

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
JÂNIO DOS SANTOS BARBOSA

**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E SUA RELAÇÃO NO
CRESCIMENTO DA *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze SOB UM TESTE DE
PROGÊNIES DE SEGUNDA GERAÇÃO**

Curitibanos

2017

JÂNIO DOS SANTOS BARBOSA

**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E SUA RELAÇÃO NO
CRESCIMENTO DA *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze SOB UM TESTE DE
PROGÊNIES DE SEGUNDA GERAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Florestal, do Centro de Ciências Rurais, do Campus de Curitibanos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Florestal.
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Karina Soares Modes.

Curitibanos

2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

BARBOSA, JANIO DOS SANTOS
ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E SUA RELAÇÃO NO
CRESCIMENTO DA Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze SOB
UM TESTE DE PROGÊNIES DE SEGUNDA GERAÇÃO / JANIO DOS
SANTOS BARBOSA ; orientadora, KARINA SOARES MODES, 2017.
28 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal,
Curitibanos, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. ELETROQUÍMICA. 3. FÍSICA DO
SOLO. 4. NATIVAS. I. MODES, KARINA SOARES. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Florestal. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Coordenação do Curso de Engenharia Florestal
Rodovia Ulysses Gaboardi km 3
CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC
TELEFONE: (048)3721-4170 E-mail: engenharia.florestal@contato.ufsc.br

JANIO DOS SANTOS BARBOSA

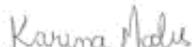
**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E SUA RELAÇÃO NO
CRESCIMENTO DA *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze SOB UM TESTE DE
PROGÊNIES DE SEGUNDA GERAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Profa. Dra. Karina Soares Modes

Data da Defesa: 09/06/2017

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:



Presidente e Membro Titular: Profa. Dra. Karina Soares Modes
Universidade Federal de Santa Catarina
Campus de Curitibanos
Departamento de Agricultura Biodiversidade e Florestas



Membro Titular: Profa. Dra. Carla Eloize Carducci
Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Agrárias



Membro Titular: Msc. Samara Martins Barbosa
Universidade Federal de Lavras
Departamento de Ciência do Solo

Local: Universidade Federal de Santa Catarina
Campus de Curitibanos
Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Florestal

AGRADECIMENTOS

Ao Deus todo poderoso que até aqui me ajudou.

A minha família, especialmente aos meus pais Cícero Barbosa e Zenilda Barbosa, minha irmã Geovânia e meu cunhado Wagner, a princesa Ana (linda do tio), pelo apoio e incentivo proporcionado ao longo dessa jornada, amo vocês.

À Profª. Drª. Carla Eloize Carducci pela orientação e amizade, você foi fundamental para meu processo de aprendizagem, quantos ensinamentos compartilhados. Obrigado pela confiança e paciência “minha orientadora forever”.

À Profª. Drª. Karina Sores Modes pela orientação, parceria e apoio (nossos bambus).

À UFSC, minha segunda casa, obrigado a todos os professores e técnicos que fazem o Campus de Curitibanos e fizeram diferença para minha formação.

A minha companheira de casa, Melina Bonatto, obrigado pelo apoio e amizade, uma irmã para mim.

Aos queridos colegas de laboratório, Letícia Salvi Kohn, Kristem C. R. Silva, Gustavo H. Mozzer e Jonathan S. Fucks, por todo o auxílio, brincadeiras e descontração nas horas de trabalho.

Aos graduandos Raul Fagundes e Fernanda Abreu e Engenheira Florestal Larissa Topanotti pela ajuda nas coletas de dados.

Aos colegas que a UFLA me presenteou Erika A. Silva (super sincera), Pedro A. N. Benevenuto (vamos cantar) e Samara M. Barbosa (uma linda) pela parceria e encontros.

Aos meus amigos Juliano Bonfim, Crislany Barbosa, Aline Mesquita, Priscila Alves, Karla silva, Yslanilson Orlean, Jessica Ane, Adriana Roberta, Valéria Vanessa, Héilton Walner e Thamyra Cybelle a turma do médio.

E a todos que de alguma forma contribuíram para este momento.

Meus sinceros agradecimentos.

**“Dono de toda ciência, sabedoria e poder, oh, dá-me de beber da água da fonte da vida”
(Preto no Branco).**

RESUMO

Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze, é uma espécie nativa da Floresta Ombrófila Mista, intensamente explorada que chegou à exaustão na década de 80. Atualmente, apenas os plantios são a principal fonte de madeira que se encontra no mercado. Seu crescimento e desenvolvimento é dependente de boas condições físicas e químicas do solo, como densidade do solo, matéria orgânica e pH. A ação antrópica quanto ao uso e prática de manejo empregado é um fator determinante para qualidade do solo, pois se realizado de forma inadequada podem causar degradação estrutural e, conseqüentemente, prejudicar o desenvolvimento da espécie. O objetivo deste trabalho foi caracterizar os atributos físicos e químicos do solo e sua relação com o crescimento da *Araucaria angustifolia*. Para a realização do estudo foram adotados dois tratamentos que partiram da inclinação do terreno que varia de plano a fortemente ondulado, ou seja, cota alta e cota baixa, respectivamente. Abriam-se 14 trincheiras, sete em cada tratamento, distribuídas de acordo com as progênies escolhidas aleatoriamente e visualmente para análise, sendo retiradas amostras de solos deformadas e preservadas em duas profundidades 0-0,10 m e 0,10- 0,15 m para determinação dos atributos físicos: densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total; e atributos químicos: carbono orgânico fracionado ao tamanho de agregado do solo, pH H₂O, pH KCl, balanço de cargas e ponto de Carga Zero. Coletaram-se ainda informações referentes ao diâmetro das árvores à altura do peito (DAP) e altura total (ht) para estimativa do volume (m³) de madeira, bem como a amostragem de acículas para análise nutricional. O desempenho do crescimento das progênies observado visualmente no local do teste associada aos resultados obtidos a partir da avaliação desse estudo comprovou um melhor desenvolvimento para cota mais alta (terreno plano), pois a mesma detém de condições que agregam valores benéficos quanto ao incremento no volume de madeira, carbono orgânico e porosidade total. O carbono orgânico no solo melhorou as propriedades físicas e químicas, servindo de suporte para estabilidade estrutural, e de aporte aos elementos minerais: N, P, K, e outros micronutrientes, os quais se correlacionam e respondem ao desenvolvimento da espécie.

Palavras-chave: Eletroquímica. Física do solo. Nativas.

ABSTRACT

Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze, a native species of the mixed, intensely exploited ombrophilous forest came to exhaustion in the 1980s. Today, only plantations are a major source of wood that is on the market. Its growth and development is dependent on good physical and chemical soil conditions, such as soil density, organic matter and pH. The anthropic action on the use and management practice employed is a determinant factor for the soil quality, consequence of inadequate formation that can cause structural degradation and, consequently, damage the development of the species. The objective of this work was to characterize the physical and chemical attributes of the soil and its relationship with *Araucaria angustifolia* growth. For a study, two treatments are required that divide the slope of the terrain, varying the plane of a strong corrugated, that is, high and low, 14 trenches were opened, seven in each treatment, distributed according to the Selected progenies Randomly and visually for analysis, samples of deformed and preserved soils were collected at two depths 0-0.10 m and 0.10 - 0.15 m for determination of the physical attributes: Soil density, Part density, Total porosity; Chemicals: Organic fractionated organic carbon to soil aggregate size, pH H₂O, pH KCl, Car balance and Zero Load Point, also data of breast height diameter (DAP) and total height (ht) for volume estimation (m³) of wood and leaves for leaf analysis. The data were submitted to the normality test of Shapiro-wilk and analysis of variance (P<0.05) when pertinent as averages and compared by the Tukey's test (p<0.05) with the aid of the Sisvar program. The progeny growth performance observed visually at the test site associated to the results obtained from the study evaluation, demonstrates a better development for higher quota, since one owns the largest increment in the volume of wood, TOC and PT. The organic carbon not only improves as physical and chemical properties, serving as support for structural stability, and of contribution to mineral elements: N, P, K, and other micronutrients, which correlate and respond to the development of the species.

Keywords: Electrochemistry. Soil physics. Natives.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do teste de progênies de segunda geração.	12
Figura 2 - Mapa da área do teste de progênies.	13
Figura 3 - Valores médios de COT fracionado por tamanho de agregados.	18
Figura 4 - Correlação entre COT e volume de madeira das progênies.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização granulométrica do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico em diferentes profundidades sob o teste de progênies de segunda geração.	13
Tabela 2 - Atributos químicos do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico em diferentes camadas sob o teste de progênies de segunda geração.	14
Tabela 3 - Atributos físicos do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,15 m de para o teste de progênies.	17
Tabela 4 - Valores médios de pH em H ₂ O, pH em KCl, balanço de carga líquida (Δ pH) e PCZ (ponto de carga zero), nas profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,15 m do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.	19
Tabela 5 - Análise foliar de macro e micronutrientes das acículas da <i>Araucaria angustifolia</i> presentes no teste de progênies.	21
Tabela 6 - Inventário das variáveis dendrométricas para os dois tratamentos: Ca (cota alta) e Cb (cota baixa) sob o teste de progênies de segunda geração.	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
2.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	12
2.2	ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO	13
2.3	ATRIBUTOS DENDROMÉTRICOS.....	15
2.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	16
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.1	ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.....	17
3.2	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	18
3.3	ANÁLISE FOLIAR E VOLUME DAS PROGÊNIES	21
5	CONCLUSÃO.....	25
	REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

Espécie de característica exclusiva da floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária), nas formações Aluvial, Submontana, Montana e Alto-Montana (VELOSO et al., 1991), a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, ou ainda conhecida como pinheiro-brasileiro, pinheiro-do-paraná ou simplesmente araucária cobria cerca de 177.600 km² do território nacional, mais de 30% da Região Sul do Brasil, formando uma das principais fitofisionomias dessa região (HOPPE e CALDEIRA, 2003).

Em função da grande exploração ocasionada pelo processo de ocupação de terras, atividades agropecuárias e seu potencial econômico, a espécie chegou ao ponto de exaustão de suas reservas naturais no final da década de 80 (SILVA et al., 2001), em que a madeira de araucária era a principal fonte de matéria-prima para construção civil, trabalhos de caixotaria, móveis, laminados e pasta mecânica para a fabricação de papel, com vendas inclusive para diversos países como madeira serrada e laminada (HOPPE e CALDEIRA 2003).

Atualmente, os plantios são a principal fonte de madeira de araucária que se encontra no mercado. Uma provável explicação para a pequena área reflorestada reside na falta de conhecimento das exigências silviculturais da araucária, principalmente das técnicas de plantio e manejo que favoreçam o desenvolvimento a campo. Koch e Correa (2002) fizeram referência à seleção inadequada dos locais a serem reflorestados que estão diretamente ligados ao clima e solo, podendo diminuir o interesse pela espécie, principalmente pelos maus resultados obtidos.

O crescimento e desenvolvimento da araucária é dependente de adequadas condições físicas, químicas e hídricas do solo por ser uma planta altamente exigente em água e nutrientes. De acordo com Gerhardt et al. (2001), em áreas com boas condições físicas pode apresentar incrementos significativos na qualidade da madeira além do caráter de preservação ambiental dessa cultura, devido seu emprego em reflorestamentos com fins comerciais.

Dentre os atributos físicos do solo que se fazem importante nesse sentido, pode-se mencionar a porosidade que influencia toda a distribuição de água e ar no solo. Santos et al. (2010), atribuiu que a qualidade e quantidade do volume de solo disponível ao desenvolvimento do sistema radicular consiste principalmente na porosidade total, e ainda incluem-se atributos importantes como textura, densidade do solo e carbono orgânico do solo.

Segundo Zinn et al. (2012) se torna complexo o estudo do carbono orgânico do solo devido a sua ampla variação ambiental, o relevo e declividade são alguns dos fatores representativos que respondem acerca da qualidade e quantidade de carbono orgânico

presentes no solo, e ainda tem relação direta com a susceptibilidade do solo a erosão, no movimento da água superficial e sub-superficial, entrada de energia e, conseqüentemente, a disponibilidade dos elementos nutritivos para espécie.

Além disso, o estudo da relação entre a capacidade produtiva de povoamentos florestais, atributos do solo e do relevo, torna-se essencial quando se tem como objetivo o manejo racional da floresta e dos recursos indiretos por ela mantidos, no qual evita a exaustão e a degradação, e visa a máxima produtividade sustentável, principalmente, quando se referem às florestas nativas (JONAS, 2003).

Na área onde estão alocadas aproximadamente 30 progênies de *Araucaria angustifolia* observa-se heterogeneidade quanto aos parâmetros de crescimento entre árvores de uma mesma progênie plantadas em terrenos distintos quanto a declividade, necessitando, portanto, de uma investigação no que se refere a caracterização física e química do solo, além de dados dendrométricos, sendo esse aspecto relevante para o entendimento dos processos dinâmicos que ocorrem nesse solo e que influencia de modo direto ou indireto no desenvolvimento da espécie.

Dessa forma o objetivo deste trabalho foi caracterizar os atributos físicos e químicos do solo e sua relação com o crescimento da *Araucaria angustifolia*.

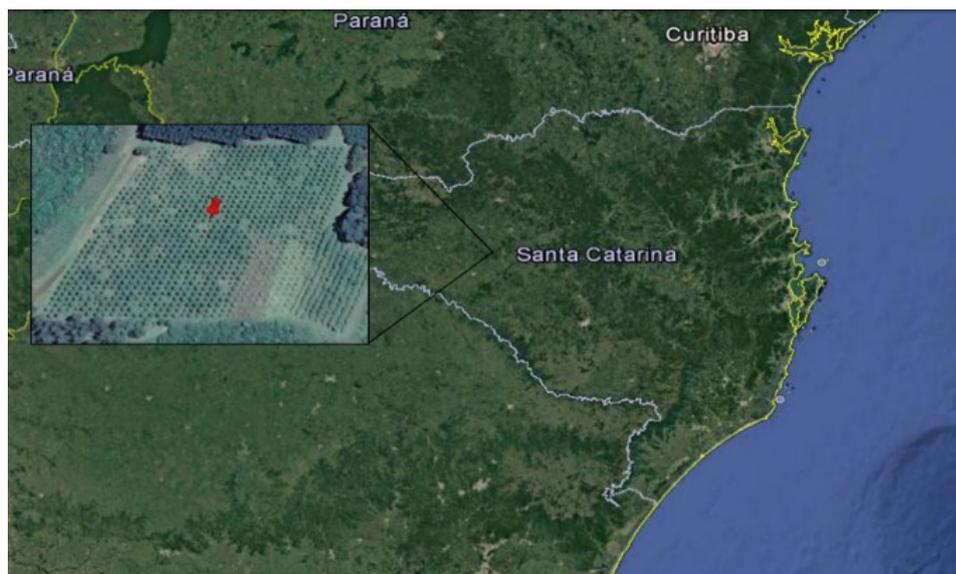
2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O presente estudo foi desenvolvido na Área Experimental Florestal da Universidade Federal de Santa Catarina localizada na fazenda Forquilha, município de Curitibanos-SC (27°19'07' latitude e 50° 42' 36' longitude) (Figura 1). O clima da região é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfb) segundo classificação de Köppen.

A avaliação ocorreu em uma área com cerca de 1,8 ha onde é realizado testes de progênies de segunda geração para a espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. O experimento, coordenado pela Embrapa Florestas, foi instalado em março de 2011, conta com 33 blocos (repetição) e 30 progênies, onde cada planta representa uma parcela, as mesmas estão distribuídas de forma aleatória com espaçamento de 4 x 4 m.

Figura 1 - Localização do teste de progênies de segunda geração.



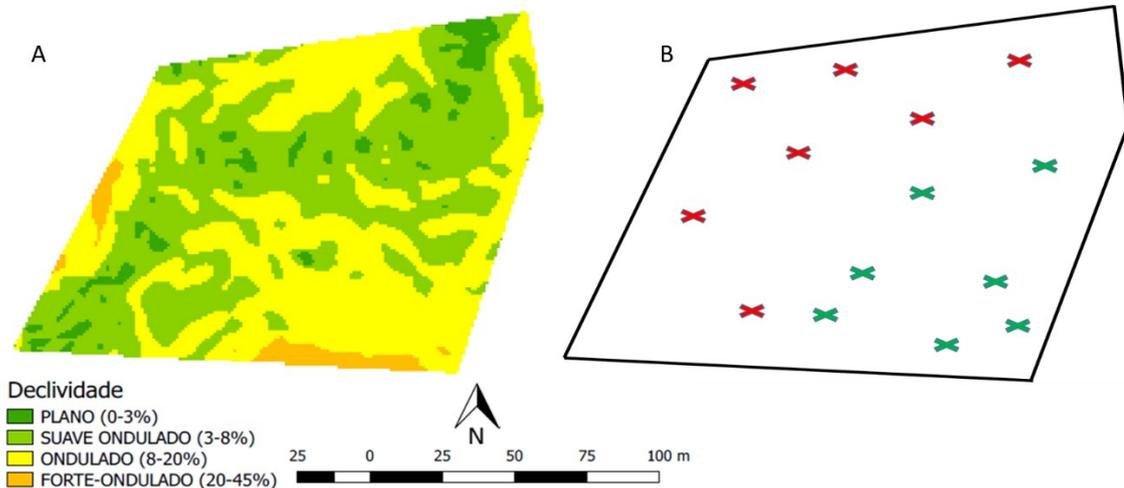
Fonte: O autor (2017)

Em relação ao histórico da área, a mesma no passado foi utilizada para o cultivo de milho. Durante o plantio das mudas de araucária não foram utilizadas máquinas e nem implementos para o preparo do solo, apenas abertura de covas. As covas foram adubadas com 120g do formulado 9-33-12 (NPK) e decorrido 3 meses após o plantio, com subsolador de uma haste (profundidade de 0,60 m) foi feita a escarificação na entrelinha de plantio, a 0,50 m de distância das mudas para descompactação do solo. Para condução do experimento são realizadas duas roçadas ao ano.

Para a realização desse estudo a área total foi dividida em duas subáreas identificadas

pela diferença de cota, ou seja, um relevo plano a forte ondulado (EMBRAPA, 1979), originando dois tratamentos: cota alta e cota baixa (Figura 2).

Figura 2 - Mapa da área do teste de progênies.



A) Declividade do teste de progênies de segunda geração, B) croqui da área onde pontos vermelhos representam cota alta e pontos verdes cota baixa. Fonte: O autor (2017).

O solo sob o teste de progênies de segunda geração foi classificado de acordo com a Embrapa (2013) como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico de textura argilo-siltoso (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização granulométrica do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico em diferentes profundidades sob o teste de progênies de segunda geração.

Tratamentos	0-0,10 m			0,10-0,15 m		
	Argila	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte
	g kg ⁻¹					
Ca	495	99	409	407	68	524
Cb	507	45	447	491	56	453

Ca: Cota alta e Cb: Cota baixa. Fonte: O autor.

2.2 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO

Na entrelinha das progênies foram coletadas sete amostras de solo deformadas e preservadas em anéis volumétricos ($\approx 45 \text{ cm}^3$) para cada tratamento, em duas profundidades 0-0,10 m e 0,10-0,15 m com três repetições, para a caracterização química e física do solo.

Para a caracterização da fertilidade do solo foram realizadas análises químicas na camada de 0-0,15 m de profundidade no laboratório de análise de solo da Universidade Federal de Lavras (Tabela 2).

Tabela 2 - Atributos químicos do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico em diferentes camadas sob o teste de progênes de segunda geração.

Tratamento	Profundidadesm.....	pH	K ...mg.dm ⁻³ ...	P	Ca	Mg	Al	H+Al	t	T	SB	V	m
												%.....
Ca	0-0,10	4,7	85,75	3,96	10,46	4,48	0,10	13,72	15,26	28,99	15,16	52,49	0,66
	0,10-0,15	5,5	115,95	3,99	7,29	3,73	0,10	5,77	11,42	17,09	11,32	66,22	0,88
Cb	0-0,10	5,8	128,89	2,46	5,19	4,22	0,10	4,99	9,84	14,73	9,74	66,13	1,02
	0,10-0,15	5,1	79,28	2,46	4,32	3,23	0,10	8,14	7,85	15,89	7,75	48,79	1,27

Ca: Cota alta e Cb: Cota baixa. t: capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva T: capacidade de troca catiônica (CTC) pH 7,00, SB: Soma de bases trocáveis, V:Índice de saturação de bases, m: Índice de saturação por alumínio. Fonte: O autor (2017).

A partir das amostras deformadas foram determinadas a granulometria pelo método da pipeta, densidade de partícula pelo método do balão volumétrico, conteúdo de carbono orgânico total pela oxidação da matéria orgânica, pH H₂O e pH KCl (EMBRAPA, 2011).

O carbono orgânico total foi avaliado em frações de agregados do solo, como não existe um procedimento padronizado para amostragem e peneiramento (MADARI et al., 2005), adaptou-se uma metodologia semelhante de Castro Filho et al. (1998, 2002) e Madari et al. (2005). As amostras de solo foram peneiradas através de um conjunto de três peneiras com aberturas: 9,52, 4,76 e 2,38 mm, resultando em três classes de agregados. Os valores obtidos de carbono orgânico foram transformados em valores de matéria orgânica de acordo com a equação 1.

$$Mo = C * 1,724 \quad (1)$$

Onde: Mo= matéria orgânica (g kg⁻¹); C= é o carbono orgânico (g kg⁻¹) e 1,724 é um fator utilizado em virtude de se admitir que, na composição média do húmus, o carbono participa com 58% (EMBRAPA, 2011).

Para pH H₂O e o pH KCl (cloreto de potássio) foram determinados a concentração de 1 mol L⁻¹, na relação solo: água ou solo: solução igual a 1:2,5 obtida pela adição de 25mL de água ou de solução a 10 cm³ de solo, seguida de agitação para completa homogeneização e formação da suspensão. Após 60 minutos, foi determinado o pH das suspensões, respectivamente, avaliaram a acidez ativa (pH H₂O) e a acidez trocável (pH KCl) (EMBRAPA, 2011).

A partir desses valores foi realizado o balanço de cargas (Δ pH) de acordo com a equação 2 indicada por Uehara e Gillman (1980 a,b):

$$\Delta\text{pH} = \text{pH KCl} - \text{pH H}_2\text{O} \quad (2)$$

Ainda foi estimado o ponto de carga zero (PCZ), conforme a equação 3 proposta por Uehara e Gillman, (1980a):

$$\text{PCZ} = 2 \text{ pH KCl} - \text{pH H}_2\text{O} \quad (3)$$

Para amostra com estrutura preservada (anéis volumétricos) foi determinada a densidade do solo (D_s) (EMBRAPA, 2011). A D_s foi calculada pela relação de massa seca do solo e volume de solo amostrado de acordo com Grossman e Reinsch (2002), após secagem em estufa a 105 °C durante 24 h, e determinações da massa de solo em balança de precisão.

A partir dos dados de D_s e D_p foi possível calcular a Porosidade Total (PT) (Equação 4) (EMBRAPA, 2011), na qual representa o volume de poros totais de solo ocupado por água.

$$\text{PT} = 1 - (D_s / D_p) \quad (4)$$

2.3 ATRIBUTOS DENDROMÉTRICOS

Foram coletados aleatoriamente dados do diâmetro altura do peito (DAP) e altura total (ht) de sete progênies para cada tratamento, com auxílio de suta e do aparelho vertex, respectivamente, para estimação do volume (m^3) de madeira, calculada pela equação 5:

$$V = \text{DAP}^2 \times \pi / 4 \times \text{ht} \times F \quad (5)$$

Onde, V: Volume individual da árvore (m^3), DAP: diâmetro altura do peito (m), ht: altura total (m) e F: fator de forma.

O fator de forma (F), utilizado nesse trabalho foi obtido a partir do estudo da estimação de volumes de *Araucaria angustifolia* por classes diamétricas no Sul do Brasil, conduzido por Sanquetta et al. (2016) que conferiu o valor de 0,50 a classe de diâmetro médio que se relaciona com o presente estudo.

Ainda, foram coletadas acículas para análise química foliar. Seguindo a metodologia adaptada de Reissmann et al. (1976) na árvore coletou-se no terceiro verticilo superior, entre o primeiro e segundo terço do ramo com acículas verdes. As amostras foram secas a 60°C por 72 h, trituradas e homogeneizadas, formando uma amostra composta para cada tratamento com três repetições. Posteriormente, foram enviadas ao laboratório de análises de solos da

Universidade Federal de Lavras onde se obteve os resultados analíticos.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, sendo a parcela o tratamento (cota alta e cota baixa) e as subparcelas as camadas de solo/progênie (0,0-0,10 e 0,10-0,15 m) com três repetições. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-wilk e a análise de variância ($p < 0,05$) quando pertinente as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) com o auxílio do programa Sisvar (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

A área sob o teste de progênies apresentou Ds de 1,02 a 1,05 Mg m⁻³ para a cota alta, enquanto na cota baixa, os valores variaram entre 1,02 a 1,15 Mg m⁻³ (Tabela 3). Esta variação se deve ao deslocamento de partículas finas das primeiras camadas de solo via escoamento superficial em relevo mais movimentado (AVANZI et al., 2013), comprovado pela análise textural (Tabela 1), onde há um aumento das frações mais finas (argilas), principalmente na camada 10-15 cm, da cota alta para cota baixa. Entretanto é importante ressaltar que valores entre 0,7 e 1,0 Mg m⁻³ são considerados característica intrínseca dos Latossolos com estrutura granular (SEVERIANO et al., 2013; GOEDERT et al., 2002).

Tabela 3 - Atributos físicos do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,15 m de para o teste de progênies.

Tratamentos	0-0,10 m		0,10-0,15 m	
	Ds	PT	Ds	PT
	..Mg m ⁻³cm ³ cm ⁻³Mg m ⁻³cm ³ cm ⁻³
Ca	1,02aA	0,62aA	1,05bA	0,62aA
Cb	1,02aB	0,62aA	1,15aA	0,58bB

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Onde, Ca: cota alta, Cb: cota baixa, Ds: Densidade global do solo, PT: Porosidade total. Fonte: O autor (2017).

Reichert et al. (2003) propuseram valores de densidades críticos relacionados a classes texturais, como de 1,30 a 1,40 Mg m⁻³ para solos argilosos, 1,40 a 1,50 Mg m⁻³ para os franco-argilosos e de 1,70 a 1,80 Mg m⁻³ para os franco-arenosos. Neste estudo para as duas camadas avaliadas os valores de Ds foram próximos daqueles considerados característicos dos Latossolos, apenas a cota baixa na camada 0,10-0,15 m é que se destacou com maior valor de Ds entre as cotas, o que está associado valor de porosidade total (PT) em relação à cota alta e a camada de 0,0-0,10 m.

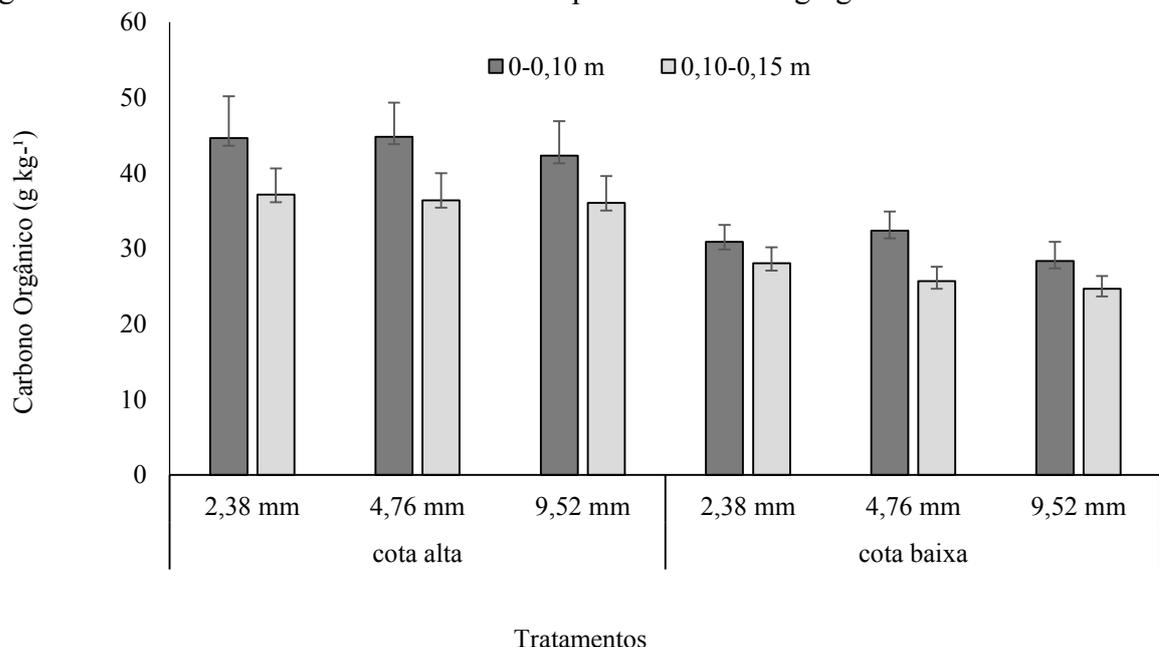
Outro aspecto a ser considerado é a presença da cultura de cobertura presente na área, o azevém (*Lolium perene*). Segundo Reinert et al. (2008), baixos valores referentes a Ds se mantiverem ao longo do tempo com presença de culturas de cobertura na área, essas serão responsáveis por melhorias na agregação do solo, pois favorecem o desenvolvimento de raízes, a formação de bioporos e estabilização da estrutura que, conseqüentemente, influencia a qualidade física do mesmo.

Com relação a Porosidade total (PT), houve diferença significativa entre os tratamentos na camada 0,10-0,15 m (Tabela 3). Ao se comparar os tratamentos, notou-se que o maior valor ocorreu para a cota alta $0,619 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$. Este fato é devido ao conteúdo de matéria orgânica e atividade biológica neste local e de seus efeitos na agregação do solo, Barbosa et al. (2017) observou na mesma região para Cambissolos valores de PT compreendidos de $0,550$ a $0,680 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$. Segundo Braida et al. (2006), a matéria orgânica tende a minimizar os valores de Ds em razão da sua alta porosidade, de modo que, diminui também limitações físicas ao crescimento radicular das culturas.

3.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

O conteúdo de carbono orgânico total (COT) por tamanho de agregados no solo (Figura 3) não apresentou diferenças significativas quanto ao seu fracionamento, mas teve significância entre os tratamentos e profundidades, onde a cota alta na camada 0,0-0,10 cm deteve $43,91 \text{ gk g}^{-1}$ e $30,53 \text{ gk g}^{-1}$ para cota baixa, os valores da camada 0,10-0,15 cm foram inferiores cerca de $36,53 \text{ gk g}^{-1}$ e $26,13 \text{ gk g}^{-1}$ respectivamente para cota alta e baixa. Em um estudo realizado por Barbosa et al. (2017) em sistemas agroflorestais na mesma região deste trabalho foi observado os maiores valores para camada mais superficial do solo em torno de 40 gk g^{-1} .

Figura 3 - Valores médios de COT fracionado por tamanho de agregados.



Barras indicam o erro padrão da média. Fonte: O autor (2017).

Considerando a elevada altitude de 988 m onde está alocada a área do experimento e baixas temperaturas típicas da serra catarinense, média mínima anual de 12,4°C, esses fatores influenciaram na elevação dos teores de carbono orgânico do solo. De acordo com Silva et al. (2013) e Carducci et al. (2017), fatores ambientais como baixas temperaturas e alta umidade relativa do ar são propícios ao acúmulo de material orgânico, principalmente na camada mais superficial.

Segundo Zinn et al. (2012) a matéria orgânica do solo é importante para determinação da disponibilidade de nutrientes no sistema solo-planta, além de ser fator determinante na capacidade de retenção de água, especialmente em baixas tensões matriciais (< 100kPa), onde ocorre a maior disponibilidade de água para as plantas (CARDUCCI et al., 2011).

A menor concentração de COT encontrada na cota baixa, pode ter sido ocasionado pela diferença no teor de silte encontrado neste solo (Tabela 1), segundo Higuchi et al. (2014), esse padrão é esperado em partículas leves com pouca carga elétrica, tendem a se acumular em cotas mais baixas, o que pode definir um solo com menor drenagem e baixa fertilidade (Tabela 2). Para Silva et al. (2008b), o principal atributo que se relaciona ao teor de carbono orgânico é argila, ambos atuam na elevação da CTC do solo e adsorção de nutrientes, contribuindo para melhorias na fertilidade do solo como pode ser observado na cota alta deste trabalho (Tabela 2).

Acerca da avaliação eletroquímica do Latossolo em questão, foi possível detectar que o mesmo apresentou cargas negativas (baixo PCZ) provenientes do carbono orgânico (Figura 3) e da caulinita, principal mineral presente nos solos brasileiros, especialmente na região Sul do país sobre domínio do bioma Mata Atlântica, bem como diferenças entre a acidez trocável e ativa (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios de pH em H₂O, pH em KCl, balanço de carga líquida (Δ pH) e PCZ (ponto de carga zero), nas profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,15 m do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

Tratamentos ⁽¹⁾	pH H ₂ O ^{ns}	pH KCl*	Δ pH*	PCZ*
0-0,10 m				
Ca	6,14	5,20a	-0,95b	4,25a
Cb	6,43	5,03a	-1,40a	3,63b
0,10-0,15 m				
Ca	6,33	5,21a	-1,12b	4,09a
Cb	6,57	4,84b	-1,73a	3,11b

⁽¹⁾Ca: cota alta; Cb; cota baixa, ^{ns}: não significativo e *: significativo (P<0,05). Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Fonte: O autor (2017).

A acidez trocável do solo (pH KCl) apresentou os menores valores em relação ao pH H₂O, porém a cota alta apresentou valores mais expressivos na camada 0,10-0,15 m, isso devido a hidrólise de Al³⁺. Barbosa et al. (2016), atribuiu essa redução ao conteúdo de matéria orgânica do solo. Ainda, pode-se observar que os teores de Al do solo em estudo não são altos (Tabela 2), logo, a acidez desse solo pode ser justificada principalmente pelo H⁺ proveniente dos compostos orgânicos e da hidrólise destes, como também foi observada por Ebeling et al. (2008).

Os valores mais elevados de acidez ativa (pH H₂O), não apresentaram diferenças significativas, o que ocorre devido a presença considerável de sais no solo como K⁺, Mg²⁺ e Ca²⁺ trocáveis (NOVAIS et al. 2007). No entanto, baixos valores de pH KCl são característica de solos ácidos, como observado na cota baixa a 0,10-0,15 m o valor de 4,84. Segundo Puchalski et al. (2006), em um estudo abrangendo o estado de Santa Catarina, a araucária não ocorre em solos férteis, mas ocorre predominantemente, em locais onde são encontrados solos distróficos ou alumínicos, que apresentam baixos valores de pH, baixa saturação por bases e alta saturação por alumínio.

No solo em estudo observou-se uma baixa saturação de bases (56%), e baixa saturação por alumínio (0,9%) (Tabela 2). Baixos teores de bases, principalmente para os Latossolos, são atribuídos à pobreza dos materiais de origem e, ou, alta intensidade de intemperismo dos solos (SILVA et al., 2008a). Visualmente, a cota baixa, onde apresenta as deficiências no desenvolvimento das araucárias apresenta declividades variando de 8 a 45% (Figura 2) o que favorece os processos de escoamento superficial e lixiviação dessas bases.

O balanço de cargas (Δ pH) atribuído pela diferença entre a acidez ativa e trocável resultou em carga líquida negativa na superfície dos coloides. Devido a grande quantidade de carbono orgânico e a presença de argilominerais silicatados, como a caulinita (BALDOTTO e VELLOSO, 2014) que contribuíram com a carga negativa, na qual promove a repulsão de partículas minerais e favorece a dispersão da argila.

As amostras de solo estudadas, ainda apresentaram valores de PCZ inferiores aos do pH do solo, confirmado no balanço eletroquímico. Os valores de PCZ calculados para cota alta foram mais expressivos e diferiram dos menores valores obtidos da cota baixa como 3,11 na camada de 0,10-0,15 m. Valor semelhante foi encontrado por Barbosa et al. (2016), no Planalto Catarinense em Cambissolo Húmico com cultivo de um sistema agroflorestal, onde o valor do PCZ encontrado foi 3,0.

Em síntese, os Latossolos caracterizados por minerais de cargas variáveis como caulinita, óxidos de ferro, alumínio e matéria orgânica, de acordo com Prado (2003) tem PCZ próximo a 4,0 em superfície e próximo de 5,0 em profundidade. Para os solos estudados, os valores de PCZ estimados ficaram um pouco abaixo do valor citado em literatura, devido a contribuição ambiental na gênese desse Latossolo.

3.3 ANÁLISE FOLIAR E VOLUME DAS PROGÊNIES

Conforme a análise foliar das progênies de *Araucaria angustifolia* (Tabela 5), os macronutrientes que apresentaram diferenças significativas foram N e K, respectivamente, 11,73 e 10,83 g kg⁻¹ para o tratamento cota alta. Sabe-se que com apenas a análise química do solo não é possível fazer recomendações detalhadas sobre a fertilidade, sendo necessário combinar a análise nutricional da planta a qual estabelece uma relação entre os nutrientes encontrados na planta e os presentes no solo (HOPPE, 1980).

Tabela 5 - Análise foliar de macro e micronutrientes das acículas da *Araucaria angustifolia* presentes no teste de progênies.

Tratamentos	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg ⁻¹						
Ca	11,73a	2,53a	10,83a	7,10a	2,03a	1,37a
Cb	10,33b	2,47a	8,27b	7,17a	2,23a	1,47a
Tratamentos	Micronutrientes					
	Mn	Zn	B	Cu	Fe	
mg kg ⁻¹						
Ca	307,30a	13,93a	20,60b	1,83a	30,83a	
Cb	261,33b	12,13b	23,27a	1,33b	31,20a	

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si teste de Tukey (p<0,05). Fonte: O autor (2017).

Segundo Malavolta et al. (1997) os níveis adequados da concentração de macronutrientes (g kg⁻¹) em essências florestais são: N (12 a 35); P (1,0 a 2,3); K (10 a 15); Ca (3 a 12); Mg (1,5 a 5,0); S (1,4 a 2,0).

De acordo com o autor citado, os valores obtidos no estudo para N estão abaixo do esperado para cota alta e baixa. Essa deficiência de nitrogênio é considerada como um dos fatores que mais afeta o crescimento da araucária (BLUM, 1977). Hoppe (1980) relata que o N disponível para planta depende da atividade biológica, e essa por sua vez depende do pH e

da porosidade do solo, cujos valores apresentam limitações principalmente na cota baixa para seu crescimento, resultando em menor volume de madeira (Tabela 6).

Tabela 6 - Inventário das variáveis dendrométricas para os dois tratamentos: Ca (cota alta) e Cb (cota baixa) sob o teste de progênies de segunda geração.

Amostras	Ca			Cb		
	ht m	DAP cm	Volume m ³	ht m	DAP cm	Volume m ³
1	5,9	11,3	0,0293	4,7	8,2	0,0123
2	7,3	10,2	0,0295	6,6	13,0	0,0435
3	4,8	7,7	0,0112	3,8	5,9	0,0051
4	6,3	12,6	0,0393	3,4	6,2	0,0050
5	6,4	11,2	0,0315	6,4	11,3	0,0321
6	4,7	8,1	0,0121	4,7	8,6	0,0137
7	6,6	12,9	0,0428	2,3	2,9	0,0008
Media	6,0	10,6	0,0280	4,6	8,0	0,0161
Erro amostral %	0,1	0,2	0,4047	0,3	0,4	0,9119
Ls	6,9	12,4	0,0393	6,0	11,1	0,0307
Li	5,1	8,7	0,0166	3,1	4,8	0,0014

Ht: altura total, DAP: diâmetro altura do peito, seguidos da média, erro amostral em %, Ls: limite superior e Li: limite inferior. Fonte: O autor (2017).

Para os valores de K, apenas a cota baixa se observou déficit. Esse elemento por deter alta mobilidade pode ser facilmente lixiviado pelas características do terreno. Segundo Grassi Filho (2008) o K é o principal elemento influenciado pelas chuvas, e devido a boa distribuição de chuvas com precipitação média anual de 1500 mm, esta pode ser a causa do baixo teor registrado para este macronutriente nas folhas amostradas.

Em relação aos demais macronutrientes não foram observadas diferenças entre os tratamentos que possam ser justificadas quanto ao desenvolvimento das progênies.

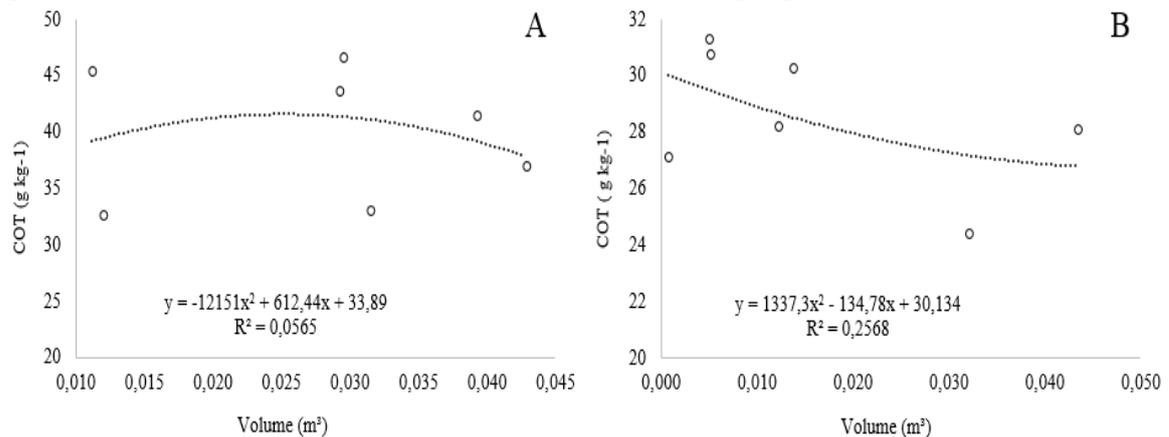
Em se tratando dos micronutrientes tem-se Mn^{2+} , Zn^{2+} e Cu^{2+} mais expressivos para a cota alta. Comparando os dados obtidos por Blum (1977), apenas Mn^{2+} (300 mg kg⁻¹) se aproximou do valor considerado adequado para araucária, os demais micronutrientes estão abaixo da faixa ótima segundo esse autor, Zn (20 mg kg⁻¹) e Cu (6 mg kg⁻¹). Elementos como boro, zinco e cobre são importantes para o metabolismo do nitrogênio e fotossíntese, sendo esse processo o principal meio das plantas produzir energia para manutenção de suas atividades vitais (ODUM, 1988).

O desempenho do crescimento das progênies observada visualmente no local do teste (área experimental) associada aos resultados obtidos a partir da avaliação desse estudo, pode

comprovar um melhor desenvolvimento para cota mais alta, pois a mesma detém de condições que agregam valores benéficos quanto ao incremento em volume de madeira, COT e PT. Chaves e Oba (2004), afirmam que o COT no solo melhora as propriedades físicas e químicas, servindo de suporte para estabilidade estrutural, e de aporte aos elementos minerais: N, P, K, e outros micronutrientes, os quais se correlacionam e respondem ao desenvolvimento da espécie.

É importante ainda, citar a heterogeneidade do teste de progênies, como ele é composto por várias progênies e as mesmas estão alocadas no mesmo terreno sobre as mesmas condições de ambiente, diferindo apenas a declividade, se observou diferenças qualitativas e quantitativas para os dados dendrométricos (Figura 4).

Figura 4 - Correlação entre COT e volume de madeira das progênies.



A) Cota alta e B) Cota baixa. Fonte: O autor (2017).

O COT tem como uma das principais funções disponibilizar nutrientes e reter água para as plantas (ZINN et al., 2012), de acordo com limites impostos pelo próprio ambiente (tipo de COT, quantidade, temperatura, umidade e atividade biológica). Entretanto, houve elevada variabilidade dos dados dendrométricos obtidos neste experimento, demonstrados pelos baixos valores do coeficiente de determinação (r^2), indicando baixa previsibilidade sobre a característica de ganho em volume de madeira das araucárias (Tabela 6).

Lima et al. (2010) em um estudo sobre as características do *Eucalyptus camaldulensis* e os atributos do solo também observou baixos valores de correlação, fato esse justificável pelo elevado número de observações o qual compreendeu as variáveis volume e matéria orgânica do solo obtendo-se variação inversamente proporcional entre causa e efeito, ou seja, com o aumento da matéria orgânica, o volume foi reduzido, ao contrário do esperado. Já para este trabalho o que observa-se é a proporcionalidade de COT para os volumes obtidos.

Nesse sentido, apesar de ser um estudo pioneiro na região do Planalto Serrano será necessário estudos futuros com maior detalhamento das relações de crescimento da planta e fatores edafoclimáticos, além do histórico de origem dessas progênies, para complementar e validar os resultados obtidos nesse trabalho.

5 CONCLUSÃO

O COT em conjunto com a granulometria foi considerado importante indicador de qualidade para o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. Na cota alta obteve-se os melhores desempenhos da planta devido a boas condições físicas e químicas do solo.

A movimentação do relevo e a possível lixiviação de bases inferiu menores volumes de madeira na cota baixa, influenciados pelos menores valores do PCZ que favoreceram a repulsão eletrostática das argilas e a maior dispersão das mesmas nessa área.

REFERÊNCIAS

- AVANZI, J.C.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; NORTON, L. D.; BESKOW, S.; MARTINS, S. G. Spatial distribution of water erosion risk in a watershed with eucalyptus and Atlantic Forest. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 5, p. 427-434, 2013.
- BALDOTTO, M. A.; VELLOSO, A. C. X. Eletroquímica de solos modais e de sua matéria orgânica em ambientes tropicais. **Revista Ceres**, v. 61, n. 6, p. 1012-1021, 2014.
- BARBOSA, J. S.; CARDUCCI, C. E.; SILVA, K. C. R.; SILVA, É. A.; KOHN, L. S.; SANTOS, K. L. Eletroquímica e carbono orgânico de um cambissolo húmico do planalto catarinense sob um sistema agroflorestal. **Scientia Agraria**, v. 17, n. 2, p. 49-56, 2016.
- BLUM, W. E. H. Araucaria: e o seu futuro não está perdido. **Brasil Madeira**, v. 1, n. 7, p. 10-12, 1977.
- BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M. & REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 30, p. 605-614, 2006.
- CARDUCCI, C. E.; BOSCO, L. C.; KOHN, L. S.; BARBOSA, J. S.; BENEVENUTE, P. A. N.; REGAZOLLI, G. H. M. Dinâmica da água em cambissolo húmico sob cultivo do linho no planalto catarinense. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 1, p. 1-11, 2017.
- CARDUCCI, C. E.; OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; ZEVIANI, W. M. Modelagem da curva de retenção de água de Latossolos utilizando a Equação Duplo Van Genuchten. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.77-86, 2011.
- CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Aggregate stability under different soil management systems in a Red Latosol in the state of Paraná, Brazil. **Soil Till Res.**, v. 65, p. 45-51, 2002.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo de amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 527-38, 1998.
- CHAVES, A. P.; OBA, C. A. I. Críticas ao modelo brasileiro de fertilizantes fosfatados de alta solubilidade. **CETEM**, p. 6-24, 2004.
- EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C.; PÉREZ, D. V.; PEREIRA, M.G.; VALLADARES, G. S. Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 261-266, 2008.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análises do solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 1979. 83p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistic analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.

GOEDERT, W.J.; SCHERMACK, M.J.; FREITAS, F.C. de. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 223-227, 2002.

GROSSMAN, R. B.; REINSCH, T.G. Bulk density and linear extensibility. In.: DANE J. H.; TOPP, C., eds. Methods of soil analysis: physical methods. Madison, **Soil Science Society of America**, 2002. v. 4, p. 201-228.

GERHARDT, E. J.; FINGER, A. G.; LONGHI, S. J.; SCHUMACHE, M. V. Contribuição da análise multivariada na classificação de sítios em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., baseada nos fatores físicos e morfológicos do solo e no conteúdo de nutrientes da serapilheira. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 2, p. 41-57, 2001.

HIGUCHI, P.; SILVA, A. C.; AGUIAR, M. D.; MAFRA, A. L.; NEGRINI, M.; ZECH, D. F. Partição espacial de espécies arbóreas em função da drenagem do solo em um fragmento de floresta com araucária no Sul do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 421-429, 2014.

HOPPE, J. M.; CALDEIRA, M. V. W. Correlações entre o crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, plantada na Floresta Nacional de Passo Fundo, RS com as características químicas do solo. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 1, n.4, p. 33-40, 2003.

JONAS, L. O. **Emprego de geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e relevo**. 2003. 220f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 2003.

KOCH, Z.; CORREA, M. C. **Araucaria a floresta do Brasil Meridional**. Curitiba: olhar brasileiro, 2002. 145p.

LIMA, C.G.R.; CARVALHO, M.P.; NARIMATSU, K.C.P.; SILVA, M.M. & QUEIROZ, H.A. Atributos físico-químicos de um Latossolo do Cerrado Brasileiro e sua relação com características dendrométricas do eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 163-173, 2010.

MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. A.; TORRES E.; ANDRADE, A. G.; VALENCIA, L. I. O. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 80, p. 185-200, 2005.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 1017p.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434p.

PUCHALSKI, A.; MANTOVANI, M.; REIS, M. dos. Variação em populações naturais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze associada a condições edafo-climáticas. **Scientia Forestalis**, n. 70, p. 137-148, 2006.

PRADO, R. M. A calagem e as propriedades físicas de solos tropicais; revisão de literatura. **Revista Biociências**, v. 9, n. 3, p. 7-16, 2003.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, v. 27, p. 29-48, 2003.

REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M.; AITA, C.; ANDRADA, M.M.C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.1805-1816, 2008.

REISSMANN, C.B.; HILDEBRAND, E.E.; BLUM, W.E.H.; BURGER, L.M. Metodologia da amostragem e análise das acículas da *Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze. **Revista Floresta**, v.7, n.1, p.5-12, 1976.

SANQUETTA, C. R.; DOLCI, M.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, M. N. I.; PELISSARI, A. L. Estimação de volumes de *Araucaria angustifolia* (Bertil.) O. Kuntze por fatores de forma em classes diamétricas e modelos de regressão. **Enciclopedia Biosfera**, v.13, n.23, p.588, 2016.

SANTOS, W. C.; ROSOT, N.C.; ROSOT, M. A. D. Características edáficas relacionadas à produção de um povoamento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Floresta**, v. 40, p. 37-48, 2010.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; CURI, N.; COSTA, K. A. P.; CARDUCCI, C. E. Preconsolidation pressure, soil water retention characteristics, and texture of Latosols in the Brazilian Cerrado. **Soil Research**, v. 51, n. 3, p. 193-202, 2013.

SILVA, H. D.; BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A.; BOGNOLA, I. Recomendação de solos para Araucária angustifólia com base nas suas propriedades físicas e químicas. **Boletim de pesquisa florestal**, , v. 43, p. 61-74, 2001.

SILVA, V.; MOTTA, A. C. V.; MELO, V. F.; LIMA, V. C. Soil acidity parameters as related to clay mineralogy. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 551-559, 2008a.

SILVA, A. E.; OLIVEIRA, G. C.; CARDUCCI, C. E.; SILVA, B. M.; OLIVEIRA, L. M.; COSTA, J. C. Doses crescentes de gesso agrícola, estabilidade de agregados e carbono orgânico em Latossolo do Cerrado sob cafeicultura. **Revista Ciências Agrárias**, v. 56, n. 1, p. 25-32, 2013.

SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J. & IMHOFF, S. Funções de pedotransferência para as curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1-10, 2008b.

UEHARA, G.; GILLMAN, G. P. Charge characteristics of soils with variable and permanent charge minerals: I. Theory. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, n. 2, p. 250-252, 1980a.

UEHARA, G.; GILLMAN, G. P. Charge characteristics of soils with variable and permanent charge minerals: II. Experimental. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, n. 2, p. 252-255, 1980b.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991. 123p.

ZINN, Y. L.; GUERRA, A. R.; DA SILVA, A. C.; MARQUES, J. J.; Oliveira, G. C.; CURI, N. Perfis de carbono orgânico do solo nas regiões sul e serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais: modelagem em profundidade. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 36, p. 1395–1406, 2012.

HOPPE, J. M. **Relações entre dados analíticos do solo, análise foliar e dados de incremento da Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze, na Floresta Nacional de Passo Fundo, RS**. 1980. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1980.