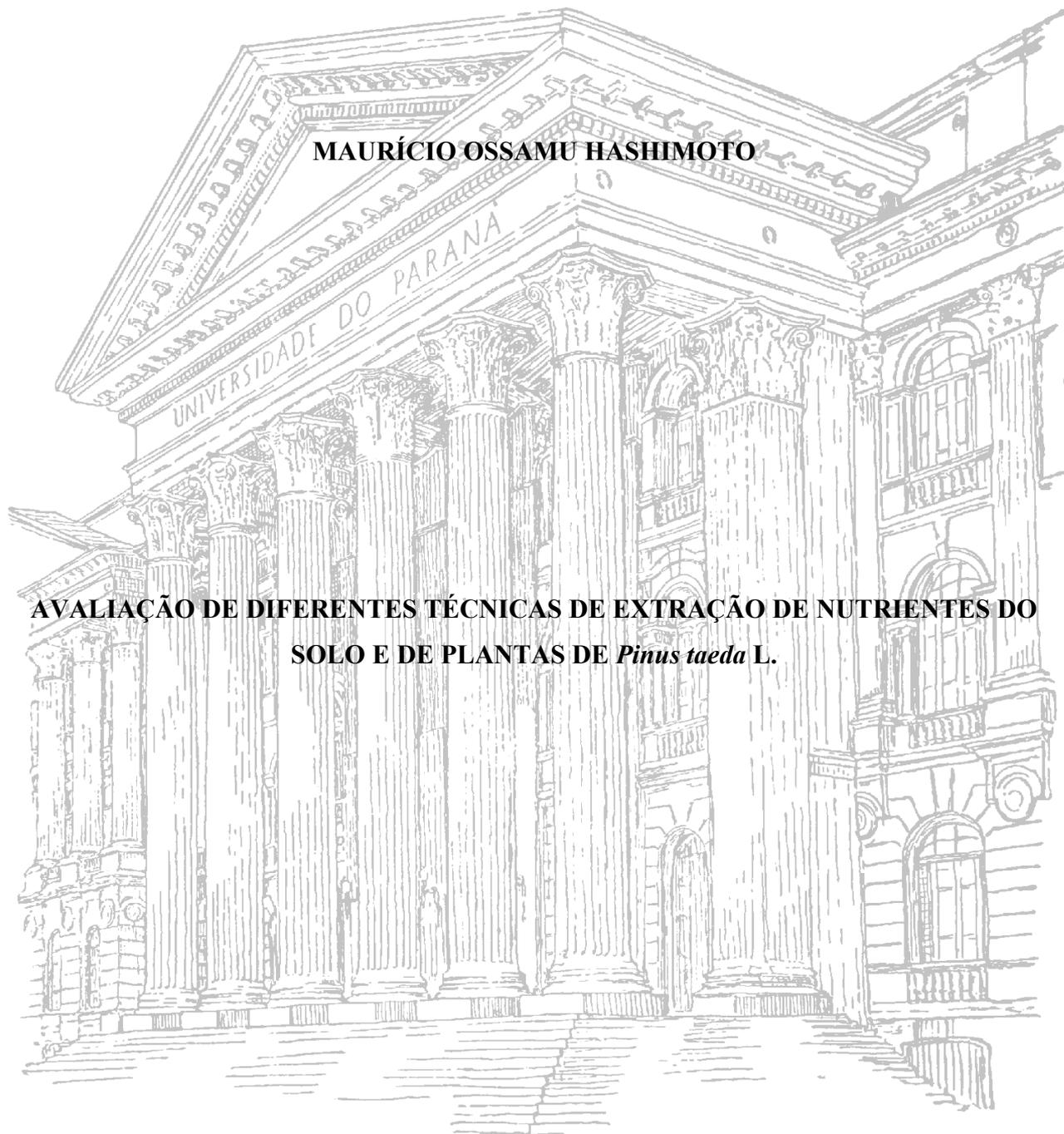


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**MAURÍCIO OSSAMU HASHIMOTO**

**AValiação de diferentes técnicas de extração de nutrientes do  
solo e de plantas de *Pinus taeda* L.**



**CURITIBA**

**2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**MAURÍCIO OSSAMU HASHIMOTO**

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO DE NUTRIENTES DO  
SOLO E DE PLANTAS DE *Pinus taeda* L.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann  
Co-orientador: Prof. Antônio Carlos Vargas Motta

**CURITIBA**

**2011**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)  
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-3350-5648  
Página: [www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/](http://www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/)  
E-mail: [pgcsolo@ufpr.br](mailto:pgcsolo@ufpr.br)

## P A R E C E R

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **MAURÍCIO OSSAMU HASHIMOTO**, sob o título: "**Avaliação de diferentes técnicas de extração de nutrientes de solo e plantas de *Pinus taeda* L.**", requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração: Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e argüido o candidato, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 27 de julho de 2011.

Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann, Presidente

Eng<sup>o</sup>. Químico Dr. Mario Miyazawa, I<sup>o</sup>. Examinador

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cyntia Maria Wachowicz, II<sup>a</sup>. Examinadora

Aos meus pais, Satoru Hashimoto e Keiko Suzuki Hashimoto; meus irmãos, Marcelo Seidi Hashimoto e Marcos Kiyoshi Hashimoto; e minha esposa Katy Boniza Cantelli que ajudaram direta e indiretamente nessa longa caminhada.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e por mais essa oportunidade de realizar esse sonho.

Aos meus professores orientadores Carlos Bruno Reissmann e Antonio Carlos Vargas Motta, pela orientação, confiança, paciência e colaboração para o término desta dissertação.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, que me deram oportunidade de aprimorar os meus conhecimentos adquiridos durante essa jornada de estudos, pela cobrança durante as aulas e principalmente pela experiência passada a mim como aluno.

Aos professores da banca Mario Miyazawa, Cyntia Maria Wachowicz, Antonio Carlos Vargas Motta e Carlos Bruno Reissmann, que tanto puderam contribuir com a finalização desta dissertação.

Ao professor Edilson Batista de Oliveira da EMBRAPA - Floresta, que muito ajudou na análise estatística.

A todos os meus amigos da turma de 2010 Thiago Mendonça, Caroline Silvano e Izabel Araujo e aos colegas da turma 2010.

Aos técnicos que sempre me ajudaram durante a realização das análises, Roberto e Aldair e aos funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Gerson, Elda, Maria, Cleusa pela alegria de ter conhecido e pela convivência diária.

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de realizar este trabalho e a CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

A empresa “Valor Florestal”, pela oportunidade de desenvolver todo o projeto em suas áreas.

A todos que direta ou indiretamente me ajudaram antes, durante e depois da dissertação pronta. E em especial a pessoa que me incentivou a fazer o mestrado Anne Helen de Paula Nishimura.

Muito obrigado a todos.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	3
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	11
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	46
<b>5. LITERATURA CITADA</b> .....	47
<b>APÊNDICE 1</b> .....	52
<b>APÊNDICE 2</b> .....	56

## RESUMO<sup>1</sup>

A procura de técnicas simples e rápidas para avaliação do estado nutricional das culturas e capacidade de suprimento do solo tem sido uma constante por mais de um século. Porém, em muitos casos as técnicas de análise são focadas para culturas anuais e podem não ser tão efetivas para culturas de ciclo longo. Objetivou-se testar diferentes métodos de extração de nutrientes do solo e tecido vegetal para fins de calibração analítica, utilizando um ensaio de adubação com omissão de nutrientes. O estudo foi realizado em um povoamento de *Pinus taeda* L. com cinco anos de idade. Foi estabelecido em 2008, em um delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições e sete tratamentos: completo, (T1); menos macronutriente (T2); menos micronutriente (T3); menos potássio (T4); menos zinco (T5); menos calcário (T6); testemunha (T7). Os tratamentos foram aplicados em duas etapas: na primavera de 2008 e 2009. Foram testados métodos alternativos de análises químicas do solo e planta, sendo o de planta aplicados em acículas da copa e da serapilheira. Adicionalmente foram avaliados as medidas da área basal do povoamento como medida de resposta do crescimento do diâmetro. Para solo, ácido cítrico foi selecionado como agente extrator, enquanto para tecidos de planta, representados por acículas e serapilheira, ácido clorídrico diluído foi escolhido, sendo os métodos tradicionais a referência. Amostras de solo (0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidades) foram coletadas em 2010. Acículas do terço superior da copa foram coletadas a campo em dois anos consecutivos, 2009 e 2010. Para o primeiro ano foram coletas acidulas correspondente ao primeiro e segundo lançamento. No segundo ano acrescentou-se o pendão aos demais materiais coletados. O ácido cítrico (AC) comparado aos métodos tradicionais (Mehlich I) extraiu altas quantidades de P indicando uma superestimação que requer investigação mais aprofundada. A quantidade extraída de K e Fe foram equivalentes aos demais métodos do solo. Ca e Mg são extraídos pelo AC em quantidades maiores em pelo menos uma camada do solo, enquanto que Cu, Mn e Zn são extraídos em quantidades inferiores. Quanto à correlação entre método tradicional e AC para K, Mn e Zn foram altas até maiores profundidades. Ca e Mg apresentaram correlação apenas para as camadas superficiais do solo. O método de análise de tecido de planta sem digestão em relação ao tradicional apresenta três grupos de elementos (i), K, Mn e P com boa correlação; (ii), Mg e Zn com boa correlação, mas em menor grau; (iii), Ca, Cu e Fe, apresentaram baixa correlação. Quanto ao poder de extração dos elementos nas acículas, prevalecem menores quantidades extraídas para Ca e Cu indiferente da época ou posição de amostragem. Os valores de P, K, Mg, Fe, Mn e Zn foram influenciados pelo período e posição de coleta na planta. Não foram constatadas relações com a serapilheira ou a produtividade em termos de área basal.

**PALAVRAS-CHAVE:** métodos de análise; diagnose por subtração; ácido cítrico; sem-digestão;

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (56 p.) Julho, 2011.

## ABSTRACT <sup>2</sup>

The search for simple and rapid techniques for assessing the nutritional status of crops and soil supply capacity has been constant for over a century. However, in many cases the analyses techniques are focused on annual field crops and may not be as effective for perennial crops. The objective of this study was to test different methods of extracting nutrients from the soil and plant tissue for analytical calibration using an omission fertilization trial. The study was conducted in a stand of *Pinus taeda* L. with five years of age at installation. It was established in 2008 using a randomized block design with seven treatments and four repetitions: complete (T1) minus macronutrient (T2) minus micro-nutrient (T3) minus potassium (T4); minus zinc (T5), minus lime (T6); control (T7). In this sense an investigation was set up along, testing alternative methods of chemical analyses for soil and plant being traditional methods the reference. For soil, citric acid was elected as extracting agent, while for plant tissues represented by needles and litter, diluted hydrochloric acid was chosen. Field sampling for soil (0-5, 5-10, 10-20, 20-40 and 40-60 cm depth) were collect in 2010. Needles from upper part of the crown up third of canopy were collected in two consecutive years, being 2009 and 2010. For the first year, needles were split for first and second shoots and for the second year it was added the sprout tissue. Growth response was measured as basal area at breast height. Compared to the traditional method (Mehlich 1), citric acid extracted P apparently in overestimated quantities, requiring further elucidating studies. For K and Fe equivalent quantities were extracted. Exchangeable Ca and Mg were extracted in greater amounts in at least one depth while Cu, Mn and Zn were extracted in minor quantities. Concerning the correlation among methods for K, Mn and Zn were well correlated including at deeper layers. For Ca and Mg the correlation to traditional methods was restricted to superficial layers. For plant tissue dilute acid extraction compared to traditional methods presented three groups of elements. (i), K, Mn and P with strong correlation; (ii), Mg and Zn with good correlation; (iii), Ca, Cu and Fe with low correlation. According to extraction power prevail lower extractions for Ca and Cu independent of the year or sampling position. P, K, Mg, Fe, Mn and Zn seem to be related to sampling year and sample position. No significant relation was observed for litter, or growth, except in relation to Mn for the latter.

Key-Words: Analysis methods; diagnosis by subtraction; citric acid; without digestion;

---

<sup>2</sup> Soil Science Master Dissertation. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (56 p.) July, 2011.

## 1. INTRODUÇÃO

A implantação do gênero *Pinus* no Brasil faz parte da história madeireira recente do país. Notadamente nas décadas de 60 e 70, mediante incentivos governamentais que objetivaram aumentar os estoques de madeira para abastecer a indústria madeireira. No sul do País, de imediato, as coníferas que melhor se adaptaram foram *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, ambas originárias do sul dos Estados Unidos (SANTINI et al., 2000).

No entanto, impactos ambientais da atividade do pinus têm sido referenciados, com destaque no que se refere às alterações nas propriedades dos solos, além dos conflitos no equilíbrio em unidades de conservação causado pelas invasões provocadas pelo reflorestamento. Na maioria dos casos, as atividades de manejo dificilmente contemplam medidas de adubação ou de correção, independentemente do grau de fertilidade natural dos solos (MATTEI, 1995; GONÇALVES, 2005; GALON et al., 2007). Diante disso, tem sido frequente a observação da manifestação de sintomas severos de deficiências nutricionais, notadamente em povoamentos de segunda e terceira rotações, em solos de baixo grau de fertilidade (MATTEI, 1995; GONÇALVES, 2005; GALON et al., 2007).

Os métodos preconizados para análise química do solo vêm sendo utilizados com frequência e sucesso para culturas de ciclo curto. Mas, para cultura de ciclo longo, nem sempre os métodos em uso são eficientes, visto que estas culturas perenes têm possibilidade de extrair outras formas dos nutrientes, além da disponibilidade imediata como as culturas de ciclo curto, sendo necessário investigar outras metodologias (BALLARD & PRITCHETT, 1975). Além disso, a maior exploração em profundidade do solo leva à necessidade de uma avaliação no perfil, segundo os mesmos autores.

A busca por métodos distintos na avaliação da disponibilidade dos nutrientes no solo se reveste de suma importância tendo em vista que um único método não poderia simular o poder extrator das raízes, apesar da grande utilidade dos métodos em uso.

Neste sentido, outros métodos têm se mostrado promissores na determinação da disponibilidade de nutrientes no solo para culturas perenes como pinus (REISSMANN & ZÖTTL, 1987). De acordo com esse estudo é possível distinguir que existe uma relação bastante promissora entre os teores de K, Ca e Mg do solo extraídos com ácido cítrico com os teores das acículas. Este ácido é, segundo MARSCHNER (1995), abundante na rizosfera e, com as devidas salvaguardas, pode ser um interessante indicador da biodisponibilidade dos nutrientes.

Além disso, a obtenção dos nutrientes pela planta através da utilização de um exsudado das raízes traz benefícios às mesmas, tais como o aumento do potencial de crescimento microbiano, a desintoxicação por metais pesados como o alumínio tóxico ( $Al^{+3}$ ), mobilização e solubilização de nutrientes como o P, Fe, Zn e aceleração do intemperismo de minerais (PALOMO et al., 2006; OBURGER et al., 2009). Do mesmo modo, os ácidos orgânicos liberados pelas raízes como o citrato, malato e oxalato são bastante comuns na mineralização do P pelos exsudados das raízes (PALOMO et al., 2006; OBURGER et al., 2009), o que pode representar melhor a extração e absorção do nutriente pela planta no solo.

Adicionalmente aos exsudatos, metabólitos microbianos e os ácidos orgânicos têm origem na decomposição da matéria orgânica da camada superior do solo (QIN et al., 2004).

Os métodos de análise de solo tradicionalmente utilizados são descritos pela EMBRAPA (1997) e por REED & MARTENS (1996), onde os elementos determinados são: extrator Mehlich-1 (P e K) que tem como princípio a extração com a mistura de dois ácidos (Clorídrico e Sulfúrico) e solubilização pelo efeito de pH, sendo o papel de  $SO_4^{-2}$  e  $Cl^-$  o de restringir o processo de readsorção dos fosfatos recém-extraídos.

O Ca e Mg e os micronutrientes são extraídos pelo Cloreto de Potássio (KCl) e Ácido Clorídrico (HCl 1 N), respectivamente, que tem como princípio a extração dos nutrientes que o solo pode reter na superfície coloidal prontamente assimilável às plantas (EMBRAPA, 1997).

O método do ácido cítrico adotado por REISSMANN & ZÖTTL (1987) e REISSMANN & WISNIEWSKI (2000), que foi inicialmente descrito em SOIL SURVEY LABORATORY METHODS MANUAL (1996), tem o mesmo princípio dos nutrientes extraídos com KCl e HCl.

Outra ferramenta importante no estabelecimento da necessidade e capacidade de suprimento de nutrientes pelo solo é a análise química de tecido de planta, mais especificamente teor foliar (MIYAZAWA et al., 1984; PAVAN et al., 1984; CARNEIRO et al., 2006). Associando as classes do solo com os teores nutricionais detectados nas acículas, têm-se um panorama bastante completo do desempenho do *Pinus taeda* em solos do segundo planalto, sem medidas de manejo mais elaboradas, como por exemplo, fertilização mineral. Segundo REISSMANN et al. (1990), os baixos teores de potássio, zinco e alto teor de alumínio estão associados às piores classes de crescimento. A relação com o zinco vem sendo comprovada já alguns anos, em povoamentos de 8 e de 15 anos de idade (REISSMANN & WISNIEWSKI, 2000; DEDECECK et al., 2008).

Adicionalmente, segundo MARTINS & REISSMANN (2007) e SILVA (2009), a análise foliar pode avaliar a qualidade dos alimentos destinados tanto ao homem quanto a animais domésticos.

Os métodos tradicionais de ataque para obtenção dos teores totais contidos no tecido de planta, geralmente envolvem combustão ou ataque químico com ácidos fortes, ambos com considerável gasto de tempo. Estes processos além de demorados determinam uma baixa produtividade nos laboratórios e podem envolver maiores riscos ao laboratorista. No entanto, no caso da análise foliar, o método sem digestão se mostrou altamente promissor (PAVAN et al., 1984; CARNEIRO et al., 2006), evitando riscos ao laboratorista e menor tempo de extração.

O método sem digestão descrito por MIYAZAWA et al. (1984), tem como princípio a solubilização do elemento do tecido vegetal através da adição de uma solução ácida de baixa concentração e simples aquecimento do material.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo testar os diferentes métodos de extração de nutrientes do solo e tecido vegetal para fins de calibração analítica, em uma área com ensaio de adubação com omissão de nutrientes.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL**

O experimento localiza-se em Jaguariaíva-PR na região dos Campos Gerais, com fragmentos de cerrado, no empreendimento florestal Vale do Corisco. A região dos Campos Gerais é caracterizada pela Escarpa Devoniana e duas formações geológicas, Ponta Grossa e Furnas, onde predominam os Latossolos Vermelhos Escuros e Vermelhos Amarelos e Cambissolos (CASTELLA & BRITZ, 2004). Na Tabela 01 são apresentados os atributos do solo, tais como teores de nutrientes disponíveis no solo e a análise granulométrica. As coordenadas geográficas do talhão utilizado eram 24°13'29.13" S e 49°36'21.12" O.

**TABELA 01. Análise química e física do solo, dos tratamentos completo e testemunha de um LATOSSOLO VERMELHO AMARELO cultivado com Pinus taeda na região de Jaguariaiva - PR.**

Trata- mento	Profun- didade (cm)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	C (g dm <sup>-3</sup> )	----- (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----					----- (mg dm <sup>-3</sup> ) -----					----- (%) -----						
				Al	H + Al	Ca	Mg	K	SB	CTC	P	Cu	Mn	Fe	Zn	V	m	Argila	Areia	Silte
Completo	0-5	4,87	26,13	0,00	4,00	2,50	2,00	0,23	4,73	8,73	93,63	10,23	6,21	30,56	5,67	53,82	0,00	5,6	84,5	21,1
	5-10	4,09	11,28	0,83	4,75	0,40	0,38	0,22	0,99	5,74	23,08	1,66	0,23	35,30	0,66	17,37	46,03	4,3	82,6	21,7
	10-20	4,03	8,93	1,10	4,55	0,18	0,10	0,16	0,43	4,98	7,43	0,82	0,01	35,55	0,20	8,70	71,92	4,0	80,1	23,9
	20-40	3,99	7,83	1,28	7,33	0,18	0,10	0,11	0,38	7,71	3,23	0,91	0,04	35,73	0,23	6,00	76,96	3,7	79,9	23,8
	40-60	4,02	8,28	1,20	4,63	0,13	0,10	0,06	0,29	4,91	2,68	1,25	0,03	23,04	0,31	5,85	80,54	3,5	76,5	27,0
Testemunha	0-5	3,24	32,55	2,58	12,40	0,15	0,10	0,04	0,29	12,69	3,85	0,89	0,74	43,66	0,23	2,45	89,58	5,4	83,7	21,7
	5-10	3,81	13,65	1,48	5,83	0,15	0,10	0,03	0,28	6,10	2,00	0,97	0,09	35,48	0,24	4,54	84,14	4,2	81,3	22,9
	10-20	3,94	11,20	1,28	5,05	0,15	0,10	0,02	0,27	5,32	1,10	0,95	0,08	37,89	0,15	5,12	82,59	3,9	82,0	21,9
	20-40	3,98	9,40	1,23	5,08	0,13	0,10	0,01	0,24	5,31	0,83	0,94	0,08	40,48	0,14	4,66	83,59	3,4	79,7	23,7
	40-60	4,07	7,43	1,00	4,38	0,13	0,10	0,02	0,25	4,62	0,30	1,11	0,15	27,62	0,15	5,51	80,24	3,1	77,6	25,5

O delineamento contempla um povoamento de *Pinus taeda* plantado em 10 de janeiro de 2003, com cinco anos de idade, realizado em um experimento com blocos ao acaso, contendo testemunha mais seis tratamentos de fertilização (Tabela 02), com quatro repetições, usando a técnica de diagnose por subtração ou omissão de nutrientes. Cada uma das parcelas mede 400 m<sup>2</sup>, sendo o espaçamento entre plantas e linhas de 2 x 3 m. A área útil da parcela contempla 16 árvores centrais ou 96 m<sup>2</sup> de área, guarnecida por uma bordadura dupla.

**TABELA 02. Tratamentos aplicados em *Pinus taeda* com 5 anos de idade cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**

	Tratamento	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Zn	Cu	B	Mo	Calcário (Ca e Mg)
T1	Completo	X	X	X	X	X	X	X	X
T2	Menos Macronutrientes				X	X	X	X	X
T3	Menos Micronutrientes	X	X	X					X
T4	Menos Potássio	X	X		X	X	X	X	X
T5	Menos Zinco	X	X	X		X	X	X	X
T6	Menos Calcário	X	X	X	X	X	X	X	
T7	Testemunha								

Em novembro de 2008 e 2009, foram aplicados os tratamentos a campo. As doses de calagem e adubo foram estabelecidas, pesadas e acondicionadas em sacos plásticos. O calcário foi aplicado manualmente na superfície do “litter” como fonte de Ca e Mg. No mesmo dia, as diferentes fontes de nutriente de cada parcela foram colocadas em um balde e homogeneizadas e a aplicação foi realizada manualmente a lanço, na superfície do litter (LEAR 1980).

Sendo as doses aplicadas equivalentes a 40; 60; 80; 3; 2, 1,5 e 0,02 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Zn; B, Cu e Mo, respectivamente. Tendo como fonte a uréia, super fosfato triplo, cloreto de potássio, sulfato de zinco, ulexita, sulfato de cobre e molibdato de sódio, respectivamente. O calcário dolomítico foi aplicado na dose de 1.300 kg ha<sup>-1</sup> como fonte de cálcio e magnésio.

Em julho de 2009, inicialmente foi determinada a altura total (H), medindo-se a altura com hipsômetro de Blume-Leiss e o diâmetro à altura do peito (DAP) foi medido utilizando-se fita diamétrica (Tabela 03). Além das 16 árvores úteis da parcela, mediu-se em paralelo, as quatro árvores dominantes da parcela, correspondendo as 100 mais grossas do hectare, para fins de comparação com as classes de sítio.

**TABELA 03. Médias dos diâmetros (DAP) e altura total (H), das parcelas dos diferentes tratamentos de *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR**

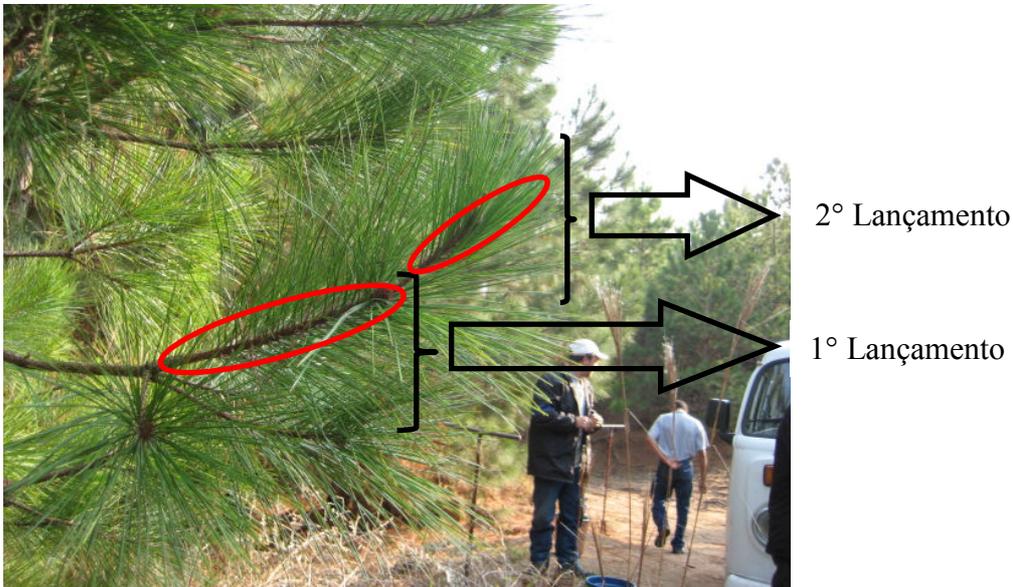
Tratamento	2008		2010	
	DAP	H	DAP	H
	M			
1	0,142	8,36	0,166	10,49
2	0,148	8,54	0,172	10,61
3	0,149	8,52	0,173	10,64
4	0,152	8,63	0,176	10,75
5	0,145	8,32	0,168	10,55
6	0,150	8,61	0,173	10,68
7	0,150	8,58	0,172	10,63

## 2.2. COLETA E ANÁLISES DE ACÍCULAS

### 2.2.1. COLETA DE ACÍCULAS

A primeira coleta de acículas foi realizada em novembro de 2009 e a segunda coleta em novembro de 2010. As amostras de acículas foram coletadas do terço superior da copa (WELLS, 1969) com exposição norte de cada árvore selecionada (ZÖTTL, 1973). As coletas de acículas foram separadas em primeiro e segundo lançamento, sendo que o primeiro lançamento corresponde ao crescimento de primavera e o segundo lançamento o crescimento de verão do ano (Figura 01). Adicionalmente no ano de 2010, foi realizada a coleta do pendão, que corresponde ao crescimento subsequente, optamos por coletar esta parte da planta, devido a seu acentuado crescimento. As amostras individuais compõem uma amostra composta por parcela e foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificadas, posteriormente lavadas com água desionizada e secas em estufa a 65 °C com ventilação forçada, até peso constante. Posteriormente, dos fascículos foram retirados 500 acículas para obtenção do peso médio e moídas em Moinho tipo Wiley.

**FIGURA 01. Identificação dos lançamentos do *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaíva - PR.**



### 2.2.2. ANÁLISES DE ACÍCULAS

As amostras foram submetidas a dois processos de extração, digestão via seca (JONES & CASE, 1990) ou combustão total e extração sem digestão (MIYAZAWA et al., 1984; PAVAN et al., 1984). As determinações foram feitas por colorimetria com vanadato-molibdato de amônio para P, fotometria de emissão para K e os elementos Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica, conforme descrito por MARTINS & REISSMANN, (2007).

### 2.3. COLETA E ANÁLISES DE SERAPILHEIRA

#### 2.3.1. COLETA DE SERAPILHEIRA

Foi coletado o material depositado sobre o solo, serapilheira, restrito aos sub horizontes *litter novo* (Ln) e *litter velho* (Lv) (BABEL, 1971). Onde o subhorizonte Ln foi definido e coletado como parte do resíduo que se apresenta inalterado após a queda. E o sub horizonte Lv foi definido e coletado como resíduo da parte aérea que apresenta certo grau de alteração em relação ao resíduo inalterado e facilmente identificável (TREVISAN et al., 1987).

A serapilheira foi coletada com um gabarito medindo 0,25 x 0,25 m, em quatro pontos da parcela que, segundo LEAR (1980), pode fornecer informações altamente valiosas sobre o estado nutricional do povoamento, após a adubação em cobertura. O procedimento de coleta de litter foi realizado em novembro de 2010, representando uma análise de caráter estacional complementar.

Posteriormente a serapilheira foi seca em estufa a 65 °C com ventilação forçada, até peso constante. Pesadas para quantificar a massa de serapilheira e moídas em Moinho tipo Wiley,

### **2.3.2. ANÁLISES DA SERRAPILHEIRA**

As amostras foram submetidas a dois processos de extração, digestão via seca (JONES & CASE, 1990) ou combustão total e método sem digestão. As determinações foram feitas por colorimetria com vanadato-molibdato de amônio para P, fotometria de emissão para K, sendo os elementos Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn determinados por espectrofotometria de absorção atômica, conforme descrito por MARTINS & REISSMANN, (2007).

### **2.4. MÉTODO SEM DIGESTÃO**

Foram pesadas 500 mg de amostra (acículas ou folha) em um tubo de ensaio, no qual foram adicionados 25 mL de HCl 1 mol L<sup>-1</sup>, seguido de aquecimento em “banho maria” a 80° C por 15 minutos. Agitou-se durante 60 minutos a 250 rpm e filtrou-se a solução através de papel filtro (MIYAZAWA et al., 1984; PAVAN et al., 1984).

### **2.5. DIGESTÃO VIA SECA**

Foram pesadas 1 g de amostra (acículas ou folha) em cadinhos de porcelana, levadas a mufla e queimadas por 3 horas, posteriormente adicionados 3 gotas de HCl 3 mol L<sup>-1</sup> e novamente levados a mufla por 3 horas. Depois adicionados 10 mL de HCl 3 mol L<sup>-1</sup> e aquecidos em uma placa aquecedora por 10 minutos, posteriormente filtrou-se a solução através de papel filtro (JONES & CASE, 1990; MARTINS & REISSMANN, 2007)

## **2.6. COLETA E ANÁLISES DE SOLO**

### **2.6.1. COLETA DE SOLO**

A coleta de solo foi realizada em abril de 2010. As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm em quatro pontos aleatórios na projeção da copa de cada árvore amostrada, perfazendo uma amostra composta por parcela.

Para as camadas superficiais (0-5 e 5-10 cm) foi retirada uma porção de solo com auxílio de uma pá, devido à dificuldade de retirar o solo nesta profundidade com o do trado holandês. As demais profundidades foram retiradas com auxílio do trado holandês.

### **2.6.2. ANÁLISES DE SOLO**

A amostra composta foi submetida à análise química, seguindo a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997), onde foram determinados: pH em água e em solução de  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  trocáveis, acidez potencial não trocável ( $\text{H}^+$ ) e teores de P disponíveis e de carbono orgânico. Adicionalmente foram determinados os micronutrientes: Fe, Mn, Cu e Zn, extraídos com  $\text{HCl}$   $1 \text{ mol L}^{-1}$  (REED & MARTENS, 1996). O ácido cítrico a 1% (REISSMANN & ZÖTTL, 1987; SOIL SURVEY LABORATORY METHODS MANUAL, 1996; REISSMANN & WISNIEWSKI, 2000), foi utilizado como método paralelo, para a determinação essencialmente dos nutrientes, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn.

## **2.7. MÉTODO COM ÁCIDO CÍTRICO 1%**

Foram pesadas 10 g de terra fina seca ao ar (TFSA), em frasco plástico de 250 mL, adicionando 100 mL de ácido cítrico 1 %, fechando o frasco com tampa e agitando em agitador orbital por 2 horas, posteriormente esperou-se 24 horas. Após este período foi filtrada a solução em papel filtro pregueado seco num copo Becker de 100 mL (SOIL SURVEY LABORATORY METHODS MANUAL, 1996)

Para determinação do fósforo, optou-se por evaporar e incinerar a solução para eliminar a cor que poderia provir dos óxidos de ferro e a matéria orgânica que poderia influenciar na determinação do elemento devido às formas de fósforo orgânico, como ortofosfatos e fosfonatos (NOVAIS et al., 2007). Para evitar tal fato, foram pipetados 10 mL

da solução filtrada e levado a mufla à 500°C por 3 horas para incineração da solução e posteriormente solubilização com HCl 3 mol L<sup>-1</sup> em chapa aquecida por 10 minutos. Posteriormente para determinação do elemento foi seguida a metodologia da EMBRAPA (1997).

## 2.8. ÁREA BASAL

A área basal é dada pelo somatório das áreas transversais da altura do peito, pela fórmula:

$$G \text{ (m}^2 \text{ ha}^{-1}\text{)} = \sum \textit{Área Transversal (g)}$$

Sendo que a área transversal é calculada pela fórmula:

$$g \text{ (m}^2\text{)} = \frac{\pi (DAP^2)}{4}, \text{ onde:}$$

g = área transversal, m<sup>2</sup>;

DAP = diâmetro altura do peito, m;

## 2.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A avaliação estatística foi efetuada submetendo-se os dados à análise de variância seguida do teste de médias por Duncan, bem como, de análise de correlação entre os dados do solo e da planta para os diferentes métodos testados, através da utilização do programa STATISTICA versão 8.0 (2007).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

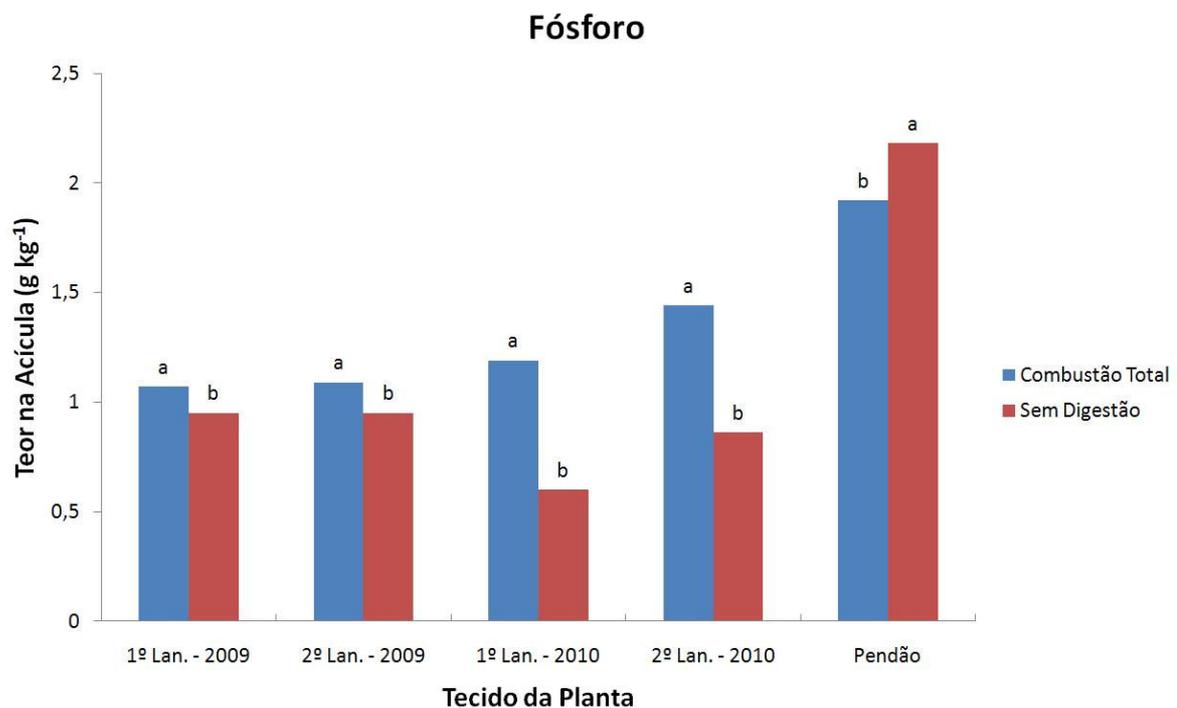
#### 3.1. ACÍCULAS

##### 3.1.1. FÓSFORO

Nas Figuras de 2 a 9, são apresentadas a comparação entre os métodos de extração. Observa-se que o método de combustão total foi estatisticamente superior em todos os tecidos amostrados para K, Ca, e Cu. O mesmo ocorreu com P, exceto o pendão que apresentou teor maior no método sem digestão.

Essa diferença significativa entre os métodos para os nutrientes eram esperados, uma vez que a combustão total tem como princípio a destruição da matéria orgânica através da incineração e posteriormente solubilização com ácido, determinando os teores totais das plantas. Ao contrário da metodologia sem digestão que tem como princípio a extração do nutriente com simples aquecimento em “banho-maria” e agitação, consequentemente, esta metodologia não extrai os teores totais da planta (PAVAN et al., 1984; SILVA, 2009).

**FIGURA 02. Comparação entre os métodos extração de Fósforo via Combustão Total e via Sem Digestão para Pinus taeda cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**



Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente a nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 04 são apresentados os teores médios de fósforo nas acículas em diferentes tecidos, observa-se que os teores apresentaram intervalos de variação pequenos e baixo coeficiente de variação no primeiro ano de estudo (2008) e no ano seguinte (2009) coeficientes de variação altos.

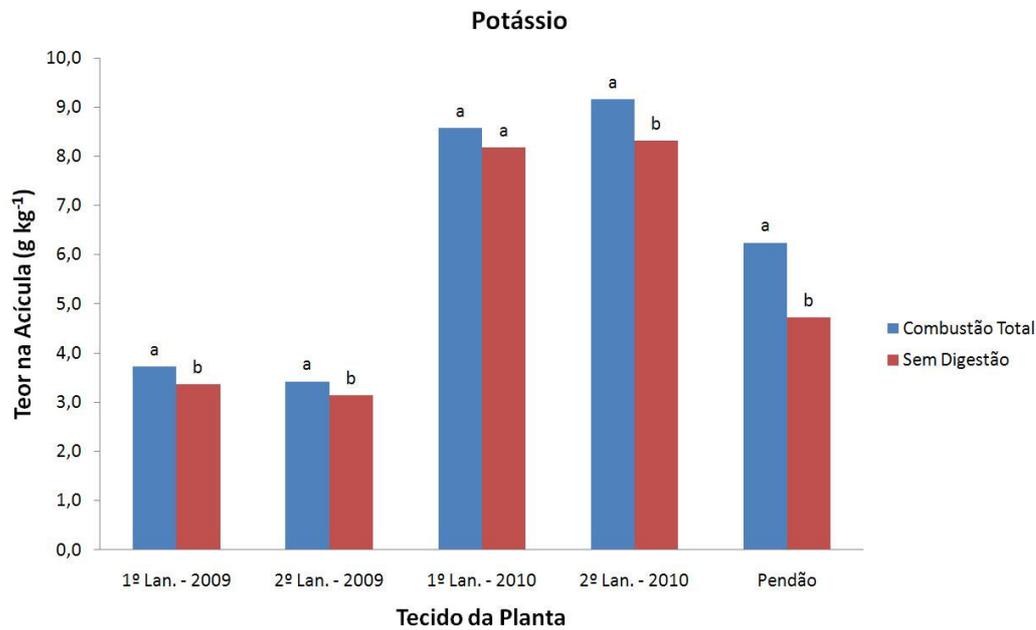
**TABELA 04. Teor médio de fósforo (P) nas acículas, intervalo de variação e coeficiente de variação (C.V.), para *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**

<b>P (g kg<sup>-1</sup>)</b>		
<b>Acículas 2009</b>		
		C.V. (%)
1º Lançamento		
Combustão Total	1,07 <sup>a</sup> ±0,03	8,02
Sem Digestão	0,95 <sup>b</sup> ±0,04	9,66
2º Lançamento		
Combustão Total	1,09 <sup>a</sup> ±0,05	11,57
Sem Digestão	0,95 <sup>b</sup> ±0,04	11,09
<b>Acículas 2010</b>		
		C.V. (%)
1º Lançamento		
Combustão Total	1,19 <sup>a</sup> ±0,13	28,19
Sem Digestão	0,60 <sup>b</sup> ±0,07	27,78
2º Lançamento		
Combustão Total	1,44 <sup>a</sup> ±0,14	24,49
Sem Digestão	0,86 <sup>b</sup> ±0,28	82,64
<b>Pendão</b>		
		C.V. (%)
Combustão Total	1,92 <sup>b</sup> ±0,14	19,34
Sem Digestão	2,18 <sup>a</sup> ±0,15	17,56

### 3.1.2. POTÁSSIO

Na Figura 03 é apresentada a comparação entre os métodos de extração de potássio nas acículas. Observa-se que os teores aumentam substancialmente no ano de 2010, além do método de combustão total ser superior ao método sem digestão exceto para o tecido do 1º lançamento de 2010 no qual os teores foram semelhantes. O potássio no ano de 2009 se encontrava na faixa de deficiência quando extraído pelo método de combustão total sendo que esse teor nas acículas abaixo de 6,0 g kg<sup>-1</sup>, é considerado baixo (GONÇALVES, 1995; MANUAL DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA, 2004).

**FIGURA 03. Comparação entre os métodos extração de Potássio via Combustão Total e via Sem Digestão, para *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**



Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente a nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 05 estão apresentados os teores médios de potássio nas acículas, observa-se que apresentam baixo intervalo de variação e alto coeficiente de variação em todos os tecidos amostrados.

Provavelmente por não fazer parte ou não ser fortemente adsorvido aos compostos orgânicos (MEURER, 2006), o K foi o que apresentou menores diferenças entre os métodos, sugerindo que a quantidade de nutriente extraída pelo método sem digestão seja próxima do total.

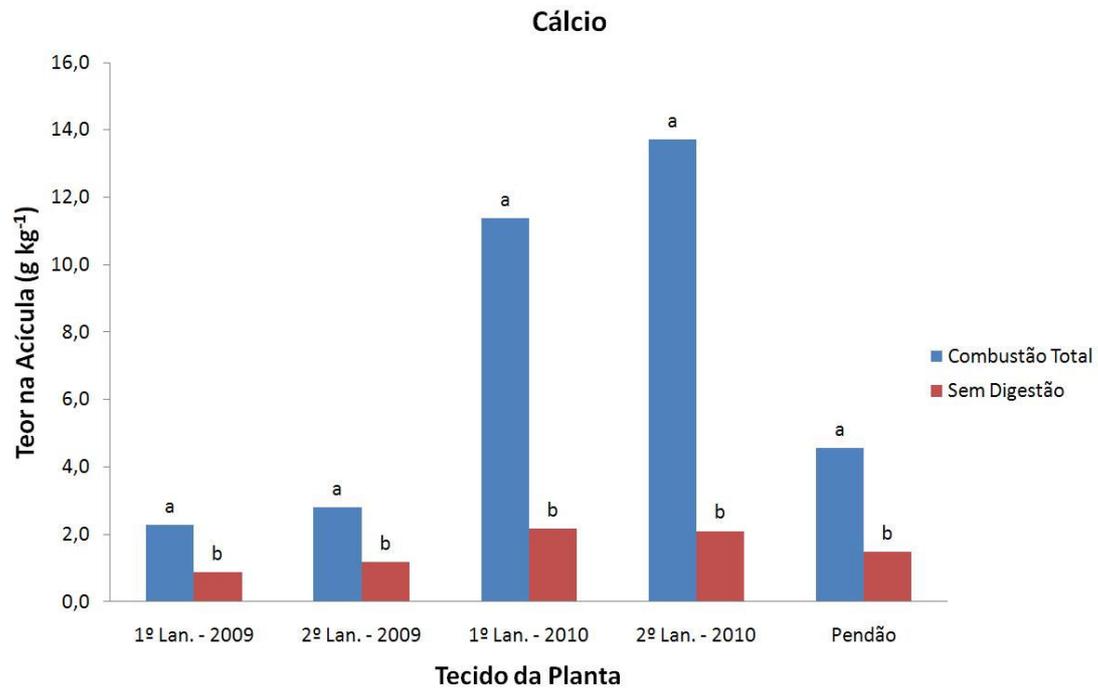
**TABELA 05. Teor médio de potássio (K) nas acículas, intervalo de confiança e coeficientes de variação (C.V.), para *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**

<b>K (g kg<sup>-1</sup>)</b>		
<b>Acículas 2009</b>		
		C.V. (%)
1º Lançamento		
Combustão Total	3,72 <sup>a</sup> ±0,22	14,95
Sem Digestão	3,36 <sup>b</sup> ±0,19	14,26
2º Lançamento		
Combustão Total	3,42 <sup>a</sup> ±0,23	17,12
Sem Digestão	3,14 <sup>b</sup> ±0,20	16,1
<b>Acículas 2010</b>		
		C.V. (%)
1º Lançamento		
Combustão Total	8,57 <sup>a</sup> ±0,94	28,32
Sem Digestão	8,18 <sup>a</sup> ±0,87	27,59
2º Lançamento		
Combustão Total	9,16 <sup>a</sup> ±0,83	23,34
Sem Digestão	8,31 <sup>b</sup> ±0,51	15,71
<b>Pendão</b>		
		C.V. (%)
Combustão Total	6,24 <sup>a</sup> ±0,41	17,24
Sem Digestão	4,72 <sup>b</sup> ±0,30	17,05

### 3.1.3. CÁLCIO

Na Figura 04 é apresentada a comparação entre os métodos de extração de cálcio nas acículas observa-se que os teores aumentam com o tempo. Ainda observa-se que os teores extraídos pelo método de combustão total são sempre superiores em todos os tecidos amostrados. Essa diferença significativa entre os métodos para o cálcio é esperado, uma vez que a combustão total tem como princípio a destruição da matéria orgânica através da incineração e posterior solubilização com ácido, determinando os teores totais das plantas. Tendo em vista a participação estrutural do Ca nos tecidos das plantas, o teor de cálcio extraído pelo método de combustão total é muito superior ao extraído pelo método sem digestão.

**FIGURA 04. Comparação entre os métodos extração de Cálcio via Combustão Total e via Sem Digestão, para *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**



Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente a nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 06, são apresentados os teores médios de cálcio nas acículas, observa-se que apresentam intervalos de variação baixos e alto coeficiente de variação em todos os tecidos amostrados.

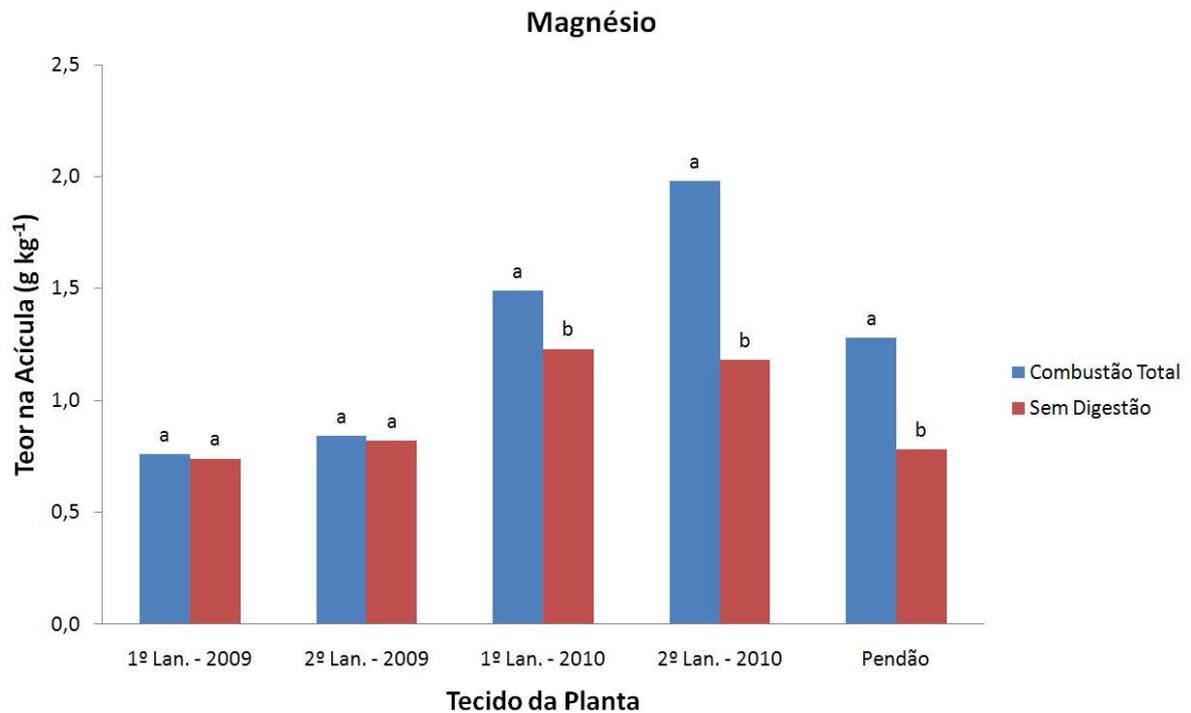
**TABELA 06. Teor médio de cálcio(Ca) nas acículas, intervalo de confiança e coeficientes de variação (C.V.), para *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**

<b>Ca (g kg<sup>-1</sup>)</b>		
<b>Acículas 2009</b>		
1º Lançamento		C.V. (%)
Combustão Total	2,28 <sup>a</sup> ±0,66	74,24
Sem Digestão	0,87 <sup>b</sup> ±0,08	25,10
2º Lançamento		C.V. (%)
Combustão Total	2,79 <sup>a</sup> ±0,87	81,80
Sem Digestão	1,17 <sup>b</sup> ±0,08	28,50
<b>Acículas 2010</b>		
1º Lançamento		C.V. (%)
Combustão Total	11,37 <sup>a</sup> ±3,19	72,40
Sem Digestão	2,17 <sup>b</sup> ±0,46	54,39
2º Lançamento		C.V. (%)
Combustão Total	13,71 <sup>a±</sup> 2,77	52,18
Sem Digestão	2,09 <sup>b</sup> ±0,43	53,53
<b>Pendão</b>		
		C.V. (%)
Combustão Total	4,55 <sup>a</sup> ±0,29	16,98
Sem Digestão	1,48 <sup>b</sup> ±0,09	16,16

### 3.1.4. MAGNÉSIO

Na Figura 05 é apresentada a comparação entre os métodos de extração em todos os tecidos amostrados, observa-se que as metodologias no ano de 2009 apresentaram valores semelhantes, porém no ano seguinte os teores extraídos pelo método de combustão total foram superiores ao método de sem digestão. Essa diferença no ano de 2010 pode ser explicada devido ao princípio da combustão total realizar a destruição da matéria orgânica através da incineração e posterior solubilização com ácido, determinando os teores totais das plantas. Vale observar que os teores de magnésio aumentaram substancialmente no ano de 2010 em relação ao ano de 2009.

**FIGURA 05. Comparação entre os métodos extração de Magnésio via Combustão Total e via Sem Digestão, para *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**



Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente a nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 07 são apresentados os teores médios de magnésio nas acículas, observa-se que os teores apresentam intervalos de variação baixos e alto coeficiente de variação nos tecidos amostrados.

**TABELA 07. Teor médio de magnésio (Mg) nas acículas, intervalo de confiança e coeficientes de variação (C.V.), para *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**

<b>Mg (g kg<sup>-1</sup>)</b>		
<b>Acículas 2009</b>		
	1º Lançamento	C.V. (%)
Combustão Total	0,76 <sup>a</sup> ±0,25	85,58
Sem Digestão	0,74 <sup>a</sup> ±0,07	24,83
	2º Lançamento	C.V. (%)
Combustão Total	0,84 <sup>a</sup> ±0,24	74,88
Sem Digestão	0,82 <sup>a</sup> ±0,08	24,98
<b>Acículas 2010</b>		
	1º Lançamento	C.V. (%)
Combustão Total	1,49 <sup>a</sup> ±0,21	35,98
Sem Digestão	1,23 <sup>b</sup> ±0,20	41,59
	2º Lançamento	C.V. (%)
Combustão Total	1,98 <sup>a</sup> ±0,30	39,53
Sem Digestão	1,18 <sup>b</sup> ±0,14	30,72
<b>Pendão</b>		
		C.V. (%)
Combustão Total	1,28 <sup>a</sup> ±0,19	38,44
Sem Digestão	0,78 <sup>b</sup> ±0,10	32,6

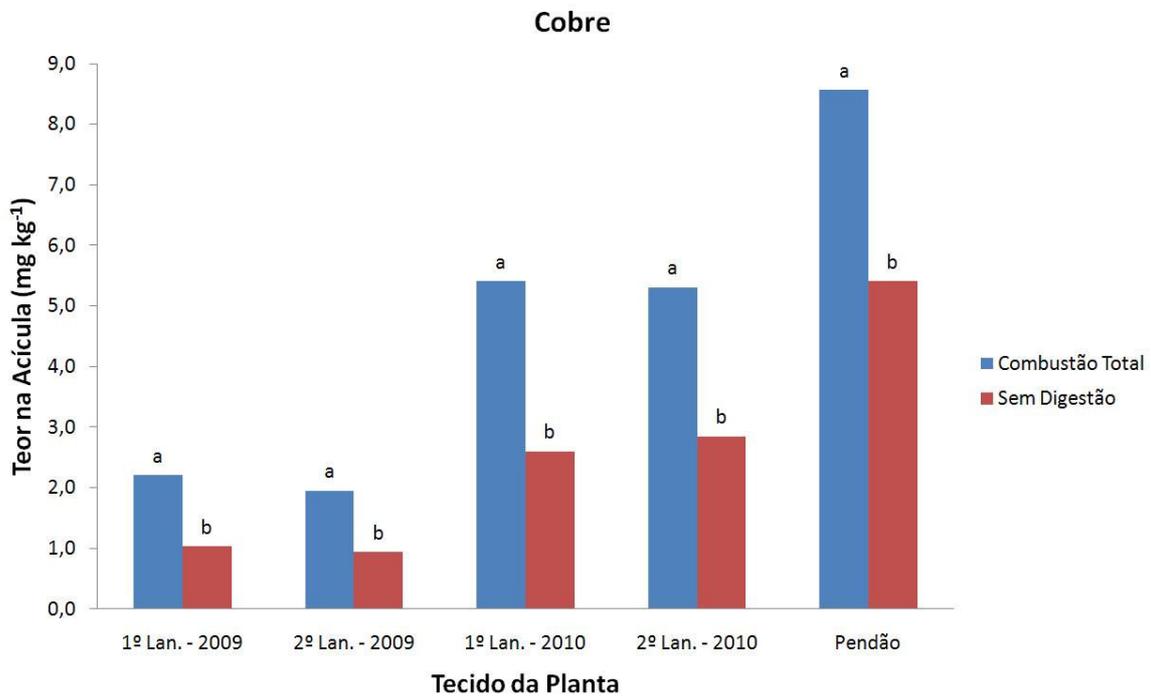
### 3.1.5. COBRE

Na Figura 06 é apresentada a comparação entre os métodos de extração, observa-se que o método de combustão total aumenta com o tempo, além disso, os teores extraídos pelo método de combustão total são superiores aos extraídos pelo método sem digestão em todos os tecidos amostrados.

Essa diferença significativa entre os métodos para o nutriente cobre era esperada, uma vez que a combustão total tem como princípio a destruição da matéria orgânica através da incineração e posteriormente solubilização com ácido, determinando os teores totais das plantas

Os teores baixos extraídos pelo método sem digestão sugerem que há necessidade de tabela específica ou fatores que faça a conversão dos valores.

**FIGURA 06. Comparação entre os métodos extração de Cobre via Combustão Total e via Sem Digestão, para Pinus taeda cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**



Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente a nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 08 são apresentados os teores médios de cobre nas acículas, observa-se que os teores apresentam intervalos de variação baixos e alto coeficiente de variação nos tecidos amostrados.

**TABELA 08. Teor médio de cobre (Cu) nas acículas, intervalo de confiança e coeficientes de variação (C.V.), para *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**

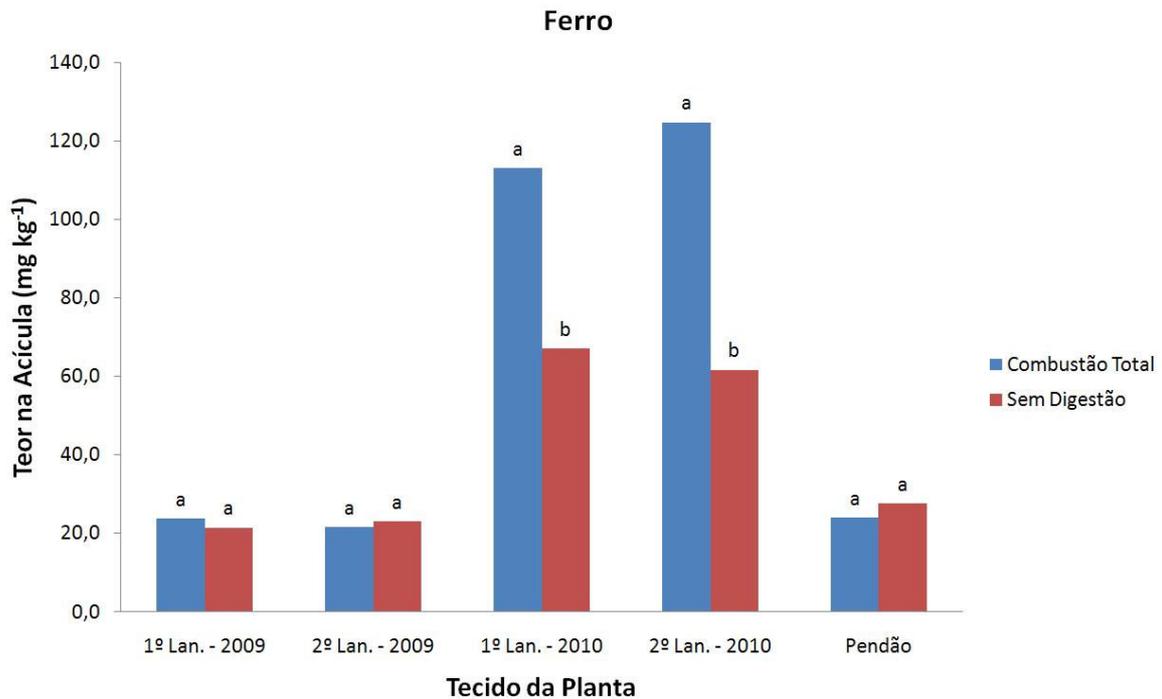
<b>Cu (mg kg<sup>-1</sup>)</b>		
<b>Acículas 2009</b>		
	1º Lançamento	C.V. (%)
Combustão Total	2,21 <sup>a</sup> ±0,30	35,52
Sem Digestão	1,03 <sup>b</sup> ±0,10	26,06
	2º Lançamento	C.V. (%)
Combustão Total	1,95 <sup>a</sup> ±0,31	41,48
Sem Digestão	0,94 <sup>b</sup> ±0,14	38,99
<b>Acículas 2010</b>		
	1º Lançamento	C.V. (%)
Combustão Total	5,41 <sup>a</sup> ±1,03	49,22
Sem Digestão	2,60 <sup>b</sup> ±0,28	27,82
	2º Lançamento	C.V. (%)
Combustão Total	5,31 <sup>a</sup> ±0,98	47,82
Sem Digestão	2,85 <sup>b</sup> ±0,27	24,27
<b>Pendão</b>		
		C.V. (%)
Combustão Total	8,56 <sup>a</sup> ±0,69	21,25
Sem Digestão	5,41 <sup>b</sup> ±0,67	32,96

### 3.1.6. FERRO

Na Figura 07 é apresentada a comparação entre os métodos de combustão total e sem digestão, observa-se que os teores aumentaram com o tempo. Além disso, no ano de 2009 os teores eram semelhantes entre os métodos, porém no ano de 2010 os teores foram diferentes estatisticamente entre as metodologias.

Observa-se que o Fe em algumas situações foi extraído em quantidades equivalentes nos dois procedimentos, o que não era esperado, uma vez que este elemento possui forte ligação nos tecidos (AMBERGER, 1989), principalmente nas estruturas dos cloroplastos e proteínas, levando em consideração que este elemento apresenta baixa mobilidade nos tecidos, a extração sem digestão, teoricamente, deveria extrair teores menores.

**FIGURA 07. Comparação entre os métodos extração de Ferro via Combustão Total e via Sem Digestão, para *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**



Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente no nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 09 são apresentados os teores médios de ferro nas acículas, observa-se que os teores apresentam intervalos de variação baixos e alto coeficiente de variação nos tecidos amostrados.

**TABELA 09. Teor médio de ferro (Fe) nas acículas, intervalo de confiança e coeficientes de variação (C.V.), para *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**

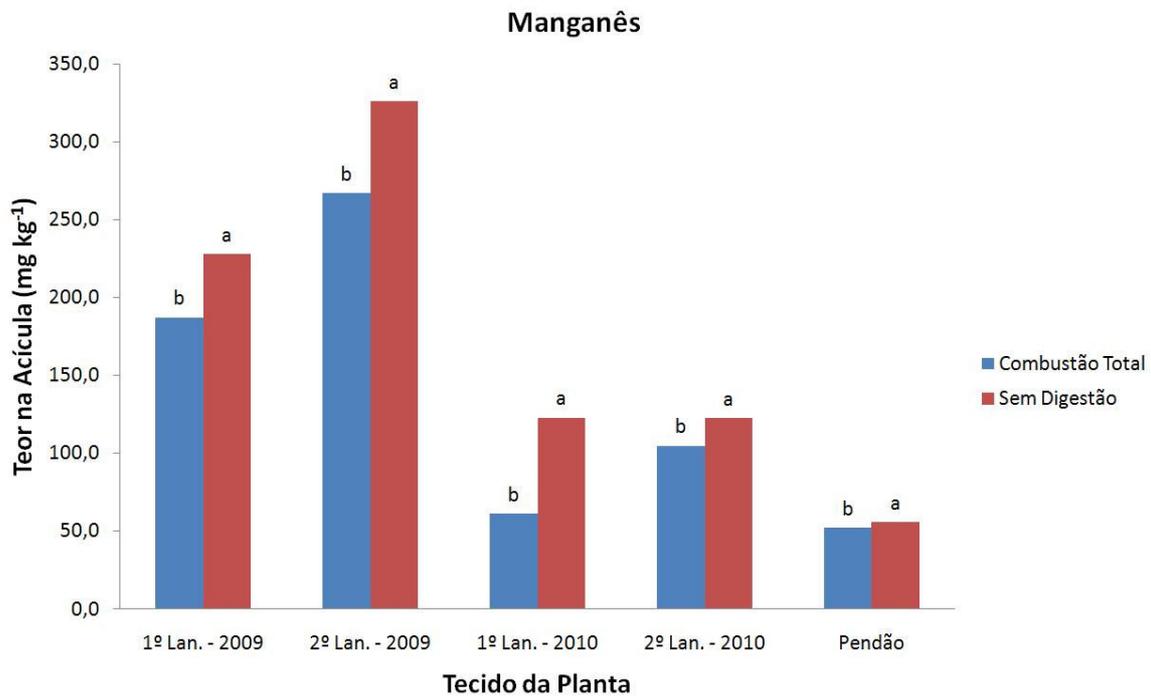
<b>Fe (mg kg<sup>-1</sup>)</b>		
<b>Acículas 2009</b>		
1º Lançamento		C.V. (%)
Combustão Total	23,8 <sup>a</sup> ±5,12	55,47
Sem Digestão	21,4 <sup>a</sup> ±6,65	80,02
2º Lançamento		C.V. (%)
Combustão Total	21,5 <sup>a</sup> ±4,10	49,83
Sem Digestão	23,0 <sup>a</sup> ±1,89	21,13
<b>Acículas 2010</b>		
1º Lançamento		C.V. (%)
Combustão Total	113,0 <sup>a</sup> ±16,87	38,49
Sem Digestão	67,1 <sup>b</sup> ±8,58	32,58
2º Lançamento		C.V. (%)
Combustão Total	124,7 <sup>a</sup> ±12,43	25,71
Sem Digestão	67,6 <sup>b</sup> ±7,18	27,39
<b>Pendão</b>		
		C.V. (%)
Combustão Total	24,0 <sup>a</sup> ±4,53	50,00
Sem Digestão	27,6 <sup>a</sup> ±2,19	21,04

### 3.1.7. MANGANÊS

Na Figura 08 é apresentada a comparação entre os métodos de extração.

Observa-se que os teores extraídos pelo método sem digestão foram superiores aos extraídos pelo método de combustão total em todos os tecidos. Esse fato não era esperado, indicando que durante o processo de queima possam ter surgido interferências, tais como formação de óxidos ou outros componentes com o elemento impedindo sua detecção. Tal fato requer mais estudos para indicar alternativas elucidativas.

**FIGURA 08. Comparação entre os métodos extração de Manganês via Combustão Total e via Sem Digestão, para *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**



Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente a nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 10 são apresentados os teores médios de manganês nas acículas, observa-se que os teores apresentam intervalos de variação baixos e alto coeficiente de variação nos tecidos amostrados.

**TABELA 10. Teor médio de manganês (Mn) nas acículas, intervalo de confiança e coeficientes de variação (C.V.), para *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**

<b>Mn (mg kg<sup>-1</sup>)</b>		
<b>Acículas 2009</b>		
		C.V. (%)
1º Lançamento		
Combustão Total	187,3 <sup>b</sup> ±17,03	23,44
Sem Digestão	227,6 <sup>a</sup> ±20,03	19,68
2º Lançamento		
Combustão Total	266,9 <sup>b</sup> ±20,12	19,68
Sem Digestão	325,9 <sup>a</sup> ±25,26	19,99
<b>Acículas 2010</b>		
		C.V. (%)
1º Lançamento		
Combustão Total	61,0 <sup>b</sup> ±12,92	54,60
Sem Digestão	122,9 <sup>a</sup> ±34,44	70,45
2º Lançamento		
Combustão Total	104,8 <sup>a</sup> ±16,68	41,02
Sem Digestão	122,5 <sup>a</sup> ±33,43	70,38
<b>Pendão</b>		
		C.V. (%)
Combustão Total	52,3 <sup>a</sup> ±7,82	39,56
Sem Digestão	55,8 <sup>a</sup> ±8,59	40,77

### 3.1.8. ZINCO

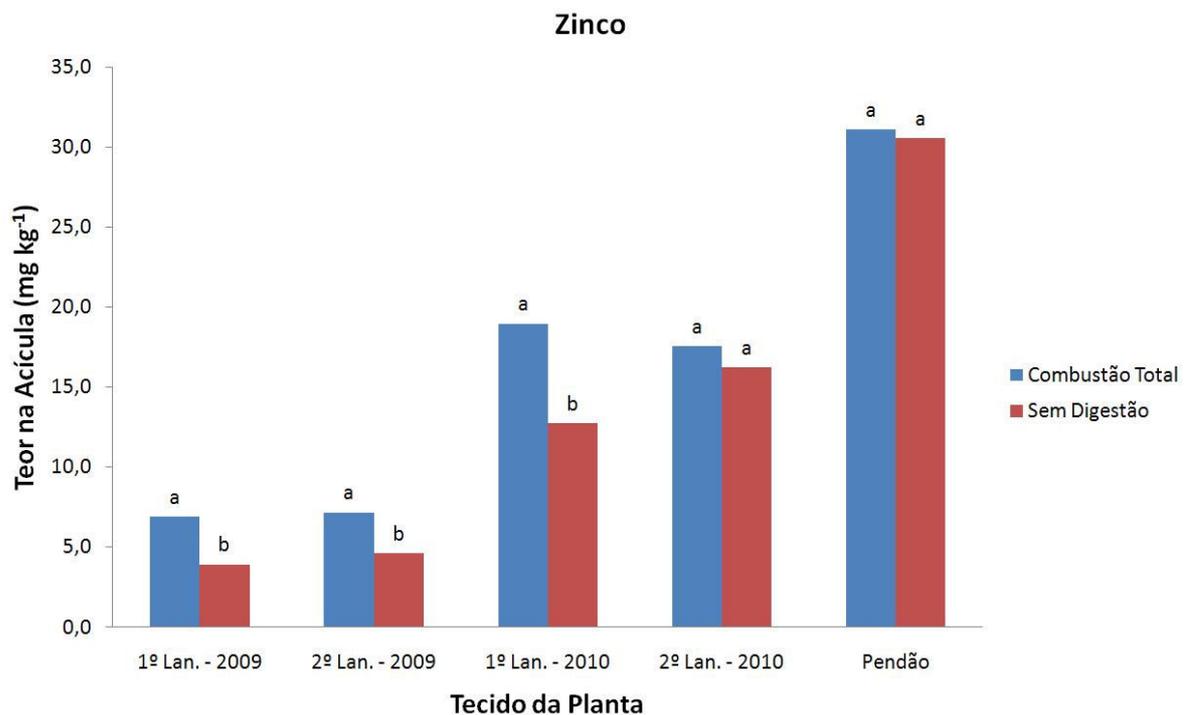
Na Figura 09 é apresentada a comparação entre os métodos de extração de zinco, observando-se que na maioria dos tecidos analisados os teores extraídos pelo combustão total são superiores aos extraídos pelo método sem digestão. Além disso, ocorre um aumento substancial do elemento no ano de 2010, assim como os teores no início do experimento estão abaixo do considerado ideal que seria na faixa de 30 a 45 mg kg<sup>-1</sup> (GONÇALVES, 1995; MANUAL DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA, 2004).

Essa diferença significativa entre os métodos para o nutriente zinco era esperada, uma vez que a combustão total tem como princípio a destruição da matéria orgânica através da incineração e posteriormente solubilização com ácido, determinando os teores totais das plantas.

Os nutrientes Ca, Mg, Cu e Zn, se comportaram de maneira semelhante quando extraídos pela metodologia sem digestão, ou seja, os teores nesses elementos foram melhores quando extraídos pela método sem digestão devido a metodologia ter como principio a

extração do nutriente com simples aquecimento em “banho-maria” e agitação, consequentemente, esta metodologia não extrai os teores totais da planta (PAVAN et al., 1984; SILVA, 2009).

**FIGURA 09. Comparação entre os métodos extração de Zinco via Combustão Total e via Sem Digestão, para *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**



Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente a nível de 5% de probabilidade.

Na tabela 11 são apresentados os teores médios de zinco nas acículas, observa-se que os teores apresentam intervalos de variação baixos e alto coeficiente de variação nos tecidos amostrados.

**TABELA 11. Teor médio de zinco (Zn) nas acículas, intervalo de confiança e coeficientes de variação (C.V.), para *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**

<b>Zn (mg kg<sup>-1</sup>)</b>		
<b>Acículas 2009</b>		
		C.V. (%)
1º Lançamento		
Combustão Total	6,88 <sup>a</sup> ±0,68	25,36
Sem Digestão	3,91 <sup>b</sup> ±0,49	32,17
2º Lançamento		
Combustão Total	7,17 <sup>a</sup> ±0,79	28,66
Sem Digestão	4,62 <sup>b</sup> ±0,91	50,71
<b>Acículas 2010</b>		
		C.V. (%)
1º Lançamento		
Combustão Total	18,96 <sup>a</sup> ±5,62	76,49
Sem Digestão	12,73 <sup>b</sup> ±2,15	43,48
2º Lançamento		
Combustão Total	17,55 <sup>a</sup> ±4,82	70,75
Sem Digestão	16,22 <sup>a</sup> ±4,92	78,17
<b>Pendão</b>		
		C.V. (%)
Combustão Total	31,08 <sup>a</sup> ±3,91	33,28
Sem Digestão	30,52 <sup>a</sup> ±4,18	36,23

Os resultados comparando os tratamentos para cada metodologia está apresentada no Apêndice 01.

### 3.1.9. CORRELAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS

Na Tabela 12 estão apresentados os coeficientes de variação entre as metodologias.

Observa-se que para o nutriente fósforo, potássio e manganês as metodologias são altamente significativas. Os nutrientes manganês e zinco apresentaram correlação intermediária e o nutriente cálcio e coberto não apresentou coeficiente entre as metodologias, exceto alguns tecidos.

Segundo CARNEIRO et al., (2006), comparando os Métodos Sem Digestão (SD) e Combustão Total (CT) na cultura de erva-mate para os nutrientes K e Ca a extração por CT foi menor em relação à SD, sendo diferente ao obtido neste estudo. Porém, para o Mg os autores encontraram os teores semelhantes entre os métodos, como observado neste estudo. Apesar disso, os autores comentam que a obtenção de valores mais elevados com um

determinado método não implicaria necessariamente na superioridade do mesmo. Além disso, isto depende também de fatores como repetibilidade além do coeficiente de variação.

Ainda, PAVAN, et al., (1984), comparando os métodos de mistura de ácidos nítrico e perclórico, e sem digestão, analisando em conjunto os nutrientes K, Ca, Mg, Mn, Cu, Zn em espécies frutíferas demonstraram que não houve diferença significativa (5%) entre os métodos de extração, sugerindo que os nutrientes podem ser extraídos dos tecidos foliares através de um simples aquecimento e agitação com HCl 1 mol L<sup>-1</sup>.

Com base nos resultados apresentados é provável que o tipo de planta utilizado possa ter efeito sobre a comparação entre métodos e seja necessária a análise com diversos tipos de tecido de planta para comparar os métodos. Neste sentido, PAVAN et al., (1984) comentam que a aplicabilidade deste método varia com o tipo de tecido e da espécie de planta a ser analisada.

A significância entre os métodos não implica em falta de correlação. Observa-se que os valores de correlação entre os métodos foram altamente significativos. Os coeficientes de correlação (r) para P; K; Ca; Mg; Cu; Fe; Mn; Zn no primeiro lançamento do ano de 2009, foram: Mn - 0,97 > K - 0,91 > Fe - 0,62 > P - 0,60 > Zn - 0,49 > Mg - 0,44; e não significativo para Ca - 0,21 > Cu - 0,05. Os coeficientes para os mesmo nutrientes no segundo lançamento do mesmo ano foram: significativos para K - 0,91 > Mn - 0,90 > P - 0,58 > Ca - 0,53 > Mg - 0,46 > Cu - 0,40 e não significativo para Zn - 0,37 > Fe - 0,23.

Os coeficientes para o P; K; Ca; Mg; Cu; Fe; Mn; Zn no primeiro lançamento do ano de 2010, foram: P - 1,00 > K - 0,74 > Mn - 0,71 > Cu - 0,64 > Mg - 0,62 e não significativo para Zn - 0,30 > Fe - 0,23 > Ca - 0,08 (Tabela 03). No segundo lançamento os coeficientes são: significativos para Zn - 0,66 > Ca - 0,47 e não significativo para Mn - 0,32 > K - 0,29 > Cu - 0,23 > Mg - 0,15 > P - 0,08 > Fe - 0,05.

Para o pendão os coeficientes foram: significativos Mg - 0,95 > P - 0,91 > K - 0,86 > Mn - 0,71 > Zn - 0,60 > Fe - 0,55 e não significativo para Ca - 0,32 > Cu - 0,13.

De modo geral, com base nos resultados apresentados anteriormente é possível dividir os elementos em três grupos: I – grupo muito promissores – K, Mn e P – em que os métodos têm grande potencial de uso face à boa relação entre os métodos, visto que quatro vezes em cinco grupos de tecido avaliados todos foram altamente significativos. II – grupo promissor – Mg e Zn – em que os métodos têm boa correlação mas com valores menores. III – grupo não promissor – Ca, Cu e Fe – com baixa correlação e não são equivalentes.

Corroborando com resultados aqui obtidos CARNEIRO et al., (2006), confirmam maior coeficiente para K, ( $r= 0,87$ ) em relação ao Mg, ( $r= 0,79$ ) e Ca, ( $r=0,46$ ), valores esses que em sua maioria foram superiores aos obtidos neste estudo para os dois últimos elementos.

**TABELA 12. Coeficientes de correlação (r) entre os métodos combustão total e sem digestão para P, K, Ca, Mg Cu, Fe, Mn, Zn, nas acículas de primeiro e segundo lançamento e pendão de *Pinus taeda taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR..**

2009								
Tecido	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
1º Lançamento	0,60**	0,91**	0,21 <sup>ns</sup>	0,44*	0,05 <sup>ns</sup>	0,62**	0,97**	0,49**
2º Lançamento	0,58**	0,91**	0,53**	0,46*	0,40*	0,23 <sup>ns</sup>	0,90**	0,37*
2010								
Tecido	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
1º Lançamento	1,00**	0,74**	-0,08 <sup>ns</sup>	0,62**	0,64**	0,23 <sup>ns</sup>	0,71**	0,30 <sup>ns</sup>
2º Lançamento	0,08 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	-0,47**	0,15 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,66**
Pendão -2010								
Tecido	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Pendão	0,91**	0,86**	0,32 <sup>ns</sup>	0,95**	0,13 <sup>ns</sup>	0,55**	0,71**	0,60**

\* = Significativo a 5%; \*\* = Significativo a 1%; <sup>ns</sup> = Não Significativo

Nota-se que o primeiro lançamento apresenta maior número de valores com elevado grau de correlação, se identificando mais com o pendão. Neste sentido, há um ponto em comum entre ambos, já que, são formados na primavera, embora de anos distintos.

DOLDAN (1987), em plantios na região de Ponta Grossa também pôde observar que o primeiro lançamento apresentou o maior número de correlações significativas com o crescimento, enquanto GARICOITS (1990), observou que apenas o K e Mg do primeiro lançamento apresentaram altos graus de correlação com o crescimento. No entanto não é possível estabelecer um ordenamento sequencial do grau de correlação por elemento, tendo em vista que a época parece interferir, a exemplo do Mn no ano de 2009.

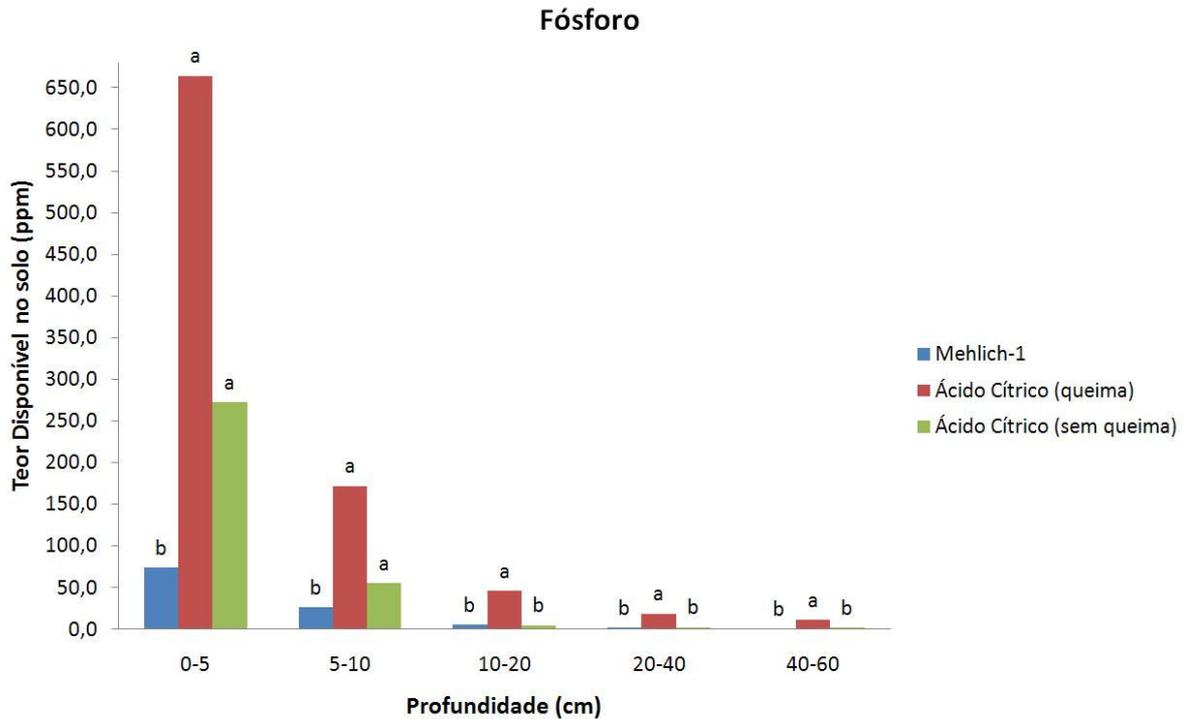
## 3.2. SOLO

### 3.2.1. FÓSFORO

Na Figura 10 são apresentadas as médias dos teores de nutrientes disponíveis no solo em cada método, não discriminando os tratamentos. Demonstrando que para o P o Ácido Cítrico (AC) extraiu teores superiores em relação ao Mehlich-1 nas camadas superficiais, porém nas camadas mais profundas (a partir dos 10 cm) os teores foram mais próximos entre os métodos. Neste particular SILVA & MENDONÇA (2007) relatam que em solos ácidos e pobres em P, as plantas podem exsudar ácidos orgânicos na rizosfera que irão solubilizar os fosfatos de Fe e Al. Em solos calcários, estes ácidos ajudam na liberação de P nos fosfatos de Ca e ainda podem competir com o P nos sítios de adsorção, favorecendo a dessorção do P para a solução do solo.

SANTOS FILHO, et al.,(1992/3) encontraram teores de P similares aos encontrados neste estudo utilizando o ácido cítrico. No entanto, esses valores são por demais elevados, uma vez que se aproximam e em certos casos superam valores de P total para essa categoria de solos (REISSMANN & ZÖTTL, 1987). Neste sentido é importante lembrar que a diferença do procedimento com queima e sem queima, a primeira camada (0-5 cm) proporcionalmente é muitas vezes menor que na última camada (40-60 cm). Tais fatos requerem investigações mais aprofundadas quanto à metodologia de extração e determinação.

**FIGURA 10. Comparação entre os métodos de extração de Fósforo via Mehlich-1 e Ácido Cítrico (com queima e sem queima), para solo de *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**



Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente a nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 13, são apresentados os teores médios de fósforo no solo nas diferentes profundidades, observa-se que os teores apresentam intervalos de variação altos, principalmente na camada mais profunda do solo (40-60 cm) e alto coeficiente de variação nas profundidades avaliadas.

**TABELA 13. Teor médio disponível de fósforo (P) no solo, intervalo de confiança e coeficientes de variação (C.V.), para solo de *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**

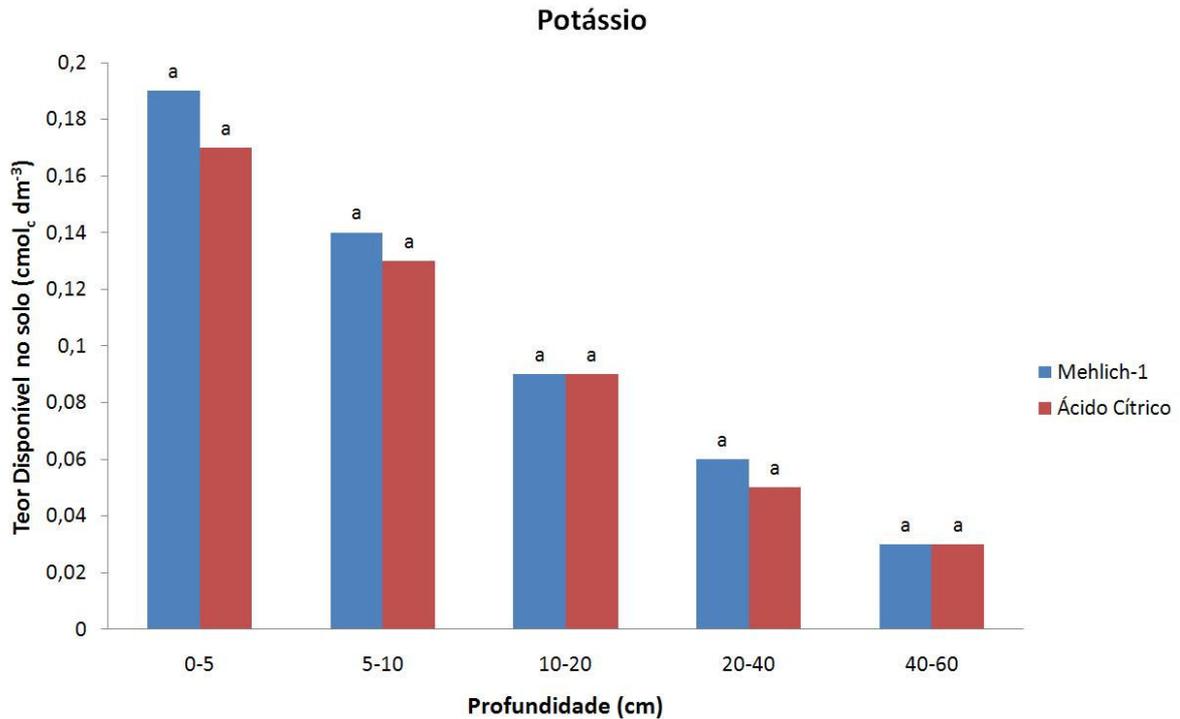
Profundidade (cm)	Fósforo – P (mg kg <sup>-1</sup> )					
	Métodos					
	Mehlich-1	C.V.(%)	Ácido Cítrico (queima)	C.V.(%)	Ácido Cítrico (sem queima)	C.V.(%)
0-5	73,87 <sup>a</sup> ±20,07	70,05	664,29 <sup>a</sup> ±185,84	85,46	272,64 <sup>a</sup> ±106,27	100,51
5-10	25,96 <sup>b</sup> ±7,99	79,37	171,79 <sup>a</sup> ±67,22	79,37	54,96 <sup>a</sup> ±25,46	119,43
10-20	5,19 <sup>b</sup> ±1,50	74,61	45,71 <sup>a</sup> ±15,02	74,61	4,79 <sup>b</sup> ±1,91	103,05
20-40	1,71 <sup>b</sup> ±0,47	71,60	18,57 <sup>a</sup> ±6,57	71,60	2,68 <sup>b</sup> ±1,28	123,63
40-60	0,86 <sup>b</sup> ±0,56	168,88	11,43 <sup>a</sup> ±6,57	148,18	1,57 <sup>b</sup> ±0,90	148,41

### 3.2.2. POTÁSSIO

Na Figura 11, observa-se que o potássio extraído pelo Ácido Cítrico extraiu quantidade semelhante ao método tradicional, ao longo do perfil, não apresentando diferença estatística entre os métodos, demonstrando que o ácido cítrico é equivalente ao extrator tradicional de K.

O K foi extraído em quantidade semelhante entre os métodos, sugerindo que a quantidade de nutriente extraída pelo método do ácido cítrico seja próxima do Mehlich-1. Portanto, neste caso, provavelmente seja possível utilizar as mesmas tabelas de interpretação dos teores de nutrientes que utilizando o Mehlich-1, ou o ácido cítrico como extrator. Porém para o Mn os menores valores obtidos pelo ácido cítrico sugerem que há necessidade de tabela específica que faça a interpretação dos valores. Neste sentido, ANJOS & MATTIAZZO, (2001) comentam que soluções ácidas extraem mais Mn do que as alcalinas, sais ou de complexos orgânicos. Além disso, é preciso considerar que armazenamento e a temperatura de secagem interferem fortemente nos teores de Mn.

**FIGURA 11. Comparação entre os métodos de extração de Potássio via Mehlich-1 e Ácido Cítrico, para solo de *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR..**



Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente a nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 14, são apresentados os teores médios de potássio no solo nas diferentes profundidades, observa-se que os teores apresentam intervalos de variação baixos e alto coeficiente de variação nas profundidades amostradas.

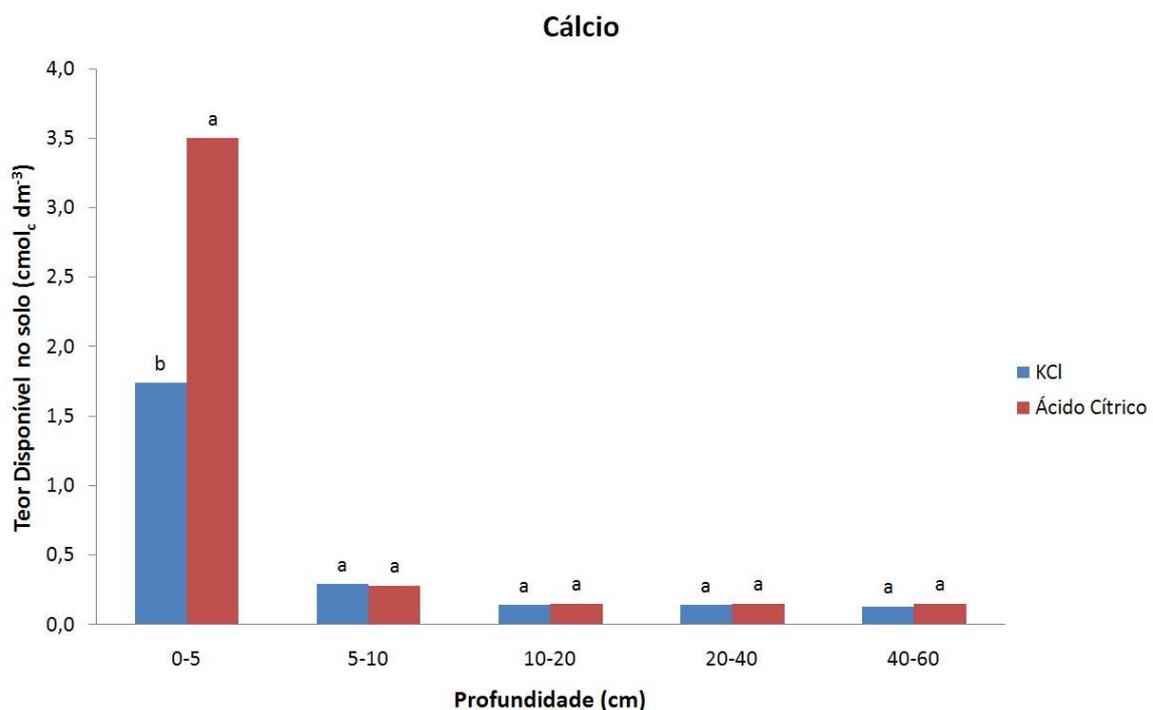
**TABELA 14. Teor médio disponível de potássio (K), intervalo de confiança e coeficientes de variação (C.V.).**

Profundidade (cm)	Potássio – K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )			
	Métodos			
	Mehlich-1	C.V.(%)	Ácido Cítrico	C.V.(%)
0-5	0,19 <sup>a</sup> ±0,05	73,99	0,17 <sup>a</sup> ±0,05	75,29
5-10	0,14 <sup>a</sup> ±0,04	76,16	0,13 <sup>a</sup> ±0,04	78,64
10-20	0,09 <sup>a</sup> ±0,03	85,43	0,09 <sup>a</sup> ±0,03	87,29
20-40	0,06 <sup>a</sup> ±0,02	83,70	0,05 <sup>a</sup> ±0,02	77,91
40-60	0,03 <sup>a</sup> ±0,01	74,02	0,03 <sup>a</sup> ±0,02	80,13

### 3.2.3. CÁLCIO

Na Figura 12, observa-se que ao contrário do potássio, o Ca na camada de 0-5 cm o teor extraído pelo Ácido Cítrico (pH – 4,5) foi superior em relação ao método tradicional, isto pode ser explicado devido ao método tradicional extrair apenas formas trocáveis no ambiente tamponado (KCl 1 mol  $\text{dm}^{-3}$  – pH 5,5). Já o ácido cítrico certamente deve atuar na complexação e tamponamento e por isso, deve extrair formas ligadas à matéria orgânica, e eventualmente do calcário aplicado na superfície.

**FIGURA 12. Comparação entre os métodos de extração de Cálcio via Cloreto de Potássio (KCl) e Ácido Cítrico, para solo de *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**



Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente a nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 15, são apresentados os teores médios de cálcio no solo nas diferentes profundidades, observa-se que os teores apresentam intervalos de variação baixos e alto coeficiente de variação nas profundidades avaliadas.

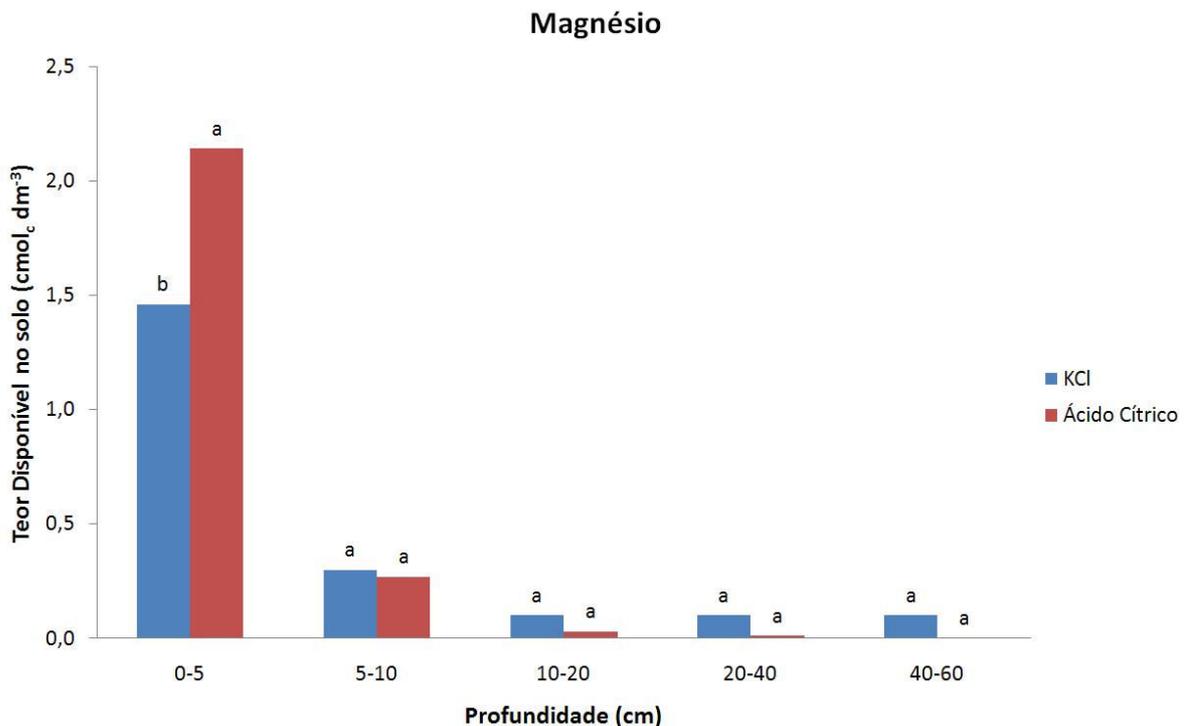
**TABELA 15. Teor médio disponível de cálcio (Ca), intervalo de confiança e coeficientes de variação (C.V.), para solo de *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**

Profundidade (cm)	Cálcio – Ca ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ )			
	Métodos			
	KCl	C.V. (%)	Ácido Cítrico	C.V. (%)
0-5	1,74 <sup>b</sup> ±1,14	56,01	3,50 <sup>a</sup> ±1,14	84,07
5-10	0,29 <sup>a</sup> ±0,05	48,28	0,28 <sup>a</sup> ±0,10	90,00
10-20	0,14 <sup>a</sup> ±0,03	35,28	0,15 <sup>a</sup> ±0,03	57,38
20-40	0,14 <sup>a</sup> ±0,02	35,95	0,15 <sup>a</sup> ±0,02	57,38
40-60	0,13 <sup>a</sup> ±0,02	35,99	0,15 <sup>a</sup> ±0,03	55,92

### 3.2.4. MAGNÉSIO

Embora em menor proporção que o Ca, observa-se na Figura 13, o Mg extraído pelo ácido cítrico foi superior ao KCl, na camada de 0-5 cm, em ambiente afetado pelo calcário. Mas, mostrou-se inferior na extração abaixo de 10 cm. O Mg é considerado baixo, quando abaixo de  $0,8 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$  no cerrado (SOUSA, et al., 2007), vale lembrar que as condições encontradas no presente estudo é de um experimento conduzido em ambiente de transição de cerrado.

**FIGURA 13. Comparação entre os métodos de extração de Magnésio via Cloreto de Potássio (KCl) e Ácido Cítrico, para solo de *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**



Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 16, são apresentados os teores médios de magnésio no solo nas diferentes profundidades, observando-se que os teores apresentam intervalos de variação baixos e alto coeficiente de variação nas profundidades avaliadas.

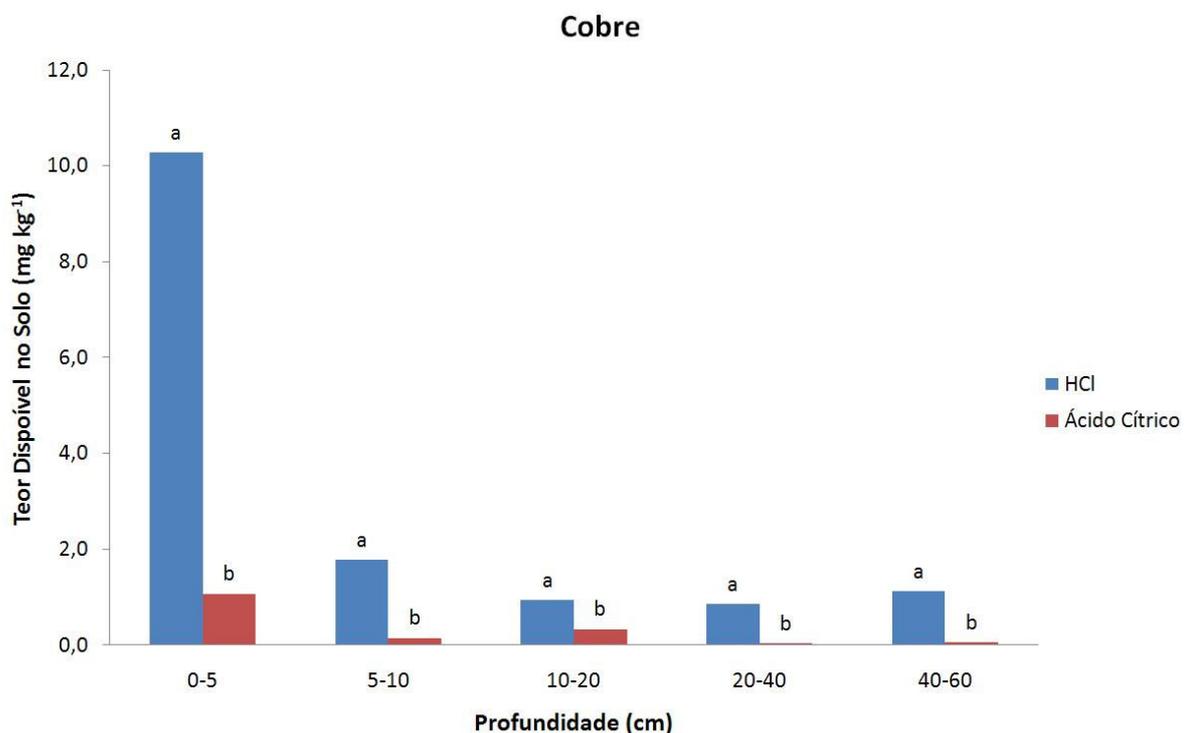
**TABELA 16. Teor médio disponível de magnésio (Mg), intervalo de confiança e coeficientes de variação (C.V.), para solo de *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**

Magnésio – Mg				
Profundidade (cm)	Métodos			
	KCl	C.V.(%)	Ácido Cítrico	C.V.(%)
0-5	1,46 <sup>b</sup> ±0,36	64,06	2,14 <sup>a</sup> ±0,56	67,81
5-10	0,30 <sup>a</sup> ±0,07	63,93	0,27 <sup>a</sup> ±0,09	83,97
10-20	0,10 <sup>a</sup> ±0,00	0,00	0,03 <sup>b</sup> ±0,02	0,00
20-40	0,10 <sup>a</sup> ±0,00	0,00	0,01 <sup>b</sup> ±0,01	0,00
40-60	0,10 <sup>a</sup> ±0,00	0,00	0,00 <sup>b</sup> ±0,00	0,00

### 3.2.5. COBRE

Na Figura 14, observa-se que o ácido cítrico mostrou-se diferente estatisticamente entre os métodos, com menor poder de extração. Neste sentido, MENOSSO, et al., (2001) e SILVA & MENDONÇA, (2007), relatam que o ácido cítrico é indicado como complexante e desintoxicante de alumínio (Al), favorecendo às raízes de plantas maior disponibilidade de nutrientes. Ainda, ácidos orgânicos de baixo peso molecular tal como cítrico, láctico, succínico, oxálico e málico são capazes de complexar micronutrientes como o Fe, Cu, Mn e Zn difundindo esses elementos no solo. Contudo os resultados indicam que a complexação e extração do Cu com ácido cítrico é baixa ou que outros elementos saturam o ácido diminuindo sua capacidade de extração. Além destes elementos, o Ca e o Mg também podem formar complexos solúveis, estimulando a movimentações deste nutrientes.

**FIGURA 14. Comparação entre os métodos de extração de Cobre via Ácido Clorídrico (HCl) e Ácido Cítrico, para solo de *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**



Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 17, são apresentados os teores médios de cobre no solo nas diferentes profundidades, observa-se que os teores apresentam intervalos de variação baixos e alto coeficiente de variação nas profundidades avaliadas.

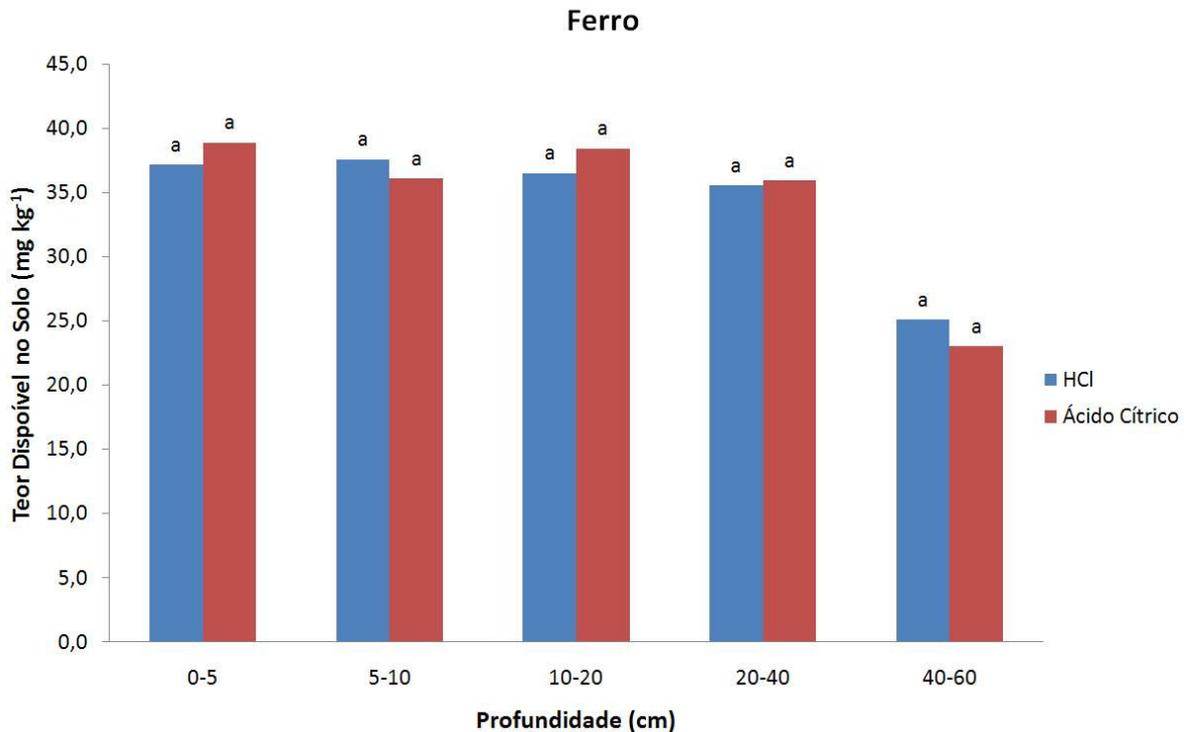
**TABELA 17. Teor médio disponível de cobre (Cu), intervalo de confiança e coeficientes de variação (C.V.), para solo de *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**

Profundidade (cm)	Cobre – Cu (mg kg <sup>-1</sup> )			
	Métodos			
	HCl	C.V. (%)	Ácido Cítrico	C.V. (%)
0-5	10,28 <sup>a</sup> ±3,96	99,39	1,07 <sup>b</sup> ±1,24	299,14
5-10	1,78 <sup>a</sup> ±0,68	98,80	0,15 <sup>b</sup> ±0,16	268,01
10-20	0,93 <sup>a</sup> ±0,27	74,18	0,33 <sup>a</sup> ±0,58	455,77
20-40	0,85 <sup>a</sup> ±0,26	77,65	0,04 <sup>b</sup> ±0,02	110,87
40-60	1,12 <sup>a</sup> ±0,38	88,33	0,05 <sup>b</sup> ±0,02	106,52

### 3.2.6. FERRO

Observa-se na Figura 15, que a extração do Ferro pelo Ácido Cítrico se mostrou de forma semelhante ao método tradicional, não havendo diferença significativa entre os métodos. Segundo SILVA & MENDONÇA, (2007), os ácidos orgânicos mobilizam Fe na rizosfera, e estes compostos irão quelatar o Fe, favorecendo a disponibilidade a solução do solo.

**FIGURA 15. Comparação entre os métodos de extração de Ferro via Ácido Clorídrico (HCl) e Ácido Cítrico, para solo de *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR..**



Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 18, são apresentados os teores médios de ferro no solo nas diferentes profundidades, observa-se que os teores apresentam intervalos de variação baixos e alto coeficiente de variação nas profundidades avaliadas.

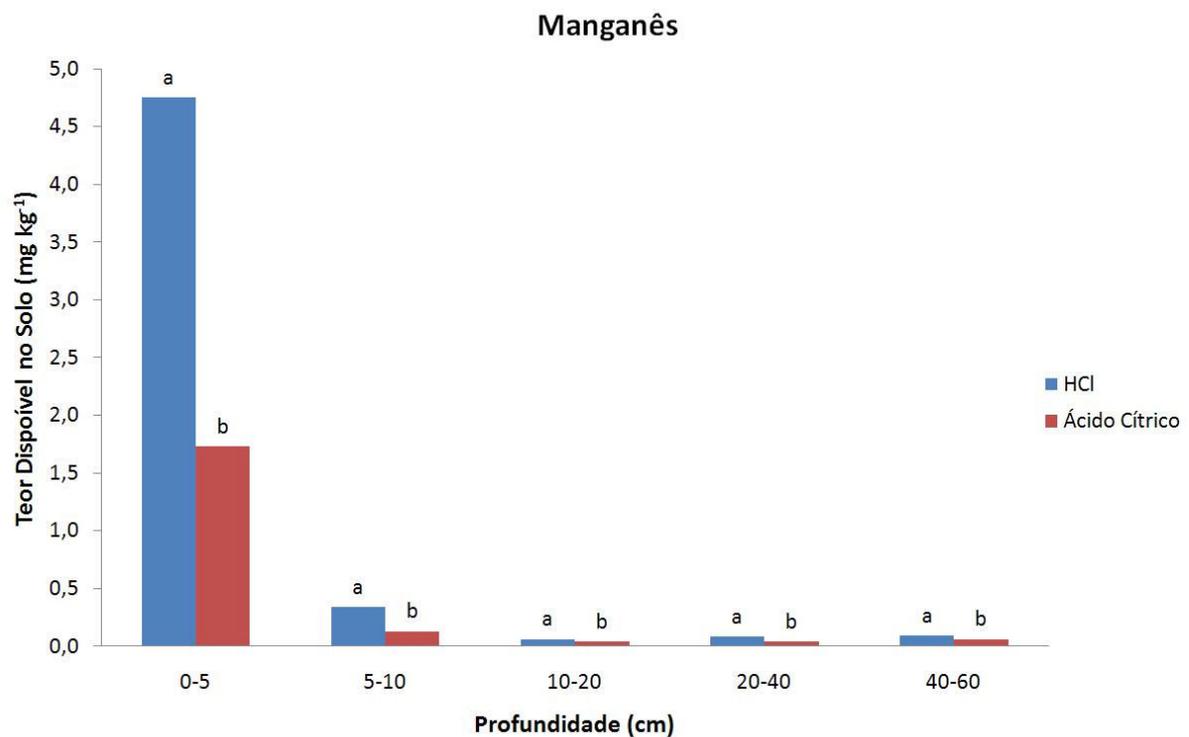
**TABELA 18. Teor médio disponível de ferro (Fe), intervalo de confiança e coeficientes de variação (C.V.), para solo de *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**

Profundidade (cm)	Ferro – Fe (mg kg <sup>-1</sup> )			
	HCl		Ácido Cítrico	
	Média	C.V. (%)	Média	C.V. (%)
0-5	37,1 <sup>a</sup> ±3,03	21,06	38,87 <sup>a</sup> ±0,51	34,54
5-10	37,6 <sup>a</sup> ±2,24	15,34	36,10 <sup>a</sup> ±4,03	28,79
10-20	36,5 <sup>a</sup> ±2,29	16,18	38,43 <sup>a</sup> ±5,06	33,97
20-40	35,6 <sup>a</sup> ±1,77	12,85	35,93 <sup>a</sup> ±4,17	29,91
40-60	25,1 <sup>a</sup> ±1,83	18,78	23,01 <sup>a</sup> ±3,38	37,93

### 3.2.7. MANGANÊS

Para o Mn, o ácido cítrico mostrou-se diferente estatisticamente entre os métodos (Figura 16), com menor poder de extração. Isto porque, ácidos orgânicos de baixo peso molecular tal como cítrico, láctico, succínico, oxálico e málico são capazes de complexar micronutrientes como o Mn difundindo esses elementos no solo.

**FIGURA 16. Comparação entre os métodos de extração de Manganês via Ácido Clorídrico (HCl) e Ácido Cítrico, para solo de *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaíva - PR.**



Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 19, são apresentados os teores médios de manganês no solo nas diferentes profundidades, observa-se que os teores apresentam intervalos de variação baixos e alto coeficiente de variação nas profundidades avaliadas.

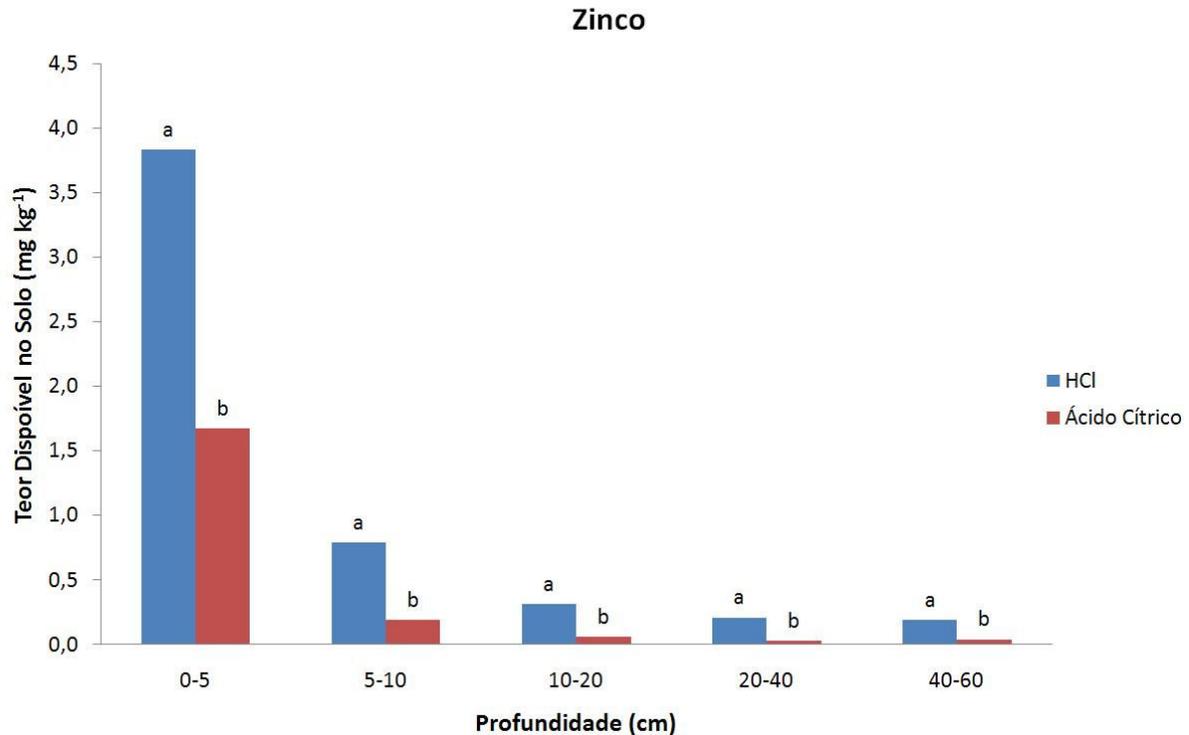
**TABELA 19. Teor médio disponível de manganês (Mn), intervalo de confiança e coeficientes de variação (C.V.), para solo de *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**

Manganês – Mn				
Profundidade (cm)	Métodos			
	HCl	C.V. (%)	Ácido Cítrico	C.V. (%)
0-5	4,75 <sup>a</sup> ±1,16	63,06	1,73 <sup>b</sup> ±1,24	76,51
5-10	0,34 <sup>a</sup> ±0,12	88,95	0,13 <sup>b</sup> ±0,05	87,02
10-20	0,06 <sup>a</sup> ±0,03	109,62	0,04 <sup>b</sup> ±0,02	130,84
20-40	0,08 <sup>a</sup> ±0,04	149,66	0,04 <sup>a</sup> ±0,02	118,95
40-60	0,09 <sup>a</sup> ±0,03	79,75	0,06 <sup>b</sup> ±0,02	80,21

### 3.2.8. ZINCO

Para o zinco (Figura 17), o ácido cítrico mostrou-se diferente estatisticamente entre os métodos, com menor poder de extração. Ainda, ácidos orgânicos de baixo peso molecular tal como cítrico, láctico, succínico, oxálico e málico são capazes de complexar micronutrientes como o Zn difundindo esses elementos no solo. Além destes elementos, o Ca e o Mg também podem formar complexos solúveis, estimulando a movimentações deste nutrientes.

**FIGURA 17. Comparação entre os métodos de extração de Zinco via Ácido Clorídrico (HCl) e Ácido Cítrico, para solo de *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**



Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 20, são apresentados os teores médios de zinco no solo nas diferentes profundidades, observa-se que os teores apresentam intervalos de variação baixos e alto coeficiente de variação nas profundidades avaliadas.

**TABELA 20. Teor médio disponível de zinco (Zn, intervalo de confiança e coeficientes de variação (C.V.), para solo de *Pinus taeda* cultivado em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO na região de Jaguariaiva - PR.**

Zinco – Zn				
Profundidade (cm)	Métodos			
	HCl	C.V. (%)	Ácido Cítrico	C.V. (%)
0-5	3,83 <sup>a</sup> ±1,34	89,99	1,67 <sup>b</sup> ±0,64	99,17
5-10	0,79 <sup>a</sup> ±0,44	142,18	0,19 <sup>b</sup> ±0,14	186,66
10-20	0,31 <sup>a</sup> ±0,17	143,78	0,06 <sup>b</sup> ±0,05	228,01
20-40	0,21 <sup>a</sup> ±0,06	76,45	0,03 <sup>b</sup> ±0,01	121,77
40-60	0,19 <sup>a</sup> ±0,04	58,39	0,04 <sup>b</sup> ±0,02	116,98

### 3.2.9. CORRELAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS

Apesar dos métodos apresentarem diferença significativa, em geral, os valores de correlação entre os métodos de análise do solo (Tabela 21) demonstram que o método do ácido cítrico como extrator de nutrientes agiu de forma semelhante ao método tradicional, em pelo menos uma camada avaliada.

Observa-se que para o P as correlações são positivas até a profundidade de 10-20 cm (Tabela 21). Observa-se também que à medida que a amostra de solo atinge camadas mais profundas essa correlação diminui, indicando que o ácido cítrico pode não corresponder proporcionalmente os teores no solo em relação ao método de Mehlich-1.

Para o K e o Mn houve correlação em todas as profundidades, demonstrando que esse extrator pode aferir os teores disponíveis em profundidade, explorando esses elementos para culturas de ciclo longo como o *Pinus taeda*. Porém, ao comparar as duas metodologias, observa-se que para o K as quantidades deste nutriente são semelhantes entre os métodos, sugerindo que a quantidade de nutriente extraída pelo método do ácido cítrico seja próxima do Mehlich-1. Portanto, provavelmente seja possível inferir os teores de K a partir das mesmas tabelas de interpretação quando utilizando o Mehlich-1 como extrator. Porém para o Mn os menores valores obtidos pelo ácido cítrico sugerem que há necessidade de tabela específica que faça a interpretação dos valores. Neste sentido, ANJOS & MATTIAZZO, (2001) comentam que soluções ácidas extraem mais Mn do que as alcalinas, sais ou de complexos orgânicos.

O Ca e o Mg também apresentaram altas correlações entre KCl e ácido cítrico, mas ficou restrita aos 5 cm de profundidade. Alta correlação foi mantida para Mg para a camada de 5-10 cm, o mesmo não ocorrendo para o Ca. Indicando que as correlações ficaram restritas às camadas com influência da calagem. Baixa correlação em profundidade superior a 10 cm pode ser explicada pelos baixos valores detectados, em muitos casos próximos do limite de detecção do aparelho. Aliado a isso, a limitada mobilidade do Ca na forma de carbonato pode ser devida à baixa solubilidade, o que pode ter influenciado na não detecção do elemento em profundidade (ZIGLIO et al., 1999).

Para o Cu o método apresentou uma exceção na profundidade de 10-20 cm, pois foi apenas nesta profundidade que o método não apresentou correlação. Isto se deve ao fato de que nesta profundidade o AC não aferiu valores que dessem correlação.

O Fe se apresentou de forma diferente aos outros nutrientes, pois foi o único elemento que não apresentou diferença significativa nas camadas superficiais de 0 a 40 cm, porém na

última camada analisada se mostrou significativo. Portanto, para o ferro o AC pode melhor aferir em camadas mais profundas do solo, para tanto, há necessidade de se explorar este elemento em camadas mais profundas do solo utilizando o AC como extrator.

Vale ressaltar que em termos práticos coeficientes de Pearson significativos abaixo de 0,60 fornecem pouca precisão. Neste sentido, a utilização do AC como extrator para os elementos P, K, Ca, Mg, Mn e Zn nas camadas até 10 cm, apresentam correlações satisfatórias em termos práticos. Com exceção do K e do Mn que apresentaram correlações significativas até a camada mais profunda do solo, demonstrando que o AC é um bom extrator para os elementos supracitados. O P e o Zn, apresentaram boas correlações até a profundidade de 10-20 cm. Considerando que a camada arável para fins de fertilidade representa a amostragem de solo para análise até 20 cm, a utilização do extrator Ácido Cítrico para esses elementos pode aferir teores similares aos dos extratores tradicionais.

**TABELA 21. Correlação (r) entre teores extraídos pelos os métodos tradicionais [(Mehlich-1 (P e K), KCl 1 mol L<sup>-1</sup> (Ca e Mg), HCl 1 mol L<sup>-1</sup> (Cu, Fe, Mn e Zn)] com extração com Ácido Cítrico, para solos sob plantio de *Pinus taeda* – Jaguariaiva – Paraná.**

Profundidade (cm)	P –	P –	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	Com Queima	Sem Queima							
0-5	0,79**	0,82**	0,99**	0,75**	0,96**	0,54**	-0,35 <sup>ns</sup>	0,85**	0,83**
5-10	0,85**	0,84**	0,99**	0,47**	0,94**	0,84**	-0,06 <sup>ns</sup>	0,84**	0,96**
10-20	0,61**	0,28 <sup>ns</sup>	0,99**	0,05 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,74**	0,92**
20-40	0,04 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	0,95**	0,23 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,90**	0,33 <sup>ns</sup>	0,78**	0,60**
40-60	-0,13 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	0,92**	0,14 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,86**	0,60**	0,41*	0,31 <sup>ns</sup>

\* = Significativo a 5%; \*\* = Significativo a 1%; <sup>ns</sup> = Não Significativo

BORTOLON, et al., (2010), ao comparar solos do Rio Grande do Sul, utilizando três métodos de extração de Cu e Zn, encontraram valores de correlação significativa semelhante a este estudo,  $r = 0,60$  para Cu e  $r = 0,88$  para Zn, alegando que essa dispersão de pontos pode ser atribuída à grande variação nas características físicas, químicas e mineralógicas dos solos utilizados. Resultados semelhantes foram obtidos por PEREIRA et al., (2001), num estudo com solos do Rio de Janeiro, encontraram coeficiente de correlação de 0,87 para Zn.

### 3.3. SISTEMA SOLO X PLANTA

Na Tabela 22 observa-se que não houve resposta na produtividade do *Pinus taeda*. Por outro lado, os valores de área basal encontrados por SCHNEIDER, et al., (1994), num estudo de *Pinus elliotti* foram semelhantes ao deste trabalho. COUTO et al. (1993), estimaram a área basal em plantas de *Eucalyptus saligna* encontrando valores semelhantes, que variaram de 26 a 20 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> em cultivos de alta produtividade e 23 a 13 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> em cultivos de baixa produtividade.

**TABELA 22. Área basal de um plantio de *Pinus taeda* com 5 anos e 7 anos submetida adubação e calagem, em Jaguariaiva – Paraná.**

Tratamento	G	
	m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	
	2008	2010
1	26,99 <sup>a</sup>	36,58 <sup>a</sup>
2	29,08 <sup>a</sup>	38,92 <sup>a</sup>
3	29,55 <sup>a</sup>	39,30 <sup>a</sup>
4	29,10 <sup>a</sup>	39,15 <sup>a</sup>
5	28,88 <sup>a</sup>	39,45 <sup>a</sup>
6	28,19 <sup>a</sup>	37,59 <sup>a</sup>
7	30,04 <sup>a</sup>	39,99 <sup>a</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, ordenadas horizontalmente, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

O método sem digestão não apresentou diferença significativa para nenhum nutriente em relação à área basal.

No solo o método utilizando o ácido cítrico como extrator as correlações não foram significativos para todos os nutrientes. O mesmo ocorreu com os métodos tradicionais (Mehlich-1 e HCl 1 mol L<sup>-1</sup>), onde eles não obtiveram correlações para todos os elementos (dados não apresentados).

Pelo fato das metodologias não apresentarem correlação entre os teores no solo e na folha não foi possível identificar um só parâmetro de planta que justificasse seu crescimento, representado pela área basal do *Pinus taeda*. Confirma-se assim a dificuldade de estabelecimento de associação de parâmetros isolados de solo com crescimento de planta. Outras metodologias de avaliação estatística poderão ser utilizadas, a fim de verificar a associação ente parâmetros de planta e solo com o crescimento.

O estado de alteração da serapilheira, já nos seus sub horizontes mais superficiais, Ln e Lv reconhecidos na literatura internacional como “litter”, representa um componente central na ciclagem de nutrientes no ecossistema florestal (RASPE, 2003), podendo fornecer informações altamente valiosas sobre o estado nutricional do povoamento após a adubação em cobertura. Neste aspecto LEAR (1980) e MEAD (1984) recomendam sua coleta e análise para estimar o estado nutricional das árvores e aferir a qualidade do sítio. No entanto, as metodologias não apresentaram nenhuma correlação com a produtividade (dados não apresentados). Os resultados comparando os tratamentos são apresentados no Apêndice 02.

Considerando que os métodos de sem digestão e combustão total apresentam boa correlação entre si para os diferentes elementos, tem-se já uma primeira etapa na escolha de métodos para aferir o estado nutricional e desta, em relação à produtividade e a qualidade do sítio.

#### 4. CONCLUSÃO

- O Método sem digestão para acícula apresentou boas correlações com o método tradicional, podendo separar em 3 grupos:
  - (i) Boa correlação: P; K; Mn;
  - (ii) Correlação intermediária: Mg; Zn;
  - (iii) Baixa correlação: Ca; Cu; Fe;
- A Correlação dos métodos de extração de tecido foliar depende do tipo de tecido amostrado, bem como do ano de amostragem;
- Na análise do solo o Ácido Cítrico atuou de forma equivalente aos métodos tradicionais para Potássio (K) e Ferro (Fe);
- O Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) são extraídos pelo Ácido Cítrico em quantidades maiores em pelo menos uma profundidade ou camada do solo;
- Cobre (Cu), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) são extraídos pelo Ácido Cítrico em quantidades inferiores;
- Potássio (K), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) são altamente correlacionados entre os métodos em maiores profundidades enquanto que, o Cálcio (Ca) e o Magnésio (Mg) se restringem às camadas superficiais;
- A Área Basal não apresentou correlação com nenhuma metodologia avaliada;

## 5. LITERATURA CITADA

- AMBERGER, A. Pflanzenernährung. **Ökologische und Physiologische Grundlagen**, Stuttgart: Ulmer, p. 237, 1989.
- ANJOS, A.R.M.; MATTIAZZO, M.E. Extratores para Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb e Zn em latossolos tratados com bio-sólido e cultivados com milho. **Scientia Agricola**. Vol. 58, p. 337-344, 2001.
- BABEL, H. Gliederung und beschreibung des humusprofils in mitteleuropäischen wäldern. **Geoderma**. Vol. 5, p. 297-324, 1971.
- BALLARD, R.; PRITCHETT, W.L. Utilization of soil and fertilizer phosphorus compounds by slash pine seedlings in relation to their solubility in soil test extractants. **Soil Science Society of America**. Vol. 30, p. 537-540, 1975.
- BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Extração de cobre e zinco por soluções multielementares em solos do sul do Brasil. **Ciência Rural**. Vol. 40, p. 670-673, 2010.
- CARNEIRO, C.; REISSMANN, C.B.; MARQUES, R. Comparação de métodos de análise química de K, Ca, Mg e Al em folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Revista Cerne**. Vol. 2, p. 113-122, 2006.
- CASTELLA, P.R.; BRITZ, R.M. de; **Floresta com Araucária no Paraná – Conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais**. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira. Brasília: CID AMBIENTAL, p. 231, 2004.
- COUTO, H.T.Z.; BASTOS, N.L.M.; LACERDA, J.S. A amostragem por pontos de estimativa de área basal em povoamentos de *Eucalyptus*. **IPEF**. N. 46, p. 86-95, 1993.
- DEDECEK, R. A.; FIER, I. S. N.; SPELTZ, R.; LIMA, L. C. DE S. Influência do sítio no desenvolvimento do *Pinus taeda* aos 22 anos: 1. características físico-hídricas e químicas do solo. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, vol. 38, nº 3, jul./set, 2008.
- DOLDAN, M.E.Q. **Desenvolvimento da altura dominante de *Pinus taeda* L. como resposta aos estímulos dos fatores do meio, na região de Ponta Grossa**. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Florestal, p. 60, 1987.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997.
- GALON, L.; MATTEI, V.L.; FALCK, G.J. Implantação de povoamento de *Pinus elliottii* Engelm. Por semeadura direta a campo utilizando herbicidas. **Revista Brasileira de Agrociência**. V. 13, p. 261-266, 2007.

- GARICOITS, L.S.L. **Estado nutricional e fatores do solo limitantes do crescimento de *Pinus taeda* L. em Telêmaco Borba.** Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Engenharia Florestal, p. 128, 1990.
- GONÇALVEZ, J.L.M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. Documentos Florestais. Piracicaba (15), p. 1-23, 1995.
- JONES JR., J.B.; CASE, V.W. **Sampling handling and analyzing plant tissue samples.** In: WESTERMAN R.L. (Ed.) Soil testing plant analysis. Madison: SSSA, p. 389-427, 1990.
- LEAR, D. H. Van. Effects of nitrogen, phosphorus and lime on the forest floor and growth of Pole-size loblolly Pine. **Soil Science Society of America.** Vol. 44, p. 838-841, 1980.
- MANUAL DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Ed. 10, Porto Alegre, RS, p. 55.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** Ed. 2. Londres, Academic Press, p. 347-364, 1995.
- MARTINS, A.P.L. e REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agraria.** Vol.8, p.1-17, 2007.
- MATTEI, V.L. Preparo de solo e uso de protetor físico, na implantação de *Cedrela fissilis* V e *Pinus taeda* L., por semeadura direta. **Revista Brasileira de Agrociência.** Vol. 1, p. 127-132, 1995.
- MEAD, D. J. Diagnosis of nutrient deficiencies in plantations. In: BOWEN, G. D. & NAMBIAR, E. K. (Ed.). Nutrition of Plantation Forest. London: Academic Press, p. 259-291, 1984.
- MENOSSO, O.G.; COSTA, J.A.; ANGHINONI, I. BOHNEN, H. Crescimento radicular de soja com diferentes tolerâncias ao alumínio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Vol. 36, p. 1339-1345, 2001.
- MEURER, E.J. **XI – Potássio.** In Nutrição Mineral de Plantas. Ed. Manlio Silvestre Fernandes, Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.291-293, 2006.
- MIYASAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCK, M. F. M. Determination of Ca, Mg, K, Mn, Cu, Zn, Fe and P in coffee, soybean, corn, sunflower and pasture grass leaf tissues by a HCl extraction Method. **Communications Soil Science and Plant Analysis. Madison.** Vol. 15, p. 141-147, 1984.

- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. **VIII – Fósforo**. In: Fertilidade do Solo. Ed. Roberto Ferreira Novais, et al., Ed. 1, Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 522, 2007.
- OBURGER, E.; KIRK, G.J.D.; WENZEL, W.W.; PUSCHENREITER, M.; JONES, D.L. Interactive effects of organic acids in the rhizosphere. **Soil Biology & Biochemistry**. Vol. 41, p. 449-457, 2009.
- PALOMO, L.; CLAASSEN, N.; JONES, D.L. Differential mobilization of P in the maize rhizosphere by citric acid and potassium citrate. **Soil Biology & Biochemistry**. Vol. 38, p. 683-692, 2006.
- PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M.; TSUNETTA, M.; KISHINO, A.Y. Extração de nutrientes em folhas de frutíferas de clima tropical, subtropical e temperado pelo método sem digestão. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Vol. 6, p. 17-22, 1984.
- PEREIRA, M.G. et al. Comparação de métodos de extração de cobre, zinco, ferro e manganês em solos do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. Vol.25, p.655-660, 2001.
- QIN, F.; SHAN, X.; WEI, B. Effects of low-molecular-weight organic acids and residence time on desorption of Cu, Cd, and Pb from soils. **Chemosphere**. Vol. 57, p. 253-263, 2004.
- RASPE, S.; FEGER, K-H. & LORENZ, K. Zersetzung Von Nadel- und Feinwurtzelstreu in Fichtenbeständen. In: HÜTTEL, R. F. (Ed.) Boden, Wald und Wasser. Aachen: Shaker Verlag, p. 84-99. 2003.
- REED, S.T.; MARTENS D.C. **Chapter 26 – Copper and Zinc**. In. Methods of soil analysis part 3 Chemical Methods. Number 5 in the Soil Science of America Book Series by Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA, p. 715-717, 1996.
- REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. **Aspectos nutricionais de plantios de Pinus**. In: GONÇALVES, J.L.M., BENEDETTI, V. (Eds). Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, p. 135-165, 2000.
- REISSMANN, C. B.; KOEHLER, C. W.; PAULA SOUZA, M. L. de. **Classificação de sítio para *Araucaria angustifolia*, *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* no 2º Planalto do Paraná**. Subprojeto I. Nutrição. UFPR/FUNPAR/FINEP. I:1-286. 1990.
- REISSMANN, C.B.; ZÖTTL, H.W. Problemas nutricionais em povoamentos em *Pinus taeda* em área de arenito de formação Rio Bonito – Grupo Guatá. **Ver. Set. Ciênc. Agr.** Vol. 9, p. 75-80, 1987.

- SANTINI, E.J.; HASELEIN, C.R.; GATTO, D.A. Análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas da madeira de três coníferas de florestas plantadas. **Ciência Florestal**. Vol. 10, p. 85-93, 2000.
- SANTOS FILHO, A.; LASO, L.S.; REISSMANN, C.B.; MACHADO, S.A. Desenvolvimento do *Pinus taeda* L. em função das características dos solos em Telêmaco Borba-PR. **Revista Agrárias**. Vol. 12, p. 13-24, 1992/3.
- SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Determinação de regimes de desbastes para povoamentos de *Pinus elliotti* E. do planalto ocidental no estado de Santa Catarina. **Ciência Florestal**. Vol. 4, p. 43-59, 1994
- SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, p. 370, 2009.
- SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.D. **VI – Matéria orgânica do solo**. In. Fertilidade do solo. Ed. Roberto Ferreira Novais, Victor Hugo Alvarez V., Nairam Félix de Barros, Renildes Lúcio F. Fontes, Reinaldo Vertola Cantarutti e Júlio César Lima Neves. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 275-374, 2007.
- SOIL SURVEY LABORATORY METHODS MANUAL. **Chemical analyses citric acid extractable phosphorus (6S) Beckmann DU-7, UV-VISIBLE spectrophotometer (6S5)**, p. 337-341, 1996.
- SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. **V – Acidez do solo e sua correção**. In: Fertilidade do Solo. Ed.: Roberto Ferreira Novais, et al. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 266, 2007.
- STATISTICA (data analysis software system)**, version 8.0. StatSoft, Inc, www.statsoft.com, 2007.
- TREVISAN, E.; REISSMANN, C.B.; KOEHLER, C.W.; LIMA, M.J.C. Morfologia de horizontes orgânicos acumulados sob povoamento de *Pinus taeda* L. em três sítios distintos. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**. Vol. 9, p. 59-62, 1987.
- WALSH, L.E.; BEATON, J.D. **Soil testing and plant analysis**. Soil Science Society of America, Inc. 677 South Segoe Road, Madison, Wisconsin 53711 USA, p 434, 1973.
- WELLS, C. G. **Foliage sampling guides for Loblolly pine**. U.S.D.A. Forest Service Research Note SE – 113. Southeastern Forest Experiment Station – Asheville, North Carolina. July, não paginado, 1969.

ZIGLIO, C.K.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Formas Orgânicas e Inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. Vol. 42, p. 1-6, 1999.

ZÖTTL, H. W. **Diagnosis of nutritional disturbance in forest stands**. In: **International Symposium on forest fertilization**. Paris, FAO/IUFRO, p 75-95, 1973.

## APÊNDICE 1

Concentração foliar de P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn em plantio de *Pinus taeda* submetido à adubação e calagem – Jaguariaíva – Paraná.

CT								
1º Lançamento – 2009								
Trat.	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
T1	1,02 <sup>b</sup>	4,17 <sup>a</sup>	3,92 <sup>a</sup>	0,87 <sup>ab</sup>	2,25 <sup>a</sup>	198,69 <sup>a</sup>	32,94 <sup>a</sup>	6,99 <sup>abc</sup>
T2	0,99 <sup>b</sup>	3,12 <sup>b</sup>	3,14 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	2,25 <sup>a</sup>	224,07 <sup>a</sup>	18,22 <sup>a</sup>	8,48 <sup>ab</sup>
T3	1,11 <sup>ab</sup>	4,07 <sup>a</sup>	1,62 <sup>a</sup>	0,35 <sup>b</sup>	2,25 <sup>a</sup>	171,97 <sup>a</sup>	27,21 <sup>a</sup>	6,49 <sup>ab</sup>
T4	1,15 <sup>a</sup>	3,20 <sup>b</sup>	1,50 <sup>a</sup>	0,82 <sup>ab</sup>	2,50 <sup>a</sup>	213,24 <sup>a</sup>	21,97 <sup>a</sup>	5,74 <sup>c</sup>
T5	1,10 <sup>ab</sup>	4,22 <sup>a</sup>	1,90 <sup>a</sup>	0,55 <sup>b</sup>	2,25 <sup>a</sup>	155,81 <sup>a</sup>	22,72 <sup>a</sup>	5,99 <sup>c</sup>
T6	1,09 <sup>ab</sup>	4,12 <sup>a</sup>	1,97 <sup>a</sup>	0,52 <sup>b</sup>	2,00 <sup>a</sup>	177,61 <sup>a</sup>	17,24 <sup>a</sup>	8,99 <sup>a</sup>
T7	1,02 <sup>b</sup>	3,12 <sup>b</sup>	1,92 <sup>a</sup>	0,50 <sup>b</sup>	2,00 <sup>a</sup>	169,57 <sup>a</sup>	26,22 <sup>a</sup>	5,49 <sup>c</sup>
SD								
1º Lançamento – 2009								
Trat.	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
T1	0,91 <sup>a</sup>	3,69 <sup>a</sup>	0,83 <sup>b</sup>	0,67 <sup>c</sup>	1,00 <sup>a</sup>	234,78 <sup>ab</sup>	42,02 <sup>a</sup>	3,12 <sup>a</sup>
T2	0,89 <sup>a</sup>	2,85 <sup>b</sup>	1,20 <sup>a</sup>	1,05 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>	273,03 <sup>a</sup>	18,47 <sup>a</sup>	4,12 <sup>a</sup>
T3	1,00 <sup>a</sup>	3,73 <sup>a</sup>	0,86 <sup>b</sup>	0,64 <sup>c</sup>	1,00 <sup>a</sup>	212,30 <sup>ab</sup>	17,98 <sup>a</sup>	4,12 <sup>a</sup>
T4	0,99 <sup>a</sup>	2,90 <sup>b</sup>	0,93 <sup>b</sup>	0,91 <sup>b</sup>	0,87 <sup>a</sup>	256,87 <sup>ab</sup>	17,99 <sup>a</sup>	4,50 <sup>a</sup>
T5	0,95 <sup>a</sup>	3,74 <sup>a</sup>	0,81 <sup>b</sup>	0,62 <sup>c</sup>	1,12 <sup>a</sup>	189,27 <sup>b</sup>	14,35 <sup>a</sup>	3,24 <sup>a</sup>
T6	0,99 <sup>a</sup>	3,68 <sup>a</sup>	0,79 <sup>b</sup>	0,59 <sup>c</sup>	1,25 <sup>a</sup>	219,88 <sup>ab</sup>	19,88 <sup>a</sup>	4,88 <sup>a</sup>
T7	0,89 <sup>a</sup>	2,96 <sup>b</sup>	0,70 <sup>b</sup>	0,66 <sup>c</sup>	1,00 <sup>a</sup>	207,35 <sup>ab</sup>	19,35 <sup>a</sup>	3,37 <sup>a</sup>
CT								
2º Lançamento – 2009								
Trat.	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
T1	1,08 <sup>a</sup>	4,00 <sup>a</sup>	2,85 <sup>a</sup>	0,65 <sup>ab</sup>	2,00 <sup>a</sup>	255,06 <sup>ab</sup>	18,49 <sup>a</sup>	7,00 <sup>b</sup>
T2	1,01 <sup>a</sup>	2,80 <sup>b</sup>	4,84 <sup>a</sup>	1,35 <sup>a</sup>	2,65 <sup>a</sup>	293,94 <sup>ab</sup>	13,24 <sup>a</sup>	6,49 <sup>b</sup>
T3	1,04 <sup>a</sup>	3,67 <sup>a</sup>	2,17 <sup>a</sup>	0,82 <sup>ab</sup>	1,50 <sup>a</sup>	243,58 <sup>b</sup>	19,47 <sup>a</sup>	6,49 <sup>b</sup>
T4	1,20 <sup>a</sup>	2,87 <sup>b</sup>	4,00 <sup>a</sup>	1,50 <sup>a</sup>	2,25 <sup>a</sup>	329,20 <sup>a</sup>	27,97 <sup>a</sup>	6,24 <sup>b</sup>
T5	1,05 <sup>a</sup>	3,72 <sup>a</sup>	2,42 <sup>a</sup>	0,45 <sup>b</sup>	2,00 <sup>a</sup>	231,01 <sup>b</sup>	24,48 <sup>a</sup>	7,74 <sup>b</sup>
T6	1,20 <sup>a</sup>	3,97 <sup>a</sup>	1,60 <sup>a</sup>	0,42 <sup>b</sup>	1,75 <sup>a</sup>	272,14 <sup>ab</sup>	23,19 <sup>a</sup>	10,23 <sup>a</sup>
T7	1,03 <sup>a</sup>	2,90 <sup>b</sup>	1,65 <sup>a</sup>	0,67 <sup>ab</sup>	1,50 <sup>a</sup>	243,38 <sup>b</sup>	23,74 <sup>a</sup>	6,00 <sup>b</sup>

SD								
2º Lançamento – 2009								
Trat.	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
T1	0,93 <sup>ab</sup>	3,55 <sup>a</sup>	1,12 <sup>bc</sup>	0,77 <sup>b</sup>	0,87 <sup>a</sup>	328,82 <sup>abc</sup>	25,47 <sup>a</sup>	3,37 <sup>b</sup>
T2	0,85 <sup>b</sup>	2,61 <sup>b</sup>	1,60 <sup>a</sup>	1,13 <sup>a</sup>	1,12 <sup>a</sup>	357,37 <sup>ab</sup>	23,09 <sup>a</sup>	4,00 <sup>ab</sup>
T3	0,95 <sup>ab</sup>	3,49 <sup>a</sup>	0,92 <sup>c</sup>	0,67 <sup>b</sup>	0,75 <sup>a</sup>	261,21 <sup>c</sup>	20,57 <sup>a</sup>	4,24 <sup>ab</sup>
T4	1,02 <sup>a</sup>	2,72 <sup>b</sup>	1,38 <sup>ab</sup>	1,02 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>	392,45 <sup>a</sup>	22,57 <sup>a</sup>	4,86 <sup>ab</sup>
T5	1,00 <sup>ab</sup>	3,36 <sup>a</sup>	1,07 <sup>bc</sup>	0,69 <sup>b</sup>	1,12 <sup>a</sup>	287,10 <sup>bc</sup>	22,98 <sup>a</sup>	7,24 <sup>a</sup>
T6	1,02 <sup>a</sup>	3,56 <sup>a</sup>	1,12 <sup>bc</sup>	0,65 <sup>b</sup>	1,00 <sup>a</sup>	340,78 <sup>abc</sup>	24,16 <sup>a</sup>	5,48 <sup>ab</sup>
T7	0,90 <sup>ab</sup>	2,72 <sup>b</sup>	0,94 <sup>c</sup>	0,77 <sup>b</sup>	0,75 <sup>a</sup>	313,47 <sup>abc</sup>	22,36 <sup>a</sup>	3,12 <sup>b</sup>

CT								
1º Lançamento – 2010								
Trat.	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
T1	1,16 <sup>a</sup>	10,46 <sup>a</sup>	15,30 <sup>a</sup>	1,39 <sup>bc</sup>	5,98 <sup>a</sup>	47,08 <sup>b</sup>	135,79 <sup>a</sup>	18,43 <sup>a</sup>
T2	0,98 <sup>a</sup>	7,00 <sup>a</sup>	9,34 <sup>a</sup>	2,14 <sup>a</sup>	7,23 <sup>a</sup>	43,35 <sup>b</sup>	120,58 <sup>a</sup>	32,14 <sup>a</sup>
T3	1,30 <sup>a</sup>	9,98 <sup>a</sup>	11,05 <sup>a</sup>	1,40 <sup>bc</sup>	5,24 <sup>a</sup>	42,40 <sup>b</sup>	113,74 <sup>a</sup>	16,44 <sup>a</sup>
T4	1,35 <sup>a</sup>	7,67 <sup>a</sup>	9,71 <sup>a</sup>	1,87 <sup>ab</sup>	6,48 <sup>a</sup>	65,50 <sup>b</sup>	81,95 <sup>a</sup>	12,21 <sup>a</sup>
T5	1,12 <sup>a</sup>	8,26 <sup>a</sup>	7,33 <sup>a</sup>	1,07 <sup>c</sup>	4,48 <sup>a</sup>	49,70 <sup>b</sup>	96,83 <sup>a</sup>	22,88 <sup>a</sup>
T6	1,23 <sup>a</sup>	9,11 <sup>a</sup>	13,64 <sup>a</sup>	1,02 <sup>c</sup>	4,23 <sup>a</sup>	68,22 <sup>b</sup>	115,54 <sup>a</sup>	18,43 <sup>a</sup>
T7	1,19 <sup>a</sup>	7,50 <sup>a</sup>	13,26 <sup>a</sup>	1,52 <sup>abc</sup>	4,24 <sup>a</sup>	110,91 <sup>a</sup>	126,59 <sup>a</sup>	12,21 <sup>a</sup>

SD								
1º Lançamento – 2010								
Trat.	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
T1	0,58 <sup>a</sup>	9,49 <sup>ab</sup>	2,13 <sup>a</sup>	1,16 <sup>ab</sup>	2,61 <sup>ab</sup>	82,05 <sup>ab</sup>	66,13 <sup>a</sup>	11,69 <sup>ab</sup>
T2	0,49 <sup>a</sup>	7,44 <sup>abc</sup>	2,93 <sup>a</sup>	1,82 <sup>a</sup>	3,24 <sup>a</sup>	72,92 <sup>b</sup>	77,89 <sup>a</sup>	13,73 <sup>ab</sup>
T3	0,65 <sup>a</sup>	10,53 <sup>a</sup>	1,57 <sup>a</sup>	1,11 <sup>ab</sup>	2,98 <sup>a</sup>	87,73 <sup>ab</sup>	67,29 <sup>a</sup>	12,79 <sup>ab</sup>
T4	0,68 <sup>a</sup>	7,98 <sup>abc</sup>	3,08 <sup>a</sup>	1,53 <sup>ab</sup>	2,37 <sup>ab</sup>	136,67 <sup>ab</sup>	60,35 <sup>a</sup>	11,85 <sup>ab</sup>
T5	0,56 <sup>a</sup>	6,19 <sup>c</sup>	2,48 <sup>a</sup>	1,16 <sup>ab</sup>	1,73 <sup>b</sup>	104,86 <sup>ab</sup>	55,69 <sup>a</sup>	11,66 <sup>ab</sup>
T6	0,62 <sup>a</sup>	8,58 <sup>abc</sup>	1,52 <sup>a</sup>	0,90 <sup>b</sup>	2,74 <sup>ab</sup>	159,23 <sup>ab</sup>	65,29 <sup>a</sup>	18,89 <sup>a</sup>
T7	0,60 <sup>a</sup>	7,02 <sup>bc</sup>	1,51 <sup>a</sup>	0,95 <sup>b</sup>	2,49 <sup>ab</sup>	216,51 <sup>a</sup>	77,17 <sup>a</sup>	8,47 <sup>b</sup>

CT								
2º Lançamento – 2010								
Trat.	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
T1	1,41 <sup>ab</sup>	10,41 <sup>ab</sup>	12,45 <sup>a</sup>	1,94 <sup>ab</sup>	6,98 <sup>a</sup>	85,23 <sup>bc</sup>	108,61 <sup>a</sup>	22,94 <sup>ab</sup>
T2	1,13 <sup>b</sup>	7,53 <sup>c</sup>	14,62 <sup>a</sup>	2,79 <sup>a</sup>	6,24 <sup>a</sup>	90,85 <sup>abc</sup>	157,20 <sup>a</sup>	16,97 <sup>ab</sup>
T3	1,79 <sup>a</sup>	11,80 <sup>a</sup>	11,63 <sup>a</sup>	1,77 <sup>ab</sup>	5,48 <sup>a</sup>	83,92 <sup>bc</sup>	133,39 <sup>a</sup>	29,38 <sup>a</sup>
T4	1,62 <sup>ab</sup>	9,22 <sup>bc</sup>	13,45 <sup>a</sup>	2,59 <sup>a</sup>	4,24 <sup>a</sup>	106,63 <sup>abc</sup>	112,71 <sup>a</sup>	15,68 <sup>ab</sup>
T5	1,43 <sup>ab</sup>	8,04 <sup>bc</sup>	13,59 <sup>a</sup>	2,02 <sup>ab</sup>	4,75 <sup>a</sup>	77,18 <sup>c</sup>	126,12 <sup>a</sup>	11,23 <sup>ab</sup>
T6	1,55 <sup>ab</sup>	10,09 <sup>ab</sup>	13,82 <sup>a</sup>	1,22 <sup>b</sup>	4,99 <sup>a</sup>	143,30 <sup>ab</sup>	118,35 <sup>a</sup>	19,94 <sup>ab</sup>
T7	1,17 <sup>b</sup>	7,00 <sup>c</sup>	16,39 <sup>a</sup>	1,49 <sup>b</sup>	4,48 <sup>a</sup>	146,74 <sup>a</sup>	116,59 <sup>a</sup>	6,73 <sup>b</sup>

SD								
2º Lançamento – 2010								
Trat.	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
T1	0,71 <sup>a</sup>	8,48 <sup>a</sup>	2,18 <sup>a</sup>	1,36 <sup>a</sup>	3,61 <sup>a</sup>	83,31 <sup>a</sup>	77,75 <sup>a</sup>	18,68 <sup>a</sup>
T2	0,57 <sup>a</sup>	7,75 <sup>a</sup>	2,27 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	2,85 <sup>a</sup>	96,09 <sup>a</sup>	68,69 <sup>a</sup>	15,50 <sup>a</sup>
T3	0,90 <sup>a</sup>	8,36 <sup>a</sup>	2,87 <sup>a</sup>	1,36 <sup>a</sup>	2,73 <sup>a</sup>	96,25 <sup>a</sup>	55,20 <sup>a</sup>	27,50 <sup>a</sup>
T4	0,81 <sup>a</sup>	8,88 <sup>a</sup>	2,65 <sup>a</sup>	1,29 <sup>ab</sup>	2,61 <sup>a</sup>	140,13 <sup>a</sup>	65,17 <sup>a</sup>	12,06 <sup>a</sup>
T5	0,72 <sup>a</sup>	8,22 <sup>a</sup>	1,48 <sup>a</sup>	0,80 <sup>b</sup>	2,49 <sup>a</sup>	89,86 <sup>a</sup>	53,88 <sup>a</sup>	13,59 <sup>a</sup>
T6	0,78 <sup>a</sup>	8,62 <sup>a</sup>	1,74 <sup>a</sup>	1,03 <sup>ab</sup>	2,98 <sup>a</sup>	191,20 <sup>a</sup>	81,52 <sup>a</sup>	17,60 <sup>a</sup>
T7	1,54 <sup>a</sup>	7,87 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>	1,04 <sup>ab</sup>	2,68 <sup>a</sup>	160,53 <sup>a</sup>	71,21 <sup>a</sup>	8,62 <sup>a</sup>

CT								
PENDÃO								
Trat.	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
T1	1,61 <sup>b</sup>	7,15 <sup>a</sup>	4,82 <sup>ab</sup>	0,93 <sup>cd</sup>	6,65 <sup>b</sup>	26,93 <sup>c</sup>	15,95 <sup>b</sup>	22,59 <sup>b</sup>
T2	1,83 <sup>b</sup>	5,75 <sup>bc</sup>	4,75 <sup>ab</sup>	1,83 <sup>a</sup>	8,64 <sup>ab</sup>	65,81 <sup>a</sup>	40,22 <sup>a</sup>	42,20 <sup>a</sup>
T3	1,76 <sup>b</sup>	5,93 <sup>abc</sup>	4,53 <sup>a</sup>	0,93 <sup>cd</sup>	8,99 <sup>ab</sup>	31,98 <sup>bc</sup>	18,99 <sup>b</sup>	28,65 <sup>ab</sup>
T4	2,55 <sup>a</sup>	5,33 <sup>c</sup>	5,29 <sup>ab</sup>	1,83 <sup>a</sup>	8,32 <sup>b</sup>	60,25 <sup>a</sup>	22,30 <sup>b</sup>	36,62 <sup>ab</sup>
T5	1,87 <sup>b</sup>	6,74 <sup>ab</sup>	4,15 <sup>ab</sup>	1,53 <sup>ab</sup>	7,97 <sup>b</sup>	52,15 <sup>a</sup>	27,91 <sup>ab</sup>	24,25 <sup>b</sup>
T6	1,99 <sup>b</sup>	7,29 <sup>a</sup>	4,06 <sup>b</sup>	0,70 <sup>d</sup>	8,32 <sup>b</sup>	58,58 <sup>a</sup>	27,28 <sup>ab</sup>	34,62 <sup>ab</sup>
T7	1,87 <sup>b</sup>	5,49 <sup>bc</sup>	4,23 <sup>ab</sup>	1,20 <sup>cb</sup>	10,98 <sup>a</sup>	70,24 <sup>a</sup>	15,31 <sup>b</sup>	28,62 <sup>ab</sup>

SD								
PENDÃO								
Trat.	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
	g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
T1	2,02 <sup>b</sup>	5,52 <sup>a</sup>	1,45 <sup>a</sup>	0,68 <sup>bc</sup>	3,81 <sup>c</sup>	34,14 <sup>c</sup>	25,69 <sup>abc</sup>	27,68 <sup>a</sup>
T2	2,00 <sup>b</sup>	4,34 <sup>bc</sup>	1,57 <sup>a</sup>	1,10 <sup>a</sup>	7,82 <sup>a</sup>	49,02 <sup>abc</sup>	33,27 <sup>a</sup>	32,67 <sup>a</sup>
T3	1,90 <sup>b</sup>	4,58 <sup>bc</sup>	1,49 <sup>a</sup>	0,61 <sup>bc</sup>	4,98 <sup>bc</sup>	36,68 <sup>bc</sup>	30,04 <sup>ab</sup>	28,88 <sup>a</sup>
T4	2,81 <sup>a</sup>	3,87 <sup>c</sup>	1,58 <sup>a</sup>	1,08 <sup>a</sup>	5,96 <sup>abc</sup>	65,05 <sup>ab</sup>	29,14 <sup>ab</sup>	37,75 <sup>a</sup>
T5	2,23 <sup>b</sup>	5,15 <sup>ab</sup>	1,33 <sup>a</sup>	0,80 <sup>b</sup>	4,98 <sup>bc</sup>	59,43 <sup>abc</sup>	24,90 <sup>bc</sup>	28,05 <sup>a</sup>
T6	2,29 <sup>b</sup>	5,49 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>	0,46 <sup>c</sup>	6,30 <sup>ab</sup>	66,85 <sup>ab</sup>	29,18 <sup>ab</sup>	37,65 <sup>a</sup>
T7	1,97 <sup>b</sup>	4,09 <sup>c</sup>	1,54 <sup>a</sup>	0,74 <sup>b</sup>	3,99 <sup>c</sup>	79,12 <sup>a</sup>	20,79 <sup>c</sup>	20,94 <sup>a</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, ordenadas horizontalmente, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

## APÊNDICE 2

Concentração foliar de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn no litter.

Litter Velho								
Trat.	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
T1	1,94 <sup>a</sup>	0,62 <sup>ab</sup>	73,89 <sup>a</sup>	27,06 <sup>a</sup>	945,08 <sup>a</sup>	345,20 <sup>ab</sup>	620,84 <sup>a</sup>	112,34 <sup>a</sup>
T2	0,96 <sup>bc</sup>	0,37 <sup>b</sup>	54,74 <sup>abc</sup>	22,72 <sup>a</sup>	1000,15 <sup>a</sup>	420,18 <sup>a</sup>	460,89 <sup>ab</sup>	86,52 <sup>ab</sup>
T3	1,29 <sup>ab</sup>	0,62 <sup>ab</sup>	57,26 <sup>ab</sup>	22,78 <sup>a</sup>	9,99 <sup>b</sup>	326,53 <sup>ab</sup>	361,07 <sup>ab</sup>	2,75 <sup>c</sup>
T4	1,70 <sup>ab</sup>	0,42 <sup>b</sup>	49,43 <sup>bc</sup>	15,93 <sup>a</sup>	736,46 <sup>a</sup>	327,11 <sup>ab</sup>	535,93 <sup>a</sup>	45,19 <sup>bc</sup>
T5	1,82 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>	52,76 <sup>abc</sup>	16,31 <sup>a</sup>	557,20 <sup>ab</sup>	333,63 <sup>ab</sup>	514,02 <sup>ab</sup>	6,99 <sup>c</sup>
T6	1,81 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>	32,99 <sup>cd</sup>	1,95 <sup>b</sup>	481,64 <sup>ab</sup>	293,71 <sup>ab</sup>	429,96 <sup>ab</sup>	65,49 <sup>abc</sup>
T7	0,27 <sup>c</sup>	0,37 <sup>b</sup>	15,60 <sup>d</sup>	1,77 <sup>b</sup>	3,99 <sup>b</sup>	206,68 <sup>b</sup>	252,18 <sup>b</sup>	1,75 <sup>c</sup>
Litter Novo								
Trat.	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
T1	0,53 <sup>a</sup>	1,60 <sup>a</sup>	18,85 <sup>a</sup>	4,61 <sup>ab</sup>	669,36 <sup>a</sup>	236,93 <sup>a</sup>	112,69 <sup>a</sup>	8,22 <sup>a</sup>
T2	0,35 <sup>ab</sup>	0,70 <sup>b</sup>	20,11 <sup>a</sup>	5,94 <sup>a</sup>	29,69 <sup>a</sup>	285,20 <sup>a</sup>	88,34 <sup>a</sup>	4,99 <sup>a</sup>
T3	0,43 <sup>ab</sup>	1,22 <sup>ab</sup>	19,94 <sup>a</sup>	4,81 <sup>ab</sup>	4,24 <sup>a</sup>	250,82 <sup>a</sup>	114,64 <sup>a</sup>	1,50 <sup>a</sup>
T4	0,45 <sup>ab</sup>	0,80 <sup>b</sup>	19,72 <sup>a</sup>	5,20 <sup>ab</sup>	36,24 <sup>a</sup>	288,61 <sup>a</sup>	109,94 <sup>a</sup>	5,00 <sup>a</sup>
T5	0,33 <sup>ab</sup>	1,62 <sup>a</sup>	17,46 <sup>a</sup>	4,12 <sup>c</sup>	11,97 <sup>a</sup>	251,02 <sup>a</sup>	85,82 <sup>a</sup>	5,99 <sup>a</sup>
T6	0,33 <sup>ab</sup>	1,67 <sup>a</sup>	15,73 <sup>a</sup>	2,67 <sup>d</sup>	21,96 <sup>a</sup>	227,17 <sup>a</sup>	91,60 <sup>a</sup>	4,99 <sup>a</sup>
T7	0,24 <sup>b</sup>	0,70 <sup>b</sup>	16,18 <sup>a</sup>	2,99 <sup>cd</sup>	3,49 <sup>a</sup>	236,97 <sup>a</sup>	106,29 <sup>a</sup>	1,50 <sup>a</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, ordenadas horizontalmente, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.