

Caracterização dos plantios de eucalipto clonal e por semente a partir de dados dendrométricos e do índice de área foliar

Aline Biasoli Trentin¹
Dejanira Luderitz Saldanha¹
Tatiana Mora Kuplich²
Carline Biasoli Trentin¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Caixa Postal 15001 – 91501-970 – Porto Alegre – RS, Brasil
abtrentin@yahoo.com.br, dejanira.saldaha@ufrgs.br, cbtrentin@yahoo.com.br

² Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/INPE
Caixa Postal 5021 – 97105-970 – Santa Maria – RS, Brasil
tmk@dsr.inpe.br

Abstract. This article refers to the comparison of clonal eucalyptus plantations and planted for seed in the southeast of the State of Rio Grande do Sul, considering different periods of growth. To analyze data of leaf area index and dendrometric data (height and diameter at breast height) of eucalyptus clonal plantations and planted for seed in different ages. The methodology referred to field data collection (leaf area index, diameter at breast height and height) in three forest plantations (of three, five and seven years of age). In each of these orchards, data were collected on site and clonal seed, using the equipment LAI 2200 (IAF), the hypsometer Vertex (H) and a measuring tape (DAP). The results of the three variables analyzed allowed to differentiate the tations and by seed, also considering variations depending on the age of the eucalyptus. It was concluded that the use of these data have enabled reliable analysis field for differentiation between eucalyptus and clonal populations by seed, contributing new information for the study of tree populations in the region studied.

Palavras-chave: Leaf area index, dendrometric data, stands of eucalyptus, índice de área foliar, dados dendrométricos, povoamentos de eucalipto.

1. Introdução

No Estado do Rio Grande do Sul (RS) estão presentes dois biomas, a Mata Atlântica - posicionado na porção norte do estado e o Pampa - na porção centro-sul. A ocorrência desses dois biomas, com vegetação composta por campos e florestas, está relacionada a fatores ambientais. No entanto, a alteração da paisagem por meio da agricultura, pastoreio e plantios arbóreos, têm mudado a vegetação original (Behling et al., 2009), sendo que diversos fatores têm contribuído para este cenário, principalmente os de ordem econômica vinculados ao retorno financeiro das atividades (Valls et al., 2009).

A maior parte dos plantios arbóreos no RS é realizada com espécies do gênero *Eucalyptus* (*grandis*, *saligna* e *dunnii*). O *Eucalyptus globulus* tem sido alvo de interesse nos últimos anos, em função de suas características favoráveis à produção de papel. No entanto, o manejo para o aperfeiçoamento dos povoamentos e o aumento da produção resultou no desenvolvimento de processos como a clonagem, formados tanto por espécies puras como por híbridos entre espécies (Higa et al., 2009).

A silvicultura clonal corresponde ao conjunto de técnicas silviculturais para implantação e manejo de um povoamento clonal. Por apresentar um antecessor comum, as plantas derivadas de um clone serão geneticamente idênticas. Este processo possibilita uniformidade dos plantios, maior controle da qualidade dos produtos, combinações genéticas raras, maximização do ganho em produtividade e qualidade da madeira, controle de doenças e rotações economicamente viáveis (Xavier et al., 2009).

A silvicultura clonal com eucalipto é uma das mais desenvolvidas e se encontra bem estabelecida, com implementação de forma intensiva em diferentes regiões do mundo,

principalmente devido às condições ambientais, ao domínio da tecnologia, a existência de variabilidade genética para propósitos comerciais e facilidade de propagação vegetativa (Xavier et al., 2009).

Para caracterização de plantios arbóreos (clonais e plantados por semente), além de variáveis dendrométricas como altura e diâmetro à altura do peito, destaca-se o índice de área foliar (IAF ou *LAI - Leaf Area Index*), o qual representa um indicador da densidade da vegetação e importante na descrição de muitos processos físicos e biológicos do dossel (Chen; Black, 1991; Price; Bausch, 1995; Chen et al., 1997). É um parâmetro biológico importante que define a área que interage com a radiação solar e que fornece grande parte do sinal registrado pelo sensor (Chen et al., 1997). Este índice está relacionado diretamente com a evapotranspiração, fotossíntese e produtividade (Xavier et al., 2002). Além disso, é um atributo físico do dossel que pode contribuir na estimativa de variáveis radiométricas, uma vez que a maior parte da cobertura da vegetação é dominada pelas folhas, que contém clorofila, a qual é a entrada para a produção de energia das plantas (Price; Bausch, 1995).

As medidas de IAF podem ser realizadas por métodos diretos ou indiretos. Métodos diretos se referem à coleta da serapilheira, equações alométricas e amostragem destrutiva (Maire et al., 2011). Através do método indireto, o IAF é estimado a partir do registro da radiação eletromagnética interceptada e não interceptada pela vegetação (Sousa; Ponzoni, 1998), sendo que em campo geralmente é utilizado um leitor óptico (Maire et al., 2011).

Nesse contexto, o objetivo do trabalho concentra-se em analisar dados de índice de área foliar e dados dendrométricos (altura e diâmetro à altura do peito) de plantios de eucalipto clonais e plantados por semente, considerando diferentes idades.

2. Metodologia de Trabalho

O estudo foi realizado em hortos florestais (HF) de eucalipto da empresa CMPC - Celulose Riograndense, localizados na região sudeste do Rio Grande do Sul. Na amostragem em campo foram considerados povoamentos de eucalipto que apresentam diferentes tipos de propagação (clonal e por semente) e idades (3, 5 e 7 anos).

Três hortos florestais (131 - Limoeiro, 077 - Aldo Sani e 064 - Ramos) foram escolhidos (Figura 1), sendo selecionados dois talhões em cada um deles: um com plantio de eucalipto por semente e outro com plantio de eucalipto clonal, resultando em seis talhões. Em cada um dos talhões foram marcadas três parcelas de 5 x 5 árvores (totalizando 18 parcelas de 4 linhas e 4 colunas - considerando as entrelinhas de plantio). Considerou-se esta amostra em função do tempo e dos recursos disponíveis para as coletas e análises.

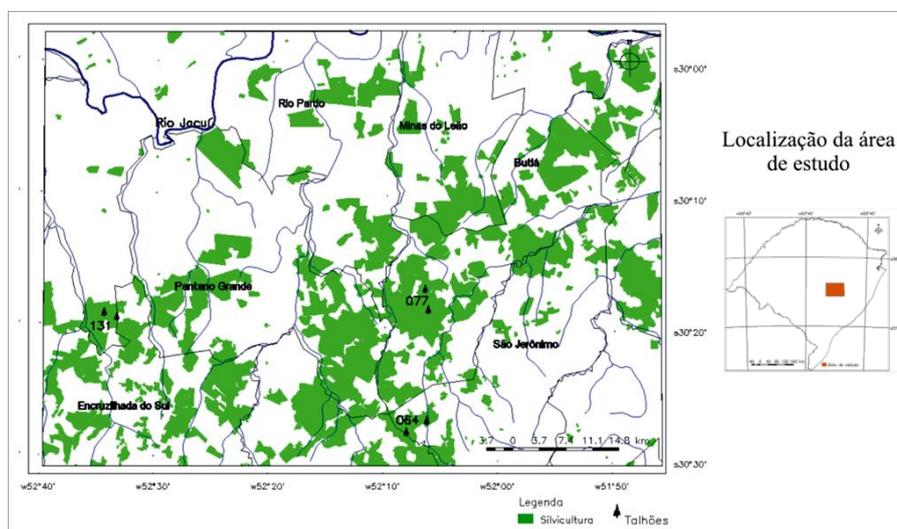


Figura 1 - Localização dos hortos florestais escolhidos para amostragem em campo.

A escolha das áreas de amostragem em campo priorizou: a proximidade entre os talhões clonais e de semente (para facilitar o deslocamento); e idades de 3, 5 e 7 anos no período de coleta dos dados em campo.

Os dados de Índice de Área Foliar (IAF) foram obtidos com a utilização do equipamento LAI 2200, um sensor óptico que capta a radiação no intervalo de comprimento de onda entre 320-490nm, onde a refletância e transmitância das folhas são mínimas (LI-COR). Foram coletados em três períodos (avaliação sazonal): verão (13/01/2014), outono (06/05/2014) e inverno (19/06/2014), nas 18 parcelas correspondentes aos hortos escolhidos para o estudo e com tempo nublado (condição para a coleta dos dados). As medidas no interior de cada parcela foram feitas entre as linhas de plantio, a altura do peito, resultando em 4 linhas x 4 colunas (ou 16 pontos), dos quais resultou a média de cada parcela. Na última observação (inverno), ocorreu erro na gravação dos dados no HF 064, não retornando dados para a idade de cinco anos.

Os dados de inventário considerados neste estudo compreendem a altura da árvore (H) e o diâmetro à altura do peito (DAP), e foram coletados no dia 19 de junho de 2014. As medidas de H foram realizadas utilizando o equipamento hipsômetro Vertex. Esta medida foi realizada em cinco, das vinte e cinco árvores totais, de cada uma das parcelas (parcelas consideradas para a medida de IAF). O DAP foi calculado a partir da medida da circunferência à altura do peito (CAP), utilizando uma trena normal. Com o valor da CAP aplicou-se a fórmula do diâmetro ($DAP = CAP/\pi$), resultando no dado de DAP requerido. Em campo, a CAP foi medida em todas as árvores (vinte e cinco) que compõe cada uma das parcelas. Para o cálculo da média de cada talhão, considerou-se a média de setenta e cinco árvores, que se refere ao total das três parcelas localizadas dentro do talhão.

A partir dos dados de DAP e H foram elaborados gráficos de dispersão para os povoamentos clonais e de semente, considerando o total das árvores amostradas em campo. Também foram elaborados gráficos de correlações, considerando os valores referentes às 15 alturas (3 parcelas x 5 árvores) e o valor de DAP correspondente.

3. Resultados e Discussão

O índice de área foliar atua como interface ativa entre o ecossistema e a atmosfera, e por isso, qualquer alteração deste índice (devido a condições climáticas, por exemplo) pode modificar a produtividade do povoamento (Cantinho, 2012). De acordo com os dados de IAF coletados em campo, pode-se observar na Figura 2, a diferença sazonal entre os dados. Este contexto reforça a possibilidade de a variável temperatura influenciar nos dados da vegetação.

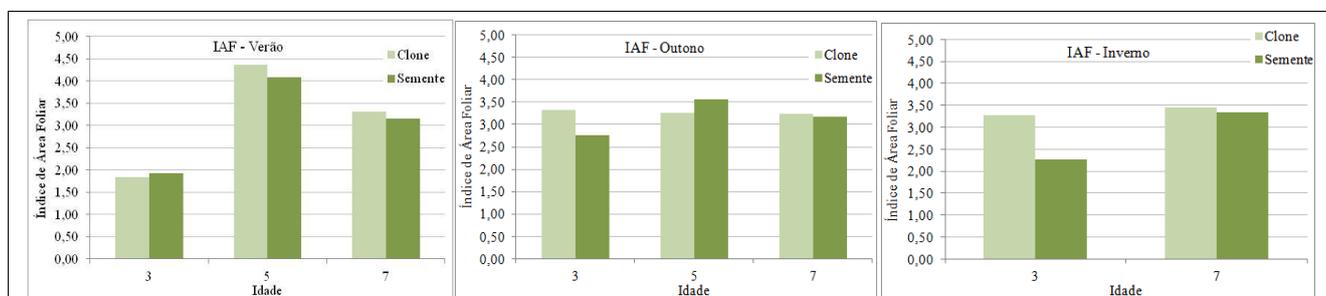


Figura 2 - Dados de IAF correspondentes aos períodos de verão, outono e inverno, para os plantios de eucalipto clonais e de semente em diferentes idades.

No período de verão, o IAF apresenta maior amplitude entre as idades (3, 5 e 7 anos) nos plantios de ambos os tipos (clones e sementes) se comparado aos dados coletados no período

de outono e inverno. Corroborando com esta afirmação, Maire et al. (2011) comentam que em plantações de eucalipto que apresentam rápido crescimento, o IAF é sazonalmente dinâmico, variando espacialmente dependendo das condições pedoclimáticas.

Estatisticamente, o coeficiente de variação entre os períodos de verão, outono e inverno (Figura 3), confirmou a diferença de amplitude encontrada nos dados de IAF. No período de verão, os dados de IAF variaram entre 35 e 40% para plantios por semente e clonais, respectivamente. Ao comparar o coeficiente de variação para plantios clonais entre o período de verão em relação ao outono e inverno, observa-se uma grande diferença, de 40% no verão, para 1,4% no outono e 3,5% no inverno. Em relação aos plantios por semente, o menor coeficiente de variação (12,83%) foi encontrado para o período do outono.

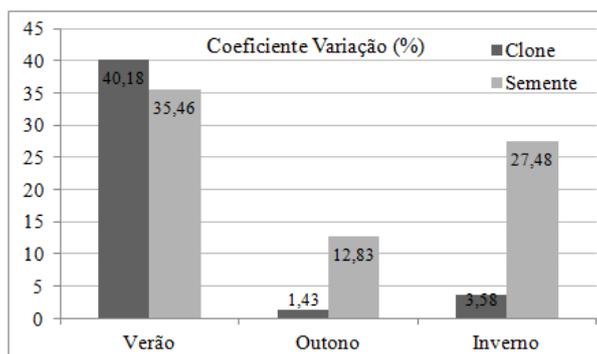


Figura 3 - Coeficiente de variação (%) do IAF correspondente aos períodos de verão, outono e inverno, para os plantios de eucalipto clonais e de semente.

Uma das características expressivas se refere ao comportamento do IAF em relação a idade do plantio, principalmente aos 3 e 5 anos. Com 3 anos, o IAF correspondente ao verão apresentou valores mais baixos (entre 1,5 e 2) em relação aos períodos de outono (2,5 a 3,5) e inverno (entre 2 e 3,5). O contrário ocorre com os plantios de 5 anos, que apresentaram valores superiores (maiores que 4) no verão. Por último, os plantios com idade de 7 anos mantiveram IAF semelhantes nos três períodos.

Outro fato que pode ser analisado é o valor de IAF aumentar entre 3 e 5 anos de idade até atingir um limite máximo, e a partir deste ponto, decrescer conforme avança a idade (7 anos). Confirmando esta avaliação, Xavier et al. (2002) comentam em seu trabalho o decréscimo do IAF com a idade após o pico do crescimento, refletindo o fato de o incremento anual nestas plantações atingir seu pico entre três e quatro anos, decrescendo quando se aproxima o período de corte (sete anos).

Em relação aos valores de IAF, Xavier et al. (2002) encontraram valor médio de 2,86 em plantios com variação de idade entre 1,5 e 6,5 anos. Chaves et al. (2007) encontrou média geral de IAF de 3,11 em eucalipto *grandis* aos 5,6 anos de idade, considerando povoamento que foi desbastado até os 2 anos, enquanto em povoamento onde não foi realizado o desbaste encontrou IAF de 4,02. Neste estudo (plantios com idade entre 3 a 7 anos), o IAF médio encontrado para o período de verão foi de 3,17 (clone) e 3,05 (semente) e de 3,27 (clone) e 3,17 (semente) para o outono, valores superiores aos encontrados por Xavier et al. (2002) e muito semelhantes ao IAF encontrado por Chaves et al. (2007) em povoamento com desrama.

De maneira geral, os valores de IAF apresentaram maiores variações (entre 1,5 e 4,5) no período de verão e menores (entre 2 e 3,5) nos períodos de outono e inverno (Figura 4). Em relação às idades, aos 3 e 5 anos o IAF demonstrou um desvio padrão maior (0,85 e 0,78 para clone, respectivamente, e 0,42 e 0,36 para semente, respectivamente), enquanto aos 7 anos tende a estabilizar-se (desvio padrão = 0,10) em todas as estações, tanto em plantios clonais como para semente.

Este resultado, demonstrando a estabilidade do IAF aos 7 anos, pode estar vinculada a estabilidade no crescimento da planta, ratificando a afirmação de Xavier et al. (2002), que estimam o período de corte aos 7 anos. Por fim, se destaca a importância de quantificar o IAF em plantios arbóreos para observar sua variação ao longo do ciclo produtivo, sendo que esta quantificação possibilita sua utilização como variável de entrada em modelos de crescimento (Xavier et al., 2002). Nessa abordagem, Trentin (2014) ressalta que os dados de IAF podem ser considerados importantes na análise de biomassa, os quais apresentaram as melhores correlações quando utilizados em modelos para estimativa de biomassa.

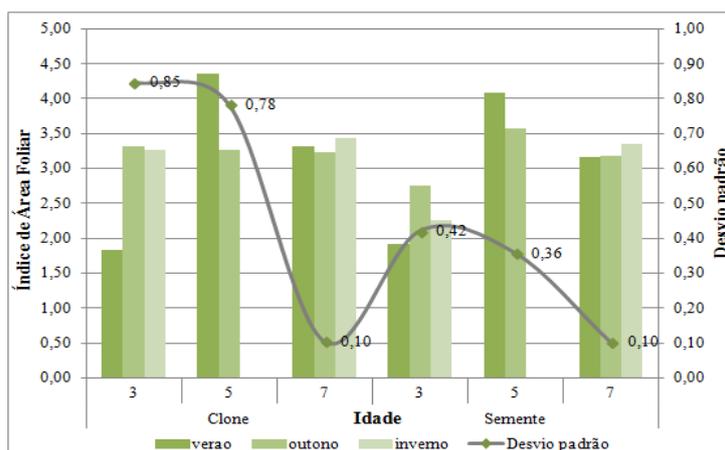


Figura 4 - Dados de IAF correspondentes aos períodos de verão, outono, inverno e o respectivo desvio padrão, para os plantios de eucalipto clonais e de semente em diferentes idades.

Em relação aos dados de diâmetro à altura do peito e altura para os plantios de clone e semente, pode ser observada na Figura 5 a dispersão dos dados nas três idades estudadas.

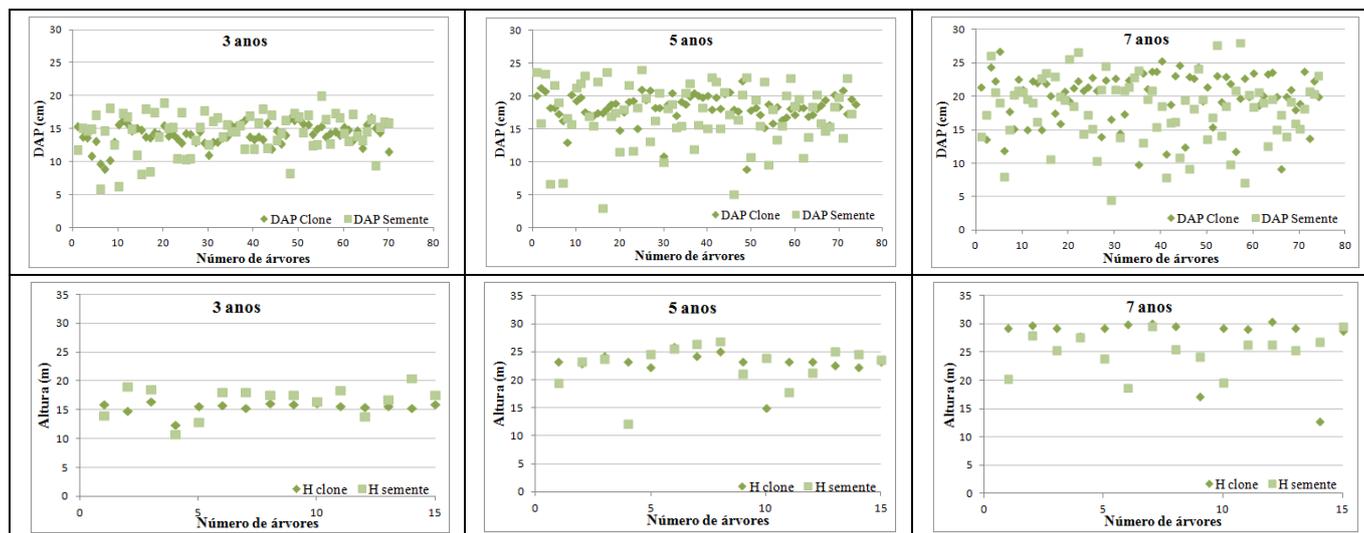


Figura 5 - Dispersão dos dados de DAP (cm) e Altura (m) de acordo com o número de amostras nos talhões de eucalipto (clonais e por semente) com 3, 5 e 7 anos de idade.

O DAP dos plantios clonais de 3 e 5 anos mostrou um padrão bem próximo em todas as amostras, diferente do que ocorre aos 7 anos. Em relação ao DAP dos plantios por semente, os dados apresentaram variabilidade crescente, aumentando a distância entre os valores obtidos conforme o acréscimo da idade, sendo que aos 7 anos não apresenta padrão de

comportamento específico. O comportamento geral da dispersão de DAP foi a característica homogênea aos 3 anos, uma fase de transição aos 5 anos e heterogeneidade aos 7 anos.

Os dados de altura seguem a mesma tendência apresentada pelos dados de DAP, no entanto, apresentam-se pouco heterogêneos e com a presença de valores *outliers*. Da mesma forma que ocorre com o DAP, os valores das amostras de H coletadas em plantios por semente mostraram maior variabilidade se comparado aos valores das amostras em plantios clonais.

O aumento do DAP e da H com a idade mostra um crescimento normal dos plantios de eucalipto. Confirmando esta observação, Protásio et al. (2014) em estudo com eucaliptos clonais também observou aumento do diâmetro a altura do peito e da altura total das árvores com a idade, característica que indica um aumento da produtividade de biomassa com a maturidade das árvores.

A variação dos dados observados na Figura 5 pode ser constatada nos Tabelas 1 e 2, que mostram as médias, o desvio padrão e o coeficiente de variação do DAP e H. O DAP (Tabela 1) mostra aumento gradual da média, do desvio padrão e do coeficiente de variação em ambos os plantios, com o avanço da idade. Observa-se diferença em relação a média de DAP aos 7 anos, que é maior (19,85) para o plantio clonal.

Tabela 1 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação em plantios de eucalipto clonais e por semente para os dados de **DAP**.

| Clone | 3 anos | 5 anos | 7 anos |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Média (cm) | 14,12 | 18,25 | 19,85 |
| Desvio padrão | 1,62 | 2,18 | 3,98 |
| Coeficiente variação (%) | 11,50 | 11,96 | 20,03 |
| Semente | | | |
| Média (cm) | 14,52 | 17,27 | 18,04 |
| Desvio padrão | 3,01 | 4,65 | 4,96 |
| Coeficiente variação (%) | 20,73 | 26,91 | 27,48 |

Os dados correspondentes a H (Tabela 2) mostraram diferenças mais abruptas em relação ao DAP, possivelmente influenciados pelos *outliers* que foram identificados na dispersão dos dados (Figura 5). A média seguiu o mesmo padrão do DAP, aumentando gradualmente tanto em plantios clonais como para semente. Em relação ao desvio padrão, este se apresentou menor para os plantios clonais aos 3 e 5 anos, enquanto aos 7 anos foi maior (5,17) comparado a semente. Referente ao coeficiente de variação, no plantio clonal ocorreu aumento da variabilidade de acordo com a idade, enquanto no plantio por semente, há aumento até o quinto ano e decresce aos 7 anos.

Tabela 2 - Média, desvio padrão e coeficiente de variação em plantios de eucalipto clonais e por semente para os dados de **H**.

| Clone | 3 anos | 5 anos | 7 anos |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Média (cm) | 15,65 | 23,04 | 27,63 |
| Desvio padrão | 0,93 | 2,40 | 5,17 |
| Coeficiente variação (%) | 5,92 | 10,42 | 18,70 |
| Semente | | | |
| Média (cm) | 16,75 | 22,61 | 25,31 |
| Desvio padrão | 2,65 | 3,84 | 3,35 |
| Coeficiente variação (%) | 15,80 | 16,98 | 13,22 |

A diferença em relação a média dos valores de diâmetro à altura do peito e altura total (Tabelas 1 e 2), nos plantios clonais e por semente, pode ser comparada ao estudo de diferença entre clones demonstrada por Protásio et al. (2014). Este autor comenta que essas duas características das árvores (DAP e H) são fundamentais para a determinação do volume de madeira, consequentemente influenciando na produtividade das espécies de eucalipto. Assim, neste trabalho, pode-se considerar que os plantios clonais tendem a apresentar melhor desempenho em produtividade de volume de madeira, considerando estas variáveis.

As relações quadráticas entre DAP e H nos plantios de eucalipto são mostradas na Figura 6. De acordo com os gráficos, as relações evidenciaram uma aproximação linear entre esses dados conforme o avanço da idade, sendo que os plantios clonais são responsáveis pelas maiores correlações aos 5 e 7 anos (0,85 e 0,99, respectivamente), ao contrário do que ocorre aos 3 anos de idade, onde a maior correlação (0,47) encontrada foi no plantio por semente.

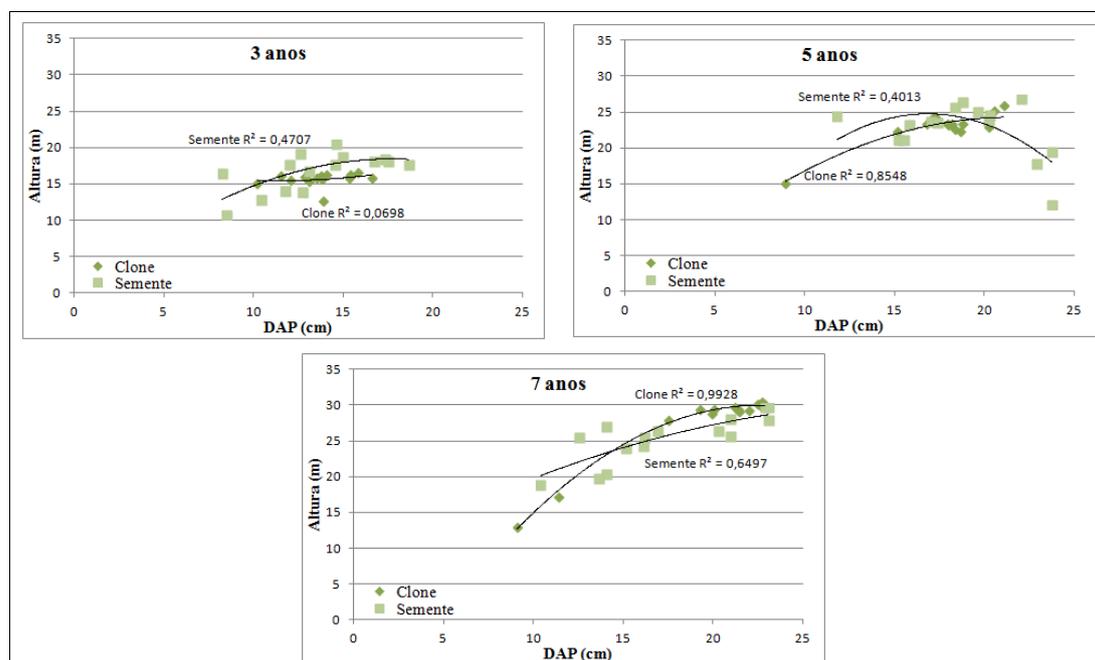


Figura 6 - Relação entre DAP (cm) e Altura (m) correspondente aos plantios de eucalipto (clone e semente) nos três anos estudados.

Este comportamento demonstra que com o avanço da idade, as árvores de plantios clonais se tornam muito semelhantes, enquanto os plantios por semente ainda mostram variabilidade. Esta afirmação encontra-se de acordo com Xavier et al. (2009), quando comenta que as plantas derivadas de um clone, por apresentar um antecessor comum, são geneticamente idênticas. Essa característica possibilita a uniformidade dos plantios, maior controle da qualidade dos produtos, maximização do ganho em produtividade e qualidade da madeira, controle de doenças e rotações economicamente viáveis.

4. Conclusão

A proposta deste trabalho, que objetivou analisar dados de índice de área foliar e dendrométricos de plantios de eucalipto clonais e por semente, considerando diferentes idades, obteve desenvolvimento satisfatório e contribuiu com informações importantes voltadas a essa temática de estudo.

Os resultados mostraram as diferenças existentes entre plantios clonais e por semente, considerando dados biofísicos da vegetação, em todas as etapas de crescimento dos plantios. Ressalta-se que a discriminação dos plantios clonais e por semente por meio dos dados

ópticos de IAF aumenta a acurácia em estimativas de biomassa florestal. No entanto, muitas especificidades do eucalipto (espécie, espaçamento, estágio dos plantios, fertilização e local de plantio) que não foram consideradas no estudo, também podem alterar a resposta da vegetação. Assim, sugere-se para estudos futuros, a avaliação e aplicação de outras metodologias para a coleta de dados de campo com uma amostragem maior para a validação dos dados.

Agradecimentos

As autoras agradecem a empresa Celulose Riograndense e a SERTEF, pelo auxílio nos trabalhos de campo, desde financeiro, pessoal responsável e equipamentos.

Referências Bibliográficas

Behling, H. et al. Dinâmica dos campos no sul do Brasil durante o Quaternário Tardio. In: PILLAR, V. P. (Org.). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, Cap. 1, p. 13-25, 2009.

Cantinho, R. Z. **Avaliação de propriedades biofísicas de dosséis de *Eucalyptus* spp. mediante aplicação de técnicas de sensoriamento remoto**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos: INPE, 2012. 105 p.

Chaves, R. A. et al. Dinâmica de cobertura de dossel de povoamentos de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden submetidos a desrama artificial e desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.6, p.989-998, 2007.

Chen, J. M., et al. Leaf area index measurements of boreal forests: Theory, techniques, and measurements. **Journal of Geophysical Research**, v. 102, n. D24, p. 29,429-29,443, 1997.

Chen, J. M.; Black, T. A. Measuring leaf area index of plant canopies with branch architecture. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 57, p. 1-12, 1991.

Higa, R. C. V., et al. Características de algumas espécies de eucaliptos. In: FLORES, C. A., et al. **Zoneamento agroclimático do eucalipto para o Estado do Rio Grande do Sul e edafoclimático na região do Corede Sul – RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 87 p.

Maire, G., et al. Leaf area index estimation with MODIS reflectance time series and model inversion during full rotations of Eucalyptus plantations. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, p. 586–599, 2011.

Price, J. C.; Bausch, W. C. Leaf Area Index Estimation from Visible and Near-Infrared Reflectance Data. **Remote Sensing of Environment**, v. 52, p. 55-65, 1995.

Protásio, T. P., et al. Clones comerciais de *Eucalyptus* de diferentes idades para o uso bioenergético da madeira. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 113-127, 2014.

Sousa, C. L.; Ponzoni, F. J. Relação entre índice de área foliar, estimado através de sensoriamento remoto, e parâmetros dendrométricos em floresta implantada de *pinus* spp. **Anais... IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Santos: INPE, p. 1549-1560, 1998.

Trentin, A. B. **Modelos para estimativa de biomassa em área de eucalipto no Sudeste do Estado do Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre: UFRGS, 2014. 93 p.

Valls, J. F. M., et. al. O patrimônio florístico dos Campos: potencialidades de uso e a conservação de seus recursos genéticos. In: PILLAR, V. P. (Org.). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, Cap. 10, p. 139-154, 2009.

Xavier, A. C., et al. Variação do índice de área foliar em clones de eucalipto ao longo de seu ciclo de crescimento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 421-427, 2002.

Xavier, A., et al. **Silvicultura Clonal: Princípios e Técnicas**. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 272p.