

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**TACIANA FRIGOTTO**

**APORTE DE MATERIAL ORGÂNICO E NUTRIENTES PELA  
SERAPILHEIRA E RESÍDUOS DE COLHEITA E SUA RELAÇÃO  
COM VARIÁVEIS AMBIENTAIS EM PLANTIO DE *Pinus taeda* L.  
EM QUEDAS DO IGUAÇU-PR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**DOIS VIZINHOS**

**2013**

**TACIANA FRIGOTTO**

**APORTE DE MATERIAL ORGÂNICO E NUTRIENTES PELA  
SERAPILHEIRA E RESÍDUOS DE COLHEITA E SUA RELAÇÃO  
COM VARIÁVEIS AMBIENTAIS EM PLANTIO DE *Pinus taeda* L.  
EM QUEDAS DO IGUAÇU-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Eleandro José Brun

**DOIS VIZINHOS**

**2013**

F912a Frigotto, Taciana.

Aporte de material orgânico e nutrientes pela serapilheira e resíduos de colheita e sua relação com variáveis ambientais em plantio de *Pinus taeda* L. em Quedas do Iguaçu- PR / Taciana Frigotto – Dois Vizinhos :[s.n], 2013.

53 f.:il.

Orientador: Eleandro José Brun  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de  
Engenharia Florestal. Dois Vizinhos, 2013.  
Bibliografia p.46-53

1.Florestas plantadas. 2.*Pinus taeda* 3.Serapilheira

Ficha catalográfica elaborada por Rosana Oliveira da Silva CRB: 9/1745

Biblioteca da UTFPR-Dois Vizinhos



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Dois Vizinhos  
Curso de Engenharia Florestal



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### **APORTE DE MATERIAL ORGÂNICO E NUTRIENTES PELA SERAPILHEIRA E RESÍDUOS DE COLHEITA E SUA RELAÇÃO COM VARIÁVEIS AMBIENTAIS EM PLANTIO DE *Pinus taeda* L. EM QUEDAS DO IGUAÇU-PR**

por

TACIANA FRIGOTTO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 10 de abril de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. A candidata foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Eleandro José Brun  
Orientador

---

Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor  
Membro titular (UTFPR)

---

Prof. Dr. Augusto Vaghetti Luchese  
Membro titular (UTFPR)

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado forças para chegar ao final de mais esta etapa.

Ao meu orientador, Professor Dr. Eleandro José Brun, um agradecimento especial não somente pela realização deste trabalho, mas principalmente por ter me trazido para o campo da pesquisa, e me conduzido até aqui durante cinco anos. Obrigada pela oportunidade, por todos os ensinamentos, pela amizade, confiança e paciência.

À Empresa ARAUPEL S/A, por disponibilizar a área de estudo e pelo apoio técnico, e especialmente aos funcionários Eng. Florestal Paulo Pompemayer, Ferreira, Neri e Sérgio, pelo auxílio nas atividades de campo.

À equipe do laboratório de solos da UTFPR, Paulo Cesar Conceição, Augusto Vaghetti Luchese, Mauricio Alves, Regiane Franco, pelo auxílio na realização das análises e pela paciência no momento dos procedimentos.

A todos os meus amigos que estiveram ao meu lado, em especial à Carlos Cesar Mezzalira, Ivandra Bonaldo, Elisandra Menegazzo Okada, Ana Paula Lara, Kathielen Pilonetto, Raquel Rossi, Gilvanei Candioto, Nilson Balin pelo auxílio nos procedimentos, e principalmente por tornarem mais alegres os meus dias.

Ao meu pai, Luiz, que sempre me incentivou a seguir em frente, e à minha mãe, Zelanir, que além do todo o apoio também não hesitou em passar horas acordada comigo quando mais precisei.

Ao meu irmão Rudson, e companheiro Maicon, pela disposição em ajudar, e principalmente por me motivarem a seguir em frente.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma, e que eu tenha esquecido de agradecer.

"É necessário mais coragem para ousar  
fazer certo do que temer fazer errado." -  
Abraham Lincoln.

## RESUMO

FRIGOTTO, Taciana. **Aporte de material orgânico e nutrientes pela serapilheira e resíduos de colheita e sua relação com variáveis ambientais em plantio de *Pinus taeda* L. em Quedas do Iguaçu-PR.** 2013. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Espécies de *Pinus* vêm sendo plantadas no Brasil há mais de um século. Muitas delas foram trazidas pelos imigrantes europeus, para fins ornamentais e para produção de madeira. As espécies produzem grande quantidade de serapilheira, esta é considerada um importante componente de um ecossistema florestal, compreendendo o material precipitado ao solo pela biota, o que inclui principalmente folhas, galhos, frutos, flores, raízes e resíduos animais. Este material contém grande proporção de nutrientes e, à medida que se decompõem, os nutrientes nele contidos são liberados, dando seguimento à ciclagem de nutrientes. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi determinar o aporte potencial de nutrientes, em um povoamento *Pinus taeda* com 22 anos de idade em diferentes condições de manejo, comparado a uma floresta nativa testemunha, através da quantidade de serapilheira e resíduos acumulados e os nutrientes contidos nesse material, na região de Quedas do Iguaçu - PR. Para isso foi realizado levantamento florístico e fitossociológico nas áreas com e sem passagem de *harvester/forwarder* e na floresta nativa, para o conhecimento da vegetação do sub-bosque do povoamento. Em cada área foram instaladas três parcelas de 5 x 10 metros e dentro dessas foram instaladas sub-parcelas de 5 x 5 metros para a avaliação da regeneração (indivíduos com CAP < 5 cm). Para melhor embasar a caracterização da vegetação da Floresta Nativa, foi utilizado um estudo realizado na Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN) da empresa, localizada a cerca de 5 km da área de estudo. Para o levantamento da incidência luminosa no sub-bosque das parcelas, foi utilizado Luxímetro Digital LD-510, para tanto, mediu-se a intensidade de luz em dez pontos aleatórios no interior da parcela. Para determinar a serapilheira acumulada e a biomassa de resíduos de colheita foram demarcadas 4 parcelas dentro de cada tratamento. Através do uso de uma moldura metálica quadrada com 50 cm de lado, foram coletadas, aleatoriamente, em cada parcela, quatro amostras de serapilheira acumulada sobre o solo. Estas amostras foram analisadas quanto aos teores de Carbono orgânico (C), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg). A área com Passagem de máquinas, apresentou maior número de indivíduos e espécies, evidenciando a influência da luz no desenvolvimento de sub-bosque, além de apresentar maior quantidade acumulada de serapilheira em relação à área sem passagem de máquinas e Floresta Nativa. Em relação aos nutrientes, esses variaram quanto aporte e teor nos diferentes tratamentos, seguindo a seguinte ordem decrescente C > N > Mg > Ca > K > P.

**Palavras-chave:** Florestas Plantadas. Macronutrientes. *Pinus taeda*. Incidência Luminosa. Serapilheira. Sub-bosque.

## ABSTRACT

Frigotto, Taciana. **Contribution of organic material and nutrients from litter and crop residues and its relation to environmental variables in *Pinus taeda* L. Quedas do Iguaçu-PR.** 2013. 49 f. Work of Course Completion (Bachelor of Forestry) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

*Pinus* species have been planted in Brazil for over a century. Many of them were brought by European immigrants, for ornamental purposes and for timber production. The species produce large amount of litter, this is considered an important component of a forest ecosystem, comprising precipitated material to the soil by the biota, which mainly includes leaves, branches, fruits, flowers, roots and animal waste. This material contains high proportion of nutrients and, as decompose, the nutrients it contains are released, giving the cycling of nutrients. Therefore, the objective of this work was to determine the potential contribution of nutrients in a *Pinus taeda* stand with 22 years old in different management conditions, compared to native forest attestant, by the amount of accumulated litter and crop residues and nutrients contained in this material, in the region of Quedas do Iguaçu-PR. The floristic and phytosociological study was conducted in areas with and without passage of harvester/forwarder and native forest, to the knowledge of the understory vegetation of the stand. In each area were installed three plots of 5 x 10 m and within those sub-plots with 5 x 5 meters for the assessment of regeneration (individuals with CAP < 5 cm) were installed. To better support the characterization of native forest vegetation, we used a study on private reserve of Natural patrimony (RPPN), published by Kleinpaul (2003), located about 5 km from the study area. To study the light incidence in the understory of the plots, were used digital luximeter, measured the light intensity in ten random points inside the plot. To determine the accumulated litter and the harvest biomass residues, 4 plots were demarcated in each treatment. With the use of a metal square frame with 50 cm of side, were collected, at random, in each plot, four samples of this material on the ground. These samples were analyzed for levels of organic carbon (C), nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg). The area with the passage of machines showed the highest number of individuals and species, demonstrating the influence of light on development of understory, beyond to show much accumulated litter in relation to the area without passage of machinery and native forest. In relation to nutrients, these varied the intake and content in the different treatments, according to the following order of decreasing C > N > Mg > Ca > K > P.

**Keywords:** Macronutrients. Litter. Light Incidence. Planted Forest. *Pinus taeda*. Understory.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. Fragmento de *Pinus taeda* estudado, mostrando o denso sub-bosque, em plantio da empresa Araupel S/A. .... 21
- Figura 2. Moldura metálica utilizada para coleta de serapilheira/resíduo florestal..... 27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Valores relativos de densidade, dominância, frequência, índice de importância e índice de Shannon das espécies amostradas no sub-bosque, ordenadas em ordem alfabética.....	29
Tabela 2 Valores relativos de densidade, frequência e índice de Shannon das espécies amostradas no sub-bosque com CAP < 5 cm , ordenadas em ordem alfabética. ....	30
Tabela 3. Incidência Luminosa (Lux), e Índice de luminosidade relativa (%) nos tratamentos estudados. ....	33
Tabela 4. Deposição de resíduo florestal em um povoamento de <i>Pinus taeda</i> aos 22 anos de idade em Quedas do Iguaçu – PR.....	35
Tabela 5. Teor e Aporte de Carbono orgânico (g kg <sup>-1</sup> ) encontrado na serapilheira acumulada sobre o solo em povoamentos de <i>Pinus taeda</i> . ....	37
Tabela 6. Teor de nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> ) encontrado na serapilheira acumulada sobre o solo em povoamentos de <i>Pinus taeda</i> . ....	37
Tabela 7 Teor e Aporte de Cálcio (g kg <sup>-1</sup> ) encontrado na serapilheira acumulada sobre o solo em povoamentos de <i>Pinus taeda</i> . ....	40
Tabela 8. Teor e Aporte de Magnésio (g kg <sup>-1</sup> ) encontrado na serapilheira acumulada sobre o solo em povoamentos de <i>Pinus taeda</i> . ....	41
Tabela 9. Teor de Potássio (g kg <sup>-1</sup> ) encontrado na serapilheira acumulada sobre o solo em povoamentos de <i>Pinus taeda</i> . ....	42
Tabela 10. Teor e Aporte de Fósforo (g kg <sup>-1</sup> ) encontrado na serapilheira acumulada sobre o solo em povoamentos de <i>Pinus taeda</i> .....	43

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>1.1 Justificativa</b> .....	11
<b>1.2 Hipóteses</b> .....	11
<b>1.3 Objetivos</b> .....	12
1.3.1 Objetivo geral.....	12
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	21
<b>3.1 Análise florística e fitossociológica da vegetação de sub-bosque</b> .....	22
3.3.1 Densidade.....	22
3.3.2 Frequência.....	22
3.3.3 Dominância.....	23
3.3.4 Valor de importância.....	25
3.3.5 Diversidade.....	25
<b>3.2 Levantamento de incidência luminosa</b> .....	25
<b>3.3 Auantificação dos resíduos da colheita florestal</b> .....	26
3.4 Análises químicas da serapilheira.....	27
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	29
<b>4.1 Composição florística e fitossociológica</b> .....	29
<b>4.2 Incidência luminosa</b> .....	32
<b>4.3 Quantificação da serapilheira</b> .....	33
<b>4.4 Nutrientes</b> .....	36
4.4.1 Carbono.....	36
4.4.2 Nitrogênio.....	37
4.4.3 Cálcio.....	39
4.4.4 Magnésio.....	41
4.4.5 Potássio.....	42
4.4.6 Fósforo.....	43
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	45
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	46

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2012, p.23), em 2011, a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*, no Brasil, totalizou 6.515.844 ha, sendo 74,8% correspondente à área de plantios de *Eucalyptus* e 25,2% aos plantios de *Pinus*, gerando mais de 100 mil empregos.

A espécie *Pinus taeda* L. é considerada de baixa exigência nutricional (FERREIRA et al., 2001, p. 7). Nas primeiras rotações plantadas no Brasil observou-se rápido crescimento e ausência de sintomas de deficiência, assim formou-se a idéia que as plantações de *Pinus* dispensavam fertilizações. Entretanto, com o passar dos anos, diversos estudos foram realizados sobre o solo, suas relações com o estado nutricional e produtividade, demonstrando estreita interdependência entre essas variáveis.

A serapilheira é um importante componente de um ecossistema florestal, compreendendo o material precipitado ao solo pela biota, o que inclui principalmente folhas, galhos, frutos, flores, raízes e resíduos animais (DIAS; OLIVEIRA FILHO, 1997, p. 2).

Este material contém grande proporção de nutrientes e, à medida que se decompõem, os nutrientes nele contidos são liberados, dando seguimento à ciclagem de nutrientes. A quantidade de nutrientes liberados depende de uma combinação de fatores, dentre eles a velocidade de decomposição dos resíduos, composição da serapilheira, água da chuva, temperatura, entre outros.

A ciclagem de nutrientes é um processo importante na nutrição do *Pinus*, sobretudo nos sítios mais pobres. Portanto, os fluxos de entrada, saída e o armazenamento de nutrientes na serapilheira acumulada devem ser estudados e levados em consideração nas decisões de manejo.

Com a retirada da madeira, quantidade considerável de nutrientes é exportada do sistema e sua reposição é tão mais importante quanto mais limitante nutricionalmente for o sítio (VALERI, 1988, p.98).

Sendo assim, o conhecimento do aporte de nutrientes através da serapilheira é extremamente importante para avaliar o impacto e implicações das ações de manejo na disponibilidade de nutrientes no solo e a produtividade futura dos povoamentos florestais (FERREIRA et al., 2004, p. 5).

## 1.1 Justificativa

A boa nutrição da espécie *Pinus taeda*, principalmente nos períodos iniciais de crescimento, é de crucial importância para uma boa adaptação e desenvolvimento no campo. O uso de um solo bom nutricionalmente, na fase inicial de desenvolvimento, vai contribuir para um bom crescimento, além de propiciar que as plantas jovens sejam mais resistentes a problemas de ordem fitossanitária.

Em função dos aspectos acima mencionados, entende-se a importância da realização do estudo, visando determinar se o processo de ciclagem de nutrientes ocorrido ao longo da rotação da floresta plantada é capaz de oferecer boas condições nutricionais para o plantio de um novo povoamento, deixando como “herança” ao novo plantio, uma espessa camada de serapilheira e resíduos de colheita, os quais contém nutrientes que, através do processo de decomposição, serão gradativamente liberados e poderão ser absorvidos pelas raízes do novo plantio.

Quanto maior a capacidade do sistema solo+serapilheira de dar suporte nutricional à espécie implantada, menor será a necessidade de utilização de fertilizantes químicos externos ao sistema, sendo maiores as consequências positivas aos recursos hídricos de cada microbacia onde estiver sendo realizado o processo de produção florestal, uma vez que são diminuídas as possibilidades de fenômenos relacionados à erosão e lixiviação de nutrientes até esses locais, além de oferecer menor custo ao processo de produção e aproveitamento do material da própria floresta, com características intrínsecas de sustentabilidade no sistema de produção florestal onde esse conceito esteja sendo aplicado.

## 1.2 Hipóteses

Considerando os aspectos anteriormente mencionados, esse estudo tem como hipótese:

- A quantidade de serapilheira e nutrientes depositados ao longo da rotação e que permanece sobre o solo até o final da mesma representa porção significativa dos nutrientes necessários para rotação seguinte;
- O acúmulo de serapilheira e resíduos de desrama/desbaste são prejudicados pela maior incidência de luz nas linhas de plantio desbastadas, em comparação às linhas

de plantio não desbastadas (sem passagem de *harvester+forwarder*) e em floresta nativa;

- A vegetação de sub-bosque é influenciada em sua composição e crescimento pela incidência da luz em comparação a área sem passagem de *harvester+forwarder* e com relação à floresta nativa.

### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 Objetivo Geral:

Determinar e quantificar o aporte potencial de nutrientes, na serapilheira de um povoamento *Pinus taeda* com 22 anos de idade em diferentes condições de manejo, comparado a uma floresta nativa, na região de Quedas do Iguaçu - PR.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos:

- Realizar levantamento florístico e fitossociológico da vegetação ocorrente no sub-bosque do povoamento e na área de floresta nativa testemunha e sua relação com a quantidade acumulada de serapilheira sobre o solo;
- Determinar a incidência luminosa no sub-bosque dessas áreas e a sua relação com a composição florística e quantidade de serapilheira acumulada.
- Quantificar a serapilheira acumulada sobre o solo no povoamento de *Pinus taeda* e na floresta nativa;
- Avaliar a composição química da serapilheira quanto aos teores de C, N, P, K, Ca, Mg e a quantificar a contribuição potencial desse material orgânico na disponibilização de nutrientes à futura rotação;

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Espécies de pinus vêm sendo plantadas no Brasil há mais de um século. Muitas delas foram trazidas pelos imigrantes europeus, para fins ornamentais e para produção de madeira. As primeiras introduções de que se tem notícia fora estabelecidas no Rio Grande do Sul, com o *Pinus canariensis*, em torno do ano de 1880 (SHIMIZU; SEBBENN, 2008, p. 55).

A sociedade brasileira passou a conviver mais intensamente com o gênero *Pinus* a partir dos anos 1960, quando extensas áreas começaram a ser plantadas com *P. elliottii* e *P. taeda*, nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (TUOTO, HOEFLICH, 2008, p. 17).

Estas áreas foram evidenciadas devido a um programa governamental de incentivo fiscal para promover investimentos em plantações florestais, o Fiset – Fundo de Investimento Setorial, que vigorou no período de 1967 a 1989. As plantações florestais de *Pinus* estabelecidas no Brasil proporcionaram um aumento abrupto na oferta de madeira, favorecendo o desenvolvimento do setor florestal (SHIMIZU; SEBBENN, 2008, p. 57).

Entretanto, apenas em 1990 as indústrias iniciaram um forte processo de desenvolvimento, evidenciando que os resultados alcançados pelas indústrias superaram as expectativas e demonstraram que políticas em longo prazo são essenciais para o setor florestal.

Cada espécie do gênero *Pinus* apresenta particularidades quanto à qualidade da madeira, quantidade e qualidade de resina, capacidade de adaptação, resistência a fatores ambientais, produtividade e outros fatores intrínsecos. Estes aspectos devem ser criteriosamente analisados na escolha de plantios comerciais, assim como a espécie.

A distribuição natural do *Pinus taeda* L. abrange 14 estados do Sul e Sudeste dos Estados Unidos, estendendo-se desde o Sul de Nova Jérsei até o Centro da Flórida, em direção ao Oeste, até o Leste do Texas. O clima nessas regiões é úmido, temperado, com verões longos e quentes e invernos suaves. Nessas regiões, os plantios comerciais estão estimados em 13,4 milhões de ha, constituindo o maior centro de produção de madeira de florestas plantadas nos Estados Unidos. No Brasil, os principais plantios encontram-se no planalto das regiões Sul e Sudeste, estendendo-se por uma área estimada em 962.500 ha (KRONKA et al., 2005, p. 112).

Os primeiros plantios comerciais de *P. taeda* no Brasil foram implantados com sementes importadas dos Estados Unidos, sem qualquer controle da qualidade genética ou de origem geográfica. Isso resultou em povoamentos de baixa qualidade de fuste devido aos defeitos como tortuosidade, bifurcações e um grande número de ramos grossos. Apesar disso, a espécie oferece grandes oportunidades para ser transformada em espécie chave na economia florestal brasileira, mediante melhoramento genético.

Estudos de procedências em várias partes do Brasil revelam variações geográficas importantes. As procedências da planície costeira do estado da Carolina do Sul ficaram conhecidas como as de maior produtividade e melhor qualidade de fuste no sul e sudeste do Brasil, em locais onde as geadas são moderadas. Para locais sujeitos a geadas severas, como na Serra Gaúcha e no Planalto Catarinense, as procedências de locais onde prevalecem invernos rigorosos como as da Carolina do Norte são mais promissoras (SHIMIZU; SEBBENN, 2008, p.57).

O sucesso inicial do *P. taeda* como fonte de madeira no Brasil deveu-se, em grande parte, à ausência de inimigos naturais. Porém, a partir dos anos 1980, começaram a surgir algumas pragas atacando tanto a madeira quanto as acículas e os brotos terminais (BRACELPA, 2010,p.1). Dentre elas, a mais notória é a vespa da madeira (*Sirex noctilio*), que representou uma séria ameaça à base florestal de pinus no sul do Brasil. Para reduzir os danos causados por esta e outras pragas, foi necessário adotar medidas preventivas e de controle, em forma de manejo adequado dos povoamentos. Portanto, ficou evidente que a prática de somente plantar e esperar que o povoamento produza madeira, da forma como se fazia inicialmente, não assegura retorno significativo (SHIMIZU; SEBBENN, 2008, p.57). Este manejo vai desde a escolha dos sítios adequados para o desenvolvimento da espécie, adoção de práticas visando a fitossanidade, ao aumento da produtividade dos povoamentos e à qualidade do produto.

As principais características de valor econômico, como incremento volumétrico, forma de fuste e densidade da madeira de *Pinus taeda* são herdáveis e podem ser melhoradas mediante seleção de matrizes, possibilitando não só o aumento na produtividade de madeira, mas, também, na melhoria substancial na qualidade do fuste. A diversidade de utilização do *P. taeda* faz desta uma espécie importante para o setor florestal, pois sua madeira pode ser destinada para diversas finalidades, como as indústrias laminadoras, papel e celulose, chapas e fibras, além de aproveitar os resíduos

de todas as etapas como biomassa para geração de vapor e energia (MARTO, 2009, p. 2).

Estopa, Biernaski (2011, p.321 ), em um estudo sobre desenvolvimento clonal de *Pinus taeda* via embriogênese somática, de forma a viabilizar a clonagem da espécie, obtiveram como resultados, aos quatro anos de idade, que o ganho de seleção de clones superiores em relação ao material seminal de segunda geração foi de até 17% em incremento volumétrico. Na projeção da produtividade para 14 anos de idade, constatou-se que o melhor clone apresentou 50 m<sup>3</sup>/ha<sup>-1</sup>/ano<sup>-1</sup> de incremento médio anual. Desta forma, foram selecionados os melhores clones e estes estão sendo resgatados a partir do material que ficou criopreservado para a instalação de futuros plantios clonais de *Pinus taeda*. Os ganhos relacionados à qualidade da madeira ainda não foram avaliados, mas existe também, nesta característica, grande chance de ganhos, devido à seleção desta característica antes das polinizações.

*Pinus* spp. é o gênero florestal mais plantado na região Sul do Brasil, totalizando 1.417.850 ha, até 2009, ou seja, 79% da área total plantada de pinus no Brasil, sendo o *Pinus taeda* a espécie com maior expressividade. O estado do Paraná lidera a área plantada com o gênero, seguido por Santa Catarina com 550.850 ha ou, respectivamente, 38 % e 31% do total (ABRAF, 2010, p.1).

Segundo Higa et al. (2008, p.16), a região sul do Brasil praticamente não apresenta nenhuma das condições restritivas ao desenvolvimento de *P. taeda*. As áreas de classe preferencial estão localizadas nas partes de maior altitude, regiões mais frias, que correspondem a uma parte do Terceiro Planalto e áreas de altitude do Primeiro Planalto Paranaense. Também, do ponto de vista climático, a espécie encontra áreas preferenciais nas Serra Gaúcha e Planalto Catarinense; ali, não havendo restrições de solos e com uso de sementes e práticas silviculturais adequadas, a espécie pode apresentar altas produtividades.

Todas essas características de alta produtividade relacionadas à espécie dependem muito das condições ambientais a que são impostos os plantios, principalmente quando se trata das relações da espécie com fatores de microclima e solo. Essas relações, além da capacidade genética de crescimento, darão o aporte para o sucesso dos plantios realizados. O entendimento dessas relações é chave para compreender a capacidade produtiva de uma floresta de *Pinus taeda*, devendo-se, portanto, serem estudadas, as interações entre a planta e o meio ambiente, determinando os fatores e em que grau afetam o seu crescimento e desenvolvimento, como o aspecto

de fertilidade natural do solo, a sua capacidade em atender as necessidades nutricionais da planta, tanto em quantidade como em qualidade de nutrientes, além dos aspectos relacionados à ciclagem de nutrientes pelos povoamentos.

O material nutritivo para o vegetal está presente no solo na forma ligada e na forma solúvel. Apenas uma pequena fração do material nutritivo (menor que 0,2 %) está dissolvida na solução do solo. Aproximadamente 98% dos bioelementos no solo estão na forma de serapilheira, húmus, ligados ao material inorgânico de difícil solubilização ou ainda incorporados aos minerais. Essa grande porção atua como uma reserva, a qual, por meio da decomposição e mineralização, colocam lentamente os nutrientes em disponibilidade para o vegetal. Os 2% restantes estão adsorvidos nos colóides do solo. Entre a solução do solo, os colóides do solo e a reserva mineral há um equilíbrio dinâmico que disponibiliza continuamente um suprimento de nutrientes para as plantas (LARCHER, 2006, p.183).

A serapilheira é definida como uma espessa camada de resíduos sobre o solo, proveniente da queda de folhas, galhos, cascas, flores, frutos e outros resíduos orgânicos. É o resultado do equilíbrio das taxas de deposição e de decomposição dos resíduos, alterando com a espécie florestal, idade, condições climáticas. Para Brun et al. (2004, p. 40), a influência do clima é determinante na quantidade de serapilheira depositada em uma floresta, bem como na variação da concentração de nutrientes.

Dos componentes da serapilheira, geralmente a maior proporção é de folhas, que apresentam a maior taxa de decomposição. Porém, existe também uma fração de difícil decomposição, com muitas estruturas lignificadas, que representam em torno de 30% a 40% da serapilheira (ANDERSON, 1983, p. 198.).

Sob as mesmas condições pedoambientais, a velocidade de decomposição da serapilheira varia de acordo com a porcentagem de lignina, carbono, celulose, entre outros componentes. De acordo com a espécie vegetal e a idade da planta, esses teores variam (ANDERSON, 1983, p. 198.).

Segundo Schumacher; Brun (2005, p. 12), a absorção dos nutrientes liberados pela decomposição da matéria orgânica depositada sobre o solo irá depender da exigência da espécie, da taxa de crescimento e das condições edafo-climáticas, as quais influenciam a disponibilidade destes nutrientes para as plantas. Vale lembrar que a taxa de absorção é maior nas idades mais jovens do povoamento, culminando com a maior taxa de produtividade.

Souza et al. (2003, p. 6) quantificaram a biomassa presente acima do solo em povoamentos de diferentes idades de *Pinus taeda*, em Três Barras-SC, verificaram que o material morto contido na serapilheira apresentou quantidades crescentes a partir das idades mais jovens, demonstrando que até 17 anos, a acumulação deste material ainda não havia estacionado, ou seja, o processo de deposição continuava sobrepondo-se ao processo de decomposição.

König (2004, p.80) verificou em seu estudo sobre acúmulo de serapilheira sobre o solo em uma rotação de *Pinus taeda*, em Cambará do Sul-RS, que o acúmulo de serapilheira variou em função do sítio e das atividades de manejo realizadas, sendo que aos 4,5 anos, o total de serapilheira acumulada foi de 9036,2 kg ha<sup>-1</sup>; aos 12,5 anos de 12518,4 kg ha<sup>-1</sup>; devido ao desbaste realizado na idade 17,5 anos, acumulou-se nessa idade 19542,5 kg ha<sup>-1</sup>; e aos 23,5 anos acumulou-se 17248,0 kg ha<sup>-1</sup> de serapilheira, não ficando ainda evidente uma estabilização do acúmulo de material sobre o solo, sendo possível, caso a rotação prossiga por mais alguns anos, que a quantidade acumulada de material sobre o solo pudesse ainda aumentar.

Balbinot et al. (2003, p. 5) verificaram que a biomassa seca total da serapilheira sobre o solo em um plantio de *Pinus taeda* com 5 anos de idade, em Cambará do Sul-RS foi estimada em 19,5 Mg ha<sup>-1</sup>, contendo um total de 8,0 Mg ha<sup>-1</sup> de carbono orgânico.

Reissmann; Koehler e Paula Souza (1990, p. 200) relatam no seu estudo conduzido na região de Ponta Grossa e Telêmaco Borba (PR), que a espécie *Pinus taeda* se apresenta mais sensível às propriedades do solo e mais exigente em nutrientes, quando comparada *P. elliottii*, chamando a atenção às concentrações extremamente baixas de K, Mg e Zn nos sítios menos produtivos.

Carvalho et al. (1999, p.2) observaram acentuada diferença de produtividade em função do tipo de solo em que está estabelecido o plantio de *Pinus*. Em condições de solos arenosos e de baixa fertilidade, Silva et al. (2003, p. 5) verificaram que *Pinus taeda* apresentou resposta positiva à aplicação de potássio, magnésio e boro, enquanto Vogel (2003, p. 100.) verificou que houve resposta positiva para o fósforo e o potássio.

A ciclagem de nutrientes é um fator importante para o gênero *Pinus*. O conhecimento desta é extremamente importante para se avaliar o impacto e as implicações das ações de manejo na disponibilidade de nutrientes no solo, na produtividade futura dos povoamentos florestais, nos fluxos de entrada e de saída e no

armazenamento de nutrientes na serapilheira acumulada (FERREIRA et al., 2001, p. 12).

O processo de ciclagem pode ser caracterizado de três formas: ciclo geoquímico (trocas de elementos minerais entre diferentes ecossistemas), ciclo bioquímico (translocação de nutrientes que se encontram armazenados em tecidos velhos para os tecidos novos, dentro da própria planta), e o ciclo biogeoquímico ou biológico (trocas químicas entre o solo e a planta) medido através da serapilheira (SCHUMACHER; BRUN, KÖNIG, 2004, 5 p.).

Para Vital et al. (2004, p. 6), o meio mais importante de transferência de elementos essenciais da vegetação para o solo é através da produção de serapilheira onde ocorre o retorno de matéria orgânica e de nutrientes para o solo florestal.

Schumacher; Brun e König (2004, p 4.) afirmam que a camada de serapilheira acumulada de povoamentos de pinus funciona como uma grande esponja sobre o solo, com capacidade de reter a água da chuva, reduzir a evaporação e as variações bruscas de temperatura do solo, evitando a erosão, melhorando a estrutura do solo e promovendo a ciclagem de nutrientes. As estimativas mostram que a produção de serapilheira poderá variar entre 6,4 e 9,3 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Viera; Schumacher (2010, p.6) verificaram, em um plantio de *Pinus taeda* L., implantado em área original de campo nativo, que este apresentou deposição média anual de serapilheira de 2.545,1 kg ha<sup>-1</sup>, tendo a seguinte ordem estacional média: outono > verão > inverno > primavera. A umidade relativa foi a única variável climática que apresentou correlação significativa ( $r = 0,365$ ;  $p < 0,05$ ) com a deposição de serapilheira.

Piovesan et al. (2012, p. 4) quantificaram a deposição mensal e estacional de serapilheira em um plantio de *Pinus taeda* no município de Quedas do Iguaçu-PR. Verificaram que a deposição de serapilheira foi estacional, demonstrando que povoamentos de *Pinus taeda* L. possuem maior produção de material senescente durante o período do outono, com a chegada de baixas temperaturas, não estando relacionada com a precipitação pluviométrica. O material produzido foi essencialmente composto por acículas, devido à juvenildade das árvores. A deposição anual foi de 7,1 Mg ha<sup>-1</sup>. A temperatura máxima média e a temperatura média do ar apresentaram influência inversa e significativa na deposição de acículas e na serapilheira total.

Bizon (2005, p. 32) relata que adoção de técnicas silviculturais de remoção somente do lenho e cultivo conservacionista aumentam a sustentabilidade do cultivo de

*Pinus taeda* em relação ao cultivo intensivo, destacando o uso necessário de fertilizantes e adoção de práticas conservacionistas no sistema.

Schumacher; Viera e Witschoreck (2008, p. 7) constataram, em plantios de *P. taeda* em Cambará do Sul-RS, que os nutrientes Ca e Mn foram os que apresentaram maiores concentrações entre os nutrientes (macro: N, P, Mg, S e micro: Fe, Zn, B e Cu) que retornam ao solo através da deposição de serapilheira.

Para Reissmann (2002, 3p.), estudos feitos no segundo planalto paranaense têm mostrado que o macronutriente potássio e o micronutriente zinco parecem ser os mais limitantes para o crescimento de *Pinus taeda*. Teores foliares de 1,8 g/kg<sup>-1</sup> de fósforo, 6 g/kg de potássio e 0,6 g/kg de magnésio se correlacionaram com as maiores alturas dominantes em árvores com 15 anos de idade nessa mesma região.

Dedececk et al. (2008, p.5), em seu estudo sobre a influência do sítio no crescimento do *Pinus taeda*, no município de Telêmaco Borba (PR), observaram que os sítios mais produtivos apresentaram menores teores de Ca e maiores teores de Zn nas acículas, demonstrando uma correlação linear positiva muito forte com as variáveis de crescimento.

Schumacher, Brun (2005, p. 35), em um estudo sobre decomposição dos resíduos de madeira de *Pinus taeda* L. proveniente de serraria, verificaram que a variação nos teores de nutrientes nos resíduos coletados estacionalmente nas áreas de estudo, ocorrem em função das características de cada elemento e das condições ambientais do local estudado, demonstrando que com o espalhamento de 25 Mg/ha de resíduo sobre o solo tornou-se possível o incremento de, em kg ha<sup>-1</sup>: 85,0 de N; 1,75 de P; 116,3 de K, 37,0 de Ca; 9,0 de Mg; 16,0 de S;; 67,3 de Fe; 0,42 de B; 0,60 de Zn; 0,18 de Cu e 3,98 de Mn, após a decomposição do material, sendo um aporte nutricional fundamental a nova rotação implantada na área.

A casca e os demais resíduos (acículas, galhos e ponteiros) correspondem, segundo Viera; Schumacher e Bonacina (2011, p. 7) a, pelo menos, 50% da quantidade de nutrientes extraídos do solo pelas plantas. Esses resíduos contribuem com a sustentabilidade ambiental, pela disponibilidade desses nutrientes após a decomposição deste material e, portanto, pela diminuição da quantidade de adubação para a reposição nutricional do sítio florestal.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no município de Quedas do Iguaçu, Paraná, nas coordenadas 52°54'39" W e 25° 27'22" S, em um povoamento de *Pinus taeda* com vinte e dois anos de idade e em um fragmento de floresta nativa de propriedade da Empresa Araupel S.A, demonstrada na Figura 1.



**Figura 1. Fragmentos de *Pinus taeda* (A) e Floresta Nativa (B) estudado, na empresa Araupel S/A.**

**Fonte: Taciana Frigotto (2012)**

A região está enquadrada no mapa fitogeográfico do Estado do Paraná como Floresta Estacional Semidecidual (RODERJAN et al., 1992, 3p.). Essa região é caracterizada pela dupla estacionalidade climática, uma tropical, com época de chuvas de verão seguida por estiagem acentuada, e outra subtropical, sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelas baixas temperaturas de inverno, que são inferiores a 15°C. O clima, segundo Köppen, é classificado como Cfa, subtropical úmido, com verões quentes e temperatura média anual de 20°C.

O relevo é suave-ondulado, com vertentes longas e altitude de 450 a 600 m acima do nível do mar. O tipo de solo é Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 1999, 180 p.).

Sendo assim, os tratamentos a serem estudados na área ficaram assim determinados:

T1- Área de passagem de *harvester/forwarder* pré-colheita (5ª linha)\*

T2- Área sem passagem de *harvester/forwarder* pré-colheita (demais 4 linhas)

T3- Área com passagem de *harvester/forwarder* pós-colheita

T4- Área sem passagem de *harvester/forwarder* pós-colheita

T5- Floresta Nativa (testemunha)

\* A passagem do *harvester/forwarder* (colhedor e carregador florestal) ocorreu nos desbastes realizados aos 09 e 14 anos de idade, sendo sistemático na quinta linha de plantio e seletivo por baixo nas demais, ocasionando maior incidência de luz na primeira área citada.

### 3.1 Análise florística e fitossociológica da vegetação de sub-bosque

Para o conhecimento da vegetação do sub-bosque do povoamento, para os indivíduos com circunferência à altura do peito (CAP)  $\geq 5$  cm, foi realizado levantamento florístico e fitossociológico nas áreas com e sem passagem de *harvester/forwarder* e na floresta nativa. Em cada área foram instaladas três parcelas de 5 x 10 metros e dentro dessas foram instaladas sub-parcelas de 5 x 5 metros para a avaliação da regeneração (indivíduos com CAP < 5 cm).

Para melhor embasar a caracterização da vegetação da Floresta Nativa, foi utilizado um estudo realizado na Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN) da empresa, publicado por Kleinpaul (2003), localizada a cerca de 5 km da área de estudo.

No estudo da estrutura de abundância, foram calculados para os indivíduos amostrados os parâmetros de densidade, frequência e dominância absolutas e relativas, bem como o índice de valor de importância. Tais valores fornecem informações sobre a distribuição espacial das populações e sua participação no contexto do ecossistema. Para diversidade o parâmetro utilizado foi o Índice de Shannon.

#### 3.3.1 Densidade

A densidade refere-se ao número de indivíduos de um determinado *táxon* por unidade de área ou de volume. A Densidade Absoluta trata do número de indivíduos da

espécie por unidade de área considerada (geralmente hectare), enquanto que a Densidade Relativa é a proporção entre o número de indivíduos do *táxon* em relação ao número total de indivíduos amostrados.

$$DA = n \times (U/A)$$

$$DR = (n/N) \times 100$$

Onde:

DA: Densidade Absoluta (nº de indivíduos/ha)

DR: Densidade Relativa (%)

n: Número de indivíduos do *táxon* analisado

U: área (10000 m<sup>2</sup>)

A: área amostrada (m<sup>2</sup>)

N: número total de indivíduos amostrados.

Fonte: Vaccaro (1997, p.34)

### 3.3.2 Frequência

A frequência indica a uniformidade de distribuição de determinado *táxon* em uma determinada área. Frequência Absoluta é a proporção entre o número de unidades amostrais onde o *táxon* ocorre e o número total de unidades amostrais, expressa em percentagem. Frequência Relativa é a proporção, expressa em percentagem, entre a frequência de cada *táxon* e a frequência total por hectare (VACCARO, 1997, 104 p.)

$$FA = (P_i/P) \times 100$$

$$FR = FA_i / \sum FA$$

Onde:

FA: Frequência absoluta (%)

FR: Frequência relativa (%)

P<sub>i</sub>: número de unidades amostrais com ocorrência do *táxon* i.

P: número total de unidades amostrais

FA<sub>i</sub>: Frequência Absoluta do *táxon* i

$\Sigma$ FA: Frequência Absoluta do todos os *táxons*

Fonte: Vaccaro (1997, p.35).

### 3.3.3 Dominância

Conforme MARTINS (1991, p.218), a dominância expressa a proporção de tamanho, de volume ou de cobertura de cada *táxon*, em relação ao espaço ou volume da fitocenose. Indiretamente, o valor de dominância dá uma noção do grau de influência que cada *táxon* exerce sobre o ecossistema.

A Dominância Absoluta de um *táxon* consiste na soma da área basal de todos os indivíduos deste, presentes na amostragem. Dominância Relativa é a relação percentual entre a área basal total do *táxon* e a área basal total, por hectare (VACCARO, 1997, p.35).

$$DoA = \sum gi / ha$$

$$DoR = (DoA / Gt/ha) \times 100$$

Onde:

DoA: Dominância Absoluta (m<sup>2</sup>/ha)

DoR: Dominância Relativa (%)

Gi: área basal total do *táxon* i por hectare.

Gt: área basal de todos os *taxa* por hectare.

Fonte: Vaccaro (1997, p. 36)

### 3.3.4 Valor de importância

Este método consiste no somatório da Densidade, Dominância e Frequência Relativas e pode obter, como valor máximo, 300%. O valor de importância pode ser convertido em Percentagem de Importância ao ser dividido por três.

$$IVI = DR + DoR + FR$$

$$PI = IVI / 3$$

Onde:

IVI: Índice de Valor de Importância

DR: Densidade Relativa (%)

FR: Frequência Relativa (%)

PI: Percentagem de importância (%)

Fonte: Vaccaro (1997, p. 36)

### 3.3.5 Diversidade

As medidas de diversidade têm sido frequentemente utilizadas como indicadores do bom funcionamento dos ecossistemas e uma das implicações deste fato é o grande número de índices existentes, cada um tentando caracterizar a diversidade de uma amostra ou comunidade através de um único número (VACCARO, 1997, p. 37).

O parâmetro utilizado no estudo foi o Índice de Shannon. Este índice considera que os indivíduos são amostrados ao acaso a partir de uma população infinita de distribuição aleatória; assumindo também que todas as espécies presentes estejam representadas na amostra (VACCARO, 1997, p.37).

$$H' = - \sum (p_i \cdot \ln p_i)$$

Onde:

H': Índice de diversidade de Shannon

Pi: ni/ N

ni: Número de indivíduos da espécie i

N; número total de indivíduos.

Ln: logaritmo neperiano.

O valor desse índice varia normalmente recai entre 1,5 e 3,5, sendo raro maior que 4,5.

Fonte: Vaccaro (1997, p. 37).

## 3.2 Levantamento de incidência luminosa

Para o cálculo do índice de iluminação relativa no interior de uma floresta, o primeiro passo é medir a intensidade de luz fora da floresta (a céu aberto) e o segundo é determinar a intensidade média de luz no interior da floresta.

Para o levantamento da incidência luminosa no sub-bosque das parcelas, foi utilizado Luxímetro Digital LD-510. Para tanto, mediu-se a intensidade de luz em dez pontos aleatórios no interior da parcela. A luz é medida mantendo o luxímetro no plano horizontal a uma altura padrão de 1 m, evitando-se medições em pontos com incidência direta de raios de sol. Desta maneira, os dados levantados referem-se à intensidade de luz difusa existente no sub-bosque da floresta. Tomadas as leituras em área a céu aberto e em todos os tratamentos, obteve-se o valor médio de intensidade de luz dentro da floresta, em cada tratamento, e através de uma relação entre o valor encontrado no interior da floresta com a incidência total (céu aberto), pode-se obter a percentagem de interceptação da luz em cada uma das áreas estudadas.

### **3.3 Quantificação dos resíduos da colheita florestal**

Para determinar a serapilheira acumulada e a biomassa de resíduos de colheita foram demarcadas 4 parcelas dentro de cada tratamento. Através do uso de uma moldura metálica quadrada com 50 cm de lado (Figura 2), foram coletadas, aleatoriamente, em cada parcela, quatro (4) amostras, constituídas por serapilheira acumulada sobre o solo.



**Figura 2. Moldura metálica utilizada para coleta de serapilheira/resíduo florestal.**  
**Fonte: Taciana Frigotto, 2012.**

Todo o material coletado foi pesado e sub-amostrado para envio ao laboratório. Posteriormente foram secas em estufa de circulação e renovação de ar, a 65°C, até peso constante.

### **3.4 Análises químicas da serapilheira**

As amostras provenientes de cada parcela foram secas, pesadas e reunidas em uma amostra composta e então moídas em moinho *wiley* visando à análise química, estas realizadas no Laboratório de Análise de Solos da UTFPR Câmpus Dois Vizinhos, seguindo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

As amostras foram analisadas quanto aos teores de Carbono orgânico (C), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg).

O teor de carbono de cada amostra de tecido vegetal foi determinado pelo método da calcinação em mufla, segundo metodologia adotada pelo Laboratório de Solos da UTFPR-DV. As amostras foram submetidas à mufla em cadinhos de cerâmica por duas horas a 105°C, resfriada em dessecador e pesada (peso amostra seca), posteriormente as amostradas foram novamente levadas à mufla na temperatura de 505°C, por quatro horas, até completa calcinação (Peso sem carbono). A obtenção do

Carbono foi realizada através da diferença de pesos (Peso amostra seca – Peso sem carbono).

Para a determinação do teor de N, as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica conforme o método Kjeldahl.

Amostras de tecido vegetal foram submetidas à digestão nítrico-perclórica para determinar o teor de K, Ca, Mg. O potássio (K) determinado por fotometria de chama, já o fósforo determinado através do Espectrofotômetro – UV-VIS, e cálcio e magnésio determinados por volumetria de complexação – edta.

O delineamento experimental utilizado para as serapilheira acumulada e análises químicas da mesma foi a Análise de Variância Bifatorial (Ocasão e área), seguido pelo teste de comparação de médias, Tukey, a 5 % de significância. O programa utilizado para a análise foi o Assistat 7.6 beta.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Composição florística e fitossociológica

Foram identificadas para o sub-bosque do povoamento de *Pinus taeda*, 11 espécies com CAP  $\geq$  a 5 cm, descritas na Tabela 1.

A área com passagem de *Harvester/forwarder* apresentou maior número de indivíduos comparado à área sem passagem de máquinas, porém na área com passagem de máquinas ocorreu maior número de espécies. A espécie *Mycrocarpus frondosus* (Cabreúva) foi a que mais ocorreu na área com passagem de máquinas, apresentando 29,17% de densidade relativa, seguida pela *Piper gaudichaudianum* (16,67 %) e *Heliocarpus americanus* (16,67 %). Com relação à dominância, a espécie que mais se destacou foi *Enterolobium contortisiliquum*, representando 65,21% da área basal.

**Tabela 1** Valores relativos de densidade, dominância, frequência, índice de importância e índice de Shannon das espécies amostradas no sub-bosque, ordenadas em ordem alfabética.

Área Sem Passagem de <i>Harvester/Forwarder</i>						
Espécie	Ind	DR	Fr	DMR	PI	Shannon
<i>Acácia bonariensis</i>	2	8,33	7,69	0,26	5,43	
<i>Albizia hassleri</i>	1	4,17	7,69	2,83	4,90	
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	2	8,33	15,38	65,21	29,64	
<i>Heliocarpus americanus</i>	4	16,67	7,69	4,35	9,57	
<i>Lonchocarpus campestris</i>	2	8,33	7,69	5,55	7,19	
<i>Mycrocarpus frondosus</i>	7	29,17	23,08	9,57	20,60	
<i>Ocotea catharinensis</i>	1	4,17	7,69	6,71	6,19	
<i>Piper gaudichaudianum</i>	4	16,67	15,38	5,11	12,39	
<i>Prunus myrtifolia</i>	1	4,17	7,69	0,42	4,09	
<b>Total Geral</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1,98</b>
Área Com Passagem de <i>Harvester/Forwarder</i>						
Espécie	Ind	DR	Fr	DMR	PI	Shanon
<i>Acácia bonariensis</i>	1	3,57	6,67	1,16	3,80	
<i>Cecropia pachystachya</i>	1	3,57	6,67	20,92	10,38	
<i>Croton urucana</i>	2	7,14	13,33	11,87	10,78	
<i>Heliocarpus americanus</i>	5	17,86	20,00	24,16	20,67	
<i>Mycrocarpus frondosus</i>	1	3,57	6,67	3,89	4,71	
<i>Piper sp.</i>	1	3,57	6,67	1,08	3,77	
<i>Piper gaudichaudianum</i>	13	46,43	20,00	23,73	30,05	
<i>Psicotria cartagineses</i>	1	3,57	6,67	4,63	4,96	
<i>Vernonia nudiflora</i>	2	7,14	6,67	7,75	7,19	

Continuação: Tabela 1...

Zanthoxylum fagara	1	3,57	6,67	0,80	3,68	
<b>Total Geral</b>	<b>28</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>1,75</b>

DR - Densidade Relativa (%); DMR - Dominância Relativa (%); FR - Frequência Relativa (%); PI - Porcentagem de Valor de Importância (%); Shanonn – Índice de Shannon.

Para a área sem passagem de *harvester/fowarder* a espécie *Enterolobium contortisiliquum* se apresenta em destaque na posição de PI, em função dos altos valores de densidade, frequência e, principalmente, de dominância de sua população. A seguir aparecem *Mycrocarpus frondous*, *Ocotea catharinensis*. Em relação à área sem passagem de máquinas a espécie que mais se destacou foi *Piper sp.*, com um PI de 30,05 %, seguida por *Heliocarpus americanus* e *Croton urucana*.

As duas áreas apresentaram valores de índice de Shannon baixos, 1,98 para área com passagem e 1,75 para área sem passagem. Esse índice aumenta com o número de espécies e, no caso em que dois povoamentos tenham o mesmo número de espécies, o índice será maior onde a proporção das espécies é mais uniforme. Venzke (2012, p. 11), estudando a regeneração em um talhão de *Pinus caribae* na Reserva Florestal Mata do Paraíso, Viçosa, MG, encontrou um índice de 2,96 valor superior ao encontrado no estudo, demonstrando maior diversidade.

Em relação à regeneração, classificada como indivíduos com CAP < 5 cm, a espécie que mais se destacou quanto a densidade relativa e frequência relativa foi *Platyserium bifurcatum* (Samambaia), seguida pelo gênero *Nephrolepsis* e *Piper sp.* Para área sem passagem de máquinas *Platyserium bifurcatum* e *Uncaria tomentosa* foram as que mais se destacaram.

**Tabela 2 Valores relativos de densidade, frequência e índice de Shannon das espécies amostradas no sub-bosque com CAP < 5 cm , ordenadas em ordem alfabética.**

<b>Área Sem passagem de Harvester/forwarder</b>				
Espécie/ Gênero	Ind.	DR	FR	Shanon
<i>Albizia hasslerii</i>	2	4,88	8,33	
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	6	14,63	8,33	
<i>Heliocarpus americanos</i>	1	2,44	8,33	
<i>Pyrrosia sp.</i>	4	9,76	16,67	
<i>Piper gaudichaudianum.</i>	2	4,88	16,67	
<i>Platyserium bifurcatum</i>	7	17,07	16,67	
<i>Uncaria tomentosa</i>	19	46,34	25,00	
Total Geral	41	100	100	<b>1,55</b>
<b>Área Com passagem de Harvester/forwarder</b>				
Espécie	Ind.	DR	FR	Shanon

<i>Acácia bonariensis</i>	2	4,26	7,14	
<i>Cecropia pachystachya</i>	4	8,51	14,29	
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	1	2,13	7,14	
<i>Heliocarpus americanos</i>	2	4,26	7,14	
<i>Piper gaudichaudianum</i>	16	34,04	14,29	
<i>Platynerium bifurcatum</i>	9	19,15	21,43	
<i>Psicotria cartagineses</i>	1	2,13	7,14	
<i>Uncaria tomentosa</i>	12	25,53	21,43	
Total Geral	47	100	100	<b>1,67</b>

DR - Densidade Relativa (%); FR - Frequência Relativa (%);; Shanonn – Índice de Shannon.

Observou-se que a área de passagem de máquinas apresentou maior número de indivíduos em relação à área sem passagem de máquinas. Em relação ao índice de Shannon a área sem passagem apresentou valor superior (1,67), demonstrando assim maior diversidade no local. O índice encontrado é considerado baixo, isso pode ter ocorrido, provavelmente, pelo sombreamento da floresta que dificulta o crescimento de algumas espécies no interior do talhão.

Andrae et al., (2005, p. 16) analisaram o sub-bosque de 11 plantios de *Pinus* sp. em sítios degradados no Rio Grande do Sul e encontraram o índice variando de 1,3 até 3,5 e concluíram que a riqueza no sub-bosque possivelmente se deve a extensão reduzida desses povoamentos, além de observar que quanto maior o valor do índice de diversidade do povoamento, mais uniformemente distribuídos sobre a sua área se apresentam os índices das parcelas, significa para um povoamento, em que uma maior riqueza do seu sub-bosque em espécies é acompanhada de uma distribuição espacial mais uniforme da diversidade em espécies.

Em relação a floresta nativa Kleinpaul (2003, p. 57) levantou 1.618 árvores pertencentes a 114 espécies arbóreas, divididas em 81 gêneros e 44 famílias botânicas. As famílias com maior número de espécies encontradas foram: Myrtaceae (9 espécies), Mimosaceae (8 espécies), Euphorbiaceae e Rutaceae (6 espécies cada), Lauraceae, Sapindaceae, Fabaceae, Meliaceae, Caesalpinaceae, Flacourtiaceae e Solanaceae (5 espécies cada).

Para Kleinpaul (2003, p. 60) um dos motivos desta riqueza pode ser devido à floresta se encontrar em uma região de contato entre dois tipos florestais (Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacioanal semidecidual) misturando elementos, que gera maior diversidade de espécies. Segundo este autor a maior parte da floresta encontra-se no estado de sucessão secundária, marcada pelo surgimento de espécies características da floresta madura, assim como epífitas e lianas, praticamente inexistentes nos estágios

anteriores. Dessa forma, a floresta secundária, em seu aspecto externo, pouco se diferencia da primária.

Para a regeneração, o mesmo autor citado anteriormente avaliou indivíduos com  $> 1$  m de altura até  $CAP < 15$  cm. Encontraram-se 53 espécies, divididas em 47 gêneros e 30 famílias. As espécies mais encontradas foram: *Gymnanthes concolor*, *Trichilia catigua*, *Ruellia* sp, *Strychnos brasiliensis* e *Nectandra megapotamica*. As espécies *Gymnanthes concolor*, *Trichilia catigua* e *Strychnos brasiliensis*, são espécies características dos estratos mais inferiores da floresta. Daí, seu grande número de exemplares encontrados. Também pode indicar que a floresta em questão está em estágio secundário avançado, pois apresenta espécies do sub-bosque.

Para os indivíduos com  $CAP > 15$  cm, pode-se observar que as espécies com maior densidade absoluta foram: *Gymnanthes concolor* (98,3 indivíduos/ha), *Nectandra megapotamica* (65,3 indivíduos/ha). Quanto à frequência absoluta, as espécies mais frequentes foram: *Nectandra megapotamica* (39,77%), *Gymnanthes concolor* (31,25%), *Lonchocarpus campestris* (30,11%). As que tiveram maior dominância absoluta foram: *Nectandra megapotamica* (45,5  $m^2/ha^{-1}$ ), *Parapiptadenia rigida* (18,4  $m^2/ha^{-1}$ ) e *Ocotea diospyrifolia* (15,2  $m^2/ha^{-1}$ ),

O índice de valor de importância foi maior para as seguintes espécies: *Nectandra megapotamica* (28,2%), *Gymnanthes concolor* (16,8%) e *Lonchocarpus campestris* (13,2%).

Em relação ao índice de Shannon para toda a floresta, este foi de 3,99, o que indica uma boa diversidade, valor superior ao encontrado no povoamento de *Pinus taeda*, independentemente do tratamento analisado.

## 4.2 Incidência luminosa

Na floresta a luz é um dos fatores do ambiente mais disputados pelas plantas. Segundo Poggiani, Oliveira; Cunha (1996, p. 14) as espécies arbóreas diferem entre si na demanda por luz, tanto em quantidade como em qualidade. Uma mesma espécie pode apresentar diferenças em suas exigências de luz durante o seu desenvolvimento. Portanto, é explícita a importância do fator luz no ecossistema florestal.

Os dados foram coletados em um dia parcialmente encoberto por nuvens. Os resultados obtidos pela coleta de dados demonstraram diferença significativa entre as áreas. A área a céu aberto apresentou maior incidência luminosa, seguida pela área com

passagem de máquinas. A área de floresta nativa não diferiu da Área sem passagem de máquinas, pois esta apresenta dossel mais fechado.

**Tabela 3. Incidência Luminosa (Lux), e Índice de luminosidade relativa (%) nos tratamentos estudados.**

Área	Luminosidade (Lux)
Céu aberto	31,44 a (100 %)
Floresta Nativa	9,31 c (31,46 %)
Área com Passagem de máquinas	24,80 b (78,62 %)
Área sem passagem de máquinas	14,19 c (45, 80 %)

Decker et al (2013, p. 5) avaliando o efeito de diferentes intensidades luminosas, proporcionadas por sombreamento natural em área de preservação permanente, no desenvolvimento de *Leucaena leucocephal*, verificaram que a mesma variou entre 0,24 e 3,53%, demonstrando que grande parte da radiação solar em uma floresta é interceptada pelos componentes do dossel como galhos, ramos e folhas.

A área com passagem de máquinas apresentou maior luminosidade, pois nesse local é retirada uma linha de árvores, favorecendo assim a passagem de luz entre o dossel. Já na área de floresta nativa e sem passagem de máquinas, a interceptação de luz é menor devido o dossel ser mais fechado comparado às demais áreas.

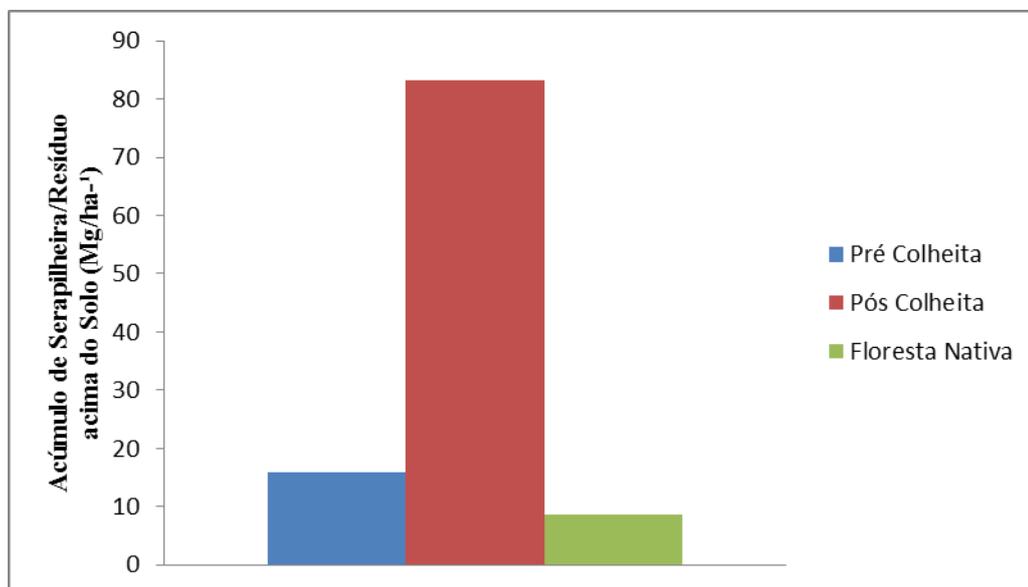
Whatley (1982, p. 68 cita que quanto maior for à quantidade de luz que atinge os níveis mais baixos do interior da floresta, melhor será o desenvolvimento das camadas baixas de vegetação, que incluem, além dos arbustos e ervas, as plântulas e árvores novas, sucessoras potenciais dos membros do dossel superior. As brechas de luz são importantes fontes de iluminação para as plantas das camadas inferiores, principalmente em florestas densas.

Quanto mais ampla a área foliar, menor a energia que chega ao sub-bosque. Spurr; Barnes (1980, p. 350) enfatizam que apenas uma pequena parte da luz incidente chega ao piso de um bosque denso, isso comprova a menor incidência de luz na floresta nativa e área sem passagem de máquinas.

### 4.3 Quantificação da serapilheira

A deposição de serapilheira antes da colheita na floresta de pinus totalizou, em média, 16,01 Mg ha<sup>-1</sup>, como pode ser observado na Figura 3. No momento pós colheita

(serapilheira acumulada no solo + resíduo da colheita florestal + sub-bosque), alcançou um total de 83,2 Mg ha<sup>-1</sup>. A floresta nativa apresentou valores inferiores aos demais, com cerca de 8,65 Mg ha<sup>-1</sup>.



**Gráfico1. Quantificação do material orgânico acima do solo em plantio de *Pinus taeda* com 22 anos de idade, nas fases pré e pós colheita florestal e em floresta nativa.**

**Fonte: Frigotto, Taciana (2013).**

Em seu estudo, Londero et al. (2011, p. 5), sobre a quantificação de biomassa em árvores do primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda*, encontraram sobre um total de 44,5 Mg ha<sup>-1</sup>, com 62,8% de madeira, 10,3% de galhos vivos, 8,9% de casca, 10,1% de acículas vivas, 6,1% de galho morto, 3,5% de ponteira com casca e 0,5% de acícula morta.

Um total de 69,45 Mg ha<sup>-1</sup> de biomassa em função de colheita de *Pinus elliottii* aos 20 anos de idade foi encontrada por Ceconi et al. (2004, p. 5), no município de Santa Maria, RS, onde as acículas apresentaram 13,80 Mg ha<sup>-1</sup>, os galhos 33,07 Mg ha<sup>-1</sup> correspondendo a maior fração da biomassa do resíduo, seguido pela madeira das ponteiros que apresentou 22,52 Mg ha<sup>-1</sup>.

Ribas et al (2008, p. 6) quantificaram a biomassa no solo antes e após a colheita e o aproveitamento dos resíduos florestais de *Pinus elliottii* no estado de São Paulo. Em seu estudo encontraram-se valores na ordem de 49,08 e 269,62 Mg/ha, respectivamente, para as copas e os fustes (madeira e casca), já a serapilheira sobre o

solo apresentava valores na ordem de 0,122 Mg/há antes do corte raso dos indivíduos do povoamento florestal.

É possível verificar na Tabela 4 que ocorreu diferença significativa entre os períodos de pré e pós colheita, comparados com a floresta nativa. Os valores na ocasião pré colheita não diferiram significativamente, pois o material acima do solo apesar de ser variável nas diferentes parcelas, não apresentou diferença significativa. Porém comparados com a floresta nativa, as áreas com e sem passagem de *harvester/forwarder* apresentaram valores superiores, evidenciando que a área com *Pinus taeda* apresenta maior camada de serapilheira acima do solo comparada a Floresta nativa.

**Tabela 4. Deposição de resíduo florestal em um povoamento de *Pinus taeda* aos 22 anos de idade em Quedas do Iguaçu – PR.**

Ocasão	Área		
	Com passagem (Mg/ha <sup>1</sup> )	Sem passagem (Mg/ha <sup>1</sup> )	Floresta Nativa (Mg/ha <sup>1</sup> )
Pré colheita (kg ha <sup>1</sup> )	16.67 b	15.35 b	8,65
Pós colheita (kg ha <sup>1</sup> )	94.46 a	72.59 a	8,65

\* Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

A ocasião pós colheita, além da serapilheira acumulada, apresenta o material do sub-bosque mais os resíduos da colheita florestal, este formada por acículas, galhos finos e grossos, por isso os valores são superiores ao da pré-colheita.

Para a ocasião pós colheita, a área com passagem de *harvester/forwarder* apresentou valores superiores aos demais, pois o colhedor na hora da colheita não passa apenas no local aonde foi realizado o desbaste das árvores. Deste modo, possibilita que a área descrita com passagem de *harvester/forwarder* que não continha árvores, receba o material de árvores abatidas, e este seja somado a regeneração de sub-bosque, e a serapilheira contida no local anteriormente à colheita.

A área sem passagem de máquinas apresenta maiores valores comparados à ocasião pré colheita, porém apresenta valores inferiores à área com passagem, pois esta apresenta maior regeneração de sub-bosque devido a maior incidência luminosa, favorecendo o crescimento do mesmo, e somando aos resíduos da colheita e serapilheira.

A biomassa total oriunda do primeiro desbaste em um povoamento de *Pinus taeda* encontrada por Viera et al. (2011, p.6), foi de 35,7 Mg ha<sup>-1</sup>. De maneira geral, a distribuição da biomassa dos componentes em ordem decrescente foi: madeira

comercial > galhos vivos > casca comercial > acículas > madeira do ponteiro > galhos mortos > casca do ponteiro.

Piovesan et al. (2012, p.3) encontraram em um estudo na região de Quedas do Iguaçu- PR, em um povoamento de *Pinus taeda* de oito anos, deposição média anual de serapilheira de 7,1 Mg ha<sup>1</sup>, sendo, esta, formada por acículas (95,6%), galhos finos (2,3%) e miscelânea (2,1%). Já a deposição média anual de serapilheira encontrada por Shumacher, Vieira e Witschoreck (2008, p.6), em área de segunda rotação com floresta de *Pinus taeda* L. num período de 3 anos (5° ao 7° ano de idade) no município de Cambará do Sul, RS, foi de 4,52 Mg ha<sup>-1</sup>, totalizando 13,56 Mg ha<sup>-1</sup> para o período de 3 anos (5° ao 7° ano). Os valores encontrados são superiores, aos encontrados em literatura, visto que a decomposição de serapilheira/biomassa é lenta, acarretando assim um acúmulo acima do solo maior ao longo da rotação, favorecendo a conservação do solo, e disponibilidade de nutrientes para as plantas durante o ciclo de vida.

#### 4.4 Nutrientes

Na serapilheira depositada na superfície do solo são acumuladas quantidades significativas de nutrientes que, após a sua decomposição, retornam ao solo e são absorvidos novamente pelas árvores. A quantidade de nutrientes disponibilizados é função da velocidade de decomposição dos resíduos florestais, que, por sua vez, depende, dentre outros fatores, da composição da serapilheira, da quantidade de água da chuva, da temperatura e da qualidade do sítio (LARCHER, 2006, p. 183).

Se a serapilheira (cuja quantidade aumenta com a produtividade da comunidade) for removida, a mesma quantidade de nutrientes representada pelas substâncias minerais incorporadas nessa serapilheira pode ser perdida. O conhecimento desse fato é a base para uma fertilização bem planejada (LARCHER, 2006, p.226).

##### 4.4.1 Carbono

O acúmulo de carbono variou entre os tratamentos, porém nenhum apresentou diferença significativa. A área sem passagem de máquinas na ocasião pós colheita, foi a que apresentou maiores valores, apresentados na Tabela 5, porém não apresentou elevada diferença comparada à floresta nativa.

**Tabela 5. Teor (g kg<sup>-1</sup>) e Aporte (Mg ha<sup>-1</sup>) de Carbono orgânico via serapilheira acumulada sobre o solo em povoamentos de *Pinus taeda* aos 22 anos de idade, em Quedas do Iguaçu-PR. 2012.**

Ocasão	Área		
	Com passagem (g kg <sup>-1</sup> )	Sem passagem (g kg <sup>-1</sup> )	Floresta Nativa (g kg <sup>-1</sup> )
Pré colheita (g kg <sup>-1</sup> )	457,76 a (7,63)	461,31 a (7,08)	447,99 (3,88)
Pós colheita (g kg <sup>-1</sup> )	442,30 a (41,78)	476,78 a (34,61)	447,99 (3,88)

\* Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

\* Os valores encontrados entre parênteses representam o aporte de carbono em cada tratamento em (Mg/ha<sup>-1</sup>).

Watzlawick; Caldeira, (2004, p.5) encontraram valores semelhantes ao estudo para serapilheira em um povoamento de *Pinus taeda* com 32 anos onde foram feitos quatro desbastes.

Já comparados ao estudo realizado por Schumacher (2000) com *Pinus taeda*, em diferentes idades, plantados em Cambará do Sul-RS, os valores encontrados nesse estudo foram inferiores aos encontrados pelo autor citado. Em relação ao carbono orgânico acumulado, Schumacher (2000) encontrou 8,0 Mg ha<sup>-1</sup>, 7,1 Mg ha<sup>-1</sup> e 14,7 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para 10, 15 e 20 anos. A elevada quantidade encontrada aos 10 anos justifica-se pela grande quantidade de resíduos provenientes da desrama realizada anteriormente. Os valores encontrados por Balbinot et al. (2003, p. 7) foram superiores ao presente trabalho, com um total de 7,7 Mg ha<sup>-1</sup> de carbono orgânico, porém o valor elevado se deu devido aos resíduos da poda realizada recentemente.

A floresta nativa apresentou valores semelhantes ao teor de carbono encontrado no povoamento de pinus. Os resultados obtidos na floresta nativa foram inferiores ao encontrado por Monteiro; Rodrigues (2004, p.3), os quais encontraram para serapilheira presente na mata atlântica 630 g kg<sup>-1</sup> de carbono, já em um trecho de Floresta Ombrófila Densa Aluvial Atlântica em regeneração natural.,

#### 4.4.2 Nitrogênio

Os valores encontrados para teor de nitrogênio dispostos na Tabela 6, não diferiram estatisticamente entre a área e a ocasião de coleta de serapilheira, porém a floresta nativa apresentou valores superiores aos encontrados no povoamento de pinus.

**Tabela 6. Teor (g kg<sup>-1</sup>) e Aporte (Mg ha<sup>-1</sup>) de Nitrogênio via serapilheira acumulada sobre o solo em povoamentos de *Pinus taeda* aos 22 anos de idade, em Quedas do Iguaçu-PR. 2012.**

Área		
------	--	--

Ocasião	Com passagem (g kg <sup>-1</sup> )	Sem passagem (g kg <sup>-1</sup> )	Floresta Nativa (g kg <sup>-1</sup> )
Pré colheita (g kg <sup>-1</sup> )	5.29 a (88,18)	5.26 a (80,74)	31,29 (270,65)
Pós colheita (g kg <sup>-1</sup> )	4.93 a (465,68)	4.97 a (360,77)	31,29 (270,65)

\*Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

\* Os valores encontrados entre parênteses representam o aporte de carbono em cada tratamento em (kg/ha<sup>-1</sup>).

Viera; Schumacher (2009, p. 5) encontraram valores inferiores para nitrogênio em um plantio de pinus aos cinco anos de idade, cerca de 11,17 mg kg<sup>-1</sup>, já Brun, Shumacher; Brun (2003, p. 5), em um estudo sobre decomposição de resíduos de madeira processada em duas áreas, uma de plantio recente e outra com 4,5 anos de idade, com cultivo de *Pinus taeda*, encontram em média pra nitrogênio 3,58 g kg<sup>1</sup> valores inferiores ao relatados no trabalho.

Avaliando os teores e o aporte de nutrientes ao piso florestal num povoamento de *Pinus taeda L.* em Cambará do Sul (RS), Viera; Schumacher (2010, p.5) encontraram valores semelhantes ao estudo 5,28 g kg<sup>-1</sup> para nitrogênio. Os teores de nutrientes nos tecidos vegetais podem variar dentro da mesma espécie, dependendo da idade das plantas, época de coleta, posição de amostragem, tipo de solo, fatores climáticos, dentre outros (CALDEIRA et al., 1999 p.5).

Vogel et al (2004, p.4) encontraram 251,6 kg ha<sup>1</sup> de Nitrogênio contidos na serapilheira do *P. elliottii* de 34 anos em Santa Maria – RS, valor considerado semelhante ao encontrado por Caldato (2011, p.72), a qual encontrou 276,1 kg ha<sup>1</sup> para serapilheira acumulada de *Pinus taeda*. Os valores são superiores ao encontrado na ocasião pré colheita, e inferior ao encontrado na ocasião pós colheita. Essa diferença pode ser justificada pela quantidade de material ser variável a cima do solo.

As variações nos teores de nitrogênio e outros nutrientes, pode ser justificada pelo fato de quanto maior a idade do talhão maior será o conteúdo de serapilheira acima do solo, e biomassa depositada pós colheita, conseqüentemente maior quantidade de nutrientes disponível para planta. As acículas de pinus e galhos vivos constituem a maior parte da biomassa florestal, constituindo a maior concentração de nutrientes nos mesmos. Isso demonstra a importância dessa via de ciclagem de nutrientes para a manutenção da produtividade do sítio, além de melhorar as condições do solo.

A floresta nativa apresentou valores superiores comparados ao povoamento de pinus e a outros trabalhos realizados. Pimenta et al. (2011, p. 2), em um estudo em uma floresta Estacional Semidecidual encontraram valores inferiores aos encontrados no estudo para nitrogênio 19,78 g kg, em ordem decrescente o nutriente ficou em segundo

lugar, perdendo apenas para o Cálcio. Scheer (2008, p. 9) também encontrou valores inferiores para à área de floresta 16,9 g kg<sup>-1</sup>.

Caldeira et al. (2007, p .6) encontraram teores médios para nitrogênio de 11,97 g kg<sup>-1</sup>, valores superiores aos encontrados por Longhi et al (2011, p. 8) em três grupos florísticos, ocorrentes na Floresta Ombrófila Mista, 14,68 g kg<sup>-1</sup> Floresta secundária de encosta, 15,60 g kg Floresta Ombrófila Mista e 18,55 g kg em floresta de locais úmidos. A alta concentração dos teores de N pode ser atribuída, além da perda mais rápida de C e de massa seca, à adição via precipitações atmosféricas, à fixação simbiótica e assimbiótica, a baixa mobilidade dos nutrientes no tecido vegetal.

Em relação ao aporte de nutrientes, o valor encontrado difere das duas áreas, e das duas ocasiões do povoamento de *Pinus taeda*. Para Pinto, (2009, p.7), em um estudo sobre serapilheira nas florestas inicial e madura na Reserva Florestal Mata do Paraíso em Viçosa, MG, encontrou 137,09 Kg ha<sup>-1</sup>.

Caldeira (2003, p.300) em seu estudo na Floresta Ombrófila Mista Montana no PR evidencia claramente que a serapilheira acumulada é a principal via de transferência de N, K e Ca para o solo, demonstrando assim a importância do material formado da serapilheira no processo de ciclagem biogeoquímica de nutrientes em sítios florestais, principalmente para o N, o K e o Ca.

#### 4.4.3 Cálcio

O cálcio é um componente da parede celular vegetal, sendo necessário na manutenção da estrutura, na ativação da amilase e na vitalidade das zonas meristemáticas (BAMBI, 2007, p. 80). Em solução é incorporado pelas raízes e passa a fazer parte de vegetais e mais tarde de consumidores e, por fim, retorna ao solo através da ação dos decompositores. Os dados para Cálcio são descritos na Tabela 7.

A área com passagem de máquinas no momento pós colheita, apresentou maiores valores comparado as demais, seguido pela área sem passagem na ocasião pré colheita. Porém, o povoamento de *Pinus taeda*, em todas as situações diferiu da Floresta Nativa.

**Tabela 7. Teor ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e Aporte ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) de Cálcio via serapilheira acumulada sobre o solo em povoamentos de *Pinus taeda* aos 22 anos de idade, em Quedas do Iguaçu-PR. 2012.**

Ocasião	Área		
	Com passagem ( $\text{g kg}^{-1}$ )	Sem passagem ( $\text{g kg}^{-1}$ )	Floresta Nativa ( $\text{g kg}^{-1}$ )
Pré colheita ( $\text{g kg}^{-1}$ )	2,94 (49,01)	3,41(52,34)	36,8 (31,8)
Pós colheita ( $\text{g kg}^{-1}$ )	3,56 (336,28)	3,09 (224,30)	36,8 (31,8)

\* Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

\*Os valores encontrados entre parênteses representam o aporte de cálcio em cada tratamento em ( $\text{kg/ha}^{-1}$ ).

Melo, Resck (2002, p. 13) realizou um estudo com três procedências de pinus com 16 anos de idade em Planaltina-DF. As mesmas não apresentaram diferenças significativas nos teores de macronutrientes na serapilheira. O valor médio encontrado para Ca foi de  $1,59 \text{ g kg}^{-1}$ , valor inferior ao encontrado no povoamento em estudo. Reissmann; Wisnewski ( p.146) em um povoamento de *p. taeda* com 15 anos, na cidade de Telêmaco Borba – PR, encontrou valores superiores aos do trabalho, em média  $4,14 \text{ g kg}^{-1}$ . Os valores registrados para Ca, são semelhantes aos observados por Latorraca et al (1984, p.5) para *Pinus elliotti var. elliotti* em Agudos – Sp, cujo valor encontrado foi de  $2,1 \text{ g kg}^{-1}$ .

Segundo Silva, Santos, Paiva (1998, 8 p.), destacam que as folhas maduras são mais pobres em cálcio do que as folhas mais jovens, justificando assim os valores superiores da floresta nativa comparados ao povoamento de Pinus, uma vez que a maioria do material coletado acima do solo nessa área eram folhas maduras. Em seu estudo encontraram valores semelhantes, em média  $3,34 \text{ g kg}^{-1}$ .

Em relação ao aporte Viera, Schumacher (2010, p.6) encontraram valores de  $18,8 \text{ kg ha}^{-1}$  na serapilheira, verificando que Ca e N apresentaram os maiores valores tanto para teor como aporte de nutrientes, já Caldato (2011, p.72) encontrou  $130,6 \text{ kg ha}^{-1}$  na serapilheira acumulada de pinus com 13 anos de idade.

O Ca é elemento é um elemento estrutural, que faz parte da lamela média da parede celular (MALAVOLTA et al., 1997), por isso é considerado imóvel na planta, o que faz que ele fique armazenado em forma de cristais na folha e permaneça assim, mesmo após a sua senescência (NEVES et al., 2001; DIAS et al., 2002).

Scherr (2008 p.8) também em um trecho de floresta Ombrófila Densa Aluvial em regeneração, encontrou valores inferiores  $16,48 \text{ g kg}^{-1}$ . Caldeira et al. (2008, p. 12) encontrou valores parecidos para serapilheira em fragmentos de Floresta Ombrófila

Densa, em média 47 kg ha<sup>-1</sup>, já Longhi et al. (2011, p.9) encontraram valores superiores para um fragmento de Floresta Secundária cerca de 81,08 kg ha<sup>-1</sup>. Dias et al (2002, p.7) encontraram 31,7 kg ha<sup>-1</sup> em serapilheira numa Floresta Estacional Semidecidual Montana em Lavras, MG, valor semelhante ao encontrado na área de Floresta Nativa do estudo.

#### 4.4.4 Magnésio

Em relação ao valores encontrados para magnésio na Tabela 8 a área com passagem na ocasião pós colheita apresentou maiores valores comparados à área sem passagem nas duas ocasiões. O teor de magnésio encontrado na serapilheira da Floresta Nativa foi superior ao povoamento de *Pinus taeda*.

**Tabela 8. Teor (g kg<sup>-1</sup>) e Aporte (Mg ha<sup>-1</sup>) de Magnésio via serapilheira acumulada sobre o solo em povoamentos de *Pinus taeda* aos 22 anos de idade, em Quedas do Iguaçu-PR. 2012.**

Ocasião	Área		
	Com passagem (g kg <sup>-1</sup> )	Sem passagem (g kg <sup>-1</sup> )	Floresta Nativa (g kg <sup>-1</sup> )
Pré colheita (g kg <sup>-1</sup> )	4,63 (77,19)	4,69 (71,99)	11,08 (95,84)
Pós colheita (g kg <sup>-1</sup> )	3,90 (368,39)	3,85 (279,47)	11,08 (95,84)

\* Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

\*Os valores encontrados entre parênteses representam o aporte de magnésio em cada tratamento em (kg/ha<sup>-1</sup>).

Silva, Santos, Paiva (1998, p. 6) encontraram valores inferiores para um povoamento *Pinus oocarpa* em São Paulo, em média o valor para magnésio foi de 1,32 g kg<sup>-1</sup>, valor superior ao encontrado por Melo, Resck (2002, p. 13) em Agudos –SP, o qual em média foi de 0,32 g kg<sup>-1</sup>.

Para Vieira; Schumacher (2010, p. 8) os valores foram semelhantes para magnésio em um povoamento de *Pinus taeda*, onde encontraram em média 1,20 g kg<sup>-1</sup> para serapilheira. Potássio e Magnésio podem sofrer lixiviação, o que contribui para explicar os baixos teores desses elementos na serapilheira.

Em relação ao teor de nutrientes Caldato (2011, p.72) estudando o estoque de elementos nos diferentes compartimentos da biomassa de *Pinus taeda* com 13 anos de idade em Corrientes, Argentina, encontrou para a serapilheira acumulada 33,4 kg ha<sup>-1</sup> de Mg, valor considerado inferior ao encontrado no trabalho.

A floresta nativa apresentou valores superiores ao povoamento de pinus. Caldeira et al. (2008, p. 10) encontrou valores semelhantes para a floresta nativa, em média 13,28 g kg<sup>-1</sup> em uma Floresta Ombrófila Densa em Santa Catarina. Em relação ao estudo de Scheer (2008, p. 8) onde o mesmo encontrou 3,0 g kg<sup>-1</sup> de magnésio, os valores encontrados (11,08 g kg<sup>-1</sup>) são superiores.

Em relação ao aporte de Pinto et al. (2009, p.7) em dois trechos de Floresta Estacional Semidecidual, em distintos estádios sucessionais (inicial e maduro), da região de Viçosa, encontraram 21 e 26 kg.ha<sup>-1</sup> de Mg respectivamente, valor inferior ao encontrado no estudo.

#### 4.4.5 Potássio

O potássio é um dos elementos minerais relevante na relação planta solo. Está disponível nas plantas, é móvel, prontamente removido a partir dos solos e das copas das árvores de matéria orgânica por se encontrar em forma solúvel. O potássio é retirado do solo pelas plantas por sistema radicular, por meio da difusão causada pelo movimento ao acaso dos íons em direção às raízes, de acordo com o gradiente de concentração gerado na superfície radicular pelo processo de absorção. (BAMBI, 2007, p. 99). É possível verificar na Tabela 9 a ocasião Pré colheita e a área com passagem de máquinas apresentou teores semelhantes comparada a área sem passagem na ocasião pós colheita observada na Tabela 9.

**Tabela 9. Teor (g kg<sup>-1</sup>) e Aporte (Mg ha<sup>-1</sup>) de Potássio via serapilheira acumulada sobre o solo em povoamentos de *Pinus taeda* aos 22 anos de idade, em Quedas do Iguaçu-PR. 2012.**

Ocasão	Área		
	Com passagem (g kg <sup>-1</sup> )	Sem passagem (g kg <sup>-1</sup> )	Floresta Nativa (g kg <sup>-1</sup> )
Pré colheita (g kg <sup>-1</sup> )	1,04(17,33)	0,99 (15,20)	12,85 (111,15)
Pós colheita (g kg <sup>-1</sup> )	0,96 (90,68)	1,01(73,31)	12,85 (111,15)

\* Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

\*Os valores encontrados entre parênteses representam o aporte de potássio em cada tratamento em (kg/ha<sup>-1</sup>).

Em um estudo com três procedências de *Pinus elliotti*, Melo, Resck (2002, p. 13), encontraram valores semelhantes aos encontrados no trabalho, em média 1,21 g kg<sup>-1</sup>, o mesmo, parecido com Vieira, Schumacher (2010, p.8) onde o teor em média foi 0,68 g kg<sup>-1</sup> em um povoamento de *Pinus taeda* em Cambará do Sul. Em geral segundo

Gama-Rodrigues (1997, p.40), o potássio é o nutriente de mais rápida liberação da serapilheira em todos os ecossistemas, justificando assim o seu baixo valor.

Schumacher; Viera; Witschoreck (2008, p.9), encontraram para serapilheira de um povoamento *Pinus taeda*, 4,6 kg ha<sup>1</sup>, já Vogel et al (2004, p.5) encontraram 253,9 kg ha<sup>1</sup>, em um povoamento com 34 anos de idade, valor superior ao encontrado no estudo, porém demonstrando a alta quantidade do nutriente na serapilheira acumulada.

Caldeira et al. (2008, p.11) encontrou valores semelhantes em três fragmentos de floresta Ombrófila Densa, em média 10,82 g kg<sup>-1</sup>, Selle (2007, p. 9) em seu estudo em dois fragmentos de floresta estacional semidecidual, encontrou valores inferiores aos encontrados no estudo, em média 6,1 g kg<sup>-1</sup>.

Em relação ao aporte de Pinto et al. (2009, p.7) em dois trechos de Floresta Estacional Semidecidual, em distintos estádios sucessionais (inicial e maduro), da região de Viçosa, encontraram 17 e 45 kg.kg<sup>-1</sup> de Mg respectivamente, valor inferior ao encontrado no estudo.

#### 4.4.6 Fósforo

O elemento fósforo foi o que apresentou menor concentração de nutrientes na serapilheira, isso indica alta eficiência das plantas na utilização desse elemento, que pode ser facilitada pela sua alta mobilidade. A floresta nativa apresentou valores superiores ao povoamento de pinus. A área sem passagem na ocasião pós colheita foi a que apresentou valor superior dentre os demais na área com e sem passagem de máquinas, pré e pós colheita.

**Tabela 10. Teor (g kg<sup>-1</sup>) e Aporte (Mg ha<sup>-1</sup>) de Fósforo via serapilheira acumulada sobre o solo em povoamentos de *Pinus taeda* aos 22 anos de idade, em Quedas do Iguaçu-PR. 2012.**

Ocasão	Área		
	Com passagem (g kg <sup>-1</sup> )	Sem passagem (g kg <sup>-1</sup> )	Floresta Nativa (g kg <sup>-1</sup> )
Pré colheita (g kg <sup>-1</sup> )	0,38 (6,33)	0,25(3,83)	0,83 (7,18)
Pós colheita (g kg <sup>-1</sup> )	0,30 (28,34)	0,42 (30,48)	0,83 (7,18)

\* Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo.

\*Os valores encontrados entre parênteses representam o aporte de fósforo em cada tratamento em (kg/ha<sup>-1</sup>).

A concentração de fósforo encontrado no povoamento de pinus é semelhante ao encontrado por Vieira; Schumacher (2009, p. 8) onde o valor médio encontrado no povoamento de *Pinus taeda* de quatro anos de idade foi de 0,45 g kg<sup>-1</sup>.

Viera; Schumacher (2010, p.6) encontraram para serapilheira em *Pinus taeda* L. implantado em campo nativo em Cambará do Sul, - RS, uma média anual de 1,1 kg ha<sup>1</sup>, valor inferior ao encontrado, entretanto, Melo e Resck (2020, p.14), encontraram 3,6 kg ha<sup>1</sup>, valor considerado semelhante, diferenciando apenas da ocasião pós colheita.

Vogel et al (2003, p.5) encontraram 27,4 Kg. ha<sup>1</sup> na serapilheira acumulada de *P. elliottii*. com 34 anos de idade, está localizado no Campus da Universidade Federal de Santa Maria, valore este semelhante ao encontrado no povoamento em estudo na ocasião pós colheita.

O valor encontrado para floresta nativa foi superior ao encontrado por Pimenta et al (2011, p. 3) em um reflorestamento de floresta estacional semidecidual no sul do Brasil, o valor médio encontrado foi em média 0,21 g kg<sup>-1</sup>, entretanto Selle (2007, p.9) encontrou valores superiores aos dois estudos, o valor médio encontrado em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual foi de 1,4 g kg<sup>-1</sup>. Para Longhi et al (2011, p.9), nos três grupos florísticos estudados por ele, os valores variaram entre 0,78 e 1,31 g kg<sup>-1</sup>, evidenciando a semelhança com a área de estudo. Em relação ao aporte de Caldeira et al (2008), encontraram em serapilheira acumulada no estágio sucessional I da Floresta Ombrófila Densa, Blumenau/SC, 2,61 kg ha<sup>-1</sup>, já Longhi et al. (2011, p.9) encontraram 5,32 kg ha<sup>1</sup>, ambos os valores superiores ao do trabalho. Em seu estudo sobre serapilheira em uma Floresta Estacional Semidecidual Montana em Lavras, MG, Dias et al. (2002, p.6) encontraram 4,3 kg ha<sup>1</sup> para fósforo valore semelhante ao encontrado no estudo.

## 5 CONCLUSÕES

Foram identificadas para o sub-bosque do povoamento de *Pinus taeda*, 11 espécies com CAP  $\geq$  a 5 cm, e 9 espécies para a regeneração com CAP < 5 cm. A área com passagem máquinas apresentou maior número de indivíduos para CAP > 5 cm, e regeneração, demonstrando que a maior incidência de luz na área com passagem de máquinas influencia a regeneração de espécies no sub-bosque do plantio de *Pinus taeda*.

A deposição de serapilheira antes da colheita totalizou, em média, 16,01 Mg ha<sup>-1</sup>, já no momento pós colheita (serapilheira acumulada no solo + resíduo da colheita florestal + sub-bosque), alcançou um total de 83,2 Mg ha<sup>-1</sup>. A floresta nativa apresentou valores inferiores aos demais, com cerca de 8,65 Mg ha<sup>-1</sup>. Pode se constatar que a luminosidade na área aonde ocorreu passagem de máquinas influenciou no acúmulo de serapilheira, tanto no momento pré colheita, como pós colheita, além de demonstrar maior deposição de serapilheira comparada a Floresta Nativa.

Os maiores teores e aporte de dos macronutrientes da serapilheira depositada variou na ordem de: C > N > Mg > Ca > K > P.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico da ABRAF 2012 - Ano Base 2011**. Versão eletrônica disponível em: [www.abraflor.org.br](http://www.abraflor.org.br). Acessado em 22/08/2012.

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2010** – Ano Base 2009. Brasília: 2010.

ALENCAR, Antonia Lidiane de; MARANGON, Luiz Carlos; FELICIANO, Ana Lícia Patriota, FERREIRA, Rinaldo Luiz Caraciolo, TEIXEIRA, Lucineide de Jesus. Regeneração natural avançada de espécies arbóreas nativas no sub-bosque de povoamentos de *Eucalyptus saligna* Smith., na zona da mata sul de Pernambuco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 183-192, abr.-jun., 2011.

ANDERSON, Jonathan Michael. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. 2.ed. CAB International, 1993. 221 p.

ANDRAE, Franz H.; PALUMBO, Renato; MARCHIORI, José Newton Cardoso; DURLO, Miguel Antão. O sub-bosque de reflorestamento de *Pinus* em sítios degradados da região da Floresta Estacional Decidual do Rio grande do Sul. **Ciência Florestal**, v.15, n.1, p.43 - 63, 2005.

BALBINOT Rafaelo , SCHUMACHER, Mauro Valdir, WATZLAWICK, Luciano Farinha, SANQUETTA, Carlos Roberto. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Curitiba, v. 5, nº1, Jan/Jun 2003.

BAMBI, Paulino. **Variação sazonal do índice da área foliar e sua contribuição na composição da serapilheira e ciclagem de nutrientes na floresta de transição no norte do Mato Grosso**. 2007, 99 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2007.

BIZON, José Márcio Cossi. **Avaliação da sustentabilidade nutricional de plantios de pinus taeda L. usando um balanço de entrada – saída de nutrientes**. 2005. 95 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

BRUN, Flávia Gizele König ; SHUMACHER, Mauro Valdir; BRUN, Eleandro José; KLEINPAUL, Joel Juliano; KLEINAPUL, I. S.; BONAMIGO, Alessandro. Acúmulo de serapilheira sobre o solo em uma rotação de *Pinus taeda* no município de Cambará

do Sul. In: 9º Congresso Florestal Estadual do Rio Grande do Sul, 2003, Nova Prata. 9º Congresso Florestal Estadual do rio Grande do Sul: Floresta: Função Social, 2003, 8 p.

CALDATO, Silvana Lúcia. Ciclagem biogeoquímica dos nutrientes em uma plantação de *Pinus taeda* L. no nordeste argentino. 2011, 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestais) –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS.

CALDEIRA, Marcos Vinícius Winckler; SCHUMACHER, Mauro Valdir Schumacher; PEREIRA, Josani Carbonera Pereira; DELLA-FLORA, Jocelaine Bolzan; SANTOS, Elias Moreira. Concentração e redistribuição de nutrientes nas folhas e no folheto em um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild. no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 19-24, jan./jun. 1999.

CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler. Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná. 2003.352 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler; MARQUES, Renato; SOARES, Ronaldo Viana; BALBINOT, Rafaelo. Quantificação de serapilheira e de nutrientes – Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. **Rev. Acad.**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-116, 2007.

CARVALHO, Américo Pereira de; MENEGOL, Osmar; OLIVEIRA, Edilson Batista de; AMARA, Sebastião do Amaral; POTTER, Reinaldo Oscar; FASOLO, Pedro Jorge; FERREIRA, Carlos Alberto; BARTOSZECK, Alexandra. **Efeitos de características do solo sobre a capacidade produtiva de *Pinus taeda***. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 39, p.51-66, jul./dez. 1999

CECONI, Denise Ester; SCHUMACHER, Mauro Valdir; POLETTO, Igor; WAPPLER, Daniel; PADILHA, Danira; GIRELLI, Darian; OLIVEIRA, Diógenes; LAZARETTI, Douglas; POELKING, Eudes; ALVES, Everton. Quantificação da biomassa e do carbono nos resíduos da colheita de uma floresta de *Pinus elliotti* Engelm. aos 20 anos de idade. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004. Santa Maria. **Anais...**Santa Maria: UFSM, 2004, p. 396-402.

DECKER, Vanessa; KLOSOWSKI, Élcio Silvério; MALAVASI, Ubirajara Contro; NUNES, Alexandre. Avaliação da intensidade luminosa no desenvolvimento inicial de *Leucaena (leucaena leucocephala* (lam.) De wit.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 609-618, out.-dez., 2011.

DEDECEK, Renato Antonio; FIER, Ivone Satsuki Namikawa; SPELTZ, Randy; LIMA, Luis Carlos de Souza. Influência do sítio no desenvolvimento do *Pinus taeda* L. aos 22 anos: estado nutricional das plantas. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 38, n. 2, abr./jun. 2008, 9 p.

DIAS, Herly Carlos Teixeira.; OLIVEIRA FILHO, Ary Teixeira. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua montana em Lavras-MG. **Revista Árvore**, v. 21, n. 1, p. 11-26, 1997.

DIAS, Herly Carlos Teixeira, et al. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, MG. **CERNE**, V.8, N.2, p.001-016, 2002

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA NA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: 1999. 180 p.

ESTOPA, Regiane Abjaud; BIERNASKI, Fabrício Antonio. Desenvolvimento Clonal de *Pinus Taeda* via embriogênese somática. In: SIMPÓSIO DE MELHORAMENTO E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE PLANTAS, 2011, Santa Maria. **Anais...Santa Maria:Universidade Federal de Santa Maria**, 2011. p. 321-327.

FERREIRA, Carlos A.; SILVA, Helton .D. da; REISSMANN, C.B.; BELLOTE, Antonio .F.J.; MARQUES, R. Nutrição de *Pinus* no sul do Brasil, diagnóstico e prioridade de pesquisa. **Documentos Embrapa Florestas**. Colombo, 2001. p.23.

FERREIRA, Carlos Alberto; Silva, Helton D. da; Bellote, Antonio F. J; Dedecek ,Renato; Andrade , Guilherme de C; Ferraria, Marcio P.. Pesquisa sobre nutrição de pinus no sul do Brasil. **Revista da Madeira**,v.14, n.83, 2004, 9 p.

HIGA, Rosana Clara Victoria; WREGGE, Marcos Silveira; RADIN, Bernardete, BRAGA, Hugo Braga; CAVIGLIONE, João Henrique; BOGNOLA, Itamar; ROSOT, Maria Augusta Doetzer; GARRASTAZU, Marilice Cordeiro; CARAMORI, Paulo Henrique; OLIVEIRA, Yeda Maria Malheiros de. **Zoneamento Climático: Pinus taeda no Sul do Brasil**. Documentos 175 – (BOLETIM TÉCNICO). Embrapa Florestas, Colombo–Pr. Dezembro, 2008.

KLEINPAUL, Joel Juliano. Inventário florístico e fitossociológico das florestas da reserva particular do patrimônio natural da Araupel S.A. , Quedas do Iguaçu, Pr. (Relatório de Estágio) - Departamento recursos florestais e engenharia florestal, Santa Maria – RS, 2003.

KÖNIG, Flávia Giseli. **Carbono orgânico no solo e serapilheira ao longo de uma rotação de *Pinus taeda*, no município de Cambará do Sul, RS**. Monografia (Relatório de estágio) – Departamento recursos florestais e engenharia florestal, Santa Maria – RS, 2004. 95 f.

KRONKA, Francisco José do Nascimento; BERTOLANI, Francisco; PONCE, Reinaldo H.. **A Cultura do Pinus no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005, 160 p.

LARCHER, Walter. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 531p.

LATORRACA, Suely Maria; HAAG, Henrique Paulo; MIGLIORINI, Antônio José Recrutamento e exportação de nutrientes por *Pinus elliotti var elliotti* em um latossolo vermelho escuro na região de Agudos, SP. **IPEF**, Piracicaba, v.27, p.41-47, 1984.

LONDERO, Eduardo Kneipp; SCHUMACHER, Mauro Valdir; SZYMCZAK, Denise Andréia, VIEIRA, Márcio. Exportação e reposição nutricional no primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda L.* em área de segunda rotação. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 3, jul.-set., 2011, 10 p.

LONGHI, Régis Villanova; LONGHI, Solon Jonas; CHAMI, Luciane Belmonte; WATZLAWICK Luciano Farinha, EBLING, Angelo Augusto. Produção de serapilheira e retorno de macronutrientes em três grupos florísticos de uma Floresta Ombrófila Mista, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 699-710, out.-dez., 2011.

MARTINS, Fernando Roberto. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Campinas: UNICAMP, 1991. 246 p.

MARTO, Giovana Beatriz Theodoro. Indicações para escolha de espécies de pinus. **Revista da Madeira**, abril, 2009. Disponível em: [http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=953&subject=Aplicação%20de%20nutrientes&title=Indicação%20para%20escolha%20de%20espécies%20de%20Pinus](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=953&subject=Aplicação%20de%20nutrientes&title=Indicação%20para%20escolha%20de%20espécies%20de%20Pinus). Acesso em 15 de janeiro de 2012.

MELO, José Teodoro de; RESCK, Dimas Vital Siqueira. Retorno, ao Solo, de Nutrientes de Serapilheira de Pinus no Cerrado do Distrito Federal. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento/ Embrapa Cerrados). Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002, 18 p.

MONTEIRO, Marcela Teixeira; GAMA-RODRIGUES, Emanuela Forestieri. Carbono, Nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, p. 819-826, 2004.

GAMA-RODRIGUES, Emanuela Forestieri. Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoamentos puros e mistos, em solos de tabuleiro da Bahia, Brasil. 1997. 107 f. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GONÇALVES, José Leonardo de Moraes.; MENDES, K. C. F. S.; SASAKI, C Cassiano Massakazu. Mineralização de nitrogênio em ecossistemas florestais naturais e implantados do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 601-616, 2001.

PIMENTA, José Antonio; ROSSI, Leopoldo Bopp; TOREZAN, José Marcelo Domingues; CAVALHEIRO, Alba Lúcia; BIANCHINI, Edmilson. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma floresta estacional semidecidual no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 25(1): 53-57. 2011.

PINTO, Sheila Isabel do Carmo; MARTINS, Sebastião Venâncio; BARROS, Nairam Félix de; DIAS, Herly Carlos Teixeira. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na reserva mata do paraíso, em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.3, p.545-556, 2008.

PINTO, Sheila Isabel do Carmo Pinto; MARTINS, Sebastião Venâncio Martins; BARROS, Nairam Félix de Barros; DIAS, Herly Carlos Teixeira Dias. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta Estacional semidecidual na reserva florestal mata do paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.4, p.653-663, 2009.

PIOVESAN, Gabriel, SHUMACHER, Mauro Valdir; VIEIRA, Márcio; LOPES, Vicente Guilherme; WELTER, Carline. Deposição de serapilheira em povoamento de pinus. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 206-211, abr./jun. 2012.

POGGIANI, Fábio; OLIVEIRA, Renata Evangelista de; CUNHA, Girlei Costa da Cunha. **Práticas de ecologia florestal**. Documentos florestais. Piracicaba n. 16 p.1 – 44, 1996.

POGGIANI, Fábio; SCHUMACHER, Mauro Valdir Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, José Leonardo Moraes; BENEDETTI, Vanderlei. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, 2005. p.287-308.

REISSMANN, Carlos Bruno; KOEHLER, Celina Wisniewski; PAULA SOUZA, Marcos Luiz de. Classificação de sítio para *Araucaria angustifolia*, *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* no 2º Planalto do Paraná: Subprojeto I. Nutrição. [S.l.]: UFPR / FUNPAR /FINEP, 1990. p. 1-286.

REISSMANN, Carlos Bruno. Exigências nutricionais nos plantios de Pinus. **Revista da Madeira**, Ed. Especial: Pinus, uma alternativa de mercado. Curitiba, v. 12, n. 68, dez., 2002. p. 34-40.

RIBAS, Clóvis; CALONEGO, Fred Willians; FENNER, Paulo Torres; PONTINHA Ananias de Almeida Saraiva. Aproveitamento de Biomassa Pós-Colheita Florestal de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. **Silva Lusitana**, Lisboa, n.16, 105 - 113, 2008.

RODERJAN, Carlos. Velozzo.; KUNIYOSHI, Yoshiko Saito.; GALVÃO, Franklin. As regiões fitogeográficas do Estado do Paraná. **Acta Forestalia Brasiliensis**, v. 1, n. 19, p. 3, 1992.

SILVA, Alexandre Christofaro; SANTOS, Anacleto Ranulfo dos; PAIVA, Ary Vieira de. Translocação de nutrientes em folhas de *Hevea brasiliensis* (Clone) e em acículas de *Pinus oocarpa*. **R. Un. Alfnas**, Alfnas, 4:11-18, 1998.

SILVA, Helton Damin; BELLOTE, Antonio Francisco Jurado ; DEDECEK, Renato Antonio; GOMES, Fernando dos Santos. Adubação mineral e seus efeitos na produção de biomassa em árvores de *Pinus taeda* L. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2003. 1 CD-ROM.

SCHEER, Maurício Bergamini. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em um trecho de floresta Ombrófila densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba (PR). **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 38, n. 2, abr./jun. 2008, 14 p.

SCHUMACHER, Mauro Valdir. **Quantificação do carbono orgânico em florestas de *Pinus taeda* L., com diferentes idades**. Santa Maria: UFSM, 2000. (Relatório de Pesquisa).

SCHUMACHER, Mauro, Valdir; BRUN, Eleandro José; KÖNIG, Flávia Giseli. Análise de nutrientes para a sustentabilidade. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 83, ano 14, agosto de 2004, 5 p.

SCHUMACHER, Mauro V.; BRUN, Eleandro J.; Análise da velocidade de decomposição dos resíduos de madeira de *Pinus taeda* L. proveniente de serraria. Santa Maria: CEPEF/FATEC. (Relatório de Pesquisa). 2005. 43 p.

SCHUMACHER, Mauro Valdir; VIERA, Márcio; WITSCHORECK, Rudi. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em área de Segunda rotação com floresta de

*pinus taeda* L. No município de Cambará do Sul, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 471-480, dez. 2008.

SHUMACHER, M.V.; VIEIRA, M.; WITSCHORECK, R. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em área de segunda rotação com floresta de *Pinus taeda* no município de Cambará do Sul, RS. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 4, out.-dez., 2008, 9 p.  
PIOVESAN, Gabriel; SCHUMACHER, M.V.; VIEIRA, M.V.; LOPES, V.G. WELTER, C. Deposição de serapilheira em povoamentos de pinus. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 206-211, abr./jun. 2012.

SHIMIZU, Jarbas Yukio; SEBBENN, Alexandre Magno. **Pínus na Silvicultura Brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008, p.57.

SOUZA, Luiz Joaquim Bacelar de; SOARES, Ronaldo Viana; BATISTA, Antonio Carlos. Modelagem de material combustível em plantações de *Pinus taeda* no norte de Santa Catarina. **Revista Floresta**. Curitiba, n. 33, p. 157-168, 2003.

SPURR, Stephen; BARNES, Burton. *Forest ecology*. 3.ed. New York: Ronald Press, 1980. 571 p.

TEDESCO, Marino José; GIANELLO, Clésio; BISSANI, Carlos Alberto; BOHNEN, Humberto; VOLKWEISS, Sérgio Jorge. Análises de solo, plantas e outros materiais. **BOLETIM TÉCNICO**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5) Porto Alegre – RS.

TUOTO, Marco; HOEFLICH, Vitor Afonso. A indústria Florestal Brasil Baseada em Madeira de Pinus: Limitações e Desafios. **Pínus na Silvicultura Brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas p.17- 47. 2008.

VACCARO, Sandro. **Caracterização fitossociológica de três fases Sucessionais de uma floresta estacional decidual, no Município de Santa Tereza – RS**. 1997. 104 f. **Dissertação** (Mestrado em Silvicultura) – Universidade Federal de Santa Maria (RS), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.

VALERI, Sergio Valiengo. **Exportação de biomassa e nutrientes de povoamentos de Pinus taeda L. desbastados em diferentes idades**. 1988, 157 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Faculdade de Engenharia Florestas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.

VENZKE, Tiago Venzke; NERI, Andreza Viana; CUNHA, Jeane; MARTIN, Sebastião Venâncio. Regeneração natural do estrato arbóreo-arbustivo sob talhão de *Pinus*

*caribaea* var. *hondurensis*, Viçosa, MG, Brasil. **Gl. Sci Technol.**, Rio Verde, v. 05, n. 03, p. 74–86, set/dez. 2012.

VIERA, Márcio, SCHUMACHER, Mauro Valdir; variação mensal da deposição de serapilheira em povoamento de pinus taeda l. Em área de campo nativo em cambará do sul-rs. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.3, p.487-494, 2010.

VIERA, Márcio, SCHUMACHER, Mauro Valdir; BONACINA, Darlan Michel. Biomassa e Nutrientes removidos no primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda* L. em Cambará do Sul, RS. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.3, p.371-379, 2011.

VITAL, Ana Rosa Tundis; GUERRINI, Iraê Amaral; WOLFRAM, Karl Franken.; FONSECA, Renata Cristina Batista. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v.28 , n. 6, p.793-800, 2004.

VOGEL, H. L. M. Crescimento de *Pinus taeda* L. relacionado a doses de N, P e K e sua diagnose nutricional pelo DRIS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 182, 2003.

WHATLEY, Jean;. **A luz e a vida das plantas**. São Paulo: EPU – Ed. Da Universidade de São Paulo, 1982. 103 p.

WATZLAWICK, Luciano Farinha; CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler. Estimativa de biomassa e carbono orgânico em povoamentos de *Pinus taeda* com diferentes idades. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 4, p. 371-380, 2004.