoft.org/> 2005
- BATISTA, J. L. F. **A função Weibull como modelo para a distribuição de diâmetros de espécies arbóreas tropicais**. Piracicaba - SP. Dissertação de Mestrado. ESALQ-USP. 1989. 116p.
- BATISTA, J. L. F; MAGUIRE, D. A. Modeling the spatial structure of tropical forests. **Forest Ecology and Management**. v.110, p.293-314, 1998.
- BIVAND, R. S, PEBESMA, E.J; GÓMEZ-RUBIO, V. Applied Spatial Data Analysis with R. 2008.
- BONINSEGNA, J. A.; VILLALBA, R.; AMARILLA, L.; OCAMPO, J. Studies on tree rings, growth rates and age-size relationships of tropical tree species in Misiones, Argentina. **IAWA Journal**, Utrecht, v.10, n.2, p.161-169, 1989.
- BOTOSSO, P. C.; MATTOS, P. P. de. Conhecer a idade das árvores: Importância e Aplicação. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 25p. (Embrapa Florestas. Documentos n.75).
- BOTOSSO, P. C.; VETTER, R. E.; TOMAZELLO FILHO, M. Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata* L., Meliaceae), jacaréuba (*Calophyllum angulare* A. C., Clusiaceae) e muirapiranga (*Eperua bijuga* Mart. ex Benth., Leg. Caesalpinoideae). In: ROIG, F. A. (Ed.). **Dendrocronologia em América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 357-379.
- BRAZ, E. M., FIGUEIREDO, E. O., OLIVEIRA, M. V. N., PASSOS, C. A. M. Manejo de florestas de precisão: modelo digital de exploração e manejo de florestas naturais. In:

FIGUEIREDO, E. O., BRAZ, E. M., OLIVEIRA, M. V. N. **Manejo de precisão em florestas tropicais: modelo digital de exploração florestal**, Embrapa, 2008.

BRAZ, E. M., SCHNEIDER, P. R., MATTOS, P. P. THAINES, F., SELLE, G. L., OLIVEIRA, M. F., OLIVEIRA, L. C. manejo da estrutura diamétrica remanescente de florestas tropicais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 787-794, out.-dez., 2012.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis, **Oecologia**, v.146, n.1, p.1-12. 2005.

CABACINHA C.D.; CASTRO S.S. Estrutura diamétrica e estado de conservação de fragmentos florestais no cerrado brasileiro. **Floresta e Ambiente**.v. 17 n.1, p. 51-62, 2010.

CALLADO, C. H.; GUIMARÃES, R. C. Estudo dos anéis de crescimento de *Schizolobium parahyba* (Leguminosae: Caesalpinioideae) após episódio de mortalidade em Ilha Grande, Rio de Janeiro. *Revista Brasil. Bot.*, V.33, n.1, p.85-91, jan.-mar. 2010.

CARVALHO, P. E. R. Comparação de espécies nativas, em plantio em linhas em capoeira, na região de Irati-PR – resultados aos sete anos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.5, p.53-68, dez.1982.

CHAGAS, R. S. das; GOMES, J. M.; CARVALHO, J. O.P. de; FERREIRA, J. E. R. Sobrevivência e crescimento de plântulas de *Manilkara huberi* Chevalier durante cinco anos em clareiras causadas pela exploração de impacto reduzido na Amazônia brasileira. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 417-424, set. 2012.

COLPINI, C., SILVA, V. S. M., SOARES, T. S., HIGUCHI, N. TRAVAGIN, D. P., ASSUMPCÃO J. V. L. Incremento, ingresso e mortalidade em uma floresta de contato ombrófila aberta/estacional em Marcelândia, Estado do Mato Grosso. **Acta Amazônica**. v. 40, n.3, p.549 – 556, 2010.

COLPINI, C., TRAVAGIN, D. P., SOARES, T. S., SILVA, V. S. M. Determinação do volume, do fator de forma e da porcentagem de casca de árvores individuais em uma Floresta Ombrófila Aberta na região noroeste de Mato Grosso. **Acta Amazônica**. v. 39, n.1, p.97 – 104, 2009.

CRESSIE, N. A. C. **Statistics for spatial data**. . John Wiley & Sons, Inc., New York. 900 pp. 1991.

CUNHA, T. A., CAVALLI, J. P., FINGER, C. A. G. Relação entre alongamento anual da copa e o incremento diamétrico de árvores singulares de *Cedrela fissilis* (Vell). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 703-712, out.-dez., 2013.

CUNHA, T. A., FINGER, C. A. G., Competição assimétrica e o incremento diamétrico de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na Amazônia ocidental. **Acta amazônica**. v. 43, n.1, p.9 – 18. 2013.

CUNHA, U. S. **Análise da Estrutura Espacial Horizontal de uma Floresta de Terra Firme da Amazônia**. 126 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

DELUCA, T. H., ZEWDIE, S. A., ZACKRISSON, A.; HEALEY, J. R., JONES, D. L. Bracken fern (*Pteridium aquilinum* L. kuhn) promotes an open nitrogen cycle in heathland soils. **Plant and Soil**. June 2013, Volume 367, Issue 1-2, pp 521-534

DIGGLE, P. J. **Statistical Analysis of Spatial Point Patterns**. Londres: Arnold. 159 p. 2003.

DIXON, P. M. Ripley's K function. **Encyclopedia of Environmetrics**, v. 3, p.1796–1803, 2002.

DUAH-GYAMFI, A. et al. Can harvesting for timber in tropical forest enhance timber tree regeneration? *Forest Ecology and Management*, v. 314, p. 26–37, fev. 2014a.

DUAH-GYAMFI, A. et al. Natural Regeneration Dynamics of Tree Seedlings on Skid Trails and Tree Gaps Following Selective Logging in a Tropical Moist Semi-Deciduous Forest in Ghana. *Open Journal of Forestry*, v. 04, n. 01, p. 49–57, 2014b.

DURLO, M. A., DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa do Rio Grande Do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 55-66. 1998.

FIGUEIREDO, E. O., SCOLFORO, J. R. S., OLIVEIRA, A. D., Estimativa do Percentual de Casca e do Fator de Forma em Povoamentos Jovens de Teca (*Tectona grandis* L.f.). **Comunicado Técnico**, 165. Julho, Embrapa, Acre, 2005.

FINGER, C. A. G.; ELEOTÉRIO J. R.; Berger, R.; Schneider, P. R. Crescimento diamétrico do pau-ferro (*Astronium balansae*) em reflorestamento no município de São Sepé, RS. **Ciência Florestal**, v.6, n.1, p.101-108. 1996.

FRAGA, M. P., BARRETO, P. A. B., PAULA, A. Estimação de volume de *Pterogyne nitens* em plantio puro no sudoeste da Bahia. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 34, n. 79, p. 207-215, jul./set. 2014.

FREIBERGER, M. B.; GUERRINI, I. A.; GALETTI, G.; FERNANDES, D. M.; CORRÊA, J. C. Crescimento inicial e nutrição de cedro (*Cedrela fissilis* vell.) em função de doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.3, p.385-392, 2013.

GOMES, J. M., CARVALHO J. O. P., SILVA, M. G., NOBRE, D. N. V., TAFFAREL, M., FERREIRA, J. E. R.; SANTOS, R. N. J. Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**. v. 40, n.1, p. 171 – 178, 2010.

GROGAN, J.; LANDIS, R. M.; ASHTON, M. S.; GALVÃO, J. Growth response by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) advance seedling regeneration to overhead canopy release in southeast Pará, Brasil. **Forest Ecology and Management**. v. 204 p.399-412. 2005

GUARIGATA, M. R.; PINARD; M. A. Ecological knowledge of regeneration from seed in neotropical forest trees: Implications for natural forest management. *Forest Ecology and Management* 112 (1998) 87-99.1998

GUARINO, E.; SCARIOT, A. O. Tree seedling survival and growth in logged and undisturbed seasonal deciduous forest fragments in central Brazil. *Journal of Forest Research*, v. 17, n. 2, p. 193–201, 27 ago. 2011.

HALLÉ, F.; OLDEMANN, R. A. A.; TOMLINSON, P. B. **Tropical Trees and Forests: An Architectural Analysis**, Springer-Verlag: Berlin Heidelberg New York. 1978.

HEMERY, G. E.; et al. Applications of the crown diameter-stem diameter relationship for different species of broadleaved trees. **Forest Ecology and Management**, 215(1-3) 2005, p. 285-294.

HILJE, L.; CORNELIUS, J. ¿Es inmanejable *Hypsipyla grandella* como plaga forestal? **Manejo Integrado de Plagas**. Costa Rica, v. 61 p.1-4, 2001.

HOWARD F. W.; MERIDA, M. A. **Mahogany Shoot Borer, *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae: Phycitinae), a series of Featured Creatures from the Entomology and Nematology Department**, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 2011. Disponível em <http://entomology.ifas.ufl.edu/creatures> Acessado em 25 maio de 2011.

HUGHES, L., DUNLOP., M., FRENCH, K., LEISHMAN, M. R., RICE, B., RODGERSON, L., WESTOBY, M. Predicting dispersal spectra: a minimal set of hypotheses based on plant attributes. *Journal of Ecology*, v.82, n.4, p.933-950, 1994.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. Florida: Krieger Publishing Company, 402p. 2003.

INOUE, M. T. A auto-ecologia do gênero *Cedrela*: Efeitos na fisiologia do crescimento no estágio juvenil em função da intensidade luminosa **Revista floresta** Curitiba: FUPEF v.8, n.2, p.58-61,1973.

IWASAKI-MAROCHI, C. **Anéis anuais de crescimento do cedro (*Cedrela fissilis* - Meliaceae) aplicados à avaliação da taxa de crescimento e dendroclimatologia**. 2009, 120f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

JAWORSKI, A.; PODLASKI, R. Modelling irregular and multimodal tree diameter distributions by finite mixture models: an approach to stand structure characterisation. **J For Res** 17:79–88, 2012.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Fundação Calouste Gulbenkianed.: Lisboa. 1960.

LLOYD, C. D. **Local models for spatial analysis**, CRC Press. London, UK, 244, 2006.

LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Vol. 2. BLV, München, Germany. 469 p. 1973.

LONGHI, R. V. Manejo experimental de Floresta Ombrófia Mista secundária no Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, Manejo Florestal, UFSM. 2011.

LONGHI, S. J., ARAUJO, M. M., KELLING, M. B., HOPPE, J. M., MULLER, I. BORSOI, G. A. Aspecto fitossociológico de fragmento de Floresta Estacional Decidual, Santa Maria, RS. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 59-74, 2000.

LUNZ, A. M.; THOMAZINI, M. J.; MORAES, M. C. B.; NEVES, E. J. M.; BATISTA, T. F. C.; DEGENHARDT, J.; SOUSA, L. A.; OHASHI, O. S. *Hypsipyla grandella* em Mogno (*Swietenia macrophylla*): Situação atual e perspectivas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.59, p.45-44. Jul/Dez. 2009.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Fundação Calouste Gulbenkianed.: Lisboa. 1960.

MARIA, V. R. B.; **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduais**, 2002, 126f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Recursos Florestais), - ESALQ, Piracicaba, 2002.

MARTINS, S. V., RODRIGUES, R. R. GANDOLFI, S., CALEGARI, L. Sucessão ecológica: Fundamentos e Aplicações na Restauração de ecossistemas florestais. In. **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**.Org. MARTINS S. V. Ed.UFV. 2009.

MARQUES, T. C. L. L. S. E. M.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Crescimento e teor de metais de mudas de espécies arbóreas cultivadas em solo contaminado com metais pesados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 121-132, jan. 2000.

MATOS, D. M. S.; BELINATO, T. A. Interference of *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon. (Dennstaedtiaceae) on the establishment of rainforest trees. **Revista brasileira de biologia**, v. 70, n. 2, p. 311-6, maio 2010.

MATTOS, R. B. de. **Produtividade e incremento de *Cabrlea canjerana* (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell. e *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., em Floresta Nativa no Rio Grande do Sul**, 2007, 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MATTOS, P. P. de; SEITZ, R. A.; SALIS, S. M. Potencial dendrocronológico de *Tebebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo. **Boletim de pesquisas florestais**, Colombo, n.48, p.93-103. Jan-jun. 2004.

MATTOS, P. P. de. **Identificação de anéis anuais de crescimento e estimativa de idade e incremento anual em diâmetro de espécies nativas do Pantanal da Nhecolândia, MS**. 1999. 116f. Tese de doutorado. (Doutorado em Engenharia Florestal), UFPR, Curitiba, 1999.

MIGUEL, E. P., CANZI, L. F., RUFINO, R. F., SANTOS, G. A. Ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de *Eucalyptus grandis* localizados no município de Rio Verde – GO. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11; p. 1-13, 2010.

MIGUEL, E. P., MACHADO, S. A., FIGUEIREDO FILHO, A. ARCE, J. E., Modelos polinomiais para representar o perfil e o volume do fuste de *Eucalyptus urophylla* na região norte do estado de Goiás. **Revista Floresta**. v. 41, n. 2, 2011.

MOREY, P. R. **O crescimento das árvores**, tradução: Maria de Fátima Domingos Aleixo Pereira, São Paulo: E.P.U, EDUSP, 1980, 72p. (Coleção temas de biologia, v. 19).

MÜLLER, M. D., SALLES, T. T., PACIULLO, D. S. C., BRIGHENTI, A. M., CASTRO, C. R. T. Equações de altura, volume e afilamento para eucalipto e acácia estabelecidos em sistema silvipastoril. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 44, n. 3, p. 473 - 484, jul. / set. 2014.

MUNARETO, F. F. **Dendroclimatologia de quatro espécies florestais nativas com potencial silvicultural e econômico**. 2007. 62f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

OLINDA, R. A.; SCALON, J. D. Métodos de Monte Carlo para análise de processos pontuais marcados. **Rev. Bras. Biom.** São Paulo, v.28, n.1, p.39-56, 2010.

OLIVEIRA, R. B.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, C. A. M.; SILVA, S. A.; MARTINS FI. S. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento a campo. **Ciênc. agropec.**, Lavrs.32, n1p.-28, jan./fev, 2008

ORELLANA, E.,; FIGUEIREDO Filho, A., PELLICO NETTO, S.; DIAS, A. N.; Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de floresta ombrófila mista. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.2, p.297-308, 2014.

PAIVA, A. V. de; POGGIANI, F. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas plantadas no sub-bosque de um fragmento florestal. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 141-151, jun. 2000.

POMMENERING, A. Approaches to quantifying forest structures. **Forestry**. v.75, n. 3. 2002.

PRIOR, L. D.; LEE, Z.; BROCK, C.; WILLIAMSON, G. J; BOWMAN, D. M. J. S. What limits the distribution and abundance of the native conifer *Callitris glaucophylla* (Cupressaceae) in the West MacDonnell Ranges, central Australia? **Australian Journal of Botany**, v. 58, p. 554–564, 2010.

PRETZSCH, H. **Forest Dynamics, Growth and Yield**. Springer – Verlag, Berlin, 2009.

RENO, N. B.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; VALE, F. R. Limitações nutricionais ao crescimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas em latossolo vermelho-amarelo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.32, nt, p.17-25, jan. 1997.

RIPLEY, B. D. Modelling Spatial Patterns. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series B (Methodological), V. 39, N. 2, p. 172-212. 1977.

ROCHA, F. S.; SAGGIN JR, O. J.. SILVA, E. M. R.; LIMA, W. L. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.1, p.77-84, jan. 2006

RUBIN, B. D.; MANION, P. D.; FABER-LANGENDOEN, D. Diameter distribution and structural sustainability in forests. **Forest Ecology and Management**, v. 222, p. 427–438, 2006.

RUIZ, V. E., MELONI, D. A., FORNES, L. F., ORDANO, M., HILAL, M., PRADO, F. E. Seedling growth and water relations of three *Cedrela* species sourced from five provenances: response to simulated rainfall reductions. **Agroforest Syst.** v. 87, p.1005–1021. 2013

SANTANA, O. A., IMAÑA-ENCINAS, J. Influência do vento no volume de toras e no fator de forma de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 347-356, abr./jun. 2013.

SANTOS, D. L. dos; RAKOCEVIC, M.; TAKAKI, M.; RIBASKI, J. Morphological and Physiological Responses of *Cedrela Fissilis* Vellozo (Meliaceae) Seedlings to Light. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. V. 49, n.1. pp. 171-182, Jan. 2006.

SCHLATHER, M.; RIBEIRO, P. J.; DIGGLE, P. J. Detecting dependence between marks and locations of marked point processes. **J. R. Statist. Soc.B.** v.66, n.1, p.79–93. 2004.

SCHNEIDER, P. R., SCHNEIDER, P. S. P., SOUZA, C. A. M. **Análise de regressão aplicada à engenharia florestal**. FACOS, UFSM, 2009.

SILVA, J. A.; PAULA NETO, F. **Princípios básicos de dendrometria**. Recife: UFRPE, 1979.185p.

SILVESTRE, R., BONAZZA, M., STANG, M., LIMA, G. C. P., KOEPEL, D. A., MARCO, F. T., CIARNOSCHI, L. D., SCARIOT, R., MORÊS, D. F. Equações volumétricas em povoamentos de *Pinus taeda* L. no município de Lages-SC. **Nativa**, Sinop, v. 02, n. 01, p. 01-05, jan./mar. 2014.

SOLIZ-GAMBOA, C., SANDBRINK, A., ZUIDEMA, P. Diameter Growth of Juvenile Trees after Gap Formation in a Bolivian Rain Forest: Responses are Strongly Species-specific and Size-dependent. **Biotropica**. v.44, n.3, p.312-320. 2012.

SOUZA, P. B. de; SOUZA, A. L. de; MEIRA NETO, J. A. A. Estrutura diamétrica dos estratos e grupos ecológicos de uma área de Floresta Estacional Semidecidual, em Dionísio, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 1, Feb. 2012.

SOUZA, A. L., JESUS, R. M. Equação de volume comercial e fator de forma para espécies da mata atlântica ocorrentes na Reserva Florestal da Companhia Vale do Rio Doce, Linhares, ES. **Revista Árvore**. Viçosa, 15, n. 3, p. 257-273. 1991.

SPATHOLF, P.; BERGER, R.; VACCARO, S.; TONINI, H.; BORSOI, G. D.; Crescimento de espécies nativas de uma floresta estacional decidual/ombrófila mista do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, 2001.

STOYAN, D.; PENTTINEN, A. Recent applications of point process methods in forestry statistics. **Statistical Science**. v. 15, n. 1, p.61–78. 2000.

TAVERAS, R., HILJE, L., CARBALLO, M. Development of *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) in response to constant temperatures. **Neotropical Entomology**. v.33, n.1, p. 1-6. 2004.

TONINI, H., COSTA, M. C. G., SCWENGBER, L. A. M. Crescimento da Teca (*Tectona grandis*) em Reflorestamento na Amazônia Setentrional. **Pesquisa florestal Brasileira**. N.59, p05-14, jul.dez. 2009.

TONINI, H.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. O crescimento da *Nectandra megapotamica* Mez., em floresta nativa na depressão central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33n.1. jan. fev.p.85-90. 2003

VENZKE, T. S., MARTINS, S. V., NERI, A. V., KUNZ, S. H. Síndromes de dispersão de sementes em estágios sucessionais de mata ciliar, no extremo sul da mata atlântica, Arroio do Padre, RS, Brasil Revista Árvore, Viçosa-MG, v.38, n.3, p.403-413, 2014.

ZIMMERMANN, M. H.; BROWN, C. L. **Trees structure and function**. New York: Springer-Verlag, 1977. 336 p.

WEBER, L. S.; SCHNEIDER, P. S.P.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento de louro-pardo, *Cordia trichotoma* (Vell) Arrab. ex steud., na depressão central do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**. Santa Maria. v.12 n.2 p. 169-176. 2002

WEDY, G. O. **Estrutura e dinâmica da regeneração natural de espécies arbóreas na floresta Estacional do Parque Estadual do Turvo, Derrubadas, Rio Grande do Sul**. Dissertação de mestrado (Pós graduação em Botânica) UFRGS (2007) 61p.

YOSHIMURA, K. Irradiance heterogeneity within crown affects photosynthetic capacity and nitrogen distribution of leaves in *Cedrela sinensis*. **Plant, Cell and Environment**. 33, p.750–758. 2010.

APÊNDICES

Apêndice A – Código do R referente ao artigo 3: Distribuição espacial de *Cedrela fissilis* Vell. em Floresta estacional Decidual

```
library(spatstat)
```

construção das áreas:

A 'area1' corresponde à área A da Figura 1.2, os pontos que delimitam a área são digitado no sentido anti-horário.

```
area1<-(owin(poly=list(x=c(246729.37,246699.55,246694.72,246709.94,246734.61,
246762.04,246770.61),y=c(6719775.40,6719760.69,6719738.23,6719719.32,
6719707.19,6719662.9,6719701.02))))
```

```
plot(area1)
```

A 'area2' corresponde à área B da Figura 1.2.

```
area2<-(owin(poly=list(x=c(246753.37,246718.05,246718.6,246729.28,246754.73),
y=c(6719630.662,6719638.48,6719613.95,6719599.17,6719601.86))))
```

```
plot(area2)
```

A 'area3' corresponde à área C da Figura 1.2.

```
area3<-(owin(poly=list(x=c(246669.69,246645.21,246664.07,246689.53,246683.87),
y=c(6719586.19,6719573.37,6719556.66,6719558.92,6719580.59))))
```

```
plot(area3)
```

#A "areat" corresponde a área D da Figura 1.2. Os pontos que delimitam a área estão em sentido anti-horário, e as áreas vazias dentro desse polígono (que são as áreas A, B e C da Figura 1.2) são feitas pelas descrições dos pontos dessas áreas no sentido horário.

```
areat<-
```

```
(owin(poly=list(list(x=c(246608.082,246606.314,246680.464,246740.454,246758.971,24676
3.081,246802.885,246795.307,246819.394,246764.891,246729.953,246657.625,246657.625,
246626.125,246626.125,246607.748,246607.422,246574.953,246574.953,246509.016,24650
9.016),y=c(6719564.276,6719544.35,6719535.854,6719570.853,6719577.84,6719608.609,67
19613.95,6719687.613,6719717.775,6719800.501,6719800.001,6719751.001,6719637.001,6
719637.001,6719695.001,6719695.187,6719736.001,6719736.001,6719783.501,6719783.501
,6719585.001)),
list(x=c(246770.61,246762.04,246734.61,246709.94,246694.72,246699.55,246729.37),y=c(6
719701.02,6719662.9,6719707.19,6719719.32,6719738.23,6719760.69,6719775.4)),
list(x=c(246754.73,246729.28,246718.6,246718.05,246753.37),
y=c(6719601.86,6719599.17,6719613.95,6719638.48,6719630.66)),
list(x=c(246683.87,246689.53,246664.07,246645.21,246669.69),
y=c(6719580.59,6719558.92,6719556.66,6719573.37,6719586.19))))
```

```
plot(areat)
```

```
# Transformação das áreas em "tessellation" para o cálculo do qui-quadrado:
```

```
areas<-tess(tiles=list(area1,area2,area3,areat))
```

```
# Construção dos padrões de processos pontuais (ppp):
```

```
# leitura do arquivo para a construção do ppp:
```

```
ma10<-read.table(file.choose(),header=TRUE)
```

```
# construção do ppp marcado para árvores adulto-intermediárias (com DAP maior que 10 cm)
```

```
maior1<-ppp(ma10$E,ma10$N,poly=list(x=c(246608.082,246606.314,246680.464,
246740.454,246758.971,246763.081,246802.885,246795.307,246819.394,246764.891,
246729.953,246657.625,246657.625,246626.125,246626.125,246607.748,246607.422,
246574.953,246574.953,246509.016,246509.016),
y=c(6719564.276,6719544.35,6719535.854,6719570.853,6719577.84,
6719608.609,6719613.95,6719687.613,6719717.775,6719800.501,6719800.001,
6719751.001,6719637.001,6719637.001,6719695.001,6719695.187,6719736.001,
6719736.001,6719783.501,6719783.501,6719585.001)),marks=ma10$DAP)
```

```
plot(maior1,main="Árvores adulto-intermediárias")
```

```
# construção do ppp para árvores jovens (com DAP entre 0 e 10 cm)
```

```
me10<-read.table(file.choose(),header=TRUE)
```

```
menor1<-ppp(me10$E,me10$N,poly=list(x=c(246608.0,(...),6719585.0)),marks=me10$DAP)
plot(menor1, main="Árvores Jovens")
```

```
# construção do ppp para árvores juvenis (árvores sem DAP, com altura entre 0,15 e 1,3 m)
```

```
sdap<-read.table(file.choose(),header=TRUE)
```

```
semdap<-ppp(sdap$E,sdap$N,poly=list(x=c(246608.08,...,6719585.00)),marks=sdap$DAP)
plot(semdap, main="Árvores sem DAP")
```

```
# Teste qui-quadrado nas diferentes áreas:
```

```
quadrat.test(maior2,tess=areas)
quadrat.test(maior1,tess=areas)
quadrat.test(menor1,tess=areas)
quadrat.test(semdap,tess=areas)
```

```
# Contagem do número de indivíduos em cada área:
```

```
quadratcount(maior2,tess=areas)
quadratcount(maior1,tess=areas)
quadratcount(menor1,tess=areas)
quadratcount(semdap,tess=areas)
```

Gráficos de densidade de Kernel:

```
plot(density(maior1,30),main="Árvores adulto-intermediárias", box=FALSE,
col=grey(seq(0.89,0.35,length=15)))
axis(1)
axis(2)
plot(maior1,add=TRUE)
```

Função L homogênea:

```
efkmag2<-envelope(maior2, Kest,nsim=99,global=TRUE, correction="iso")
plot(efkmag2,legend=F, xlab="r (m)",main="Árvores adultas")
plot(efkmag2, sqrt(/pi)-r~r, legend=F,ylab="L(r)",xlab="r(metros)", main="Árvores adultas")
```

Função K não homogênea

```
efkmag2i<-envelope(maior2, Kinhom,nsim=99,global=TRUE, correction="iso")
plot(efkmag2i,legend=F, xlab="r (m)",main="Árvores adultas")
```

Para a análise da **função K bivariada** foi feito um arquivo com os pontos das árvores e com uma coluna correspondente a classificação de cada árvore (se juvenil=S, adulta=A, ou jovem=E).

```
marc<-read.table(file.choose(),header=TRUE)
marca<-ppp(marc$E,marc$N,poly=list(x=c(246608.082,246606.314,246680.464,
246740.454,246758.971,246763.081,246802.885,246795.307,246819.394,246764.891,
246729.953,246657.625,246657.625,246626.125,246626.125,246607.748,246607.422,
246574.953,246574.953,246509.016,246509.016),
y=c(6719564.276,6719544.35,6719535.854,6719570.853,6719577.84,
6719606.609,6719610.95,6719687.613,6719717.775,6719800.501,6719800.001,
6719751.001,6719637.001,6719637.001,6719695.001,6719695.187,6719736.001,
6719736.001,6719783.501,6719783.501,6719585.001)), marks=marc$marc)
```

```
intermame1<-envelope(marcac,Kcross, nsim=99, i="A",j="E",
correction="iso",global=TRUE)
plot(intermame1, sqrt(/pi)-r~r,legend=F)
```

Função de correlação de marca com a marca DAP

```
plot(markcorr(maior1), main="DAP de árvores adulto-intermediárias")
```

Kernel suavizada para a marca altura

```
altura<-ppp(..., marks=total$Ht)
plot(smooth.ppp(altura),main="")
```

Função media condicional E(r) e função variância condicional V(r)

```
plot(Emark(altura))
```

```
plot(Vmark(altura))
```

Construção do mapa de altitude

```
alt<-read.table(file.choose(),header=TRUE)
altt<-ppp(alt$E,alt$N,poly=list(x=c(246608.082,246606.314,246680.464,
246740.454,246758.971,246763.081,246802.885,246795.307,246819.394,246764.891,
246729.953,246657.625,246657.625,246626.125,246626.125,246607.748,246607.422,
246574.953,246574.953,246509.016,246509.016),
y=c(6719564.276,6719544.35,6719535.854,6719570.853,6719577.84,
6719608.609,6719613.95,6719687.613,6719717.775,6719800.501,6719800.001,
6719751.001,6719637.001,6719637.001,6719695.001,6719695.187,6719736.001,
6719736.001,6719783.501,6719783.501,6719585.001)),marks=alt$alt)
```

```
plot(altt, main="Altitude")
relev<-plot(smooth.ppp(altt),main="Altitude")
relevo<-(smooth.ppp(altt))
persp((smooth.ppp(altt)),theta=50,phi=30, zlab="Altitude")
altitude<-as.im(relevo)
plot(altitude)
```

Teste de Kolmogorov-Smirnov

```
kstest(maior1,altitude)
kstest(maior2,altitude)
kstest(menor1,altitude)
kstest(semdap,altitude)
```

Estimativa suavizada de intensidade um processo pontual como função de uma variável altitude:

```
plot(rhohat(semmap,altitude),xlab="Altitude (m)", ylab="Intensidade")
plot(rhohat(maism1,altitude))
plot(rhohat(mensm1,altitude))
plot(rhohat(maism2,altitude))
```

Apêndice B - Código do R referente ao artigo 4: Incremento de indivíduos jovens de *Cedrela fissilis* Vell.

Incremento em altura

Leitura do arquivo com os dados:

```
peq<-read.table(file.choose(), header=TRUE)
summary(peq)
```

```
par(font.lab=6,font.axis=6) #formata o tipo de fonte.
```

```
plot( peq$Ht,peq$ICAh,xlab="Ht (m)", ylab=expression(IP[H](m)),cex=0.6,cex.lab=1,
cex.axis=1)
```

```
library(Hmisc)
```

```
rcorr(peq$Ht,peq$ICAh) # correlação
```

```
par(mfrow=c(2,2))
plot(peq$ICVt2, peq$ICAh,xlab=expression(ICV[2]), ylab=expression(IP[H] (m)),cex=0.8)
rcorr(peq$ICVt2,peq$ICAh)
plot(peq$ICVt25,peq$ICAh, xlab=expression(ICV[2.5]), ylab=expression(IP[H]
(m)),cex=0.8)
rcorr(peq$ICVt25,peq$ICAh)
plot(peq$Gspi,peq$ICAh, xlab="Gsp", ylab=expression(IP[H] (m)),cex=0.8)
rcorr(peq$Gspi,peq$ICAh)
plot(peq$Gb,peq$ICAh, xlab="Gb", ylab=expression(IP[H] (m)),cex=0.9)
rcorr(peq$Gb,peq$ICAh)
```

#análise de covariância

```
cl0<-peq[peq$clas==0,] # área de regeneração inicial com samambaia
```

```
cl1<-peq[peq$clas==1,] # área de clareira
```

```
cl2<-peq[peq$clas==2,] # área de regeneração intermediária
```

```
cl12<-rbind(cl1,cl2)
```

```
g1 <- lm(cl12$ICAh~ cl12$Ht+cl12$clas)
summary(g1)
```

```
g2 <- lm(cl12$ICAh~ cl12$Ht+cl12$clas+cl12$Ht:cl12$clas)
summary(g2)
```

```
iphcl01<-read.table(file.choose(),header=T) # leitura de novo arquivo com as classes 1 e 2
juntas e classe 0.
```

```
g3 <- lm(ICAh~ Ht+clas+Ht:clas,data=iphcl01)
summary(g3)
```



```
# Regressão stepwise:
```

```
M1 <- lm
(peq$ICAh~peq$Ht+peq$ICVt2+peq$clas+peq$Gb+peq$Gspi+peq$ICVt25+peq$local)
step(M1)
```

```
# Regressão final:
```

```
M2 <- lm (peq$ICAh~peq$Ht+peq$Gb)
summary(M2)
```

```
# Gráficos de distribuição de resíduos:
```

```
par(font.lab=6,font.axis=6,cex.lab=1,cex.axis=1)
par(mfrow=c(1,2))
plot(fitted(M2),residuals(M2),cex=0.7, xlab="Valores ajustados", ylab="Resíduos")
abline(h=0)
qqnorm(residuals(M2),ylab="Resíduos", cex=0.7,main="",xlab="Quantis teórico")
qqline(residuals(M2))
shapiro.test(residuals(M2))
par(mfrow=c(1,1))
dwttest(me$ICAh~me$Ht+me$Gb)
```

```
# Superfície estimada da influencia dos parâmetros na regressão:
```

```
func<-function(x,y)
{
M2$coefficients[[1]]+
M2$coefficients[[2]]*x+
M2$coefficients[[3]]*y
}
valx<-seq(0.18,3, 0.5)
valy<-seq(0,34, 3)
summary(peq)
superf<-outer(valx,valy,func)
```

```
persp(superf, theta=40, phi=20, shade=0.6, ticktype="simple",
xlab="Ht",ylab="Gb",zlab="ICAh",font.lab=6)
```

Apêndice C - Código do R referente ao artigo 5: Danos causados por pragas em *Cedrela fissilis* Vell. em Floresta Estacional Decidual

```
toda<-read.table(file.choose(),header=T)

ser<-toda[toda$ats==1,]
mar<-toda[toda$ath==1,]
sau<-toda[toda$ats==0,]

par(mfrow=c(1,3))
hist(sau$dac,breaks=5, xlab="Diâmetro do coleto (cm)",
ylab="Frequência", font.lab=6, main="Suadáveis", font.main=6)
...

serrad<-read.table(file.choose(), header=T)
saudav<-read.table(file.choose(), header=T)
mariposa<-read.table(file.choose(), header=T)

#arquivo com dados dos ataques do serrador mais dados de não atacadas
serrad<-read.table(file.choose(), header=T)
#arquivo com dados dos ataques da mariposa mais dados de não atacadas
mariposa<-read.table(file.choose(), header=T)

serr<-serrad[serrad$cl==1,]
mari<-mariposa[mariposa$cl==1,]

# Análise de covariância dos não atacados e atacados pelo serrador
cvsesa<-lm(H~dac+cl+dac:cl,data=serrad)
summary(cvsesa)
cvsesa2<-lm(H~dac+dac:cl,data=serrad)
summary(cvsesa2)

# Análise de covariância dos não atacados e atacados pela mariposa

cvmasa<-lm(H~dac+cl+dac:cl,data=mariposa)
summary(cvmasa)
cvmasa2<-lm(H~dac+dac:cl,data=mariposa)
summary(cvmasa2)

#gráficos
par(mfrow=c(1,2))
plot(saudav$dac, saudav$H, xlab="Dcoleto (cm)",cex=0.5, ylab="Ht (m)",
font.lab=6,font.axis=6)
points(serr$dac, serr$H, pch=2,cex=0.6)
abline(0.42, 0.581)
abline(0.42,0.413, lty=2)

points(mari$dac, mari$H, pch=2,cex=0.6)
abline(0.423, 0.581)
abline(0.42,0.413,lty=2)
```

```

# Incremento em altura do primeiro ano após o ataque do serrador:
icah<-c(60,...,120)
dac<-c(4.14,...,4.14)
hat<-c(19, ..., 59)
par(mfrow=c(1,2))
par(font.lab=6,font.axis=6)

library(Hmisc)

rcorr(icah,hat)
rcorr(icah,dac)

#Modelo Gompertz:b1*exp(-exp(-be*(x-b2)

plot(dac,icah, cex=0.7, xlab="D coleteo (cm)", ylab=expression(IH[i] (cm))
, font.lab=6, font.axis=6)

# b1 chute pra intervalo de assintota
# b2 chute para o parâmetro de localização
# b3 curve(b1*exp(-exp(-b3*(x-b2))),add=T,col=1, lwd=1.5 )

n <- nls(icah~(b1*exp(-exp(-b3*(dac-b2)))),
        start=list(b1=61.4, b2=2.14, b3=2.52))
summary(n)
a=61.44
b=2.14
c=2.52
curve(a*exp(-exp(-c*(x-b))),add=T,col=1, lty=2)

R2<-function(residuals, observed){
1-(sum(residuals)^2/sum((observed-mean(observed))^2))
}
R2(residuals(n), icah)
par(mfrow=c(1,2))
qqnorm(residuals(n),ylab="Resíduos", cex=0.7,main="",xlab="Quantis teórico")
qqline(residuals(n))
plot(fitted(n), resid(n),cex=0.8,ylab="Resíduos", xlab="Valores ajustados")
abline(h = 0)

# Análise espacial das árvores danificadas pelo ataque de pragas:

library(spatstat)

areat<-(owin(poly=list(list(x=c(246608.082,...,6719586.19))))))

todas<-ppp(toda$E,toda$N,poly=list(x=c(246608.082,...,6719585.001)),marks=toda$dac)

# Intensidade de ocorrência de cedros:
plot(density(todas,20), col=grey(seq(0.85,0.3,length=8)),box=F, main=" Densidade",
font.main=6)

```

```
axis(1)
axis(2)

# Intensidade em função do diâmetro de colete:
plot(smooth.ppp(todas), col=grey(seq(0.85,0.3,length=8)),box=F,
main=" Densidade f(Dcolete)", font.main=6)
axis(1)
axis(2)

# Cálculo para a confecção do mapa de taxa de risco:
tot<-(density(todas,20))
# transformação da densidade em imagem de pixels
imt<-as.im(tot, col=grey(seq(0.85,0.35,length=15)))

serr<-ppp(ser$E,ser$N,poly=list(x=c(246608.082,...,6719585.001)))
plot(density(serr,20), main="Serrador",col=grey(seq(0.85,0.35,length=15)))
sert<-as.im(density(serr,20))
# transformação da imagem em matrix:
mimt<-as.matrix(imt)
msert<-as.matrix(sert)

# Divisão das matrizes (cálculo da taxa de risco):
tts<-msert/mimt

#transformação em imagem novamente:
itts<-as.im(tts)
plot(itts,col=grey(seq(0.85,0.15,length=10)),main="Taxa de risco do Serrador",
font.main=6,box=F)

plot(areat,add=T)
plot(sert)
plot
```

Apêndice D - Código do R referente ao artigo 6: Crescimento e incremento de *Cedrela fissilis* Vell.

Crescimento:

```
F1i<-seq(16,1:1) #idade da árvore F1 (16 anos)
F1h<-c(12,11.4,11,9,8.7,7.8,6,5.5,5,4.2,3.4,1.7,1.5,1.3,1,0.7) # altura na idade 16 a 1 anos.
plot(F1i,F1h,xlab="Idade (anos)", ylab="Altura (m)", xlim=c(0,20),
ylim=c(0,13.5),type="l")
```

Diferença entre altura total medidas pela unidade de extensão e medida pela ANATRO:

```
htmr<-read.table(file.choose(), header=TRUE)
```

```
par(font.lab=6,font.axis=6,cex=0.7, cex.lab=1.5)
par(mfrow=c(1,2))
plot(htmr$Ht, htmr$erro, cex=0.7, xlab="Ht (m)", ylab="Erro absoluto(m)")
abline(h=0)
plot(htmr$Ht, htmr$prop, cex=0.7, xlab="Ht (m)", ylab="Erro proporcional(%)")
abline(h=0)
```

Teste wilcoxon

```
library(coin)
wilcox.test(htmr$icahr, htmr$ihmod,paired=T)
```

Incremento:

```
inread<-read.table(file.choose(),header=T)
summary(inread)
library(Hmisc)
plot(inread$dapi,inread$IPAdap)
rcorr(inread$dapi,inread$IPAdap)
boxplot(inread$IPAdap~inread$class.copa)
hist(inread$dapi,nc=6, xlab="Classe de DAP (cm)", ylab="Frequência")
```

Regressão stepwise:

```
regstp <- lm (inread$lnipad~ inread$dapi+inread$Ht+inread$hd
+inread$Hcopa+inread$Dc+inread$Lcopa+inread$Lc.porc+inread$dcdap+
inread$dcht+inread$dclc+inread$gsp+inread$gb+inread$gspd+inread$gbd)
step(regstp)
```

Regressão:

```
reg1<-lm(inread$lnipad~ inread$dap+as.factor(inread$class.copa))
summary(reg1)
```

library(lmtest)

```
dwtest(inread$lnipad~ inread$dap+as.factor(inread$class.copa)) # Teste Durbin – Watson
shapiro.test(residuals(reg1))
```

```
plot(fitted(reg1),residuals(reg1),cex=0.7, xlab="Valores ajustados", ylab="Resíduos")
abline(h=0)
qqnorm(residuals(reg1),ylab="Resíduos", cex=0.7,main="",xlab="Quantis teórico")
qqline(residuals(reg1))
```

```
# Árvore de regressão:
```

```
library(mvpart)
```

```
ipad<-matrix(c(0.799,...,0.255),ncol=1)
tree<-read.table(file.choose(), header=T)
```

```
tr<-mvpart(ipad~.,tree,margin=0.08, xv="pick", cp=0, xvmult=100, which=4)
summary(tr)
printcp(tr)
```

Apêndice E - Código do R referente ao artigo 7: Volume e forma da árvore

```

voli<-read.table(file.choose(),header=T)

dap2<-voli$dapsc*voli$dapsc
dap2h<-voli$dapsc*voli$dapsc*voli$ht
logh<-log10(voli$ht)
logd2h<-log10(voli$dapsc*voli$dapsc*voli$ht)
dodh<-(voli$basesc*voli$dapsc*voli$ht)
dodhb<-(voli$basesc/voli$dapsc*voli$ht)
logdodh<-log10(voli$basesc*voli$dapsc*voli$ht)
logv<-log10(voli$volsc)
logd<-log10(voli$dapsc)

#1. V=b0+b1.DAPsc²
#2. V=b0+b1.DAPsc+b2.DAPsc²
#3. V=b0+b1.DAPsc².H
#4. V=b0+b1.DAPsc²+b2.DAPsc²H+b3.H
#5. log.V=b0+b1.log.d2h
#6. logV=b0+b1log(DAP)+b2log(H)
#7. v=b0+b1.d0,3*dap*ht
#8. log.v=b0+b1.log(d0,3.dap.h)

r1<-lm(voli$volsc~dap2)
summary(r1)
extractAIC(r1)
shapiro.test(residuals(r1))
(...)
r8<-lm(logv~logdodh)
summary(r8)
extractAIC(r8)
shapiro.test(residuals(r8))

par(font.lab=6, font.axis=6)

plot(fitted(r1),residuals(r1),cex=0.7, xlab="Valores ajustados", ylab="Resíduos",
font.lab=6, font.axis=6)
abline(h=0)
plot(fitted(r1),residuals(r1),cex=0.7, xlab="Volume sc", ylab="Resíduos",
font.lab=6, font.axis=6)
abline(h=0)

qqnorm(residuals(r1),ylab="Resíduos", cex=0.7,main="",xlab="Quantis teórico",
font.lab=6, font.axis=6)
qqline(residuals(r1))
(...)
plot(fitted(r8),residuals(r8),cex=0.7, xlab="Valores ajustados", ylab="Resíduos",
font.lab=6, font.axis=6)
abline(h=0)

```

```
library(Hmisc)
rcorr(fcc,gsp)

rcorr(voli$ff,voli$idade)
rcorr(voli$ff,voli$dapsc)
rcorr(voli$ff,voli$Gsp)
rcorr(voli$ff,voli$Gb)
rcorr(voli$ff,voli$basesc)
rcorr(voli$ff,voli$ht)

vestcld<-read.table(file.choose(),header=T)
summary(vestcld)
par(mfrow=c(1,2))
plot(vestcld$vesfm, vestcld$residuofm,xlab="Volume estimado (m³)\n pelo fator de forma
médio", ylab="Resíduos", ylim=c(-0.018,0.015), pch=20)
abline(h=0)
plot(vestcld$vesffcld, vestcld$residuo,xlab="Volume estimado (m³)\n pelo fator de forma por
classe de diâmetro",
ylab="Resíduos", ylim=c(-0.018,0.015),pch=20)
abline(h=0)
```