

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANTONIO ASSUMPÇÃO NETO

**PLASTOCRONO E FILOCRONO APARENTES ANUAL EM *Araucaria angustifolia*
(BERT.) O. KTZE. , NO MUNICÍPIO DE COLOMBO - PR.**

CURITIBA
2008

ANTONIO ASSUMPÇÃO NETO

**PLASTOCRONO E FILOCRONO APARENTES ANUAL EM *Araucaria angustifolia*
(BERT.) O. KTZE. , NO MUNICÍPIO DE COLOMBO - PR.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Zanette

Co-orientadores: Gizelda Maia Rego
Osmir José Lavoranti

CURITIBA
2008

DEDICO:

Aos meus pais Arnaldo e Rose.
As minhas irmãs Fernanda e Nicole.
A minha namorada Ana Paula.
Por apoiarem, acreditarem e
incentivarem em mais essa etapa da
minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus por mais essa graça alcançada.

Ao Professor Flávio Zanette pela orientação e pela oportunidade de realizar este trabalho.

À Doutora Gizelda Maia Rêgo, pela co-orientação, dedicação, paciência, confiança e incentivo durante todo o período da elaboração desta dissertação.

Ao Doutor Osmir José Lavoranti, pela co-orientação, conselho e ajuda na estatística.

À UFPR e ao Programa de Pós-Graduação – Produção Vegetal pela oportunidade e espaço concedido para a realização deste curso.

À Embrapa Florestas pela ajuda, espaço, e apoio pra o desenvolvimento do trabalho.

Aos colegas de curso, em especial a Justina e Liege pelo companheirismo, amizade e colaboração durante o período do curso.

Aos técnicos da Embrapa pela ajuda da coleta dos dados.

Aos meus pais Arnaldo e Rose minhas irmãs Fernanda e Nicole, por tudo que sou e alcancei.

Em fim, aos Professores de banca, pela dedicação, compreensão, análise e recomendações para o aperfeiçoamento e melhorias deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 <i>Araucaria angustifolia</i>	12
2.2 TEMPERATURA	14
2.3 RADIAÇÃO.....	14
2.4 PRECIPITAÇÃO.....	15
2.5 LUMINOSIDADE.....	16
2.6 DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO.....	17
2.7 PLASTOCRONO E FILOCRONO.....	18
2.8 ÁREA FOLIAR.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 AREA DE ESTUDO.....	22
3.2 CRESCIMENTO VEGETATIVO.....	22
3.2.1 Plastocrono (aparente).....	22
3.2.2 Filocrono (aparente).....	23
3.3 ÁREA FOLIAR.....	24
3.4 DADOS METEOROLÓGICOS.....	25
3.5 ANÁLISE DO SOLO	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 PLASTOCRONO (APARENTE).....	28
4.1.1 Desenvolvimento das acículas nos botões vegetativos.....	28
4.2 FILOCRONO (APARENTE).....	32
4.2.1 Alongamento dos ramos e número de acículas acumuladas.....	32
4.3 INTER-RELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS AMBIENTAIS AVALIADOS PARA AS ÁRVORES DE <i>Araucaria angustifolia</i>	37
4.4 ÁREA FOLIAR DAS ACÍCULAS DA <i>Araucaria angustifolia</i>	40
5 CONCLUSÃO.....	43
7 REFERÊNCIAS.....	44
ANEXOS.....	51

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	A, B) BOTÃO VEGETATIVO; (A), (B), (C) CONTAGEM DAS ACÍCULAS ATÉ O MERISTEMA APICAL DO BOTÃO EM <i>Araucaria angustifolia</i>	23
FIGURA 2 -	A) MARCAÇÃO DOS RAMOS COM ARAME COLORIDO; B) AVALIAÇÃO DO ALONGAMENTO DOS RAMOS (mm) EM <i>Araucaria angustifolia</i>	24
FIGURA 3 -	A) CINCO ACÍCULAS POR SEGMENTO, PARA A ANÁLISE FOLIAR B) SCANNER DE MESA COM O PROGRAMA WINRHIZO. EXE VERSÃO 4.1 C PARA AMBIENTE WINDOWS (CALCULO DA ÁREAFOLIAR).....	25
FIGURA 4 -	NÚMERO MÉDIO DE ACÍCULAS DOS BOTÕES VEGETATIVOS DE RAMOS LATERAIS POR ESTAÇÃO DO ANO DE <i>Araucaria angustifolia</i> . COLOMBO – PR 2006/2007.....	28
FIGURA 5 -	AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO POISSON AO NÚMERO DE ACÍCULAS NOS BOTÕES VEGETATIVOS DE <i>Araucaria angustifolia</i> , SITUADAS EM COLOMBO – PR 2006/2007.....	30
FIGURA 6 -	A) ÁPICE MERISTEMÁTICO VEGETATIVO, COM UM MERISTEMA APICAL E B) ÁPICE MERISTEMÁTICO VEGETATIVO COM TRÊS MERISTEMAS APICAIS DE <i>Araucaria angustifolia</i>	31
FIGURA 7 -	A) BOTÕES VEGETATIVOS NECROSADOS E B) QUEDA DOS BOTÕES VEGETATIVOS, COM O SURGIMENTO DE UMA NOVA BROTAÇÃO, EM <i>Araucaria angustifolia</i>	31
FIGURA 8 -	CURVA DO ALONGAMENTO DOS RAMOS E CONTAGEM DO NÚMERO DE ACÍCULAS ACUMULADAS (FILOCRONO APARENTE) EM <i>Araucaria angustifolia</i> , COLOMBO – PR, 2006/2007.....	32
FIGURA 9 -	(a), (b), (c), (d) REDUÇÃO DO TAMANHO DAS ACÍCULAS EM RAMOS VEGETATIVOS DE <i>Araucaria angustifolia</i>	35
FIGURA 10 -	CURVA DO ALONGAMENTO EM (mm) DOS RAMOS LATERAIS FILOCRONO APARENTE, DE <i>Araucaria angustifolia</i> EM RELAÇÃO À POSIÇÃO CARDEAL. COLOMBO – PR, 2006/2007.....	36
FIGURA 11-	CONTAGEM DO NÚMERO DE ACÍCULAS ACUMULADAS FILOCRONO APARENTE, EM RAMOS DE <i>Araucaria angustifolia</i> , EM RELAÇÃO À POSIÇÃO CARDEAL. COLOMBO - PR, 2006/2007.....	37
FIGURA 12 -	MÉDIA DA ÁREA FOLIAR DE CINCO ACÍCULAS POR POSIÇÃO DE 0A5, 5A10, 10A15, 20A25, 25A30, 30A35 (CM) EM <i>Araucaria angustifolia</i> ; COLOMBO, PR.....	42

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	VALORES MÉDIOS MENSAIS DOS DADOS CLIMATOLÓGICOS RELATIVOS AO PERÍODO DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO 2006/2007; COLOMBO, PR.....	26
TABELA 2 -	ANÁLISE FÍSICA E DE FERTILIDADE DO SOLO EM CINCO PONTOS NA ÁREA DE ESTUDO.....	27
TABELA 3 -	ANÁLISE DE DEVIANCE PARA CONTAGEM DO NÚMERO MÉDIO DE ACÍCULAS EM BOTÕES VEGETATIVOS (PLASTOCRONO APARENTE) DE <i>A.angustifolia</i> ESTUDADAS NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO, COLOMBO – PR 2006/2007.....	29
TABELA 4 -	ANÁLISE DE REGRESSÃO POLINOMIAL DO COMPRIMENTO DOS RAMOS E NÚMERO DE ACÍCULAS NOS RAMOS (FILOCRONO APARENTE) DE <i>Araucaria angustifolia</i>	34
TABELA 5 -	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O COMPRIMENTO DOS RAMOS E NÚMERO DE ACÍCULAS NOS RAMOS (FILOCRONO APARENTE) DE <i>Araucaria angustifolia</i> AVALIADAS POR MESES E PONTOS CARDEAIS, COLOMBO – PR.....	36
TABELA 6 -	CORRELAÇÃODOS PARÂMETROS ESTUDADOS: TEMPERATURA MÍNIMA, TEMPERATURA MÁXIMA, TEMPERATURA MÉDIA, PRECIPITAÇÃO, UMIDADE, RADIAÇÃO, COM A DCR E DNA, PARA AS ÁRVORES ANALISADAS DE <i>Araucaria angustifolia</i> COLOMBO–PR 2006/2007.....	38
TABELA 7 -	AUTOVALORES DAS SEIS PRIMEIRAS COMPONENTES PRINCIPAIS EXTRAÍDAS DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO PARA AS ÁRVORES DE <i>Araucaria angustifolia</i>	39
TABELA 8 -	FATORES ROTACIONADOS OBTIDOS POR MEIO DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO DAS PROPRIEDADES AVALIADAS PARA AS ÁRVORES DE <i>Araucaria angustifolia</i>	40
TABELA 9 -	VALORES MÁXIMOS (POTENCIAL DE CRESCIMENTO), MÍNIMOS (ACÍCULAS APICAIS), E MÉDIOS DA ÁREA FOLIAR DE <i>Araucaria angustifolia</i> juvenil ENTRE 3 A 5 ANOS; COLOMBO, PR.....	41
TABELA 10 -	MÉDIA DA ÁREA FOLIAR DE CINCO ACÍCULAS (CM ²) DE OITO RAMOS DIVIDIDOS EM SETE SEGMENTOS, DE 0A5, 5A10, 10A15, 20A25, 25A30, 30A35 (CM) EM <i>Araucaria angustifolia</i> ; COLOMBO, PR.....	41

RESUMO

O presente trabalho objetivou analisar as relações entre alguns parâmetros ambientais nos processos de desenvolvimento foliar e crescimento dos ramos da Araucária, durante as quatro estações do ano. As plantas juvenis pesquisadas encontram-se em uma área experimental da Embrapa Florestas, em Colombo- PR, em áreas da Floresta Ombrófila Mista. Para a descrição do plastocrono (aparente), foram realizadas coletas de 20 botões a cada estação do ano, para contagem do número de acículas. Durante o período de julho de 2006 a julho de 2007, o filocrono (aparente) foi medido para a avaliação da taxa de alongamento e do número de acículas acumuladas nos ramos vegetativos, nos ramos marcados em cada ponto cardeal. Os resultados foram confrontados com os dados meteorológicos diários durante o período estudado. Para a análise da área foliar foram coletados oito ramos e separados em sete partes, com um intervalo de cinco centímetros entre elas (0a5; 5a10; 10a15; 15a20; 20a25; 25a30 e de 30a35). Foram retiradas para a análise as cinco primeiras acículas por segmento totalizando 280 acículas. A área foliar das acículas, foi calculada a partir da imagem digitalizada em Scanner de mesa. Para as condições climáticas da região de Colombo/PR, nos períodos mais frios (inverno e primavera), o plastocrono (aparente) revelou uma redução do desenvolvimento das acículas e o filocrono (aparente) mostrou uma redução do número de acículas nos ramos e conseqüentemente uma redução no crescimento dos mesmos. Para o plastocrono e filocrono, não ocorreram diferenças significativas quanto aos pontos cardiais. O confronto entre o desenvolvimento vegetal e os dados meteorológicos mostrou que a maior relação foi com a variável temperatura de acordo com a análise estatística multivariada. A área foliar das acículas da araucária mostrou que há uma redução do tamanho das acículas dependendo da porção do ramo.

Palavras-chaves: araucária, crescimento vegetativo, fenologia.

ABSTRACT

The present study aimed to analyze the relationship between certain environmental factors in the development processes and leaf growth of branches of *Araucaria*, during the four seasons of the year. The juvenile plants that were researched are located in an experimental field of Embrapa Forest in Colombo, Parana, in areas of the Rain Forest Mixed. In order to describe the plastochron (apparent), twenty buds were collected in each season of the year and the number of accumulated aciculas was counted in each season. The phyllochron (apparent) was measured for one year, from July 2006 to July 2007, for the evaluation of the growth rate and the number of accumulated aciculas in the vegetative branches in each cardinal point. The results were confronted with daily meteorological data during the studied period. In order to analyse the leaf area, eight branches were collected and separated into seven portions with an interval of five centimeters between them (0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-25; 25-30; 30-35). Were removed for analysis the first five aciculas by segment totaling 280 aciculas. The acicula leaf area was calculated through a desk Scanner image. For the conditions of Colombo in cooler periods, (spring and winter), the plastochron (apparent) had a decrease in the creation of acicula. In the phyllochron (apparent) also occurs a decrease in the number of aciculas in the branches and consequently a reduction in the growth of them. For the plastochron and phyllochron, there were no significant differences regarding the cardinal points. The confrontation between plant development and meteorological data showed that the relationship was greater with a variable temperature according to multivariate statistical analysis. The leaf area of the *Araucaria* aciculas showed that there is a reduction in the size of aciculas depending on the portion of the branch.

Key words: parana - pine, vegetative growth, phenology.

1 INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucárias), é um dos principais ecossistemas da região sul do Brasil, onde a *Araucaria angustifolia* se destaca como espécie chave para a manutenção desse ecossistema. Sendo a gimnosperma nativa de maior importância sócio-econômica e biológica do Brasil. Sua distribuição é ampla ocorrendo principalmente nos Estados do sul (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) e em ilhas esparsas nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, podendo ser encontrada no Paraguai e Argentina.

A espécie *Araucaria angustifolia* é uma árvore perenifólia, de grande porte com tronco reto, ramifica-se em pseudos-verticilos com copa em forma de cálice quando adulta dando a ela sua característica peculiar de candelabro. Cresce em solo fértil, não encharcado, em altitudes superiores a 500 m (Carvalho, 1994). É uma planta dióica com inflorescências (estróbilos), masculinos e femininos em árvores diferentes. A polinização é anemófila, com o transporte do pólen do estróbilo masculino até o estróbilo feminino pelo vento. Suas sementes (pinhões) são ricos em amido, proteína e gordura, constituindo um alimento nutritivo e energético utilizado como alimento pelo homem, por animais domésticos e pela fauna silvestre.

A abertura da Estrada da Graciosa ligando Curitiba à Antonina, da construção da estrada de ferro Paranaguá – Curitiba e do ramal Morretes – Antonina, permitiu a exploração da madeira da Floresta com Araucárias, dando início a uma das atividades econômicas mais importantes do Estado. As exportações de madeira da Araucária começaram com a Primeira Guerra Mundial que impossibilitou a importação do similar estrangeiro pinho de Riga. A Araucária passou, então, a abastecer o mercado interno e o argentino. Com o aumento das serrarias, o transporte feito pelos caminhões após a década de 30 facilitou a penetração cada vez mais para o interior da indústria madeireira devastando assim, as matas do Paraná (KOCH e CORRÊA, 2002).

No Brasil a área original da Floresta com Araucária correspondia a cerca de 200 mil Km². No estado do Paraná recobria cerca 37% da sua superfície, em 2004 restavam apenas 0,8% dessas florestas em estágio sucessional avançado devido principalmente à extração da madeira, às queimadas e à conversão em cultivos agrícolas, pastagens e plantios de espécies exóticas (KOCH e CORRÊA, 2002;

CASTELLA e BRITZ, 2004). A espécie encontra-se classificada como vulnerável na Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção (IBAMA, 2007).

Vários fatores ecológicos influenciam no crescimento e no desenvolvimento da planta. Entre esses fatores, a temperatura do ar interfere em diferentes processos na planta incluindo a taxa de emissão de folhas. A medida ou a estimativa da emissão de folhas é importante, porque se obtém o número de folhas acumulado na haste, que é uma excelente medida de tempo fisiológico e está associado ao momento de ocorrência de estágios de desenvolvimento e ao início da ramificação em diversas espécies vegetais (STRECK *et al.*, 2003). Uma maneira de estimar o número de folhas acumulado na haste principal é por meio da avaliação do plastocrono e filocrono (KLEPPER *et al.*, 1982; HERMES *et al.*, 2001).

Não foram encontradas na literatura informações referentes ao crescimento vegetativo e índices de plastocrono e filocrono em Araucária. Este trabalho teve por objetivo analisar as relações entre alguns parâmetros ambientais nos processos de desenvolvimento foliar e no alongamento dos ramos da Araucária, no período de um ano (quatro estações) nos quatro pontos cardeais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Araucaria angustifolia*

O gênero Araucária pertence à família Araucariaceae, ordem Coniferae das Gimnospermas. A família Araucariaceae é exclusiva do Hemisfério Sul (JOLY, 1983), e a espécie *angustifolia* é a única do gênero de ocorrência natural no Brasil (CARVALHO, 1994). A espécie *Araucaria angustifolia* também conhecida como pinheiro-do-paraná é normalmente encontrada em regiões mais elevadas com altitudes que variam de 500 m a 1500 m podendo chegar aos 2300 m acima do nível do mar (KOCH e CORRÊA, 2002).

A araucária possui tronco reto, uniforme e cilíndrico. Sua altura varia de 30m a 50m e com um diâmetro do tronco com desde pouco mais de meio metro até dois metros e meio. A espécie vive em média 250 anos. As folhas possuem de três a seis centímetros de comprimento e de 4 a 10 milímetros de largura, simples imbricadas, coriáceas, sésseis, lanceoladas (REITZ *et al*, 1979; LORENZI, 1992; CARVALHO, 1994).

A araucária é uma espécie tipicamente dióica, com árvores masculinas e femininas, separadas. Reitz e Klein (1966) descreveram representantes monóicos, ou seja, com flores masculinas e femininas na mesma árvore, sendo este fato atribuído a traumas de cortes e doenças (KOCH e CORRÊA, 2002). As estruturas reprodutivas foram definidas por Solórzano-Filho (2001), como androstróbilo para o estróbilo masculino e ginostrobilo para o feminino.

As inflorescências desenvolvem-se nas extremidades dos ramos das plantas adultas sendo que o androstróbilo conhecido como mingotes, com 10 a 15 cm de comprimento por 2 a 4 cm de diâmetro; possuem várias escamas coriáceas, mais ou menos côncava, achatada, pedicelada e com 10 a 25 anteras alongadas, presas na face ventral de cada escama aonde se desenvolve o grão de pólen. O ginostrobilo é composto por numerosas folhas muito próximas entre si (megaesporófilo) inseridas ao redor de um eixo sub-arredondado (pinha). Quando maduro os estróbilos femininos possuem de 10 a 25 cm de diâmetro, com cerca de 10 a 150 sementes (pinhões). As sementes são carnosas e possuem de três a oito cm de comprimento, por um a dois e meio de largura e desenvolvem a partir de óvulos nus, sem a

presença de ovário, característica que inclui a araucária entre as gimnospermas (REITZ *et al.*, 1988; MATTOS, 1972; CARVALHO 1994; KOCH e CORRÊA, 2002).

Por ser uma espécie dióica o sistema reprodutivo da araucária é alogamo. Segundo Anselmini (2005), os androstróbilos da *Araucaria angustifolia* tem sua formação no mês de novembro e a dispersão do pólen ocorre no período de setembro a outubro, num ciclo de 10 a 11 meses. Os ginostrobilos tem sua formação iniciada em novembro, a polinização em setembro e outubro do ano seguinte, e a maturação dos pinhões 20 meses mais tarde de abril a setembro, num ciclo de 29 a 34 meses.

A polinização da *Araucaria angustifolia* é anenófila e sua dispersão das sementes ocorre com o auxílio de animais (zoocoria) ou apenas pela queda no chão (autocoria) (MATTOS, 1972; CARVALHO, 1994). Árvores jovens de *Araucaria angustifolia* possuem copas em forma de cone. Árvores adultas possuem copa alta em formato de guarda-chuva. À medida que a árvore vai se tornando senil ocorre um afastamento dos ramos até o ápice dando à copa uma forma de um candelabro (CARVALHO, 1994).

A distribuição geográfica da espécie no Brasil se estende no sudeste entre as latitudes 18° e 24° S formando ilhas esparsas nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. No sul, grandes concentrações da espécie localizam-se entre as latitudes 24° a 31°30'S, abrangendo os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Em relação à longitude, os pinheirais se estendem de 41°30'O a 54°30'L. Em sua área de ocorrência apresenta clima subtropical com verões úmidos e invernos secos, com temperatura médias de 11,5°C a 21°C (REITZ *et al.*, 1988; CARVALHO, 1994).

A espécie apresenta um grande valor econômico e importância ecológica nas regiões de sua ocorrência (SCHNEIDER *et al.*, 1992). Ecológica, por apresentar um papel importante na conservação do seu ecossistema, por possibilitar a expansão das florestas sobre os campos do planalto (REITZ e KLEIN, 1966) criando um ambiente adequado para outras espécies; econômica, porque sua madeira apresenta boas características físicas e mecânicas em relação à massa específica, o que é indicado para construções em geral (MAIMERI e CHIMELO, 1989) e também pelo alto valor nutricional do pinhão (CARVALHO, 1994; SOLÓRZANO-FILHO, 2001).

2.2 TEMPERATURA

A temperatura é um tem como fonte primária a radiação solar, a qual é transformada em calor. É um fator climático que pode tornar-se decisivo para o crescimento das árvores e sofrendo oscilações dependendo da latitude, altitude e estação do ano. A ação indireta da temperatura influencia processos fisiológicos como a fotossíntese, respiração, transpiração e divisão celular estando relacionados de alguma forma ao crescimento da árvore. O crescimento da árvore ocorre em uma grande amplitude de temperatura, mas dentro dessa amplitude há uma temperatura considerada ótima, favorecendo a absorção de nutrientes pelas raízes em um solo com a temperatura adequada (KRAMER e KOSLOVSKI, 1960; TYUL'PANOV, 1969).

A temperatura do ar é uma das variáveis meteorológica mais importante no crescimento das plantas, pois não interfere somente no acúmulo de fitomassas como também, a duração de vários estádios de desenvolvimento da espécie e no início e paralisação do crescimento de acordo com as estações do ano. (NIENSTAEDT, 1974; LARCHER, 2000). Para completar cada subperíodo de desenvolvimento, as plantas necessitam um determinado acúmulo térmico. A acumulação térmica representada pela temperatura média do ar é um dos mais importantes elementos climáticos no desenvolvimento dos vegetais (BERLATO, 1981).

A temperatura do ar interfere em diferentes processos de desenvolvimento, destacando-se a taxa de emissão de folhas (KARLSSON *et al.*, 1988; LIETH e CARPENTER, 1990).

2.3 RADIAÇÃO

O fluxo de energia solar que passa atravessa a biosfera é responsável por manter a vida na Terra, utilizada por todos os componentes da cadeia alimentar para a realização de seus processos vitais. A fotoestimulação da biossíntese é um dos efeitos que a radiação exerce sobre a planta. Um exemplo deste processo é a formação de clorofila proveniente da protoclorofila. A fotoindução faz com que iniciem-se diferentes estádios no curso de desenvolvimento da planta, interferindo

na estrutura celular e subcelular. Por meio da fotossíntese a energia radiante é fixada em energia química potencial. Para a planta, a radiação, além de servir como fonte de energia, é responsável por seu desenvolvimento, determinando a forma externa e influenciando na germinação e no crescimento. Ao mesmo tempo em que a radiação contribui para o desenvolvimento da planta, ela pode ser também um fator estressante e destrutivo. Isto pode acontecer quando a quantidade de energia fotoquímica emitida é maior que a capacidade dessa energia utilizada na fotossíntese, sobrecarregando o processo. (LARCHER, 2000).

Dentre os fatores físicos do ambiente, a luz desempenha, indubitavelmente, um papel relevante na regulação da produção primária, contribuindo de forma efetiva para o crescimento das plantas. Geralmente, as características inerentes ao crescimento são utilizadas para inferir o grau de adaptabilidade à baixa disponibilidade de luz. O sucesso na adaptação de uma espécie em diferentes condições de radiação está relacionado com a eficácia e rapidez com que os padrões de alocação de biomassa e comportamento fisiológico são ajustados. A maior ou menor plasticidade adaptativa das espécies às diferentes condições de radiação solar depende do ajuste de seu aparelho fotossintético, de modo a garantir maior eficiência na conversão da energia radiante em carboidratos e, conseqüentemente, maior crescimento (NAVES *et al.*, 1994; DIAS-FILHO, 1997; ALVARENGA *et al.*, 1998; VILELA e RAVETTA, 2000; CAMPOS e UCHIDA, 2002).

Segundo Campos (1970), o efeito da radiação sobre o crescimento pode ser manifestado de diversas formas, seja através da sua intensidade, qualidade ou duração. A luz requerida pelas plantas varia dependendo da posição geográfica, altura, idade, fertilidade do solo e estações do ano. De um modo geral a quantidade de luz que as plantas necessitam aumenta à medida que elas crescem.

2.4 PRECIPITAÇÃO

A água é a substância mais abundante nas plantas em crescimento ativo, podendo constituir cerca de 90 % do peso fresco de muitos órgãos. É o constituinte principal do protoplasma e participa dos processos fisiológicos e bioquímicos. Na decomposição do amido em açúcar, a água é o reacionante principal. Além de permitir o desenvolvimento de pressão de turgescência que dá um elevado grau de

rigidez ao conteúdo celular e à parede celular envolvente, a água forma um meio contínuo através da planta. Devido às suas propriedades (viscosidade, tensão superficial, grandes forças de adesão e coesão) a água penetra na maioria dos espaços capilares, estabelecendo um meio através das paredes celulósicas e permeando totalmente o corpo da planta. Este volume de água atua como absorvente de calor e permite, em parte, o controle da temperatura interna. Além de ser o meio onde se processa o transporte de substâncias várias nas plantas, é também o “veículo” de transporte, responsável por nutrir a planta com os minerais retirados do solo pela raiz. O crescimento da planta é totalmente controlado pela absorção e transpiração de água feita por ela. Este processo depende da umidade do solo e das condições atmosféricas. Em altas temperaturas haverá maior transpiração, podendo reduzir o crescimento devido ao fechamento dos estômatos, dificuldade na realização da fotossíntese, entre outros fatores negativos. Água em excesso é prejudicial para as plantas, pois interfere no desenvolvimento da raiz e a provisão de oxigênio. Desta forma, um equilíbrio no balanço absorção-transpiração de água é fundamental para o crescimento e desenvolvimento das plantas (KRAMER e KOSLOVSKI, 1960; KRAMER, 1962; WILSE 1962.)

As relações empíricas entre o crescimento vegetal, a precipitação e a evapotranspiração, podem ser de grande valor para a avaliação das necessidades de rega, sempre que esta é possível. Nas regiões tropicais, no entanto, o balanço hídrico é o principal determinante climático da agricultura, e determina a duração do período de crescimento das culturas. A precipitação ao longo da estação agrícola tem sido utilizada através de modelos de regressão em países tropicais, para prever as produções de várias culturas e para estimar a eventualidade da ajuda humanitária aos povos mais prejudicados nas colheitas (BRITO, 2003).

2.5 LUMINOSIDADE

A luz é responsável pela produção de substâncias orgânicas na realização da fotossíntese, além controlar a germinação das sementes, o desenvolvimento da planta, a floração e direcionar os movimentos apresentados pelos órgãos. É durante a fotossíntese que a luz é absorvida pela clorofila e transformada em energia química, afetando o crescimento e desenvolvimento da planta (SAMPAIO, 1998).

A luminosidade é um dos fatores físicos de fundamental importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Uma série de processos e reações que envolvem a sobrevivência de uma planta depende da energia que ela absorve da luz. Dentre estes processos, pode-se citar a fotossíntese. Algumas pesquisas demonstraram que baixas intensidades de luz resultam em diminuição na taxa de fotossíntese, biomassa e produção alterando a anatomia foliar, a estrutura dos cloroplastos e a morfologia da planta. A adaptação de uma planta a uma determinada condição de luminosidade está relacionada ao funcionamento de seu aparelho fotossintético e à eficácia de alocação da biomassa, o que garante maior eficiência na conversão de energia radiante em carboidratos, garantindo seu crescimento e desenvolvimento (KEMP e WHINGWIRI, 1980; GIFFORD e EVANS, 1981; CRAKER *et al.*, 1983; HANG *et al.*, 1984; DWELLE, 1985)

A luz que atravessa o dossel da floresta sofre mudanças consideráveis quanto à sua intensidade, duração e qualidade. Em geral, os diferentes graus de luminosidade causam mudanças morfológicas e fisiológicas na planta, e o grau de adaptação é ditado por características genéticas da planta em interação com o seu meio ambiente (MORAES NETO *et al.*, 2000).

2.6 DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO

Desenvolvimento e crescimento das plantas são processos independentes que podem ocorrer simultaneamente ou não (WILHELM e McMASTER, 1995). Desenvolvimento refere-se à diferenciação celular, iniciação e aparecimento de órgãos (HODGES, 1991). Esse termo é usado para descrever as mudanças na estrutura, nas funções das plantas e em suas partes durante a gênese como na ontogenia e filogenia (LARCHER, 2000). Crescimento é o aumento irreversível de uma característica física como massa, área, altura, diâmetro e volume (HODGES, 1991), ou seja, aumento permanente da quantidade de substâncias e de volume das partes vivas. O crescimento linear (alongação) de todas as partes da árvore resulta da atividade do meristema primário, e o crescimento em diâmetro é o resultado da atividade do meristema secundário (cambio) (HUSCH *et al.*, 1982).

Salisbury e Ross (1969), Sinnott (1960), e Wetmore e Steeves (1971), comentaram que o crescimento pode ser definido de diversas maneiras, porém a

mais aceitável é um aumento permanente de volume, porque o mesmo é definido pelo produto de três dimensões lineares. O crescimento também pode ser definido simplesmente como o aumento irreversível na dimensão física de um indivíduo ou órgão com o tempo. O crescimento é irreversível quando se trata do alongamento dos tecidos das lâminas foliares ou aumento da área foliar. As condições necessárias para que o vegetal tenha condições de crescer, o ambiente precisa fornecer água, oxigênio, nutriente e uma temperatura adequada para cada tipo de planta (SAMPAIO, 1998).

A definição de desenvolvimento é complexa, pois inclui o processo de morfogênese e senescência. O processo que cada planta, organismo ou célula atravessa nos variados estádios do ciclo de vida pode ser considerado como um conceito funcional de desenvolvimento. Geralmente, crescimento e desenvolvimento ocorrem simultaneamente, entretanto, não é mutuamente inclusivo ou exclusivo. Em condições específicas, um pode ocorrer sem o outro. Algumas condições desfavoráveis do meio ambiente podem permitir o desenvolvimento e bloquear o crescimento. Um exemplo de desenvolvimento e crescimento simultâneos é o avanço no estágio de Haun, onde a maioria deles é definida pela relação do comprimento da folha, se a folha não cresce o comprimento não muda, e não há desenvolvimento. O tempo é um importante fator no estudo do desenvolvimento. Este pode ser medido de diversas maneiras, como o intervalo entre determinados eventos (WILHELM e McMASTER, 1995).

O estudo do desenvolvimento foliar é de grande importância para a avaliação do crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que as folhas constituem o aparato fotossintético e são responsáveis pela formação de carboidratos que são alocados para os órgãos vegetativos e reprodutivos da planta (BASTOS *et al.*, 2002).

2.7 PLASTOCRONO E FILOCRONO

Vários termos têm sido utilizados para descrever a taxa de aparecimento foliar: plastocrono, auxocrono, e filocrono. Cientistas, que trabalham com o crescimento das espécies, têm utilizado os três termos (plastocrono, auxocrono e

filocrono), resultando na indefinição exata de cada um (WILHELM e McMASTER, 1995).

O mais antigo desses termos, plastocrono, foi inicialmente definido por Askenasy (1980), e citado por Erickson e Michelini (1957), como o intervalo entre a formação de dois primórdios foliares em *Nitella flexilis*. Posteriormente, o termo adquiriu uma outra definição, ou seja, o intervalo de tempo entre o início de sucessivos primórdios foliares sobre o ápice meristemático (ESAÚ, 1965; MILTHORPE, 1956). Alguns pesquisadores (ERICKSON e MICHELINI, 1957) tentaram ampliar ainda mais a definição para incluir qualquer outro estágio de desenvolvimento como um ponto de referência (o início da folha, início do broto no eixo da folha, ou surgimento da folha).

Bunting e Drennen (1965) propuseram o termo filocrono como o intervalo de tempo entre a aparição sucessiva de folhas sobre um colmo ou haste. Langer (1972) descreve o aparecimento de dois primórdios foliares sucessivos, como o intervalo de tempo conhecido como plastocrono e, de outro modo, denomina-se filocrono o intervalo de tempo, em dias, entre o aparecimento de duas folhas sucessivas. Klepper et al. (1982), definem o filocrono como o intervalo de tempo entre a emissão de duas folhas sucessivas sobre o primórdio vegetativo de gramíneas. Portanto, o termo filocrono é definido como o intervalo de tempo entre o aparecimento de folhas sucessivas. Wilhelm e McMaster (1995) sugerem que plastocrono é o intervalo entre início da formação da folha até o ápice meristemático e filocrono como o intervalo entre semelhantes fases no desenvolvimento de folhas no mesmo colmo. O filocrono tem sido amplamente usado para definir e entender o desenvolvimento dos vegetais. Fatores como meio ambiente (temperatura, água, iluminação) e genética influenciam na duração do filocrono.

O plastocrono estima o aparecimento de nós, sendo um componente importante em modelos matemáticos de simulação do crescimento e desenvolvimento de culturas de hábitos de crescimento decumbente como o meloeiro e outras cucurbitáceas (STRECK *et al.*, 2005).

O filocrono pode ser determinado de varias formas, tais como o registro do momento de aparecimento das folhas sucessivas sobre um colmo ou medida do tempo que leva para as folha crescerem. Este último método pressupõe que uma folha cresce no prazo de um filocrono, o que pode ser o caso de algumas espécies.

Em algumas espécies a folha $n + 1$ pode aparecer antes que a folha n tenha concluído o crescimento. O número de folhas acumuladas em uma haste é uma excelente medida de tempo fisiológico e está associado ao momento de ocorrência de estádios de desenvolvimento e ao início da ramificação lateral em diversas espécies vegetais (STRECK, 2002). O conceito de filocrono pode ser usado como, por exemplo, para simular o aparecimento de folhas em plantas, o número de folhas além de interferir no índice de área foliar da planta é considerado uma excelente medida de tempo fisiológico (DELLAI *et al.*, 2005).

Uma maneira de simular o aparecimento de folhas na haste principal das plantas é por meio do filocrono (HERMES *et al.*, 2001). A taxa de aparecimento de folhas é o inverso do filocrono, e, portanto, uma redução do mesmo, resulta em um aumento na taxa de aparecimento foliar (WILHELM e McMASTER 1995).

A maioria dos estudos utilizando o conceito de plastocrono e filocrono foram realizados para diversas culturas anuais, como alface (*c.v Regina*) (HERMES *et al.*, 2001), melão (*Cucumis melo* L.) (STRECK *et al.*, 2005), batata (*Solanum tuberosum* L.) (DELLAI *et al.*, 2005). São poucos os estudos sobre a estimativa da temperatura base, para emissão de folhas e do filocrono em culturas florestais (MARTINS *et al.*, 2007).

2.8 ÁREA FOLIAR

Na maioria dos estudos sobre a medição da área foliar, além de fornecer uma indicação da superfície fotossintética, permite a obtenção de um indicador fundamental para a compreensão das respostas da planta aos fatores ambientais. A área foliar de uma planta depende do número e do tamanho das folhas, do tamanho de permanência na planta e do estágio de desenvolvimento em que se encontra. A variação temporal da área foliar, em geral aumenta até um ponto máximo, permanecendo por um tempo e diminuindo em seguida devido à senescência das folhas velhas. Como a fotossíntese depende da área foliar, o rendimento da cultura será maior quanto mais rápido a planta atingir o índice de área foliar máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa, maior será a produtividade biológica (PEREIRA e MACHADO, 1987). A folha é o principal órgão no processo

transpiratório, responsável, pelas trocas gasosas entre a planta e o ambiente (PEREIRA *et. al.*, 1997).

Há grande necessidade de estudos básicos envolvendo aspectos relacionados à reprodução, crescimento, desenvolvimento, exigência em nutrientes, respostas aos sistemas de controle entre outros. Na maioria desses estudos, o conhecimento da área foliar é fundamental como parâmetro na avaliação do crescimento do vegetal (BENINCASA, 1988).

A área foliar pode ser medida ou estimada por métodos destrutivos e não destrutivos. Os primeiros pressupõem colheitas destrutivas de amostras de folhas e da medição da sua área foliar real no laboratório em medidores de área foliar. Estes métodos são simples e precisos (SOMMER e LANG, 1994).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi conduzido na área experimental da Embrapa Florestas, localizada no município de Colombo, no Estado do Paraná, situado entre as latitudes de 22° 42' 30" S; e longitude 47° 38' 00" W.G., com altitude média de 950m. O clima é do tipo Cfb, segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1600 mm. A temperatura média anual é de 16,5° C; temperatura média do mês mais frio 12,6° C; temperatura média do mês mais quente 20,1° C. Foram selecionadas e identificadas oito árvores de *Araucaria angustifolia* em fase juvenil (média de cinco anos e 3 metros de altura), localizadas na área experimental.

3.2 CRESCIMENTO VEGETATIVO

A coleta de dados do crescimento vegetativo foi realizada a partir de medições dos ramos com o auxílio de um paquímetro digital, contagem das acículas e coletas dos botões, por remoção manual, no período de um ano (quatro estações) e nos pontos cardeais (norte, sul, leste e oeste). Para a descrição do desenvolvimento e crescimento vegetativo foi utilizada a proposta de Plastocrono e Filocrono por Langer (1972). Esses conceitos foram adaptados para a *Araucaria angustifolia*.

3.2.1 Plastocrono Aparente

O acompanhamento do aparecimento das acículas nos botões vegetativos foi realizado a partir de coletas de brotos e contagem das acículas até o meristema apical do botão vegetativo (Figura 1). A contagem das acículas foi feita nas quatro estações do ano num total de 20 botões coletados aleatoriamente para cada planta, por estação. Os botões analisados foram todos de ramificações laterais dos verticilos, utilizados como padrão de contagem das acículas.

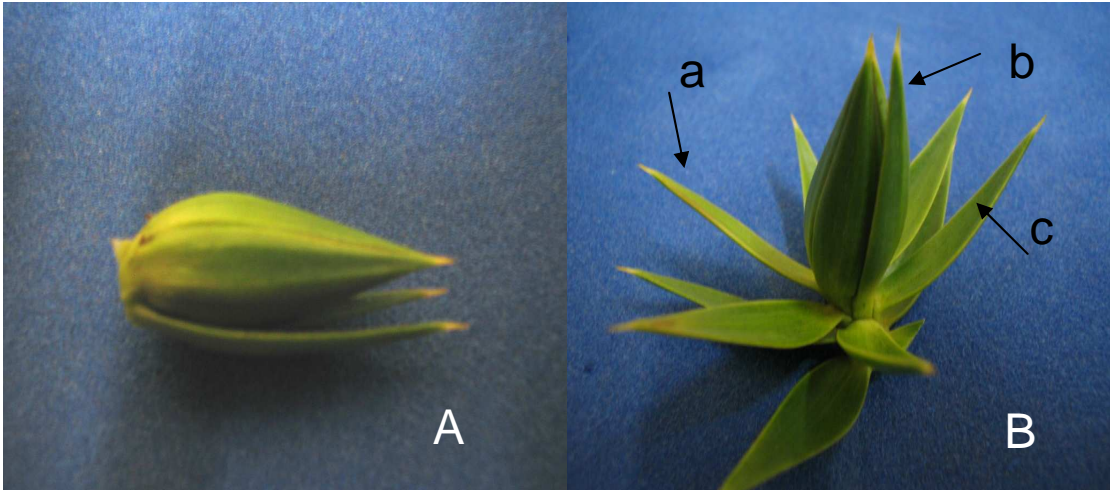


FIGURA 1 - **A, B)** Botão vegetativo; (a), (b), (c) Contagem das acículas até o meristema apical do botão em *Araucaria angustifolia*.

Para a análise estatística utilizou-se o modelo linear generalizado sob o delineamento inteiramente casualizado, com vinte repetições. A distribuição padrão foi a Poisson com função de ligação logarítmica, assumindo independências das observações. Para a verificação do ajuste do modelo foi utilizado o gráfico meio-normal (*half-normal plot*) com envelope simulado (COLLET, 1991). A verificação da significância dos efeitos foi feita por meio da estatística *deviance* (McCULLAGH e NELDER, 1989). Os contrastes ortogonais foram previamente definidos como: 1 – Primavera e Verão versus Outono e Inverno (P e V vs O e I); 2 – Primavera versus Verão (P vs V) e 3 – Outono versus Inverno (O vs I). A significância dos contrastes foi verificada pelo teste escore (χ^2) com um grau de liberdade.

3.2.2 Filocrono Aparente

Para o alongamento e contagem do número de acículas nos ramos foi marcado na região central de cada árvore, um ramo primário em cada ponto cardinal. Nos ramos primários foram marcados três ramos secundários, (uma unidade experimental) com arame colorido (Figura 2-A), onde as avaliações do alongamento e desenvolvimento, contagem das acículas nos ramos (Figura 2-B), foram feitas a partir de medições mensais num período de 12 meses (quatro estações do ano), no período de julho de 2006 a julho de 2007.

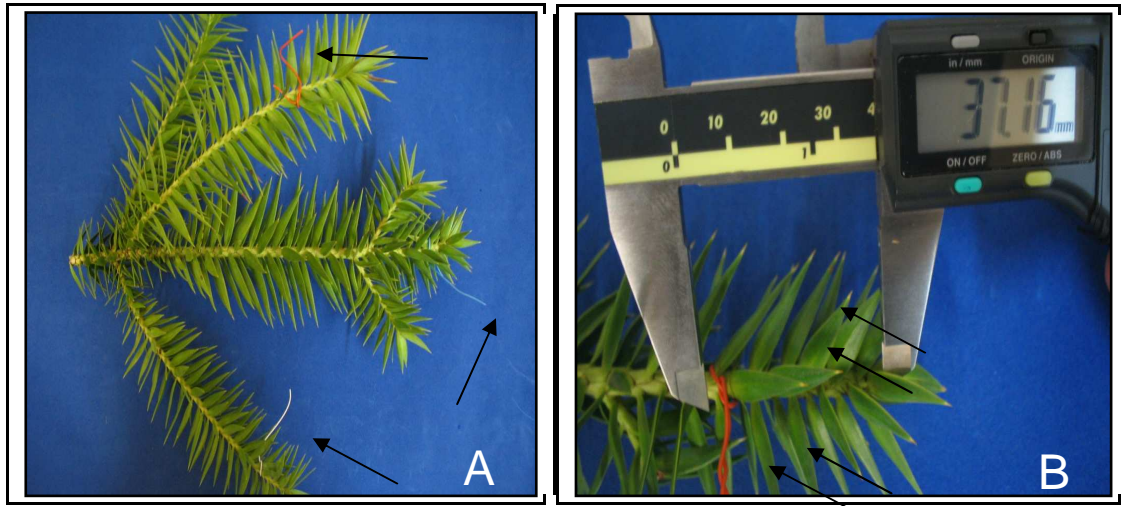


FIGURA 2 - **A)** Marcação dos ramos com arame colorido; **B)** Avaliação do alongamento dos ramos (mm) em *Araucaria angustifolia*.

Para a análise estatística da variável crescimento utilizou-se a análise de variância tradicional e para a variável contagem do número de acículas, utilizou-se o modelo linear generalizado, assumindo independências de observações, sob a distribuição Poisson com função de ligação logarítmica (McCULLAGH e NELDER, 1989). Ambos os modelos, utilizaram-se do delineamento inteiramente casualizado, com oito repetições e distribuições fatoriais 4 x 12, dos efeitos principais de pontos cardeais (Norte, Sul, Leste e Oeste) e de meses. O alongamento dos ramos laterais, em função do mês, foi analisado por polinômios ortogonais.

3.3 ÁREA FOLIAR

Para a análise da área foliar foram coletados oito ramos das oito árvores de *A. angustifolia* estudadas. Os ramos foram separados em sete partes com um intervalo de cinco centímetros entre elas, 0a5; 5a10; 10a15; 15a20; 20a25; 25a30 e de 30a35, foram retiradas para a análise as cinco primeiras acículas por segmento totalizando 280 acículas (FIGURA 3 – A). A área foliar das acículas foi calculada a partir da imagem digitalizada em Scanner de mesa, com o programa Winrhizo. Exe versão 4.1 c para ambiente Windows (REGENT INSTRUMENTS, 1999 a) (FIGURA 3 - B).

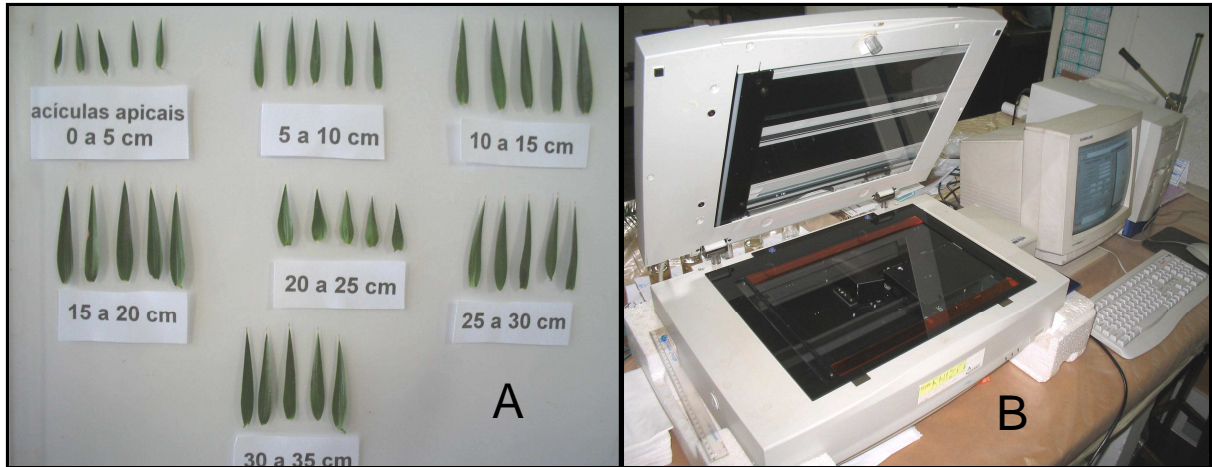


FIGURA 3 – **A)** Cinco acículas por segmento, para a análise foliar **B)** Scanner de mesa com o programa Winrhizo. Exe versão 4.1 c para ambiente Windows (calcula da área foliar).

3.4 DADOS METEOROLÓGICOS

Foram calculados os valores médios mensais das temperaturas máxima, mínima e média, umidade relativa do ar, precipitação e radiação, a partir dos dados diários referentes ao período estudado (julho de 2006 a julho de 2007). Os dados meteorológicos foram cedidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR). O acompanhamento dos dados relativos ao período experimental está representado na (Tabela 1) e (Anexo 3, 4 e 5).

Calculou-se a matriz de correlação e procedeu-se a análise estatística multivariada de componentes principais e análise de fator (HAIR *et al.*, 1998). Por meio da propriedade de fatores que visam explicar uma determinada porcentagem da variabilidade total dos dados originais, foram utilizados todos os fatores que explicaram, conjuntamente, mais de 70% da variabilidade total e apresentaram autovalores superiores a 1 (KAISER, 1958). Para maximizar as correlações de cada variável, aplicou-se a rotação Varimax, sendo destacadas aquelas variáveis que colaboraram com valores acima de 0,7.

TABELA 1 - Valores médios mensais dos dados climatológicos relativos ao período de condução do experimento; Colombo, PR 2006/2007.

ANO	MÊS	Temperatura (°C)			UR	P	R
		Mínima	Máxima	Média	%	(mm)	(cal. cm ⁻² . d ⁻¹)
2006	JUL	9,89	22,48	15,31	77,43	1,21	277,29
	AGO	10,04	22	15,41	74,6	1,52	307,04
	SET	10,15	20,7	14,61	80,82	4,76	323,6
	OUT	13,34	23,35	17,1	88,09	1,70	356,84
	NOV	14,74	23,67	18,11	88,37	5,47	357,19
	DEZ	17,03	26,09	20,47	87,51	1,94	407,23
2007	JAN	17,19	26,31	20,59	89,3	7,55	377,55
	FEV	17,2	26,87	20,82	86,78	3,71	409,56
	MAR	17,18	28,58	21,59	82,75	1,98	441,67
	ABR	15,34	24,39	18,79	89,25	2,84	290,11
	MAI	10,29	19,86	14,35	87,32	4,95	242,9
	JUN	10,03	22,62	15,49	77,91	0,05	266,54
	JUL	7,76	19,29	12,91	80,75	3,94	241,72

3.5 ANÁLISE DO SOLO

A coleta do solo foi realizada com o auxílio de um trado, com o qual foram retiradas amostras em cinco pontos a uma profundidade de 0- 10; 10 - 20 e 20 - 30 cm. A análise do solo foi realizada pelo Laboratório de Análises de Solos da Embrapa Florestas, cujos resultados estão representados na Tabela 02.

TABELA 2 - Análise física e de fertilidade do solo em cinco pontos na área de estudo.

	Profundidade (cm)	Profundidade (cm)	Profundidade (cm)
	0 – 10	10 – 20	20 – 30
PH CaCl ₂ (cmol/dm ⁻³)	5,11	4,78	4,44
K (cmol/dm ⁻³)	0,47	0,23	0,20
Ca (cmol/dm ⁻³)	5,31	2,94	1,96
Mg (cmol/dm ⁻³)	3,10	2,59	1,94
Ca+Mg (cmol/DM ⁻³)	8,41	5,53	3,90
Al (cmol/dm ⁻³)	1,06	2,47	3,40
H*Al (cmol/dm ⁻³)	6,33	8,40	10,93
C.O g/kg	32,34	28,81	33,19
P (mg/dm ⁻³)	5,27	1,83	1,34
Na (mg/dm ⁻³)	14,40	13,00	11,20
Areia grossa (%)	28,60	26,00	22,91
Areia fina (%)	10,64	14,52	13,85
Silte (%)	11,16	9,08	13,64
Argila (%)	49,60	50,40	49,60

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PLASTOCRONO APARENTE

4.1.1 Desenvolvimento das acículas nos botões vegetativos

Observou-se que ocorreram variações do número de acículas formadas, nos botões vegetativos entre as estações do ano (Fig. 04), demonstrando que nas estações frias (inverno e outono) apresentaram em média valores menores de acículas que nas estações quentes (primavera e verão).

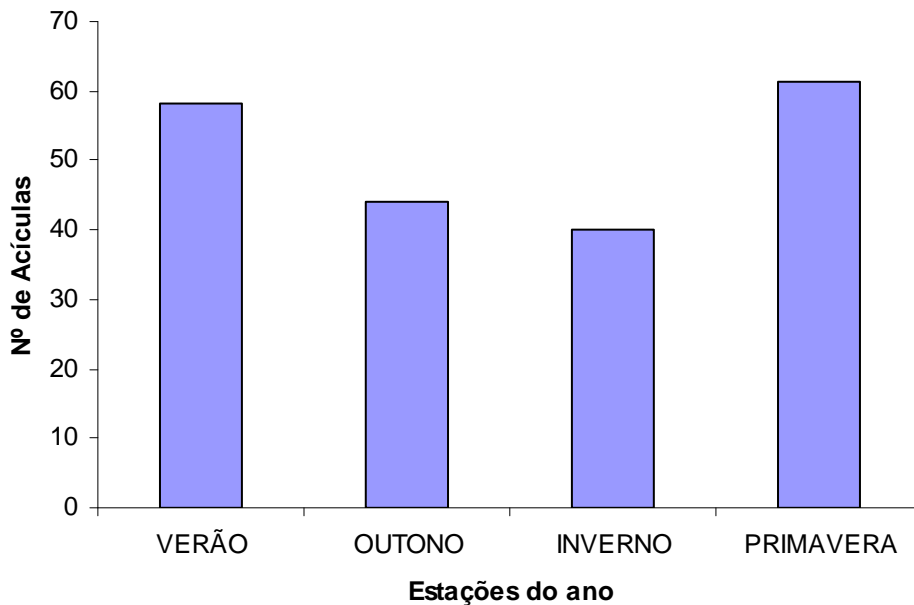


FIGURA 4 - Número médio de acículas dos botões vegetativos de ramos laterais por estação do ano de *Araucaria angustifolia* estudadas. Colombo – PR 2006/2007.

O Plastocrono aparente (número de acículas nos botões vegetativos) mostrou diferença significativa (valor $p < 0,0001$) entre as estações do ano e no confronto dos períodos primavera e verão versus outono e inverno (Tabela 3).

TABELA 3 - Análise de deviance para contagem do número médio de acículas em botões vegetativos (Plastocrono aparente) em *A.angustifolia* estudadas nas quatro estações do ano, Colombo – PR 2006/2007.

C.V	G. L	Média	χ^2	Valor de p
Estação	3	51,0625 (61,75; 58,25)	133,01	< 0,0001
P e V vs O e I	(1)	vs (44,5; 40,10)	127,35	< 0,0001
P vs V	(1)	(61,75) vs (58,25)	2,06	0,1510
O vs I	(1)	(44,15) vs (40,10)	3,93	0,0473

P-primavera, V-verão, O-outono, I-inverno χ^2 - qui – quadrado.

No envelope simulado (Figura 05), observou-se que o modelo ajustou bem aos dados sendo este adequado para a análise estatística. Dessa forma, observa-se que nos ápices meristemáticos vegetativos a formação dos primórdios foliares de *Araucaria angustifolia*, não foi interrompida em nenhum momento, não apresentando uma fase de repouso. Ocorreu uma menor produção de acículas nos períodos frios com médias de 44,15 acículas no outono e 40,10 para o inverno, com picos de maior desenvolvimento nas estações mais quentes com médias de 61,75 acículas na primavera e 58,25 no verão. A variação da frequência do número de acículas nos botões vegetativos se deve ao fato de que estações frias podem reduzir a formação dos primórdios foliares.

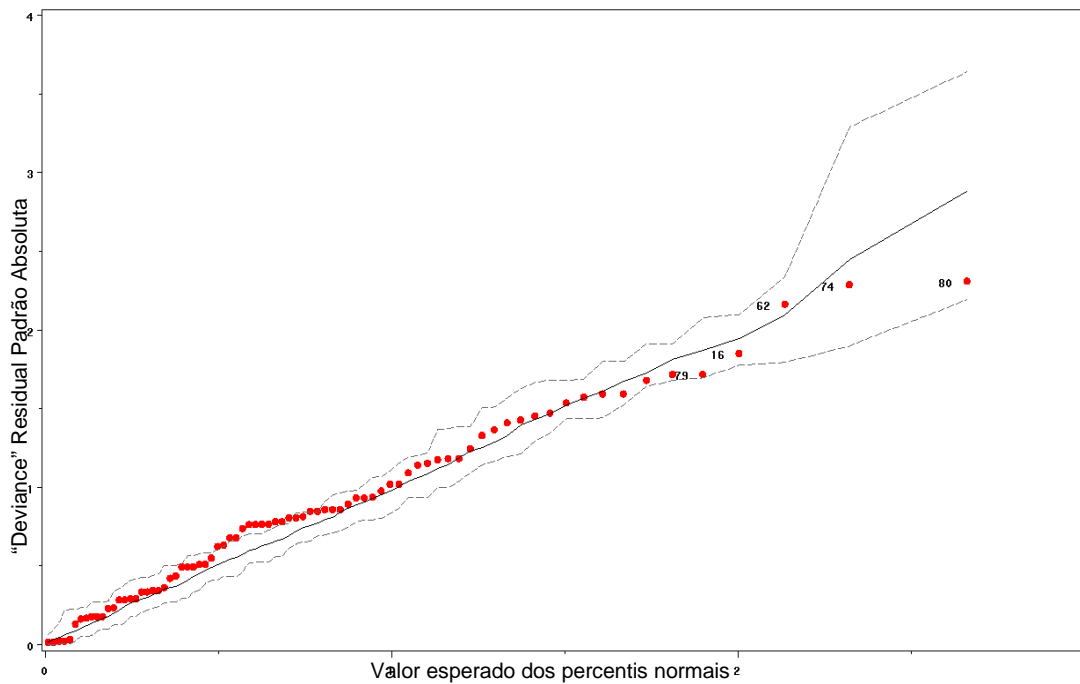


FIGURA 5 - Ajuste da distribuição Poisson ao número de acículas nos botões vegetativos de *Araucaria angustifolia*, situadas em Colombo – PR 2006/2007.

Estas observações estão de acordo com as de Solórzano-Filho (2001), que observou a ocorrência de novas acículas durante todo o ano, mostrando que o crescimento é contínuo com variações no número de acordo com a estação do ano.

Larcher (2000) comenta que a diferenciação celular pode se processar sob baixas temperaturas, mesmo que lenta. Dessa forma, a diferenciação do meristema das gemas e a iniciação dos primórdios foliares são interrompidas somente em períodos especialmente frios. A taxa de aparecimento foliar responde a qualquer mudança de temperatura percebida pelo meristema apical (STODDART *et al.*, 1986).

Observou-se que ocorrem diferenças no número de acículas entre botões vegetativos. Nos botões centrais o ápice meristemático difere dos ramos secundários apresentando um número maior de emissão de folhas desde o início da formação dos primórdios foliares, futuros verticilos (Fig. 06).

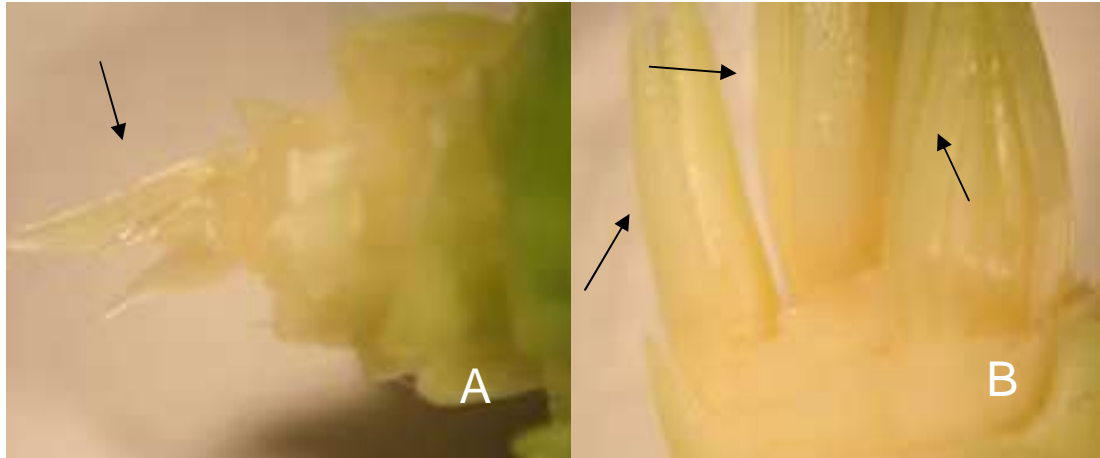


FIGURA 6 - **A)** Ápice meristemático vegetativo, ramo secundário: com um meristema apical e **B)** ápice meristemático vegetativo, ramo primário com três meristemas apicais de *Araucaria angustifolia*.

Nos indivíduos avaliados observou-se, em alguns ramos, botões necrosados e, em outros, queda dos botões centrais (Fig. 07), onde o alongamento dos ramos foi interrompido até o início da sua regeneração. Não foram identificadas as causas desta necrose nem das quedas dos botões vegetativos, podendo ser investigadas em estudos futuros.

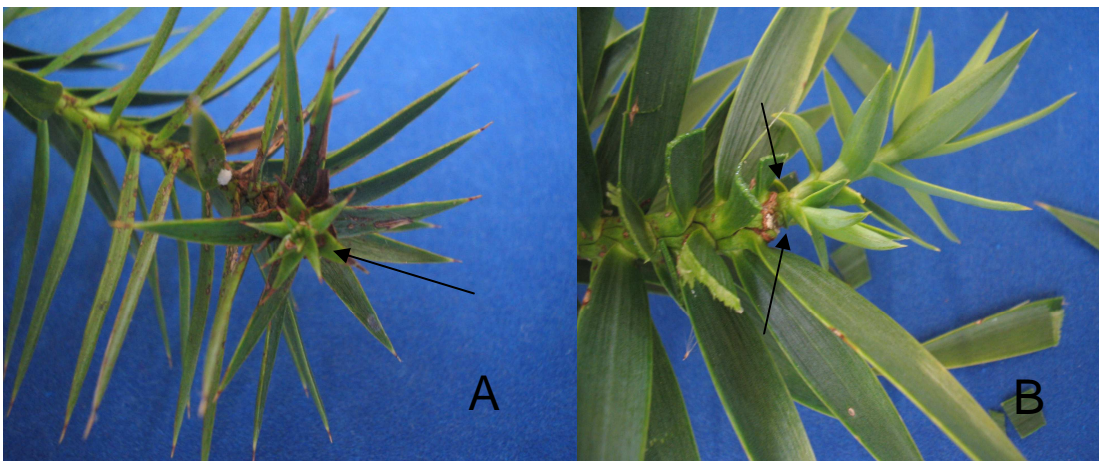


FIGURA 7 - **A)** Botões vegetativos necrosados e **B)** queda dos botões vegetativos, com o surgimento de uma nova brotação, em *Araucaria angustifolia*.

4.2 FILOCRONO APARENTE

4.2.1 Alongamento dos ramos e número de acículas acumuladas

Constatou-se que no período de julho até início de outubro os ramos tiveram médias de 31,45 milímetros e 28,37 acículas. Durante novembro a março os ramos tiveram médias de 159,47 mm e 107,19 acículas. Nos meses de abril a julho com médias de 297,19 mm e 202,85 acículas (Anexo 1 e 2).

O Filocrono aparente (alongamento e o número de acículas acumuladas nos ramos vegetativos) (Figura 08) demonstra que nos primeiros 90 dias de avaliações (julho a setembro) na estação de inverno, observou-se um período de crescimento lento em que os intervalos entre os pontos estão bem próximos, seguido de um rápido crescimento, entre os períodos de 90 a 240 dias (outubro a março) primavera e verão. Nos 270 a 360 dias após a marcação dos ramos nos meses de abril a julho (outono e inverno), o intervalo entre os pontos começou a reduzir novamente, mostrando uma diferença no crescimento no decorrer do ano.

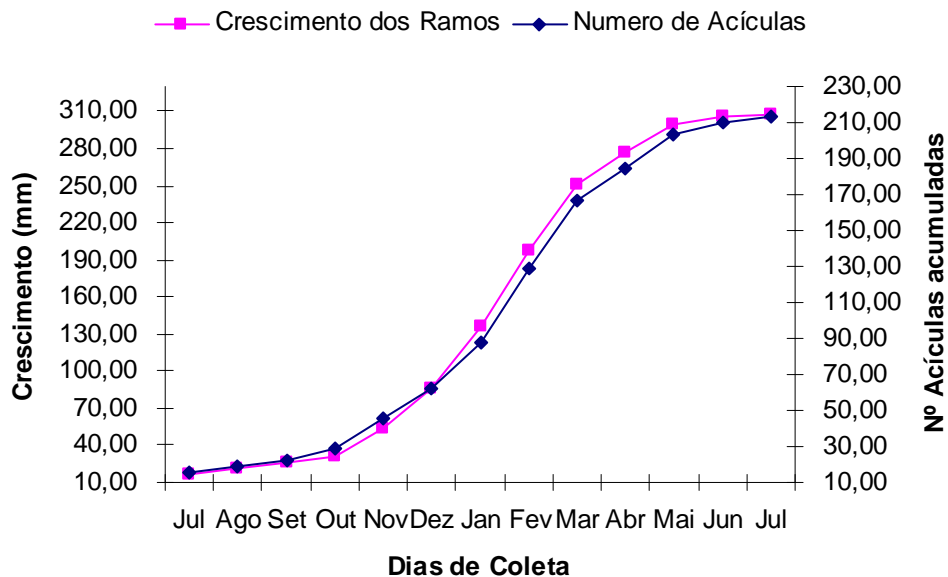


FIGURA 8 - Curva do alongamento dos ramos e contagem do número de acículas acumuladas (Filocrono aparente) em *Araucaria angustifolia*, Colombo – PR, 2006/2007.

Observou-se que a curva de crescimento dos ramos foi maior que do número de acículas acumuladas. No entanto, o aumento entre as curvas foi simultâneo durante todo o período observado. Apesar dessa diferença, a taxa de alongamento esta diretamente relacionada com o número de acículas, evidenciando que não há uma parada na produção de novas acículas do meristema apical vegetativo, uma vez que está diretamente relacionada com o alongamento do ramo e apresentando flutuações estacionais.

Estes resultados coincidem com as observações realizadas por Solórzano-Filho (2001), que constatou um crescimento ininterrupto e simultâneo, durante todo o ano em *A. angustifolia*. No entanto, a taxa de crescimento vegetativo foi reduzida na estação fria.

Segundo, Hallé *et al.*, (1978) os ramos apresentam um crescimento contínuo e progressivo. Durante o ano o crescimento dos ramos não apresentou interrupção endógena e sim variações sazonais de alongamento marcante dependendo da estação do ano. Blum (1980 a, b) constatou que o alongamento dos ramos de *A. angustifolia* é interrupto e simultâneo com a produção de novas folhas.

A variação do crescimento e do número de acículas nos ramos pode ocorrer devido a uma menor atividade da gema apical durante a estação fria. Assim, como conseqüência a diminuição do crescimento vegetativo no período do final do mês de março a setembro (outono e inverno).

Sweeney e Hopkinson (1975)¹ citados por Larcher (2000) comentam que a temperatura na qual o crescimento em extensão se processa mais rapidamente situa-se entre 30 e 40° C para as plantas tropicais e subtropicais. Os resultados encontrados mostraram que o maior pico de crescimento foi durante as estações quentes.

Inoue *et al.* (1979) constataram que sobre o ponto de vista de produção fotossintética da planta, as condições precárias de luz (abaixo de 25% da luz do dia) podem afetar negativamente o crescimento. Esse fato não teve influencia sobre as árvores de *A. angustifolia* estudadas, pois todas estavam com as mesmas condições de luminosidade.

¹ SWEENEY, F.C.; HOPKINSON, J.M. Vegetative growth of nineteen tropical and subtropical pasture grasses and legumes in relation to temperature. **Grasslands**. V.9, p. 209-217, 1975.

A análise de regressão polinomial para alongamento dos ramos e número de acículas acumuladas de *A.angustifolia*, mostrou que o padrão ideal foi representado pelo modelo cúbico (Tabela 04).

TABELA 4 - Análise de regressão polinomial do comprimento dos ramos e número de acículas nos ramos (Filocrono aparente) de *Araucaria angustifolia*.

Modelo	Variável	Comprimento dos ramos			Número de acículas		
		Estimativa parâmetro	R ²	Valor – p	Estimativa parâmetro	R ²	Valor – p
Linear	Intercepto	-23,26438	0,9464	<0,0001	-10,90071	0,9549	<0,0001
	Dia	1,00751		<0,0001	0,66870		<0,0001
Quadrática	Intercepto	-13,80258	0,9477	0,0208	-1,11713	0,9596	0,7536
	Dia	0,82157		<0,0001	0,47431		<0,0001
	Dia ²	0,00052		<0,0001	0,00055		<0,0001
Cúbica	Intercepto	27,27380	0,9945	<0,0001	22,32049	0,9953	<0,0001
	Dia	-0,94656		<0,0001	-0,53456		<0,0001
	Dia ²	0,01238		<0,0001	0,00783		<0,0001
	Dia ³	-0,00002		<0,0001	-0,00001		<0,0001

Foi observado durante o crescimento dos ramos que o alongamento acontece de maneira ininterrupta, sem existência de uma fase de repouso separando a emissão de dois entrenós sucessivos (cada um representado pela formação de uma porção de caule chamada “unidade de crescimento” U.C.), observado por Hallé e Martin (1968) a partir de trabalhos realizados em *Hevea brasiliensis*, que é uma porção do caule formada durante uma fase de alongamento. Quando esse “alongamento do crescimento” apresenta uma parada em seu crescimento às (U.C.) são delimitadas. Segundo Tomlinson e Gill (1973), formando um crescimento articulado, sendo assim chamado de um marcador morfológico.

Em alguns ramos de Araucária observou-se uma diminuição no tamanho de algumas acículas, podendo ser confundido com um marcador morfológico de crescimento rítmico (Figura 9: a, b, c, d). Solórzano-Filho (2001) constatou que alguns indivíduos de *Araucaria angustifolia* apresentaram uma variação qualitativa no desenvolvimento da área foliar ao longo do ano. No mesmo ramo evidenciou diferenças no tamanho das acículas dependendo da estação do ano. Segundo Blum (1980 a, b), este fato se deve porque a araucária apresenta crescimento contínuo e

da menor disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento dos tecidos durante as estações frias. A seca pode influenciar a expansão foliar por um efeito direto do baixo potencial hídrico sobre o turgor (JONES, 1988), por mudanças na extensibilidade celular (DAVIES et al., 1990), ou por um efeito na disponibilidade destes para a parte aérea (BROUWER, 1962). Entretanto o efeito da seca a campo pode também ser causado por outros fatores associados a ela como temperaturas supra-ótimas (DAVIES E THOMAS, 1983) ou a redução da disponibilidade de nutrientes (GALLES, 1979) citado por Andrade *et al.*, (2005).



FIGURA 9 - **(a), (b), (c), (d)** Redução do tamanho das acículas em ramos vegetativos de *Araucaria angustifolia*.

Observou-se que as curva de crescimento dos ramos vegetativos e do número de acículas acumuladas são semelhantes entre os pontos cardeais com uma regressão do ponto médio de 0,98 e 0,99 respectivamente, mostrando que não há diferença significativa entre as posições cardeais e com diferenças significativas para as estações do ano representadas pelos meses de avaliações (Tabela 05).

TABELA 5 - Análise de variância para o comprimento dos ramos e número de acículas nos ramos (Filocrono aparente) de *Araucaria angustifolia* avaliadas por meses e pontos cardeais, Colombo – PR.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Valor – p	
		Comprimento dos ramos(mm)	Número de acículas
Pontos Cardeais (P)	3	0,4228	0,5231
Meses (M)	11	<0,0001	<0,0001
P X M	33	0,9999	0,9999

Observou-se que o Filocrono aparente: alongamento dos ramos e o número de acículas acumuladas não apresentaram diferenças entre os pontos cardeais. Todas as árvores estudadas tiveram o mesmo comportamento (Figuras 10 e 11)

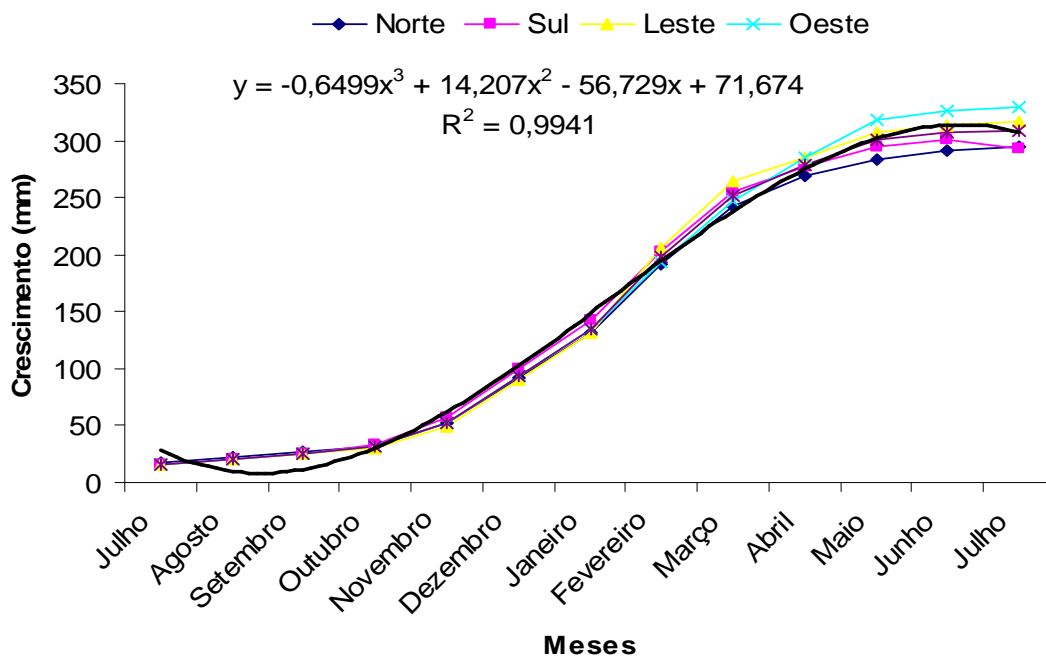


FIGURA 10- Curva do alongamento em (mm) dos ramos laterais filocrono aparente, de *Araucaria angustifolia* em relação à posição cardinal. Colombo – PR, 2006/2007.

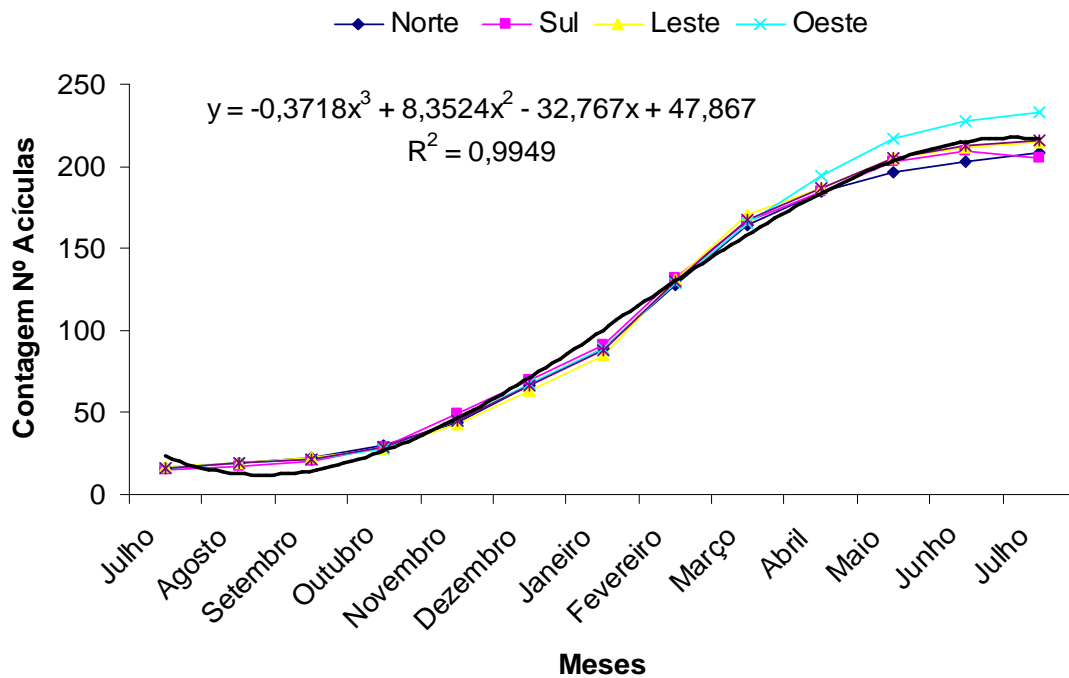


FIGURA 11 - Contagem do número de acículas acumuladas filocrono aparente, em ramos de *Araucaria angustifolia*, em relação à posição cardinal. Colombo - PR, 2006/2007.

4.3 INTER-RELAÇÕES ENTRE OS PARÂMETROS AMBIENTAIS AVALIADOS PARA AS ÁRVORES *Araucaria angustifolia*.

Foram relacionados os parâmetros ambientais com as diferenças do alongamento dos ramos e com o número de acículas.

Na Tabela 6, são apresentadas às correlações existentes entre os parâmetros estudados, considerando que duas variáveis possuem associação entre si quando o coeficiente de correlação for significativo a 5 % de probabilidade. As correlações significativas encontram-se destacadas em negrito.

TABELA 6 - Correlação dos Parâmetros estudados: temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura média, precipitação, umidade, radiação, com a DCR e DNA, para as árvores analisadas de *Araucaria angustifolia* Colombo – PR 2006/2007.

Parâmetros	DCR	DNA	TMi	TMa	TM	P	U	R
Diferença do alongamento dos ramos (DCR)	1,00							
Diferença do número de acículas (DNA)	0,70	1,00						
Temperatura mínima (TMi)	0,70	0,57	1,00					
Temperatura máxima (TMa)	0,65	0,53	0,92	1,00				
Temperatura média (TM)	0,70	0,57	0,98	0,97	1,00			
Precipitação (P)	0,44	0,31	0,32	0,04	0,20	1,00		
Umidade (U)	0,44	0,39	0,67	0,36	0,53	0,60	1,00	
Radiação (R)	0,58	0,47	0,84	0,87	0,86	0,18	0,35	1,00

Coeficientes de correlação significativos destacados em negrito para p-valor $\leq 5\%$

Observou-se a existência de correlação significativa entre a diferença do alongamento dos ramos e as temperaturas, sendo iguais e positivas para todas. As temperaturas mínimas, máximas e médias, além de estarem diretamente relacionadas entre si, apresentaram correlação positiva com a radiação. A diferença do número de acículas teve uma baixa correlação positiva entre os parâmetros ambientais, sendo maior também entre as temperaturas.

É difícil determinar quais fatores meteorológicos interferem diretamente no crescimento e o aparecimento foliar, uma vez que a precipitação, radiação e temperatura estão fortemente correlacionadas entre si. Segundo Yan e Hunt (1995) e Streck (2002), a temperatura do ar é o principal elemento meteorológico que interfere no desenvolvimento da maioria das espécies vegetais. A taxa de aparecimento foliar conseqüentemente do alongamento dos ramos é fortemente influenciada pela temperatura e disponibilidade hídrica (NORRIS e THOMAS, 1982). O nível de umidade disponível no solo afeta a taxa de crescimento das plantas principalmente na alongação das hastes por afetar a taxa de expansão das células próxima aos meristemas (SKINNER e NELSON, 1973)² citados por (DIFANTE, 2003). Segundo Solórzano-Filho (2001), a ausência de déficit hídrico e o fato da araucária manter sua taxa de transpiração constante, descartam a precipitação como principal fator no controle do brotamento.

² SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, p. 4-10, 1995.

Na análise das componentes principais (Tabela 7), foram obtidos os grupos de variáveis que explicam 100 % da variância total. As componentes principais obtidas apresentaram autovalores que variaram de zero a 4,14.

TABELA 7 - Autovalores das seis primeiras componentes principais extraídas da matriz de correlação para as árvores de *Araucaria angustifolia*.

Fator	Autovalor	Variância (%)	Variância Acumulada (%)
1	4,14219	69,04	69,04
2	1,33008	22,17	91,20
3	0,38332	6,39	97,59
4	0,13571	2,26	99,86
5	0,85169	0,14	100,00
6	0,00016	0	100,00

Na literatura, vários critérios auxiliam na tomada de decisão com relação ao número de componentes principais a ser retido ou considerado na análise. No presente trabalho, utilizaram-se dois critérios para retenção das componentes principais (fatores) 1: acumulam uma porcentagem da variabilidade total superior a 70 % e, retenção, de acordo com o critério de Kaiser (1958)³, citado por Barroso e Artes (2003), 2: daquelas que apresentam autovalores iguais ou superiores a 1. Verifica-se que as duas primeiras componentes apresentam autovalores superiores a 1 e ao mesmo tempo explicam 91,20% da variância total (Tabela 7). Isso significa que as seis variáveis ou dados climatológicos estudados podem ser substituídas por estes dois componentes, com perda de, apenas, 8,80 % de informação sobre a variância total dos dados. Dessa forma, as duas componentes foram retidas para análise de fatores.

A análise dos fatores rotacionados, obtidos por meio do método Varimax, permite observar a importância das variáveis dentro de cada fator (Tabela 8). Foram consideradas importantes as variáveis que apresentaram coeficiente de correlação igual ou acima de 0,7.

³ KAISER, H.F. . The varimax criterion for analytic relation in factor analysis. **Psychometrika**, v.23, p. 187-200, 1958.

TABELA 8 - Fatores rotacionados obtidos por meio da matriz de correlação das propriedades avaliadas para as árvores de *Araucaria angustifolia*.

Característica	Comunalidades	Fator	
		1	2
Temperatura mínima	0,98593	0,98895	0,02881
Temperatura máxima	0,97884	0,96690	0,22268
Temperatura média	0,98447	0,91631	0,38251
Precipitação	0,85469	0,91412	0,11636
Umidade	0,81924	0,00130	0,92445
Radiação	0,84916	0,36424	0,82860

A comunalidade é a parcela da variância de uma determinada variável X_i , dada por uma equação, explicada pelos fatores comuns. Quanto mais próxima a 1 (100 %) melhor é o ajuste do modelo. A parcela da variância não explicada é denominada especificidade. Observa-se que todas as variáveis apresentaram alta comunalidade, sendo mantidas na análise.

Observou-se que o fator 1 explica 69,04 % da variância total (Tabela 7), estando associado às variáveis das temperaturas mínima, máxima e média e pela precipitação (Tabela 8). Cabe lembrar que as temperaturas estão diretamente relacionadas entre si. Dessa forma, a temperatura mínima é a variável que exerce maior influência ou domínio sobre o primeiro fator.

O fator 2, responsável por 22,17 da variação total, foi dominado pela umidade e pela radiação. A umidade relativa do ar apresenta o maior coeficiente de correlação comparado às outras duas variáveis, sendo considerada mais importante dentro deste grupo.

Trovati e Ferrz (1984) observaram que a densidade dos anéis de crescimento dos lenhos tardios de *Pinus* foi governada principalmente pela precipitação e temperatura, como fatores mais limitantes do crescimento.

Streck *et al.* (2005) verificaram que a temperatura do ar é o principal fator ecológico que afeta o aparecimento de nós em meloeiro.

4.4 ÁREA FOLIAR DAS ACÍCULAS DA *Araucaria angustifolia*

A área foliar média de cinco acículas das oito repetições foi de 2,60 cm², maior valor de 3,63 e menor de 0,93 das acículas apicais e para o maior potencial de crescimento média de 12,41 cm², maior valor de 20,19 e menor de 9,91 (Tabela 09).

TABELA 9 - Valores máximos (potencial de crescimento), mínimos (acículas apicais), e médios da área foliar de ramos juvenis de planta com 3 a 5 anos de *Araucaria angustifolia*; Colombo, PR.

Posição no Ramo	Maior Valor cm ²	Menor Valor cm ²	Média cm ²
Acículas Apicais	3,63	0,93	2,60
Potencial de crescimento	20,19	9,91	12,41

As acículas dos ramos secundários apresentaram diferenças da área foliar e do maior potencial de crescimento, dependendo da posição em que se encontram no ramo (TABELA 10) (FIGURA 12).

TABELA 10 - Média da área foliar de cinco acículas (cm²) de oito ramos divididos em sete segmentos, de 0a5, 5a10, 10a15, 20a25, 25a30, 30a35 (cm) em *Araucaria angustifolia*; Colombo, PR.

Posição no ramo	Ramo 1	Ramo 2	Ramo 3	Ramo 4	Ramo 5	Ramo 6	Ramo 7	Ramo 8
0a5	2,02	0,93	3,22	2,88	3,63	3,43	2,98	1,73
5a10	6,05	6,91	6,43	6,76	5,52	7,93	6,98	4,96
10a15	6,78	10,62	6,8	10,32	6,16	9,02	8,04	6,1
15a20	9,78	12,49	8,23	11,56	7,78	9,56	8,56	8,78
20a25	9,85	17,26	11,3	6,28	10,54	11,45	10,24	9,91
25a30	12,51	20,19	12,84	7,03	5,86	5,45	10,12	4,11
30a35	3,5	17,38	11,46	6,49	8,27	7,18	7,61	6,99

Maiores potenciais de crescimento destacados em negrito

Isso se deve segundo Blum (1980 a, b), que esta espécie apresenta crescimento contínuo e da menor disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento dos tecidos durante as estações frias (Figura 12) (Anexos 6 e 7).

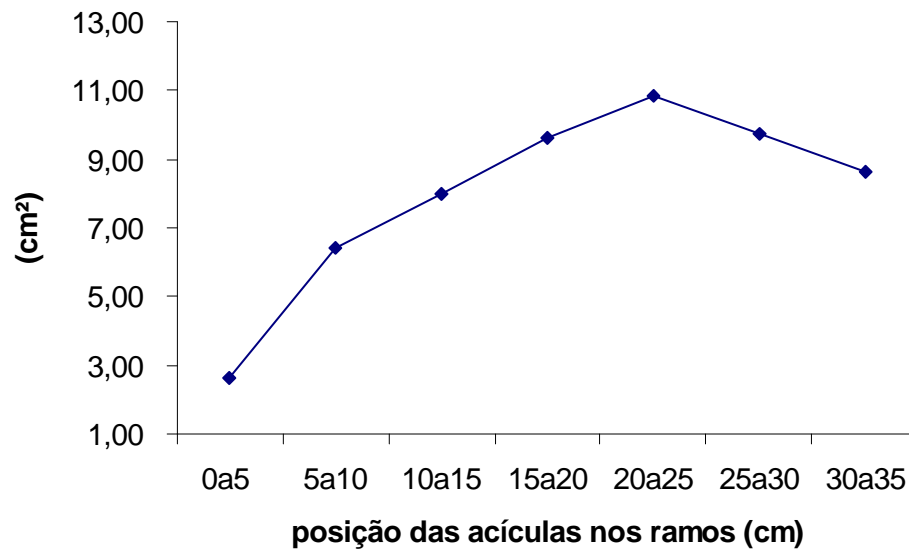


FIGURA 12 - Média da área foliar de cinco acículas por posição de 0a5, 5a10, 10a15, 20a25, 25a30, 30a35 (cm) em *Araucaria angustifolia*; Colombo, PR.

5 CONCLUSÕES

O Plastocrono aparente foi contínuo durante todo o ano, apresentando maior aparecimento das acículas nas estações mais quentes;

O Filocrono aparente apresentou picos de crescimento nas estações mais quentes (verão e primavera) e redução em estações mais frias (inverno e outono);

Os ramos localizados nos pontos cardeais (norte, sul, leste, oeste), não apresentou diferenças significativas quanto ao plastocrono e folicrono;

Nos parâmetros ambientais, a maior relação do filocrono aparente, foi entre as temperaturas mínima, máxima e média, e precipitação que estão diretamente correlacionados;

A área foliar mostrou diferenças no tamanho das acículas, em função da posição do ramo.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; LIMA JÚNIOR, E. C.; MAGALHÃES, M. M. Effects of different light levels on initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Ball. In southeastern Brazil. **Revista Árvore**, v.27, p.53-57, 2003.
- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; LOPES, R. S.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; CECON, P. R.; QUEIROZ, D. S.; PEREIRA, D. H.; REIS, S. T. Características morfológicas e estruturais do Capim-elefante 'Napier' adubado e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.1, p.150-159, 2005.
- ANSELMINI, J. I. **Fenologia Reprodutiva da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, na região de Curitiba – PR**. Curitiba, 2005, 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Produção Vegetal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- ASKENASY, E. ijber eine neue Methode, um die Vertheilung der Wachsthumsintensitat in wachsenden Theilen zu bestimmen. Verhandlungen. Naturhistorisch-Medizinischer Verein zu Heidelberg. V2: p.70-153. 1880.
- BARROSO, L. P.; ARTES, R. **Análise multivariada: minicurso do 10^o simposio de estatística aplicada á experimentação agrônômica**. Lavras. Universidade Federal de Lavras, 2003. 151p.
- BASTOS, E. A., RODRIGUES, B. H. N., ANDRADE JÚNIOR, A. S., CARDOSO, M. J. Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**, Fortaleza, v. 22, n. 1, p. 43-50, 2002.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 43 p.
- BERLATO, M. A. Exigência bioclimáticas e zoneamento agroclimático. In: MIYASAKA, S; MEDINA, J. C. (Ed.) **A soja no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1981. p. 175-184.
- BLUM, W. E. H. Ecophysiological and phylogenetic aspects od Araucariaceae with special consideration of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO. **Problemas florestais do gênero Araucaria**, Curitiba, 1980 a, p. 71-74.
- BLUM, W. E. H. Site Nutrition Growth interrelationship of araucárias. In: IUFRO. **Problemas florestais do gênero Araucaria**, Curitiba, 1980b, p.119-130.
- BRITO, L. M. 2003. Apontamentos de Fisiologia Vegetal (Disponível em: <http://www.ei.esapt.pt/miguelbrito/fisiologia/page35.html>, visitado em 13/10/2008).

BROUWER, R. Distribution of dry matter in plant. **Netherland Journal of Agriculture Science**, [S.I.], v. 10, p. 361-376, 1962.

BUNTING, A. H.; DRENNEN D. S. H.. Some aspects of the morphology and physiology of cereal in the vegetative phase. p. 20-38. 1966. *In* MILTHORPE F.L. e IVINS, J.D. (ed.) **The growth of cereal and grasses**. Proc. 12th Easter School in Agricultural Science. Univ. of Nottingham, Nottingham, England. Butterworths, London. 1965.

CAMPOS, J. C. C. Principais fatores do meio que afetam o crescimento das árvores. **Floresta**, Curitiba, n.3, p.45-52, 1970.

CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.281-288, 2002.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.

CASTELA, P. R.; BRITZ, R. M. **A Floresta com Araucária no Paraná: Conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 236, 2004.

COLLET, D. **Modeling binary data**. London: Chapman & Hall , 1991. 369p.

CRAKER, L. E.; SEIBERT, M.; CLIFFORD, J. T. Growth and development of radish (*Raphanus sativus* L.) under selected light environments. **Annals of Botany**, Massachusetts, v.51, p.59-764, 1983.

DAVIES, W.J.; MANSFIELD, T. A.; HETHERINGTON, A. M. Sensing of soil water status and the regulation of plant growth and development. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 13, p. 709-719, 1990

DAVIES, A.; THOMAS, H. Rates of leaf and tiller production in young, spaced perennial ryegrass plants in relation to soil temperature and solar radiation. **Annals of Botany**, London, v. 51, p. 591-597, 1983.

DELLAI, J.; TRENTIN. G.; BISOGNIN, D. A.; STRECK. A. N. Filocrono em diferentes densidades de plantas de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1269-1274, 2005.

DIAS-FILHO, M.B. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. to contrasting light environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.8, p.789-796. 1997.

DIFANTE, G. S.; **Importância da morfogênese no manejo de gramíneas forrageiras**, Viçosa, 2003. 25p.

- DWELLE, R. B. **Potato physiology**. Orlando: Academic Press, 1985. p.35-58: Photosynthesis and photoassimilate partitioning.
- ESAU, K. **Plant anatomy**. New York; John Wiley & Sons, Inc. 1965. p.767.
- ERICKSON, R.O.; F. J. MICHELINI. The plastochron index. **American Journal of Botany**. Philadelphia, v.44, n.4, p.297-305, 1957.
- GALES, K. Effects of water supply on partitioning of dry matter between roots and shoots in *L. perene*. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 16, p. 863-877, 1979.
- GIFFORD, R. M.; EVANS, L. T. Photosynthesis, carbon partitioning and yield. **Annual Review Plant Physiology**, v.32, p.485-509, 1981.
- HAIR, J. F. Jr.; ANDERSON, R. E; TATHAM, R. L; BLACK, W. C. **Multivariate data analysis**. 5. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998. cap.9, p.469-518.
- HALLÉ, F.; OLDEMAN R. A. A., TOMLINSON P.B. **Tropical trees and forest**. Berlin Springer ver/ag,; p. 441, 1978.
- HALLÉ, F., MARTIN, R. Etude de la croissance rythmique chez *havea brasiliensis* Müll . Arg. (Euphorbiaceae – Crotonoïdées). **Andsonia**, Masson, v.8, p. 475-503, 1968.
- HANG, A. N.; McCLOUD, D.E.; BOOK, K. J.; DUCAN, W. G. Shade effects on growth, partitioning and yield components of peanuts. **Crop Science**, Madison, v.24, n.2, p.109-115, 1984.
- HERMES, C. C.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; CARON, B.; POMER, S. F.; BIANCHI, C. Emissão de folhas de alface em função da soma térmica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.2, p.269-275, 2001.
- HODGES, T. F. **Predict crop phenology**. Boca Raton: CRC, 1991. 233p.
- HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. New York: John Wiley e Sons, 1982. 402p.
- IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS. **Lista oficial de flora ameaçada de extinção**. Brasília: IBAMA, 2008. (disponível em <http://www.ibama.gov.br>).
- INOUE, M. T; GALVÃO, F.; TORRE, D. V. Estudo ecofisiológico sobre *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE. Fotossíntese em dependência à luz no estagio juvenil. **Revista Floresta**, Curitiba, v.10, n.1, p.5-9,1979.
- JEFFERIES, R. A. Thermal time as a non-destructive method of estimating tuber in potatoes. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 108, p. 249 -252, 1987.
- JONES, M. B. Water relations. In: JONES, M. B.; LAZENBY, A. (Eds.). **The grass crop: the physiological basis of production**. London: Chapman and Hall, p. 205-241, 1988

JOLY, A. B. **Botânica: introdução a taxonomia vegetal**. 6.ed. São Paulo: Editora Nacional, 1983. 777p.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, Massachusetts, v.23, p. 187-200, 1958.

KARLSSON, M.G.; HEINS, R.D.; ERWIN, J.E. Quantifying temperature-controlled leaf unfolding rates in “Nellie White” Easter lily. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Boston, v.113, n.1, p.70-74, 1988.

KEMP, D. R.; WHINGWIRI, E. E. Effects of tiller removal and shading on spikelet development and yield components of the main shoots and on the sugar concentration of the ear and flag leaf. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.7, n.3, p.501-510, 1980.

KLEPPER, B.; RICKMAN, R. W.; PETERSON, C. M. Quantitative characterization of vegetative development in small cereal grains. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p. 789-792, 1982.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of trees**. New York: McGraw-Hill Book Company; 1960, 642 p.

KRAMER, P. J. **The role of water in tree growth**. In: T.T. Kozlowski (ed.) Tree Growth. Ronald Press, New York, p. 171-182, 1962.

KOCH, Z.; CORRÊA, M. C. **Araucária: A Floresta do Brasil Meridional**. Curitiba: Olhar Brasileiro, 2002, 148 p.

LANGER, R. H. M. **How grasses grow**. London: Edward Arnold, 1972. 60p. (Studies in Biology, 34).

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2000, 531p.

LIETH, J.H.; CARPENTER, P. Modeling stem elongation and leaf unfolding of Easter lily during greenhouse forcing. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.44, p.149-162, 1990.

LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; CRUZ, C. R. Deformações Residuais Longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. **Revista Árvore - Viçosa**, v.28, n.1 p.107- 116, 2004.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas no Brasil**. Nova Odessa – SP: Editora Plantarum, 1992. 352p.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de Características das Madeiras Brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989. 418p.

MILTHORPE, F. L. The relative importance of the different stages of leaf growth in determining the resultant area. p. 141-148. 1956. In F.L. Milthorpe (ed.) The growth of leaves. **Proc.** 3rd Easter School in Agricultural Science. Univ. of Nottingham, Nottingham, England. Buttenvorths Scientific Publications, London. 1956.

MARTINS, F. B.; SILVA, J. C.; STRECK, N. A. Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocrono em duas espécies de eucalipto na fase de muda. **Revista Árvore**. Viçosa, v.31, n. 3, p. 373-381, 2007.

MATTOS, J. R. **O pinheiro brasileiro**. São Paulo: Grêmio Politécnico, 1972. 629p.

McCULLAGH, P.; NELDER, J. A. **Generalized linear models**. 2ed. London: Chapman & Hall, 1989. 511p.

MORAIS NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. de M.; TAKAKI, M.; CENCI, S.; GONÇALVES, J. C. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v.24, n.1, p.35-45, 2000.

NAVES, V. L.; ALVARENGA, A. A. de; OLIVEIRA, L. E. M. de. Comportamento estomático de mudas de três espécies florestais submetidas à diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa. **Ciência e Prática**, Lavras, v.18, n.4, p.408-414, out./dez. 1994.

NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, Puerto Rico, v. 26, n..2, p. 141-159, 1994.

NIENSTAEDT, H. Genetic variation in some phenological characteristics of forest trees. h LIETH, HELMUT. **Phenology and seasonality modeling**. New York, 1974, p. 389 – 400.

NORRIS, I. B.; THOMAS, H. The effects of cutting on regrowth of perennial ryegrass selections exposed to drought conditions. **Jornal of agriculture Science**, v.99, n.3, p. 547-553,1982.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidade vegetal**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1987. 33p. (Boletim Técnico, 114).

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, R. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, p. 70, 1997.

REITZ, R.; KLEIN, R. M. **Araucariaceae**. Itajai: Herbario Barbosa Rodrigues, 26p. 1966.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento, 1988. 525p.

RÉGENT INSTRUMENTS. Win/MacRHIZO V4.1c **Introduction manual**. Régent Instruments Inc., Quebec, Canada. 36p, 1999a.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. Growth and the problems of morphogenesis. p. 407-424. *In Plant physiology*. Wadsworth Publishing Company, Inc., Belmont, CA. 1969.

SAMPAIO, E. S. **Fisiologia Vegetal: teoria e experimentos**. Ponta Grossa, UEPG, 1998, p.179.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HOPPE, J. M. Produção da *Araucaria angustifolia* (BERT). O. Ktze. na região do planalto médio do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.2, n.1, p. 99-118, 1992.

SINNOTT, E. W. **Plant morphogenesis**. New York: Mcgrawn Hill Book Company, 1960, 550p.

SKINNER, R. H. e NELSON, C. J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllchron. **Crop Science**, Madison, v.35, p.821 – 829, 1973.

SOLÓRZANO-FILHO, J. A. **Dermografia e ecologia da disposição de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kutze (Araucariaceae), numa população relictual em Campos do Jordão, SP**. São Paulo ,2001, 145f.Dissertação (Mestrado em Ciências – Área de Ecologia), Departamento de Ecologia, Universidade de São Paulo.

SOMMER, K. J e LANG, A. R. G. Comparative analysis of two indirect methods of measuring LAI as applied to minimal and spur pruned grape vines. **Australian Journal Plant. Physiology**, v.21, p. 197-206, 1994.

STODDART, J. L.; THOMAS, H.; LLOYD, E.J e POLLOCK C.J. The use of a temperature-profiled position transducer for the study of low - temperature growth in *Gramineae*. **Planta**, Berlin,v.167, p.359-363, 1986.

STRECK, N. A. A generalized nonlinear air temperature response function for node appearance rate in muskmelon (*Cucumis melo* L.) **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p. 105 – 111.2002.

STRECK, N. A.; WEISS, A.; XUE, Q.; BAENZIGER, P. S. Incorporating a chronology response into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. **Annals of Botany**, Oxford, v.92, n.2, p.181-190, 2003.

STRECK, N. A.; TIBOLA, T.; LAGO, I.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; SCHNEIDER, F. M.; ZAGO, V. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. **Ciência Rural**, Santa Maria v.35, n.6, p.1275-1280, 2005.

SWEENEY, F. C.; HOPKINSON, J. M. Vegetative growth of nineteen tropical and subtropical pasture grasses and legumes in relation to temperature. **Tropical Grasslands**, Australia, v9, p. 209/217, 1975.

TOMLINSON, P. B.; GILL, A. M. Growth habit of tropical trees: some guiding principles. In: **Tropical forest ecosystems in Africa and South America: a comparative review**. Meggers, J. B.; Ayensu E. S. et Duckworth, W. D. eds, Smithsonian Inst. Press., Washington; p.129-143. 1973.

TROVATI, R. L, FERRZ. E. S. B. **Influencia da precipitação e da temperatura na densidade dos anéis de crescimento de *Pinus oocarpa***. IPEF, Piracicaba, n.26, p.31-36, 1984.

TYUL'PANOV, N. M. **Management of Forest parks**. Tradução do russo por N. Steigman. Washington. , National Science Foundation. 1969. 131p.

VILELA, A. E.; RAVETTA, D. A. The effect of radiation on seedling growth and physiology in four species of *Propolis* L.(Mimosaceae). **Journal of Arid Environmental**, London, v.44, n.4, p.415-423, 2000.

WILHELM, W. W.; MACMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, Madison, v. 35, n.1, p.1-3, 1995.

WILSE, C. P. Crop adaptation and distribution. São Francisco, 1962, p.448.

WETMORE, R. H.; STEEVES, T. A. Morphological introduction to growth and development. p. 3-166. In **Plant physiology**, a treatise. Academic Press, New York, 1971.

YAN, W.; HUNT, L. A. An equation for modeling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures. **Annals of Botany**, London, v.84, n.5, p.1-16,1995.

ANEXOS

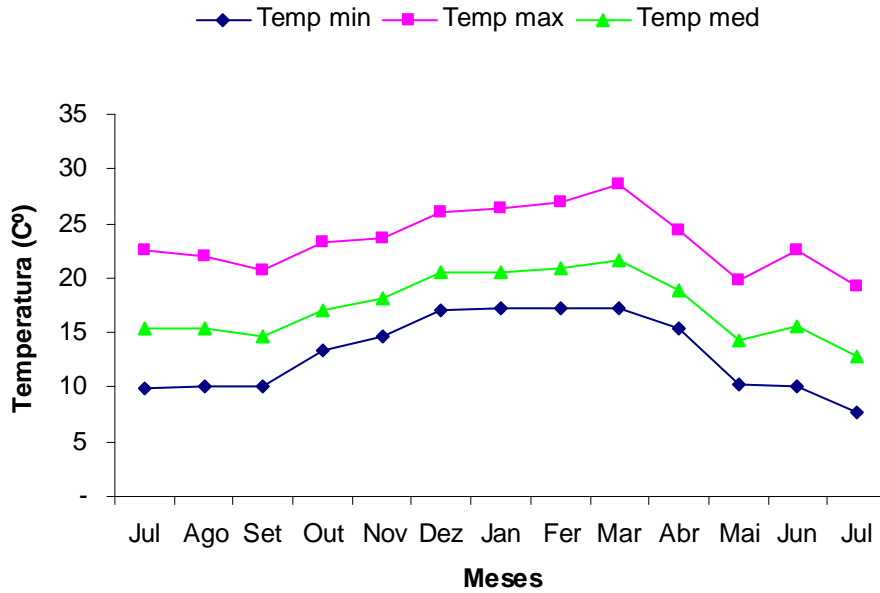
ANEXO 1 – Média e erro padrão da média para o comprimento dos ramos (Filocrono aparente) das oito árvores de *A.angustifolia* estudadas por dia e região cardeal.

Dias	Norte	Sul	Leste	Oeste
	Comprimento dos ramos	Comprimento dos ramos	Comprimento dos ramos	Comprimento dos ramos
0	17,67±1,12	16,04±1,56	14,95±1,08	15,84±2,56
30	23,17±1,69	21,25±2,40	20,01±1,60	20,67±2,04
60	28,00±2,26	25,52±3,26	24,12±2,09	25,31±2,56
90	32,85±2,63	33,63±3,46	28,52±2,23	32,08±2,60
120	52,87±4,80	57,57±6,30	48,01±4,63	52,77±4,41
180	131,61±9,95	142,81±11,81	128,56±9,75	137,15±12,16
210	191,93±14,49	205,57±17,15	197,78±16,12	198,14±17,38
240	241,90±18,93	255,57±22,42	262,99±20,74	246,60±22,50
270	269,08±19,84	277,17±24,50	284,43±22,89	286,81±21,57
300	282,86±23,82	294,72±27,48	306,20±27,04	319,86±22,80
330	290,66±24,63	301,41±28,64	311,89±28,09	328,72±24,99
360	294,67±25,77	305,87±27,79	316,05±31,13	331,22±27,51

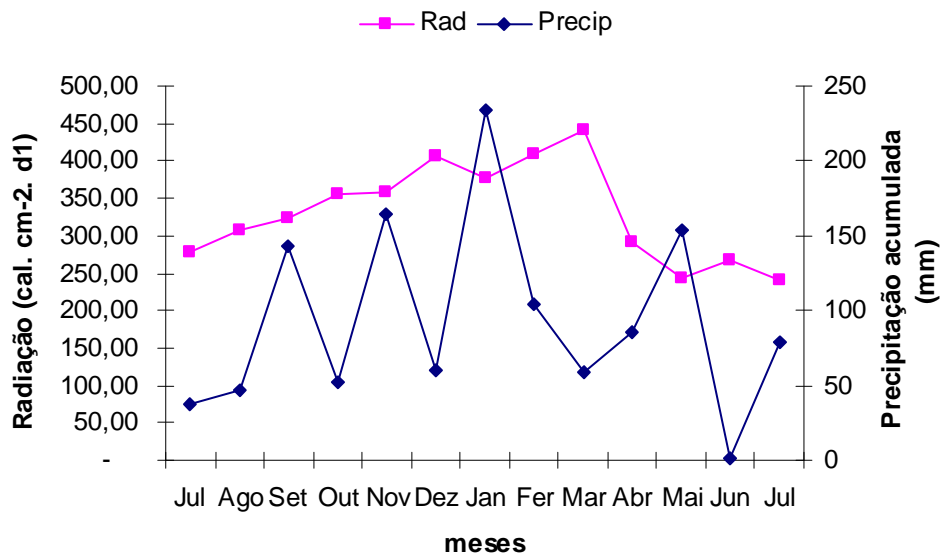
ANEXO 2 – Média e erro padrão da média para o número de acículas nos ramos (Filocrono aparente) das oito árvores de *A.angustifolia* estudadas por dia e região cardeal.

Dias	Norte	Sul	Leste	Oeste
	Número de acículas	Número de acículas	Número de acículas	Número de acículas
0	16,64± 0,9	15,06±1,29	15,75±1,05	15,68±1,43
30	19,04±1,25	18,04±1,38	18,75±1,22	18,77±1,62
60	22,52±1,49	20,79±1,89	22,00±1,71	21,05±1,81
90	29,58±2,61	29,32±2,50	27,54±1,96	28,54±2,35
120	44,12±3,44	48,96±5,03	42,58±3,07	46,00±3,99
180	89,17±6,83	91,44±7,33	83,62±4,34	89,52±7,33
210	127,39±8,56	131,70±9,38	129,08±8,86	129,57±10,66
240	164,69±11,46	166,78±12,03	170,60±11,35	165,27±13,83
270	184,54±11,80	183,69±12,73	186,17±12,21	194,45±14,02
300	196,05±14,15	203,26±16,78	204,27±14,58	217,47±15,28
330	203,21±15,31	209,04±17,57	211,04±15,61	229,05±17,28
360	208,36±16,70	212,93±17,49	214,71±17,72	232,11±19,33

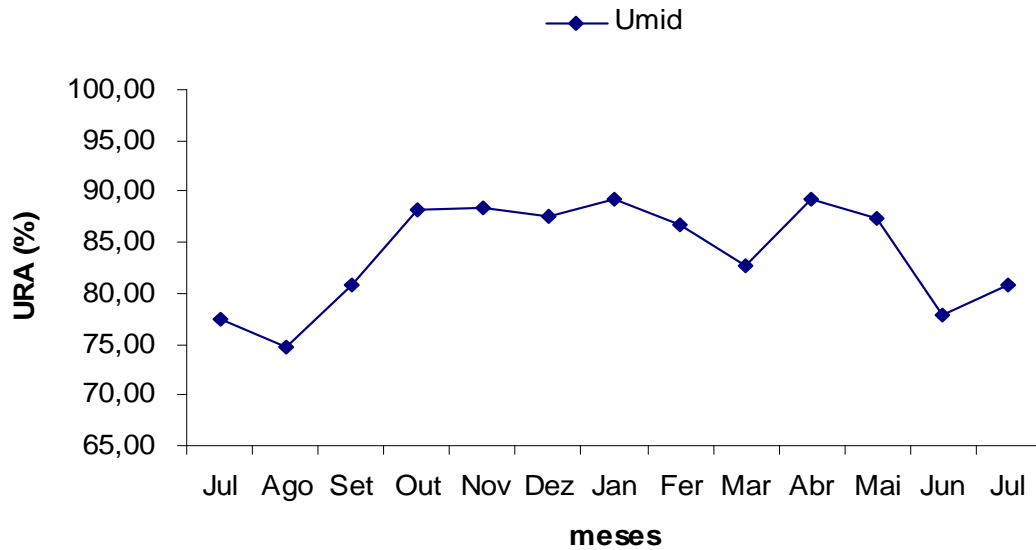
ANEXO 3 – Dados de temperatura (°C), máxima mínima e média do município de Colombo/PR, no período de 2006/2007. Fonte: SIMEPAR.



ANEXO 4 – Dados de precipitação (mm) e radiação (cal. cm⁻². d⁻¹) do município de Colombo/PR, no período de 2006/2007. Fonte: SIMEPAR.



ANEXO 5 - Dados de URA – umidade relativa do ar (%), do município de Colombo/PR, no período de 2006/2007. Fonte: SIMEPAR.



ANEXO 6 – Valores máximos (potencial de crescimento), mínimos (acículas apicais), e médios da área foliar entre ramos de *Araucaria angustifolia* juvenil entre 3 a 5 anos; Colombo, PR.

Ramos	Potencial de crescimento	Acículas Apicais	Média
1	12,51	2,02	7,21
2	20,19	0,93	12,25
3	12,84	3,22	8,61
4	11,56	2,88	7,33
5	10,54	3,63	6,82
6	11,45	3,43	7,72
7	10,24	2,98	7,79
8	9,91	1,73	6,08

ANEXO 7 – Curva de crescimento da área foliar de oito ramos com cinco acículas por posição no ramo, em *Araucaria angustifolia*; Colombo, PR.

