

AGRUPAMENTO DE UNIDADES AMOSTRAIS DE *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. EM FUNÇÃO DE VARIÁVEIS DO SOLO, DA SERAPILHEIRA E DAS ACÍCULAS, NA REGIÃO DE CANELA, RS

GROUPING OF SAMPLE UNITS OF *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. ACCORDING TO VARIABLES OF THE SOIL, OF BURLAP AND LEAFS, IN THE AREA OF CANELA, RS

Luciano Weber Scheeren¹ Eloidir José Gehrardt¹ César Augusto Guimarães Finger²
Solon Jonas Longhi² Paulo Renato Schneider²

RESUMO

A falta de conhecimentos específicos com respeito aos requisitos silviculturais da araucária motivou o desenvolvimento deste trabalho que teve como principais objetivos o agrupamento de unidades amostrais similares em razão dos fatores físicos e dos nutrientes do solo, das acículas e da serapilheira de um povoamento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Isso foi realizado mediante a comparação sistemática de uma distância estatística e da obtenção de funções discriminantes que permitiram classificar novas unidades amostrais nos grupos formados, para a Floresta Nacional de Canela (RS). Para tanto, foram utilizadas as técnicas de análise estatística multivariada de Análise de Cluster e Análise Discriminante. Por meio da Análise de Cluster, tomando-se por base uma matriz de doze casos (árvores) por 84 colunas (variáveis), foram obtidos três grupos, sendo estes distintos da classificação natural de sítios. Pela Análise Discriminante, foram determinadas duas funções discriminantes, que tomaram por base oito variáveis brutas, como suficientes para classificar novos indivíduos nos grupos obtidos pela Análise de Cluster.

Palavras-chave: *Araucaria angustifolia*, sítio, fatores ambientais.

ABSTRACT

The lack of specific knowledge with regard to the silvicultural requirements of the Paraná pine motivated the development of this work, that had as main objective the grouping of similar sample units according to the physical factors and to the nutrients of the soil, to the leaflets and to the burlap of a stand of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. This was accomplished through the systematic comparison of a statistical distance and through the obtaining of discriminant functions a allowed to classify new sample units in the groups, in the National Forest of Canela, RS. To do so the statistical techniques of multivariate analysis of Cluster and Discriminant Analysis were used. Through the Cluster Analysis, taking as base a head office of 12 cases (trees) for 84 columns (variables), 3 groups were obtained, being the same different from the natural site

1. Engenheiro Florestal, M.Sc., Acadêmicos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS).
2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97105-900, Santa Maria (RS).

classification. For the Discriminant Analysis two discriminant functions, were determined taking as base eight rude variables, enough to classify new individuals in the groups obtained by the Cluster Analysis.

Key words: *Araucaria angustifolia*, site, environmental factors.

INTRODUÇÃO

A araucária alcançou grande expressão econômica no Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina, e foi base para a implantação de um florescente e promissor parque industrial madeireiro.

Apesar da importância da espécie, ela está atualmente ameaçada de extinção. A exploração excessiva, sem a devida reposição, tem sido apontada como a principal razão dessa ameaça. Entretanto, outra importante causa da provável extinção, geralmente ignorada, é a falta de conhecimento do comportamento e requisitos silviculturais da espécie.

Um dos aspectos mais problemáticos da *Araucaria angustifolia*, como espécie para reflorestamento, está representado pelas suas elevadas exigências edáficas. Observa-se que, dentro de sua área de ocorrência natural, somente 25% da superfície dessa área apresenta condições economicamente vantajosas para o seu cultivo (IBDF, 1971).

Em povoamentos cultivados, espera-se um rápido crescimento, e nem todos os tipos de solos oferecem essa possibilidade, quando se cultiva araucária. Em locais onde essa espécie apresenta um rápido crescimento, os custos de implantação e o incremento volumétrico por hectare assemelham-se aos dos *Pinus* exóticos cultivados nas mesmas regiões, o que pode viabilizar o cultivo.

A determinação de quais as características ambientais que influenciam, de maneira quantitativa, o crescimento de araucária é uma tarefa de difícil realização, considerando-se o grande número de fatores envolvidos. Tal fato leva a desenvolver o interesse por investigações no sentido de conhecer quais seriam essas características do ambiente que influenciam de maneira tão representativa no desenvolvimento de uma determinada espécie.

Desse modo, no presente trabalho, realizou-se um estudo das propriedades químicas e físicas do solo e dos nutrientes das acículas e da serapilheira, em três diferentes habitats (sítios), buscando relacionar essas variáveis com o crescimento da araucária.

Por meio deste trabalho de pesquisa objetiva-se:

- a) Agrupar as unidades amostrais similares em pelos fatores físicos do solo e dos nutrientes do solo, da copa e da serapilheira mediante a comparação sistemática de uma distância estatística;
- b) Obter funções discriminantes que permitam classificar novas unidades amostrais nos grupos formados, para a Floresta Nacional de Canela (RS).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. é uma espécie nativa, conhecida como pinheiro-brasileiro, pinheiro-do-paraná e/ou pinho, no mercado interno. Apresenta madeira que pode ter

inúmeras utilizações e uma taxa de crescimento considerada média, quando comparada à espécies exóticas, tendo sido considerada a conífera de maior expressão econômica no País.

Para HUECK (1972), a região de ocorrência natural de araucária é verificada especialmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo. No Rio de Janeiro e Minas Gerais há ocorrências isoladas, sendo que uma pequena área penetra na Argentina.

No Brasil, para o autor acima mencionado, a ocorrência dessa espécie se limita entre as latitudes de 15° e 30° sul e longitudes de 43°30' e 57°30' oeste, apesar de admitir uma distribuição irregular.

GOLFARI (1967) situa a área de ocorrência natural em um clima temperado, em que a temperatura média anual varia de 13 a 18°C, caracterizando-se por verões frescos e invernos relativamente frios, com mínimas próximas a -8°C. VAN GOOR (1965) diz que os tipos climáticos de Köppen, Cwb, Cfb e Cfa, caracterizados por apresentarem chuvas bem-distribuídas durante o ano, não são limitantes, porém, altitudes abaixo de 600 metros são consideradas críticas para a espécie.

Com relação às necessidades nutricionais, de acordo com GABELMAN & LOUGHMAN (1987), um fator a ser considerado é que o mecanismo de especificidade na nutrição mineral de plantas integra um certo número de características morfológicas e anatômicas, como também processos fisiológicos e bioquímicos, resultando em diferenças na capacidade de absorção de nutrientes nas diferentes espécies.

Segundo Sarié *apud* GABELMAN & LOUGHMAN (1987), deve-se considerar também que os requisitos por nutrientes específicos para o crescimento vegetal são diferentes para cada genótipo de plantas.

Nos trabalhos de DE HOOGH *et al.* (1980) e DE HOOGH (1981), a deficiência de nitrogênio foi considerada como o fator de maior limitação do crescimento de *Araucaria angustifolia*. HOPPE (1980) também concluiu que o nitrogênio é o principal elemento limitante do crescimento de araucária em Passo Fundo (RS) e que embora o fósforo, cobre e boro estejam correlacionados positivamente com a altura dominante, não apresentam níveis muito deficientes. O autor também conclui que os fatores limitantes do crescimento podem variar de local para local.

SIMÕES & COUTO (1973) e BLUM (1980), em estudo de fertilização de *Araucaria angustifolia* no estado de São Paulo, concluíram que o nitrogênio e o fósforo são os principais elementos limitantes do crescimento.

Estudos de crescimento de *Araucaria angustifolia*, realizados por VAN GOOR (1965), referem-se a níveis críticos de fatores químicos. Para Ca + Mg esses níveis críticos estão situados em quantidades menores que 2mEq/100g de solo, saturação de alumínio maior que 50% e quantidade de P₂O₅/100g de solo menor que 40mg.

Estudo de avaliação de sítio, para *Araucaria angustifolia*, realizado no Planalto Sul do Brasil por DE HOOG & DIETRICH (1979), de modo geral, confirma os resultados de VAN GOOR (1965) sobre a existência de um mínimo de Ca + Mg ou uma saturação de bases muito baixas (<10%), para a ocorrência de um bom crescimento. Nesse estudo, a percentagem de saturação de

bases (V%) foi o fator químico do solo com maior significância sobre a qualidade do sítio para *Araucaria angustifolia*.

Em estudo comparativo entre *Pinus* spp. e *Araucaria angustifolia*, BLUM (1977) concluiu que para um bom desenvolvimento a araucária necessita absorver nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e boro em quantidades superiores às espécies de *Pinus*. O autor indica a deficiência de nitrogênio como o fator que mais afeta o crescimento, seguido de fósforo, potássio, cálcio, cobre e boro.

ANDRAE & KRAPFENBAUER (1983), em trabalho realizado com *Araucaria angustifolia*, destacam que as análises químicas do solo estimam somente as quantidades disponíveis de nutrientes. Os autores determinaram as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e alumínio na madeira, casca, raízes, acículas mortas, brotos vivos e mortos, em latossolo vermelho escuro, e concluíram que a quantidade de nutrientes contida na biomassa foi superior aos valores encontrados no solo e na serrapilheira.

Os autores citam ainda que as maiores concentrações de nutrientes localizam-se nos locais com atividade metabólica mais intensa. Isso ocorre porque esses nutrientes, ao serem absorvidos pela planta, são inicialmente translocados para os locais que se encontram em fase de crescimento, e de acordo com sua mobilidade são redistribuídos para outros locais.

DIETRICH (1977), em estudo sobre o local de amostragem na copa de *Araucaria angustifolia*, em povoamento com 25 anos de idade, destaca que a variação vertical de nutrientes pode ser de até 90% entre os verticilos. O autor comenta a importância da escolha de um verticilo representativo das condições médias para a amostragem de acículas e recomenda o uso do terceiro verticilo para essa finalidade, podendo também o segundo e o quarto verticilos serem adequados para tal fim.

HOPPE (1980) concluiu que o terceiro e o quarto verticilos mostram-se os mais indicados para serem utilizados como referência do estado nutricional de *Araucaria angustifolia*, em trabalho realizado com povoamento de 29 anos de idade em Passo Fundo (RS). Os referidos verticilos apresentaram as melhores correlações entre o conteúdo de nutrientes e a altura dominante, e entre o conteúdo de nutrientes e o incremento periódico dos últimos cinco anos.

A deposição de material orgânico, que constitui a serapilheira, é uma das principais formas de transferência de nutrientes que ocorrem no ecossistema florestal. A concentração de nutrientes na serapilheira provém de um processo que envolve vários fatores, desde a água da chuva que lava a copa carregando nas gotas alguns nutrientes para a manta para, posteriormente, se distribuir nas partículas do solo, auxiliando na decomposição desta.

ANDRAE & KRAPFENBAUER (1983) afirmam que, para encontrar quantidades apreciáveis de elementos fixados na serapilheira, é necessário que haja condições ideais de temperatura e precipitação bem-distribuída durante a decomposição.

CASSOL (1982) analisou aproximadamente 3000 kg/ha de serapilheira nas parcelas do latossolo roxo, e afirma que os tecidos orgânicos mortos e também os nutrientes de restos de raízes subterrâneos contribuem significativamente para o reservatório e para a circulação de nutrientes.

Para o mesmo autor, a concentração de nutrientes na serapilheira é resultado de uma dinâmica complexa que envolve não só sua disponibilidade e absorção pelas plantas, como também processos de redistribuição interna, lixiviação das copas pela água da chuva e até decomposição.

POGGIANI & MONTEIRO (1990) afirmam que a qualidade da serapilheira depositada pelas diferentes espécies florestais altera em poucos anos, de forma significativa, as características químicas do solo superficial, influenciando também o processo de regeneração natural do sub-bosque.

Em relação ao crescimento da *Araucaria angustifolia*, OLIVEIRA (1948) menciona que não pode ser encarado somente em termos de expressões químicas, mas que características físicas e mecânicas do solo devem ser estudadas, pois, em uma estrutura granular e com aeração suficiente, as raízes encontram maior capacidade de penetração.

Para BLUM (1977), o sistema radicular da *Araucaria angustifolia* não tolera más propriedades físicas do solo, principalmente em horizontes compactados, porosidade limitada, horizontes com água estagnada ou lençóis freáticos altos e impedimentos mecânicos, pois essas características prejudicam o crescimento radicular.

VAN GOOR (1965), GOLFARI (1967), BLUM (1977), DE HOOG & DIETRICH (1978,1979) e DE HOOG (1981) são unânimes em afirmar que a *Araucaria angustifolia* é muito exigente em relação à profundidade do solo. Considera VAN GOOR (1965) que um mínimo de 70 a 100 cm são necessários para um bom crescimento da espécie.

Considerando que a *Araucaria angustifolia* desenvolve um sistema radicular que pode alcançar de 2 a 4 m de profundidade, pressupõe-se que a espécie necessita de solos bem-aerados. Nesse sentido, muitos estudos referem-se à pressuposição de sua alta sensibilidade à deficiência de oxigênio. Por outro lado, em solos litólicos e hidromórficos, conforme ANDRAE & KRAPFENBAUER (1983), a araucária desenvolve uma raiz fasciculada de crescimento horizontal.

CASSOL (1982) concluiu que o solo mais adequado para a implantação da *Araucaria angustifolia* é o latossolo roxo, por propiciar melhor crescimento e produtividade. Os solos litólicos e gley pouco húmico, também avaliados pela autora, apresentaram produtividade inferior à do latossolo roxo, de aproximadamente 63 a 79% respectivamente. A autora afirma ainda que as frações de areia grossa e fina não mostraram correlação com as variáveis do crescimento e produtividade, já o teor de silte correlacionou-se negativamente com as variáveis do crescimento e produtividade desta, sendo que o percentual de argila do solo mostrou correlação positiva com a altura média e dominante, diâmetro dominante, incremento médio anual e produtividade. De acordo com a autora, a macroporosidade associada à boa drenagem e profundidade do latossolo roxo, explica em grande parte o maior crescimento verificado e, conseqüentemente, maior produtividade.

A análise multivariada corresponde ao ramo da matemática que trabalha com a investigação de numerosas variáveis simultaneamente. "A necessidade de análise multivariada surge toda vez que mais do que uma característica é mensurada em um número de indivíduos, e as relações entre essas características necessitam ser estudadas simultaneamente" (Krzanowski *apud* GAUCH, 1982).

O propósito da análise multivariada é tratar os dados como um todo, resumizando-os e

revelando sua estrutura. Em contraste, métodos estatísticos tradicionais tratam somente uma das diversas variáveis a cada tempo e não têm efeito para analisar tais agrupamentos de dados.

O tipo de análise a escolher dependerá da preferência do investigador e, mais ainda, do objetivo do estudo, que da natureza da vegetação. Quando o objetivo do estudo é cartografar ou descrever a vegetação, a classificação é mais adequada. Se o objetivo é determinar as relações entre a vegetação e o ambiente, a ordenação simplifica as interpretações. Em geral, recomenda-se que, se os dados forem muito heterogêneos, convém classifica-los e ordena-los por classe separadamente, facilitando a computação e interpretação (Goodall *apud* LONGHI, 1997).

LONGHI (1997), em estudo de estratificação da vegetação arbórea em Floresta Ombrófila Mista, na região de Passo Fundo (RS), utilizando técnicas estatísticas multivariadas de Análise de Agrupamento e Análise Discriminante, obteve seis grupos florísticos. O autor concluiu que as técnicas de agrupamentos, baseadas em matriz de similaridade quantitativa, se mostraram bastante adequadas na estratificação de comunidades florestais, facilitando a análise destas.

Matteucci & Colma *apud* LONGHI (1997) consideram dois tipos de técnicas de classificação: (1) Análise discriminante que aloca indivíduos em classes previamente estabelecidas e (2) Análise de agrupamento que cria as classes ou agrupamentos, com base em informações contidas nos dados.

Pode-se utilizar três métodos de agrupamento: (1) Tabela de arranjo que busca ordenar a matriz de dados em espécies por amostra, colocando as amostras e as espécies na ordem de exibição dos dados que melhor demonstre a estrutura intrínseca dos dados (Braun-Blanquet, Poore, Moore, Fitzsimons *et al. apud* GAUCH, 1982). (2) Classificação não-hierárquica que somente coloca amostras similares (ou espécies) em agrupamentos. O pesquisador pode controlar o número de agrupamentos formados. (3) Classificação hierárquica que coloca amostras similares (ou espécies) em agrupamentos e, adicionalmente, arranja os grupos dentro de uma hierarquia, em uma estrutura chamada de dendrograma, que indica as relações entre os grupos (Sneath & Sokal, Everitt, Gauch & Whittaker, Simon *apud* GAUCH, 1982).

As técnicas de agrupamento hierárquico baseiam-se em uma série de fusões sucessivas (método aglomerativo) ou de divisões sucessivas (método divisivo). No método aglomerativo hierárquico existe, no início, tantos grupos quanto objetos, dessa forma muitos objetos semelhantes são agrupados e posteriormente fundidos a outros grupos de acordo com suas similaridades e, aumentando-se o critério de similaridade, pode-se formar um único grupo. O método divisivo hierárquico faz o trabalho em direção oposta, sendo o grupo inicial de objetos dividido em dois grupos, de forma que os objetos de um grupo sejam distantes dos objetos do outro, estes subgrupos são novamente divididos em subgrupos não-semelhantes, até que existam tantos subgrupos quanto objetos. O agrupamento dos objetos dentro do método hierárquico é feito por ligações que podem ser simples (método do vizinho mais próximo), completas (método do vizinho mais distante), médias (distância média) ou pelo método de Ward (método da mínima variância), sendo geralmente utilizado em matrizes muito grandes (Johnson & Wichern *apud* LONGHI, 1997).

Para GAUCH (1982), a classificação é relevante por quatro aspectos: (1) O erro pode ser reduzido pela combinação das amostras de um agrupamento dentro de uma média única ou de uma

amostra composta. (2) A classificação é efetiva para sumarizar a redundância de dados. Por exemplo, quinhentas amostras podem ser colocadas em quinze classes que representam efetivamente a variabilidade presente nos dados e que constituem um número que facilita o trabalho. (3) As tabelas de arranjo expressam as relações entre amostras e espécies; a classificação hierárquica expressa as relações entre amostras ou espécies; a Classificação não-hierárquica indica agrupamentos ou entidades similares, mas não indica um número maior de relações entre os agrupamentos. (4) "Outliers" podem ser detectados simplesmente por nenhuma amostra ter falhado para o agrupamento com outras amostras para um determinado e pequeno nível de similaridade.

A técnica multivariada conhecida como Análise Discriminante, trata de separar conjuntos distintos de objetos (observações) e fixar (alocar) novos objetos em conjuntos ou grupos previamente definidos, e a análise de agrupamento, considerada distinta do método de classificação anterior, refere-se a um número restrito de grupos ou classes homogêneas conhecidos, em que o objetivo operacional é fixar uma nova observação em um dos grupos, sendo que essa técnica mais primitiva não permite que nenhuma suposição seja feita antecipadamente quanto ao número de grupos a serem obtidos.

O critério de agrupamento empregado, na maioria dos algoritmos, é uma medida de similaridade ou de distância estatística, entre os elementos de uma matriz de dados. A distância Euclidiana é a métrica de maior emprego nas análises de agrupamentos e a que apresenta maior facilidade de cálculo.

A análise discriminante reduz o número de variáveis para um menor número de parâmetros, que são funções discriminantes linearmente dependentes das variáveis originais. Dessa forma, os grupos podem ser visualizados em um espaço multidimensional, muitas vezes menor que o original, e os coeficientes das funções discriminantes indicarão a contribuição das variáveis originais para cada função discriminante.

MATERIAL E MÉTODO

Os dados para o presente estudo foram obtidos na Floresta Nacional de Canela, FLONA de Canela (RS), localizada no município de Canela, Rio Grande do Sul. A área de estudo situa-se entre as coordenadas geográficas 29°18' de latitude sul e 50°53' de longitude oeste.

A região fisiográfica onde está situada a FLONA de Canela é denominada de Encosta Superior do Nordeste, sendo zona de ocorrência de floresta natural de araucária.

O clima dominante na região, segundo o sistema KÖPPEN, é do tipo "Cfb1", temperado úmido (MORENO,1961). De acordo com IPAGRO (1989), a região do município de Canela possui temperatura média anual de 14,8°C, precipitação média anual de 1821mm e umidade relativa do ar média de 80%. Na região ocorre frequentemente a formação de geadas, podendo ocasionalmente ocorrer precipitação de neve.

O solo da região enquadra-se na formação Serra Geral, especificamente no grupo de solo São Bento e unidade de mapeamento Bom Jesus, sendo pouco desenvolvido e classificado como

Cambisol Húmico. Suas principais características são: álico, textura argilosa, relevo ondulado a forte ondulado e substrato basáltico. Predominam solos profundos, moderadamente drenados, de coloração escura e bruno avermelhada, friáveis, ácidos e com baixa saturação de bases, apresentado teores elevados de alumínio trocável e teores altos de matéria orgânica, chegando a 5% no horizonte A. A fertilidade natural do solo é elevada.

A variação mais freqüente nestes solos diz respeito à ocorrência de perfis mais rasos, com horizonte B menos profundo, perfis litólicos, perfis hidromórficos de altitude e afloramentos de rochas.

A área da FLONA conta com uma carta de sítios naturais determinados por IBAMA (1989) cujas características principais são:

Sítio I: Localiza-se nas planícies, partes inferiores das encostas e planos superiores do relevo, abrangendo 46,6% da área total interna dos talhões. O húmus presente neste sítio é do tipo Moder. O solo apresenta uma profundidade mínima de 60 cm, porém com raros afloramentos de rocha, textura franco argilosa, estrutura granular a blocos subangulares, friável, pegajoso, plástico, moderadamente drenado e de coloração escura.

Sítio II: Abrange as áreas mais íngremes, as partes superiores das encostas, bem como as áreas com afloramento de rochas e representa 47,3% das áreas internas dos talhões. O húmus é do tipo Moder. O solo caracteriza-se por ser raso, apresentando uma camada de impedimento ao desenvolvimento das raízes acima dos 20 cm, com coloração escura, argiloso, granular, friável, pegajoso e com pedras soltas na superfície.

Sítio III: Apresenta um relevo pouco movimentado em forma de depressão irregular com afloramento de rochas individualizadas e ocupa 3,9% das áreas internas dos talhões. O húmus é do tipo Moder. O solo desse sítio é profundo com presença de resíduos de rochas ao longo do perfil, cor marrom avermelhada, franco argiloso, granular, com estrutura em blocos, friável, plástico, pegajoso e com boa porosidade.

Metodologia para levantamento de dados

Foram traçadas três linhas, com 150 m de comprimento cada, sobre o mapa da classificação natural de sítios realizada por IBAMA (1989), de forma que cada linha ficou sobre uma das classes naturais do sítio em estudo. Sobre cada linha, foram locadas quatro unidades amostrais, dispostas de maneira equidistante. Dessa forma, tem-se doze unidades amostrais para as três classes naturais de sítio em estudo.

As unidades amostrais foram temporárias, utilizadas somente para uma única coleta de dados. O método de Bitterlich foi utilizado para a locação das unidades amostrais, sendo as árvores selecionadas com probabilidade proporcional ao seu diâmetro (Amostra por Contagem Angular). Para o desenvolvimento desse método procede-se valendo-se de um ponto fixo, fazendo-se um giro de 360°, comparando o ângulo selecionado com os indivíduos observados. No caso do diâmetro da árvore ser maior ou igual ao ângulo selecionado, esta é incluída na unidade amostral. Se o diâmetro da árvore for menor que o ângulo selecionado, ela não é incluída na unidade amostral.

O ângulo selecionado, para esse levantamento, foi de 2°17'32'', que corresponde ao Fator de Área Basal (FAB) quatro (4) e à banda quatro do relascópio de Bitterlich, dessa forma, cada árvore selecionada em uma unidade amostral (ACA) representa uma área basal de 4 m²/ha.

Foi determinada em cada ACA a árvore de altura dominante média, segundo o conceito de Pollanschütz (h_{Poll}), em que, para um fator de área basal igual a quatro, a altura média das três árvores de maior diâmetro corresponde à árvore de altura dominante média.

Em cada ACA, foram coletados quatro perfis de solo, retirados com um cilindro extrator de 7 cm de diâmetro até 20 cm de profundidade. Esses perfis foram distribuídos de forma equidistante, nos pontos cardeais (norte, sul, leste e oeste), sob a projeção da copa da árvore de altura dominante média. Cada perfil foi dividido em dois horizontes geométricos, sendo o horizonte A₁ de 0 a 10 cm e o horizonte A₂ de 10 a 20 cm de profundidade.

Mediante a homogeneização dos dois horizontes geométricos das posições norte e sul de uma mesma ACA, obteve-se uma amostra média desse horizonte geométrico para a análise química do solo. Para a análise física dos solos foram utilizados os dois horizontes geométricos leste e oeste de cada ACA. Dessa forma, com base nos dois horizontes A₁ (norte e sul) homogeneizados, obteve-se uma amostra média do horizonte A₁, pela qual foram realizadas as determinações dos teores de nutrientes no solo. O mesmo procedimento foi utilizado para o horizonte geométrico A₂. Dessa forma, nos três sítios em estudo, tem-se um total de 48 perfis de solo, sendo que, após o preparo das amostras, obtém-se doze amostras médias do perfil A₁ e doze amostras médias do perfil A₂.

Após o preparo das amostras da fração fina do solo, com peneira de 2 mm, utilizando os perfis norte e sul, estas foram enviadas para o laboratório de solos do Centro de Ciências Rurais da UFSM para que fosse realizada, para cada horizonte geométrico, a determinação quantitativa dos nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, zinco, cobre e manganês), segundo metodologia descrita por TEDESCO *et al.* (1995). Também foi realizada a determinação do pH em água deionizada, em suspensão solo-água na proporção de 1:1, por meio de potenciômetro. A avaliação do teor de matéria orgânica (%M.O.), para cada horizonte geométrico, é feita por combustão úmida com bicromato de sódio e ácido sulfúrico.

Em seguida, foi realizada a determinação da massa seca das amostras da fração fina do solo das amostras leste e oeste, sendo que as amostras foram enviadas para o Laboratório de Solos do Centro de Ciências Rurais da UFSM para a determinação da textura em cada horizonte do solo. Cada horizonte geométrico teve também determinada a sua densidade aparente, em gramas por centímetro cúbico (g/cm³), obtida com base no volume de cada horizonte e de sua respectiva massa seca, pela secagem do material a uma temperatura de 50°C por 24 horas (TEDESCO *et al.*, 1995).

A determinação da profundidade do solo foi realizada para cada ACA, utilizando-se um trado de rosca. Para isso, foi realizada a amostragem de pontos equidistantes em 5 m sob a projeção da copa da árvore de altura dominante média, locados sobre uma linha que corresponde ao maior diâmetro da ACA. A profundidade do solo de cada ACA foi determinada nos sentidos de aclave e declive.

Para cada árvore de altura média selecionada na ACA, foi realizada a coleta de acículas com,

aproximadamente, um ano de idade, no segundo e terceiro verticilos, sendo coletado aproximadamente 0,5 kg de acículas em cada verticilo. A coleta de acículas foi realizada nos quatro pontos cardeais de cada verticilo, buscando coletar, em cada ponto aproximadamente a mesma quantidade de acículas para que se tivesse uma amostra homogênea de cada verticilo, de acordo com metodologia descrita por HOPPE (1980).

As amostras das acículas do segundo e terceiro verticilos foram acondicionadas em sacos de papel, sendo identificadas com fita rotex de acordo com a ACA em que foram coletadas.

Essas amostras foram secadas em estufa a 50°C por 48 horas e posteriormente trituradas, sendo então realizadas as análises químicas quantitativas do conteúdo de nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, zinco, ferro, manganês e sódio, segundo metodologia descrita por TEDESCO *et al.* (1995).

Em cada ACA, foram coletadas cinco amostras de serapilheira acumulada com uma bandeja metálica de 25 x 25 cm. Essas amostras foram distribuídas de forma equidistante sob a projeção da copa da árvore de altura dominante média. No laboratório, essas amostras foram secadas em estufa à temperatura de 60 a 70°C até peso constante. A seguir, tiraram-se duas subamostras das cinco amostras coletadas as quais foram trituradas para a realização da análise química. Essas amostras foram enviadas para o Laboratório de Análises do Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para quantificar os teores de macro e micronutrientes.

Para a determinação dos fatores químicos e físicos do solo e os fatores químicos da copa e da serapilheira, que afetam o crescimento de *Araucaria angustifolia*, foram utilizadas as técnicas de estatística multivariada de Análise de Agrupamento (Cluster) e Análise Discriminante, sendo essas técnicas realizadas por meio de computador com a utilização do programa estatístico SPSS (1996). A relação de variáveis utilizadas pode ser observada na Tabela 1.

As análises de agrupamento foram realizadas utilizando-se o Método Aglomerativo Hierárquico. Inicialmente cada parcela representou um grupo com similaridade nula, à medida que se admitiu alguma similaridade entre as parcelas ou se expandiu o conceito de similaridade, formaram-se novos grupos, até que todas as parcelas passaram a formar um grupo único, no qual a similaridade entre estas foi máxima.

Para a união entre os grupos, foi utilizado o Método Ward, o qual permite calcular inicialmente a média de todas as variáveis em cada classe. Em seguida, para cada caso, é calculada a distância Euclidiana quadrática. Em cada passo, os dois grupos que se unem são aqueles que resultam do menor incremento, na soma geral da distância quadrática entre os grupos.

A seqüência de agrupamentos obtida é apresentada em forma de Dendrograma (Diagrama em Árvore). A hierarquia resultante pode ser observada num índice (escala ou nível de agregação), pois cada ligação corresponde a um valor numérico que representa o nível no qual têm lugar os agrupamentos. Quanto maior o índice, mais heterogêneas são as parcelas agrupadas. Uma vez formado o dendrograma, a separação dos grupos é feita observando-se as ramificações formadas num corte em determinado nível, geralmente na metade da maior distância, embora possa ser feito segundo um critério subjetivo pessoal.

TABELA 1: Relação de variáveis utilizadas na análise multivariada dos fatores ambientais de *Araucaria angustifolia*.

Variável	Descrição	Variável	Descrição
Al ₁	Alumínio disponível no solo (0-10 cm)	pH7 ₁	CTC com pH 7 no solo (0-10 cm)
Al ₂	Alumínio disponível no solo (10-20 cm)	pH7 ₂	CTC com pH 7 no solo (10-20 cm)
B ₁	Boro disponível no solo (0-10 cm)	P _T	% de Fósforo nas acículas
B ₂	Boro disponível no solo (10-20 cm)	SAl ₁	% de saturação de Alumínio no solo (0-10 cm)
Ca ₁	Cálcio disponível no solo (0-10 cm)	SAl ₂	% de saturação de Alumínio no solo (10-20 cm)
Ca ₂	Cálcio disponível no solo (10-20 cm)	SBas ₁	% de saturação de Bases no solo (0-10 cm)
CaK ₁	Relação Cálcio/Potássio (0-10 cm)	SBas ₂	% de saturação de Bases no solo (10-20 cm)
CaK ₂	Relação Cálcio/Potássio (10-20 cm)	SMP ₁ *	Índice SMP (0-10 cm)
CaMg ₁	Relação Cálcio/Magnésio (0-10 cm)	SMP ₂ *	Índice SMP (10-20 cm)
CaMg ₂	Relação Cálcio/Magnésio (10-20 cm)	S _T	% de Enxofre nas acículas
Ca _T	% de Cálcio nas acículas	Zn ₁	Zinco disponível no solo (0-10 cm)
Cu ₁	Cobre disponível no solo (0-10 cm)	Zn ₂	Zinco disponível no solo (10-20 cm)
Cu ₂	Cobre disponível no solo (10-20 cm)	Zn _T	ppm de Zinco nas acículas
Cu _T	Ppm de Cobre nas acículas	Arefi ₁	% Areia fina (0-10 cm)
EF ₁	CTC efetiva no solo (0-10 cm)	Arefi ₂	% Areia fina (10-20 cm)
EF ₂	CTC efetiva no solo (10-20 cm)	Aregr ₁	% Areia grossa (0-10 cm)
Fe _T	ppm de Ferro nas acículas	Aregro ₂	% Areia grossa (10-20 cm)
HA1 ₁	Hidrogênio mais Alumínio (0-10 cm)	Arg ₁	% Argila (0-10 cm)
HA1 ₂	Hidrogênio mais Alumínio (10-20 cm)	Arg ₂	% Argila (10-20 cm)
H _{dom}	Altura dominante	B _{SER}	% Boro na serapilheira
Idade	Idade em anos	Ca _{SER}	% Cálcio na serapilheira
K ₁	Potássio disponível no solo (0-10 cm)	Cu _{SER}	% Cobre na serapilheira
K ₂	Potássio disponível no solo (10-20 cm)	Dens ₁	Densidade do solo (0-10 cm)
KCaMg ₁	Potássio/ $\sqrt{\text{Cálcio} + \text{Magnésio}}$ (0-10 cm)	Dens ₂	Densidade do solo (10-20 cm)
KCaMg ₂	Potássio/ $\sqrt{\text{Cálcio} + \text{Magnésio}}$ (10-20 cm)	Fe _{SER}	% Ferro na serapilheira
K _T	% de Potássio nas acículas	K _{SER}	% Potássio na serapilheira
Mg ₁	Magnésio disponível no solo (0-10 cm)	Mg _{SER}	% Magnésio na serapilheira
Mg ₂	Magnésio disponível no solo (10-20 cm)	Mn _{SER}	% Manganês na serapilheira
MgK ₁	Relação Magnésio / Potássio (0-10 cm)	Na _{SER}	% Sódio na serapilheira
MgK ₂	Relação Magnésio / Potássio (10-20 cm)	N _{SER}	% Nitrogênio na serapilheira
Mg _T	% de Magnésio nas acículas	Profac ₁₀	Profundidade do solo em Aclive a 10 m
Mn ₁	Manganês disponível no solo (0-10 cm)	Profac ₁₅	Profundidade do solo em Aclive a 15 m
Mn ₂	Manganês disponível no solo (10-20 cm)	Profac ₅	Profundidade do solo em Aclive a 5 m
Mn _T	ppm de Manganês nas acículas	Profdec ₁₀	Profundidade do solo em Declive a 10 m
MO ₁	% de Matéria Orgânica no solo (0-10 cm)	Profdec ₁₅	Profundidade do solo em Declive a 15 m
MO ₂	% de Matéria Orgânica no solo (10-20 cm)	Profdec ₅	Profundidade do solo em Declive a 5 m
Na _T	ppm de Sódio nas acículas	P _{SER}	% Fósforo na serapilheira
N _T	% de Nitrogênio nas acículas	Silte ₁	% de Silte no solo (0-10 cm)
P ₁	Fósforo disponível no solo (0-10 cm)	Silte ₂	% de Silte no solo (10-20 cm)
P ₂	Fósforo disponível no solo (10-20 cm)	S _{SER}	% Enxofre na serapilheira
PH ₁	Potencial de Hidrogênio no solo (0-10 cm)	Textura	Textura do solo
PH ₂	Potencial de Hidrogênio no solo (10-20 cm)	Zn _{SER}	% Zinco na serapilheira

O método discriminante utilizado foi o STEPWISE, selecionado as variáveis que entram na análise, baseando-se nas suas capacidades de discriminação. O processo inicia-se com a seleção da variável que apresenta maior valor de discriminação. Essa variável é comparada com as demais

variáveis, uma de cada vez, e o critério de seleção (maior valor de discriminação) é novamente aplicado. Dessa forma, a variável que, juntamente com a primeira variável selecionada, produzir o melhor valor para o critério de seleção, é a segunda variável escolhida para entrar na análise. Essas duas variáveis selecionadas são combinadas com as remanescentes, uma de cada vez, e a combinação que apresentar o maior valor para o critério de seleção determinará a terceira variável a entrar na equação. O método de seleção foi o Lambda de Wilk's, que considera como critério de seleção de variáveis o valor da estatística F multivariada, para o teste de diferença entre os centróides dos grupos. A variável que maximiza o valor da estatística F, também minimiza o Lambda de Wilk's, que é uma medida de discriminação entre os grupos. Também se buscou determinar funções discriminantes que permitam classificar novos indivíduos nos grupos e identificar os indivíduos como membros de um dos "n" grupos obtidos, bem como para estimar a probabilidade de classificações corretas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doze árvores dominantes amostradas, distribuídas em três sítios naturais, foram analisadas com base em 84 variáveis que expressam quantitativamente o conteúdo de nutrientes e os fatores físicos do solo e os nutrientes da copa e da serapilheira, formando, dessa forma, uma matriz de doze colunas por 84 linhas (matriz de dados brutos). Sendo que as árvores 1, 2, 3 e 4 pertencem ao sítio I, as árvores 5, 6, 7 e 8 pertencem ao sítio II e as árvores 9, 10, 11 e 12 pertencem ao sítio III, segundo a classificação natural de sítios (IBAMA, 1989).

Na Figura 1, pode ser observado o Dendrograma, obtido da matriz de dados brutos, pela Análise de Cluster, utilizando-se a distância Euclidiana como medida de similaridade entre as parcelas. Os números no eixo vertical representam a distância Euclidiana reescalada de 0 a 25 e, no eixo horizontal, as árvores que geram os grupos.

A definição dos grupos foi feita pelo traçado de uma linha paralela ao eixo horizontal. Alguns autores recomendam que essa linha seja traçada partindo da distância Euclidiana média (metade da maior distância), o que forneceria dois agrupamentos. Entretanto, neste trabalho, adotou-se um critério mais restritivo, sendo traçada a linha paralela ao eixo horizontal na distância Euclidiana de 7,5.

O método Ward de ligação (Método da Mínima Variância), utilizado nessa análise, apresentou-se eficiente para realizar os agrupamentos, com base na matriz de dados heterogêneos utilizada nesse estudo. Observa-se que a linha traçada paralelamente ao eixo horizontal (eixo dos casos), denominada "Linha Fenon", intercepta três ramos das ligações. Dessa forma, de um total de doze parcelas analisadas, após a classificação, têm-se três novos e distintos agrupamentos formados.

Nota-se que o denominado "Grupo I" ficou constituído, respectivamente, pelas árvores 5, 11, 10, 12, 9 e 1. O segundo grupo formado por esse método, denominado "Grupo II", ficou constituído pelas árvores 2, 7 e 6 e o terceiro grupo, denominado "Grupo III", ficou constituído pelas árvores 3, 8 e 4.

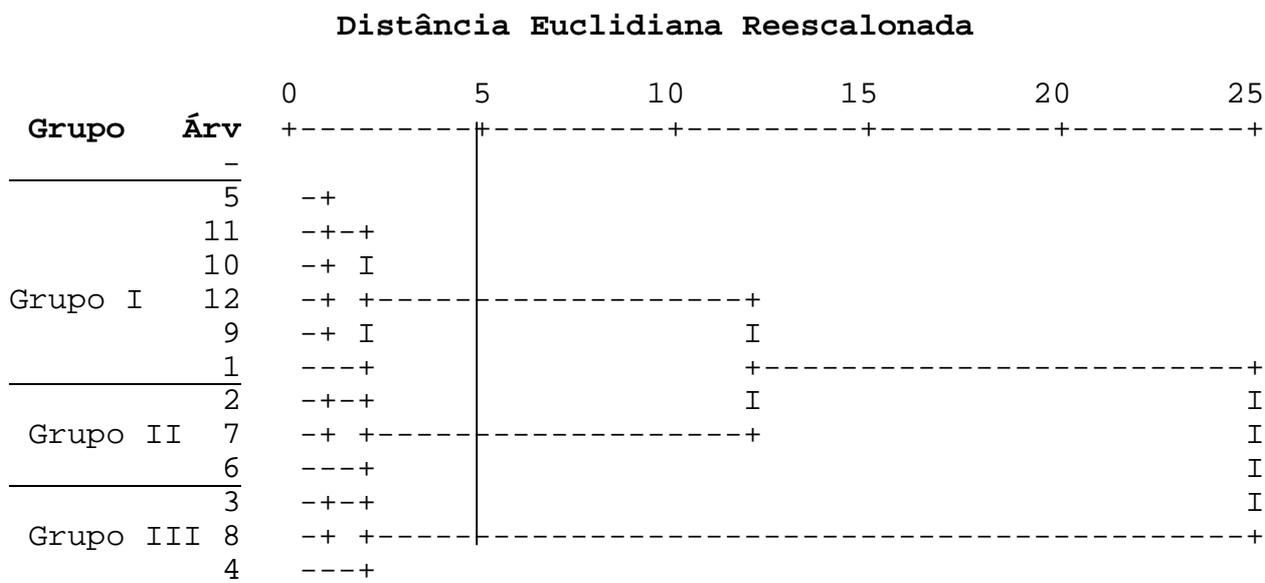


FIGURA 1: Dendrograma obtido com base na matriz de dados brutos, utilizando-se o método de ligação de Ward, com "Linha Fenon" separando os respectivos grupos .

As árvores que limitam os grupos apresentam estreita similaridade com o grupo vizinho, sendo que se destaca a similaridade da árvore 1 ("Grupo I") com o "Grupo II", que é menor que a similaridade da árvore 6 ("Grupo II") com o "Grupo III". Entretanto, por causa da maior similaridade com o grupo a que pertencem, não se justifica uma possível mudança de grupo dessas árvores.

Tais grupos, obtidos com base nas variáveis que expressam quantitativamente o conteúdo de nutrientes e os fatores físicos do solo, e os nutrientes da copa e da serapilheira, indicam a formação de grupos distintos dos encontrados na classificação natural de sítios realizada por IBAMA (1989).

A Análise Discriminante, realizada com base nos três grupos encontrados na Análise de Cluster, determinou funções que permitem classificar novas unidades amostrais dentro dos grupos para os quais apresentem maior probabilidade de pertencer, permitindo também verificar a precisão da classificação por Cluster e indicar as parcelas classificadas incorretamente.

A matriz de dados brutos foi utilizada na Análise Discriminante, pois dessa forma, as funções discriminantes obtidas têm a vantagem de utilizar diretamente os valores mensurados das variáveis, facilitando a localização de novos pontos (amostras) que venham a ser incluídos nos grupos.

Valendo-se da matriz de correlação entre as variáveis, obtida com base na matriz de dados brutos, determinaram-se os valores do Lambda de Wilk's, F, e a significância obtida para cada variável, permitindo interpretar a real capacidade de discriminação destas, na formação dos grupos.

A variável Mn_T , que apresentou maior valor de F e, conseqüentemente, menor valor do Lambda de Wilk's, foi a primeira variável a ser selecionada para entrar na análise. Essa variável tem o mais alto critério de seleção e foi pareada com as demais, uma de cada vez, para selecionar a segunda melhor variável discriminante (Mg_2), e assim sucessivamente. Após oito passos, foram

selecionadas oito variáveis com real poder de discriminação, sendo elas, respectivamente: Mn_T (Manganês nas acículas), Mg₂ (Magnésio na profundidade de 10-20 cm), AREFI₂ (Areia fina na profundidade de 10-20 cm), K_T (Potássio nas acículas), Ca_T (Cálcio nas acículas), Mg_{Ser} (Magnésio na serapilheira), Zn₁ (Zinco na profundidade de 10-20 cm) e Cu₁ (Cobre na profundidade de 10-20 cm). As demais variáveis, com valores de F menores que 3,84, após os oito passos, foram eliminadas da análise. Essas variáveis apresentam importância limitada na separação dos grupos, isto é, baixo poder de discriminação.

Após a definição das variáveis discriminantes, procedeu-se à determinação das funções discriminantes lineares de Fisher. Os testes estatísticos com respeito ao procedimento de seleção do número de funções discriminantes encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2: Estatísticas do teste de seleção das funções discriminantes para a matriz de dados brutos.

Função	Autovalor	% Variância	% Variância acumulada	Correlação canônica
1	2.117,838	67,1	67,1	1,000
2	1.036,357	32,9	100,00	1,000

Foram necessárias apenas duas funções discriminantes para representar 100% da variância total. Houve uma predominância da Função 1 sobre a Função 2, pois a primeira explica 67,1% da variância total. Tal comportamento foi confirmado pelos elevados valores dos coeficientes de correlação canônica, que mostram um alto grau de relacionamento entre as duas funções discriminantes e o grupo de variáveis.

TABELA 3: Coeficientes padronizados das funções discriminantes canônicas, para a matriz de dados brutos.

Variáveis	Função 1	Função 2
AREFI ₂	6,546	-18,915
Ca _T	5,395	-14,930
Cu ₁	2,654	9,531
K _T	-16,681	17,866
Mg ₂	20,102	2,710
Mg _{SER}	-7,114	-13,939
Mn _T	11,581	11,979
Zn ₁	1,461	12,183

Analisando os coeficientes padronizados das funções discriminantes (Tabela 3), observa-se que não ocorreu predominância de uma ou de determinadas variáveis nas funções discriminantes. Mesmo assim, é possível afirmar que na primeira função discriminante padronizada destacam-se as variáveis magnésio na profundidade de 10-20 cm (Mg₂) e o potássio nas acículas (K_T), e na segunda função discriminante as variáveis areia fina na profundidade de 10-20 cm (AREFI₂) e o Potássio nas acículas (K_T).

Observa-se também que as variáveis Cu₁ e Zn₁ na Função 1 e a variável Mg₂ na Função 2 tiveram pouca contribuição nas funções discriminantes e, com isso, pouco contribuem na

classificação dos grupos.

Utilizando-se os coeficientes das funções discriminantes padronizadas, foram calculados os escores para cada variável. Esses escores permitem, quando necessário, uma reclassificação das amostras, podendo esta ser considerada como um teste de verificação da capacidade discriminante das funções obtidas, apresentadas na Tabela 3.

Na Tabela 4, encontram-se os centróides ou pontos médios de cada grupo, nas duas funções discriminantes, sendo esses pontos demarcados no Mapa Territorial (Figura 2).

TABELA 4: Centróides das funções discriminantes canônicas, para os três grupos obtidos.

Grupo	Função 1	Função 2
1	6,650	-27,489
2	-62,222	20,910
3	48,923	34,067

A Tabela 5 contém os percentuais de classificação correta e incorreta dos casos, utilizando-se as funções discriminantes canônicas. Observa-se que, nos três grupos determinados pela análise discriminante, todos os indivíduos foram classificados corretamente, conforme o obtido na análise de Cluster.

TABELA 5: Resultados da classificação das amostras nos três grupos determinados, utilizando-se as duas funções discriminantes.

Grupo atual	N. de casos	Grupos estimados		
		1	2	3
1	6	6	0	0
		100,00%	0,0%	0,0%
2	3	0	3	0
		0,0%	100,00%	0,0%
3	3	0	0	3
		0,0%	0,0%	100,00%

Os resultados da Tabela 5, comprovam a precisão dessa técnica de agrupamento, podendo-se, considerar ainda que as duas funções discriminantes podem ser utilizadas para classificar novos indivíduos dentro dos grupos.

Para a classificação de um novo indivíduo, em um dos três grupos, calcula-se o valor de cada função discriminante para esse indivíduo, por meio das funções da Tabela 3, e as distâncias Euclidianas do ponto calculado aos centróides de cada grupo (Tabela 4). A menor distância Euclidiana em relação a um dos centróides, apresentados na Figura 2, indica o grupo a que pertence o novo indivíduo.

Com base no exposto, observa-se que a técnica de Análise Discriminante apresentou-se eficiente no agrupamento de indivíduos (árvores) por causa dos fatores físicos do solo e dos conteúdos de nutrientes do solo, da copa e da serapilheira, pois permitiu uma classificação precisa dos indivíduos diferenciados pela Análise de Cluster, além de permitir a alocação de novos

indivíduos nos grupos obtidos.

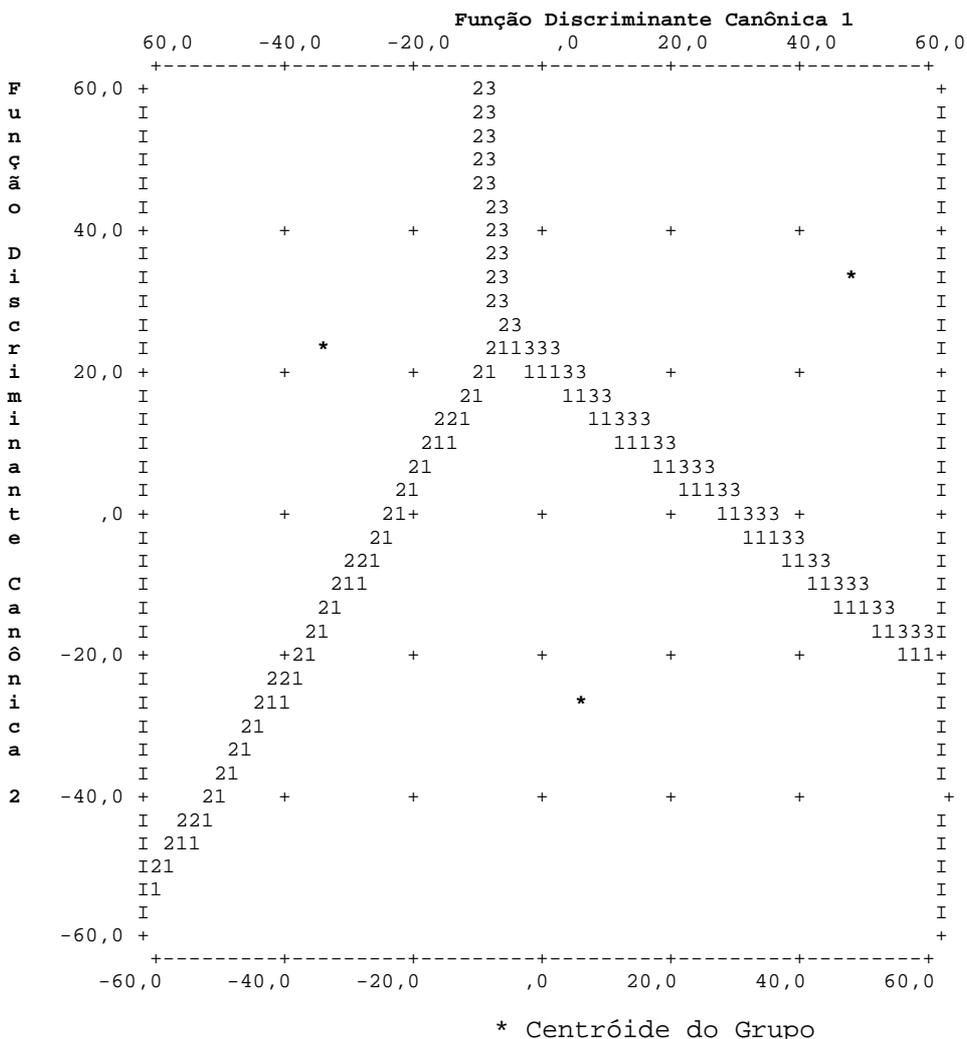


FIGURA 2: Mapa territorial dos grupos determinados, com a localização de seus respectivos centróides.

CONCLUSÕES

Os conteúdos quantitativos dos fatores físicos e nutrientes do solo, nutrientes das acículas e da serapilheira revelam a existência de três grupos distintos entre as árvores analisadas, segundo a Análise de Cluster.

As variáveis Mn_T (manganês nas acículas), Mg_2 (magnésio na profundidade de 10-20 cm), $AREFI_2$ (areia fina na profundidade de 10-20 cm), K_T (potássio nas acículas), Ca_T (cálcio nas acículas), Mg_{Ser} (magnésio na serapilheira), Zn_1 (zinco na profundidade de 10-20 cm) e Cu_1 (cobre na profundidade de 10-20 cm) apresentam maior poder discriminante, originando duas funções

discriminantes que possibilitam a classificação de novos indivíduos (árvores) nos grupos formados pela Análise de Cluster.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRAE, F. H.; KRAPPENBAUER, A. Inventario de um reflorestamento de araucária de 17 anos, em Passo Fundo – RS: inventário de nutrientes. In: PESQUISAS AUSTROBRASILEIRAS 1973-1982 SOBRE *Araucaria angustifolia*, *Podocarpus lambertii* E *Eucalyptus saligna*, 1983, Santa Maria. **Proceedings...**Santa Maria: Imprensa Universitária, 1983. 112 p.
- BLUM, W. E. H. Ecologia da *Araucaria angustifolia* e futuras condições de reflorestamento no Sul do Brasil. **Brasil Madeira**, Curitiba, v. 7, p. 10-12, 1977.
- BLUM, W. E. H. Site-nutrition-growth interrelationship of *Araucarias*. In: PROBLEMAS FLORESTAIS DO GÊNERO ARAUCÁRIA, 1980, Curitiba. **Proceedings...** Curitiba: FUPEF, 1980. 382 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 30).
- CARRARO, C. C.; GAMERMANN, N.; EICK, N. C. *et al.* **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Instituto de Geociências, UFRGS, 1974. 29 p.
- CASSOL, C. A. **Relações entre características do solo, crescimento e produtividade em povoamento implantado de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., em Passo Fundo – RS**. 1982. 72 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- DE HOOGH, R. J.; DIETRICH, A. B. Classificação de sítio, tabela de volume e de produção para povoamentos artificiais de *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasil Florestal**, Brasília, n. 36, p. 58-82, 1978.
- _____. Avaliação de sítio para *Araucaria angustifolia*.(Bert.) O. Ktze. em povoamentos artificiais. **Brasil Florestal** , v. 10, n. 37, p. 19-71, 1979.
- DE HOOGH, R. J.; VAN GOOR, C. P.; BLUM, W. E. H. Response of planted *Araucaria angustifolia* to N, P, K, Ca and B fertilization, 3 and 7 years after application. In: PROBLEMAS FLORESTAIS DO GÊNERO ARAUCÁRIA, 1980, Curitiba. **Proceedings...** Curitiba: FUPEF, 1980. 382 p.
- DE HOOGH, R. J. **Site-nutrition-growth relationships of *Araucaria angustifolia*. (Bert.) O. Ktze. In Southern Brazil**. 1981. 161 p. Tese (Ph. D.) – Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg.
- DIETRICH, A. B. **Relações entre dados analíticos do solo, análise foliar e dados de crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze**. 1977. 70 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

- GOLFARI, L. Coníferas aptas para repoblaciones forestales en el Estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 6, p. 7-62, 1967.
- HUECK, K. **As florestas da América do Sul**. São Paulo: Polígono, 1972. p. 206-39.
- HOPPE, J. M. **Relações entre dados analíticos do solo, análise foliar e dados de incremento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., na FLONA de Passo Fundo, RS**. 1980. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- IBAMA. **Plano de manejo para a Floresta Nacional de Canela (RS)**. Santa Maria: FATEC/UFSM, 1989. 398 p.
- IBDF. **Zoneamento econômico florestal do Estado do Rio Grande do Sul**. Curitiba, 1971. 125 p.
- IPAGRO. Seção de Ecologia Agrícola. **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1989. 3 v.
- GABELMAN, W. H.; LOUGHMAN, B. C. Editorial. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GENETIC ASPECTS OF PLANT MINERAL NUTRITION, 2., 1985, Madison. **Proceedings...** Netherlands: Martinus Nijhoff Publishers, 1987. 629 p.
- GAUCH, H. G. Jr. **Multivariate analysis in community ecology**. New York: Cambridge University Press, 1982. 298 p.
- LONGHI, S. J. **Agrupamento e análise fitossociológica de comunidades florestais na sub-bacia hidrográfica do rio Passo Fundo–RS**. 1997. 198 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. 251 p.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.
- MOTA, F. S.; BEIRSDORF, M. I. C.; GARCEZ, J. R. B. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina: normais agroclimáticas**. Pelotas: Instituto de Pesquisa Agropecuária do Sul, 1971. v.1
- OLIVEIRA, B. As regiões de ocorrência normal de *Araucaria angustifolia*. **An. Bras. Econ. Flor.**, Rio de Janeiro, v.1, p.185-199, 1948.
- POGGIANI, F.; MONTEIRO, C. C. Efeito da implantação de maciços florestais puros na reabilitação do solo degradado pela mineração do xisto betuminoso. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais ...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. p. 275-81.
- SIMÕES, J. W.; COUTO, H. T. Z. Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do Pinheiro do Paraná *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. cultivado em vaso. **IPEF**, Piracicaba, v. 7, p. 3-40, 1973.
- STATISTICAL PACKAGE FOR THE SOCIAL SCIENCES: programa de computador, ambiente Windows. Chicago, 1996. Versão 7.5.1.

- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. *et al.* **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de solos, UFRGS, 1995.174 p. (Boletim técnico, 5).
- VAN GOOR, C. P. Classificação da capacidade da terra em relação ao reflorestamento com *Pinus elliottii* Eng. var. *elliottii* e *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., no Estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, v. 4, p. 349-366, 1965.