

**Bibliographic Review**

## Ciclagem de biomassa e nutrientes em plantios florestais

### Resumo

O objetivo desta revisão é abordar os principais pontos a respeito da ciclagem de biomassa e nutrientes da serapilheira em algumas

florestas plantadas, como o *Eucalipto* por exemplo, além da influência de algumas formas de manejo sobre a ciclagem, como do desbaste por exemplo. Por ser a principal fonte de reposição nutricional para as árvores nestes ecossistemas, é de vital importância o estudo e conhecimento de que maneira ocorrem os processos relacionados a ciclagem de nutrientes nestes ambientes também em relação a disponibilidade dos nutrientes ao longo destes processos. Normalmente observa-se que a principal fonte de nutrientes para as plantas durante a ciclagem são as folhas, por além de haver deposição em maior quantidade também há uma decomposição acelerada em relação aos demais componentes da planta depositados sobre o solo. Observa-se que a deposição de material sobre o solo ocorre nas épocas mais quentes e úmidas do ano, coincidindo com as épocas em que a precipitação é mais abundante, assim como os processos de decomposição, que normalmente diminuem em épocas mais frias e secas, como durante o inverno e outono nas regiões que normalmente são implementados este tipo de plantios florestais. Em relação aos nutrientes, normalmente há uma predominância de nitrogênio nos materiais depositados em relação aos demais elementos.

**Palavras chave:** serapilheira, manejo florestal, manejo nutricional.

### Abstract

## Cycling of biomass and nutrients in forest plants

The objective of this review is to address the main points regarding biomass cycling and litter nutrients in some planted forests, such as *Eucalyptus*, for example, as well as the influence of some forms of management on cycling, such as thinning. Because it is the main source of nutritional replacement for trees in these ecosystems, it is of vital importance to study and know how the processes related to nutrient cycling occur in these environments also in relation to the availability of nutrients throughout these processes. It is generally observed that the main source of nutrients for the plants during the cycling are the leaves, in addition to being deposited in greater quantity also there is an accelerated decomposition in relation to the other components of the plant deposited on the ground. It is observed that the deposition of material on the soil occurs in the hottest and humid times of the year, coinciding with the times when precipitation is more abundant, as well as the decomposition processes, which normally decrease in colder and drier times, as during the winter and fall in the regions that are usually implemented this type of forest plantations. In relation to nutrients, there is usually a predominance of nitrogen in the materials deposited in relation to the other elements.

**Key words:** litter, forest management, nutritional management.

Received at: 17/01/2018

Accepted for publication at: 03/04/2018

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo. Dr. Prof. Departamento de Agronomia. Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO - Rua Simeão Varela de Sá, 03 - Vila Carli, Guarapuava - PR, 85040-080. Email: giovanno@unicentro.br

<sup>2</sup> Eng. Florestal. Doutorando. Universidade Federal do Paraná - UFPR - Rua dos Funcionários, 1540 - Juvevê, Curitiba - PR, 80035-050. Email: jonasbianchin@gmail.com

<sup>3</sup> Eng. Florestal. Dr. Prof. Universidade Federal do Paraná - UFPR - Rua dos Funcionários, 1540 - Juvevê, Curitiba - PR, 80035-050. Email: rmarques@ufpr.br

## Resumen

### Ciclo de biomasa y nutrientes en las plantaciones forestales

El objetivo de esta revisión es abordar los principales puntos en respecto al ciclo de biomasa y nutrientes de camada orgánica en algunos bosques plantados, como el Eucalipto, por ejemplo, además de la influencia de algunas formas de manejo sobre el ciclo, como del desbaste por ejemplo. Por ser la principal fuente de reposición nutricional para los árboles en estos ecosistemas, es de vital importancia el estudio y conocimiento de qué manera ocurren los procesos relacionados con el ciclo de nutrientes en estos ambientes también en relación a la disponibilidad de los nutrientes a lo largo de estos procesos. Normalmente se observa que la principal fuente de nutrientes para las plantas durante el ciclo son las hojas, además de haber deposición en mayor cantidad también hay una descomposición acelerada en relación a los demás componentes de la planta depositados sobre el suelo. Se observa que la deposición de material sobre el suelo ocurre en las épocas más cálidas y húmedas del año, coincidiendo con las épocas en que la precipitación es más abundante, así como los procesos de descomposición, que normalmente disminuyen en épocas más frías y secas, como durante el invierno y el otoño en las regiones que normalmente se implementan este tipo de plantíos forestales. En cuanto a los nutrientes, normalmente hay un predominio de nitrógeno en los materiales depositados en relación a los demás elementos.

**Palabras clave:** camada orgánica, manejo forestal, manejo nutricional.

## Introdução

Atualmente, o Brasil possui cerca de 7,1 milhões de hectares de florestas plantadas. Desta área, aproximadamente cinco milhões de hectares são ocupadas por espécies do gênero *Eucalyptus*, o que representa cerca de 0,7% do território nacional. As florestas plantadas são responsáveis por abastecer quase a metade do mercado brasileiro de madeira. No setor de papel e celulose, a madeira utilizada como matéria-prima tem origem quase que exclusivamente de florestas plantadas (ABRAF 2013), o que coloca o país em lugar de destaque entre os que cultivam estas essências florestais.

A produção e a demanda de madeira têm aumentado nos últimos anos e tende a continuar crescendo; assim o cultivo de eucalipto ocupa extensas áreas com distintas características no Brasil, com destaque para os estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina. Uma maneira de alcançar ganhos consideráveis de produção é pela utilização da propagação clonal do eucalipto; que propicia maior produção e melhor qualidade de madeira, redução na idade do corte e dos custos de exploração e transporte durante a colheita, além de maximizar os ganhos; principalmente por manter características favoráveis nas plantas e evitar a

variabilidade que ocorre quando da utilização de sementes (LOPES 2008).

A rápida taxa de crescimento destas florestas faz com que ocorra elevada demanda sobre os recursos do solo, em especial água e nutrientes (BELLOTE et al., 2008). A produção de fitomassa do eucalipto varia entre diferentes ambientes, e as características dos solos e das plantas desempenham um importante papel na determinação de diferenças em produtividade. Desta forma, a escolha de plantas mais eficientes em utilizar nutrientes, que conservem os resíduos das culturas na área por mais tempo, e de ciclo de crescimento longo o suficiente para permitir a máxima eficiência da ciclagem de nutrientes faz com que ocorra maior conservação do ecossistema (MELO et al., 1995; ZAIA e GAMA-RODRIGUES, 2004).

A disponibilidade de nutrientes é um dos principais fatores para o crescimento de espécies arbóreas. Uma significativa parte dos nutrientes disponíveis às plantas está associada à ciclagem biogeoquímica, que envolve transferência de nutrientes no sistema em estado contínuo, onde as plantas retiram os nutrientes para o seu desenvolvimento e estes retornam ao solo na forma de serapilheira (CORREA et al., 2006).

A ciclagem biogeoquímica de nutrientes envolve, entre outros fluxos, as trocas de elementos minerais entre a vegetação e o solo; sendo assim, seu

estudo permite obter informações sobre as relações entre estes componentes dos ecossistemas (JORDAN, 1995; SELLE, 2007).

Existem algumas vias pelas quais os nutrientes podem retornar ao solo, como através da deposição e decomposição da serapilheira, sendo esta a principal via de retorno da matéria orgânica e dos nutrientes da parte aérea dos vegetais para o solo, incluindo restos de folhas, caules, ramos, frutos, flores e outras partes da planta, além de outras maneiras de retorno dos nutrientes como através da lixiviação de nutrientes da biomassa viva (folhas, galhos, troncos) e morta (serapilheira) ocasionada principalmente devido a precipitação (DICKOW, 2010).

Estudos e avaliações sobre a ciclagem de nutrientes em essências florestais, especialmente em áreas de florestas plantadas com espécies como o eucalipto, permitem avaliar possíveis alterações devido a técnicas de manejo aplicadas e possibilitam avaliações a respeito da sustentabilidade ambiental da produção nestes sistemas (GAMA-RODRIGUES e BARROS, 2002).

Segundo Gonçalves et al. (1997), normalmente ocorre boa relação entre a taxa de acúmulo de nutrientes e a de crescimento em eucalipto; assim, informações sobre a fertilidade do solo e relativas ao processo de ciclagem de nutrientes são fundamentais para se conseguir elevar e manter a produção florestal desses plantios (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

Informações em relação aos nutrientes encontrados no solo, na serapilheira e na fitomassa das plantas são importantes para a definição de estratégias para manutenção da sustentabilidade florestal (SPANGENBERG et al., 1996). Alguns destes fatores também alteram o manejo e oferta de nutrientes, podendo ocorrer variações no crescimento e na produtividade dessas florestas. Neste caso, pode-se dizer que estes nutrientes minerais interferem direta ou indiretamente no desenvolvimento das plantas (CHIODINI et al., 2013).

O manejo nutricional de um povoamento florestal requer a quantificação dos estoques e dos fluxos de entrada e saída de nutrientes no sistema. Em florestas plantadas, a quantidade de nutrientes exportados do solo durante a exploração florestal é de grande importância na definição do balanço nutricional durante os cultivos (LEITE et al., 1998; COSTA et al., 2005). Para que durante os processos ocorram altos níveis de produção, são necessários acúmulos de quantidades adequadas de nutrientes

nos diversos compartimentos das árvores; caso contrário, a ciclagem pode resultar em menor crescimento das plantas (BELLOTE e SILVA, 2000).

O ambiente afeta a composição química dos vegetais afetando a qualidade e quantidade de serapilheira; assim, plantas que crescem em solos com boa fertilidade, normalmente possuem teores mais elevados de alguns nutrientes, como nitrogênio e fósforo, por exemplo, resultando em uma serapilheira com maiores teores destes nutrientes (LAMBERS et al., 1998).

Em geral, a quantidade de serapilheira depositada possui correlação com a fitomassa produzida, normalmente ocorrendo melhor decomposição em áreas de maior produção (REISSMANN e WISNIEWSKI 2000). Alterações observadas em alguns fatores como o ambiente e a fertilidade, determinada esta também pelo manejo e uso do solo, são importantes não somente para a variação observada na deposição da serapilheira, como também para o melhor desenvolvimento das plantas e para a sustentabilidade do ecossistema (CARNEIRO et al., 2009)

A serrapilheira exerce efeitos benéficos sobre propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Uma vez depositada no solo é submetida processos de decomposição com a liberação de elementos minerais que compõem os tecidos vegetais, estes em grande parte disponíveis para as plantas, são convertidos nos nutrientes fornecidos pela decomposição deste material podendo ser absorvidos pelas plantas, proporcionando melhor desenvolvimento das árvores no ecossistema (MARTIUS et al., 2004). Diversos fatores são responsáveis por variações na decomposição, é possível verificar que espécies que crescem em solos pouco férteis aumentam a produção de compostos de defesa nos tecidos vegetais, contribuindo para diminuição na taxa de decomposição (CALDEIRA et al., 2008).

Além disto, a serapilheira faz com que ocorra aumento da capacidade de troca de cátions, sendo também a principal via de transferência de carbono, nitrogênio, fósforo e cálcio para o solo nos ecossistemas florestais (BERTALOT et al., 2004).

Normalmente espécies florestais utilizadas comercialmente, têm sido implantadas em áreas sobre solos altamente lixiviados, sendo estes em sua maioria de baixa disponibilidade nutricional (MELLONI et al., 2008); assim, segundo KIEHL (1985), a manutenção da serapilheira além de contribuir para o aumento nos teores de matéria orgânica, contribui também para

aumento na capacidade de retenção de água no solo; diminui a susceptibilidade à erosão na área devido à camada protetora que é formada por sua presença e é fonte de energia para os organismos que participam da ciclagem biogeoquímica, contribuindo para o melhor desenvolvimento destas espécies. Pode-se dizer então que a decomposição da serapilheira é um processo de grande importância para a manutenção da fertilidade e da produtividade nos mais diversos ecossistemas (PRESCOTT, 2005).

Embora os nutrientes sejam fator fundamental no crescimento das plantas de eucalipto, principalmente devido a baixa fertilidade da maioria dos solos onde estas espécies são implantadas, na maioria dos casos, a demanda nutricional tem sido deixada de lado durante o processo de seleção dos clones a serem utilizados em cada área (ROSADO et al., 2012), apesar de existir pesquisas com enfoque na alocação de nutrientes na biomassa de eucalipto (SANTANA et al., 2002). Outros trabalhos desta natureza são necessários em outras regiões do Brasil, para se compreender melhor os fatores que condicionam diferentes clones na conversão dos nutrientes em fitomassa, ou seja, o entendimento de sua eficiência nutricional em diferentes regiões geográficas, condicionadas a diferentes condições de solo e clima.

O conhecimento da maneira como ocorre a ciclagem de nutrientes e fitomassa em cultivos de eucalipto é essencial para as tomadas de decisões, principalmente em relação às práticas de conservação e reposição de nutrientes nos ecossistemas florestais. A melhor compreensão do funcionamento biogeoquímico das áreas de estudo pode subsidiar ações de manejo em prol da sustentabilidade da produção. Outro aspecto importante está relacionado com o fato de que a ciclagem é caracterizada como importante serviço ambiental, contribuindo para a manutenção, e mesmo para a elevação, da fertilidade em ecossistemas florestais.

## Desenvolvimento

### Importância da qualidade do material genético nos sistemas de produção florestal

Comumente são utilizados solos muito pobres tanto física quanto quimicamente para o cultivo de florestas plantadas em geral. Normalmente são locais com solos de baixa fertilidade natural,

elevado grau de acidez além de problemas também hídricos nas regiões em muitos casos.

Apesar da taxa de acúmulo de nutrientes que acontece nos solos de florestas plantadas ao longo do tempo devido à decomposição de compostos fixados sobre a superfície do solo devido à ciclagem de nutrientes, observa-se uma perda e retenção considerável de nutrientes no sistema durante a colheita e retirada de madeira em reflorestamentos com fins comerciais, o que pode causar queda de produção em ciclos subsequentes devido à incapacidade do solo em repor as altas quantidades nutricionais exportadas durante a colheita (WITSCHORECK et al., 2003).

Ganhos consideráveis de produção podem ser alcançados pela utilização da propagação clonal em espécies como o eucalipto. A utilização de clones propicia maior produção e melhor qualidade de madeira, redução na idade do corte e dos custos de exploração e transporte durante a colheita, além de maximizar os ganhos; principalmente por manter características favoráveis nas plantas e evitar a variabilidade que ocorre quando da utilização de sementes (LOPES, 2008). Técnicas como a utilização de clones, demonstram grandes avanços nos programas de melhoramento que buscam o aumento da produtividade de madeira (GARCIA e NOGUEIRA, 2005).

Desta forma, quantificações regulares dos nutrientes presentes no solo, na serapilheira e nas próprias plantas em períodos anteriores e após a colheita nos diferentes materiais clonais são importantes na avaliação da ciclagem de nutrientes e evitam futuros problemas em relação ao esgotamento e falta de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, além de auxiliar na escolha do material genético adequado conforme a necessidade nos futuros plantios a serem executados.

O rápido crescimento destas florestas faz com que ocorra elevada demanda sobre os recursos do solo, em especial água e nutrientes (BELLOTE et al., 2008). A produção de eucalipto varia entre diferentes ambientes, e as características dos solos e das plantas desempenham um importante papel na determinação de diferenças em produtividade. A escolha de plantas eficientes em utilizar nutrientes, que conservem os resíduos das culturas na área por mais tempo, e de ciclo de crescimento longo o suficiente para permitir a máxima eficiência da ciclagem de nutrientes faz com que ocorra maior conservação do ecossistema e maior produtividade (MELO et al., 1995; ZAIA e GAMA-

RODRIGUES, 2004), o que pode ser obtido através da escolha do material genético, manejo e população de plantas adequada em cada situação.

Antes da escolha de um material genético adequado em programas de melhoramento, inúmeros materiais genéticos são utilizados em diversas condições ambientais para avaliação de comportamento em relação ao seu desenvolvimento e produtividade nestes ambientes, até ser possível efetuar recomendação de utilização em determinadas regiões (SUDARIC et al., 2005).

Apesar destas interações avaliadas entre o ambiente e o material para determinação da adaptação ao ambiente, estes fatores podem não ser suficientes para repassar total confiança na utilização do material em determinadas situações, devido a não informar alguns fatores importantes sobre o comportamento das plantas em certas ocasiões (PINTO JUNIOR et al., 2006).

Uma alternativa importante de auxílio na decisão da utilização ou não de determinados clones pode ser observada através da avaliação da ciclagem de nutrientes nestes materiais genéticos.

Apesar do ainda pequeno número de trabalhos na literatura a respeito do tema, sabe-se que o conhecimento da ciclagem de nutrientes e também de fitomassa nos cultivos clonais de eucalipto são muito importantes para as tomadas de inúmeras decisões durante estes cultivos, principalmente em relação a práticas como a conservação e reposição de nutrientes nos ecossistemas florestais. A melhor compreensão do funcionamento biogeoquímico das áreas de implementação de determinados plantios podem subsidiar ações de manejo em prol da tanto da produtividade das plantas quanto da sustentabilidade do ecossistema.

Outro aspecto importante está relacionado com o fato de que a ciclagem é caracterizada como importante serviço no entendimento de ecossistemas florestais, auxiliando desta forma tanto no desenvolvimento e produtividade das plantas quanto na procura pelo equilíbrio do ecossistema em que se está querendo implementar o plantio florestal, eliminando incertezas e garantindo incremento de produtividade quando da escolha do material genético e do manejo adequado o sistema florestal.

## **Ciclagem de Nutrientes**

Os principais elementos químicos utilizados pelas plantas são denominados elementos essenciais ou mesmo nutrientes e circulam nos ecossistemas e na biosfera em alguns caminhos específicos, entre o ambiente e os organismos que compõem um ecossistema, como as plantas por exemplo. Este ciclo contínuo que acontece entre os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas em seus organismos e entre o ambiente é chamado ciclagem de nutrientes (BARLOW et al., 2007). Este processo faz com que seja possível a sobrevivência de muitas plantas, principalmente espécies florestais passíveis de adaptação em alguns locais, em regiões que devido principalmente às condições de solo, não seriam possíveis implantações de espécies agrícolas mais sensíveis a estas limitações nutricionais, aumentando a possibilidade de retorno econômico em regiões que sem a ciclagem de nutrientes, isto não seria possível.

Os principais nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas estão divididos, acordo com as quantidades exigidas, em macronutrientes (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn e Ni), estando estes, em estado de transferência contínua nos ecossistemas e no sistema solo-planta, onde estas retiram os nutrientes do solo e os utilizam estes em seu metabolismo, para posteriormente retornarem ao solo na forma de serapilheira (CORRÊA et al., 2006). Pela ação da ciclagem bioquímica das plantas (interna), alguns nutrientes são translocados das folhas ou tecidos mais velhos para as folhas e tecidos mais novos, onde a intensidade de crescimento é maior, com exceções como o cálcio por exemplo, que devido a sua imobilidade na planta acaba sendo encontrado em maior quantidade nas folhas mais velhas. Em alguns casos como o nitrogênio, potássio e o fósforo por exemplo, mais de 40% da quantidade destes elementos utilizados pela planta são obtidos através desta ciclagem no interior da mesma (RIBEIRO et al., 2009)

Um dos principais fluxos de ocorrência da ciclagem de nutrientes é a deposição da serapilheira que, após a decomposição de seus componentes, nos ecossistemas florestais normalmente se torna

a principal fonte de nutrientes para o sistema. O processo de deposição e posterior decomposição do material e transferência destes nutrientes para o ecossistema é chamado de ciclo biogeoquímico, envolvendo algumas etapas como: absorção, translocação e retranslocação, imobilização e restituição dos nutrientes por parte das plantas que constituem o ecossistema (BENVENUTTI-FERREIRA et al., 2009).

A ciclagem biogeoquímica envolve trocas de elementos minerais entre os seres vivos e o ambiente, principalmente nas relações entre a vegetação e o solo, sendo assim obtidas informações sobre a distribuição dos nutrientes nas plantas e demais componentes dos ecossistemas (JORDAN, 1995; SELLE, 2007).

Principalmente nos ecossistemas compostos basicamente por florestas, a ciclagem biogeoquímica de nutrientes é de extrema importância para manutenção da funcionalidade e diversidade que compõe estes sistemas. Plantas com quantidades adequadas dos nutrientes essenciais, principalmente nos períodos iniciais de seu desenvolvimento tendem a armazenar maior quantidade de nutrientes em sua biomassa o que garante uma quantidade maior de nutrientes durante os seus períodos de maior necessidade em seu desenvolvimento, isto devido principalmente a ciclagem de nutrientes de maneira adequada.

Comumente observa-se a maior quantidade de nutrientes nas folhas, na sequência na casca, tronco e raízes. Nos organismos vivos e em seus restos, a quantidade destes nutrientes que normalmente ficam disponíveis nos ecossistemas é determinado pela somatória dos compartimentos que compõe a biomassa das plantas, mesmo após a queda deste material das mesmas, como folhas, raízes, ramos, casca, lenho, frutos, flores e os próprios restos destes materiais presentes na serapilheira (BORMANN e LIKENS, 1970).

Durante a continuidade da ciclagem dos nutrientes, vários processos são capazes de regular e controlar o desenvolvimento do ecossistema em que este processo está em andamento. Pode-se dividir este processo em algumas fases, como armazenamento, assimilação e absorção de nutrientes pelas plantas e posteriormente retorno destes elementos ao solo pela serapilheira e sua decomposição devido à ação do clima e sua influência sobre as plantas e da própria senescência das mesmas, assim como a mineralização deste material após sua decomposição na matéria orgânica sobre a superfície do solo (BRADFORD et al., 2002).

A ciclagem de nutrientes normalmente ocorre de maneira diferente conforme a espécie que esta sendo implantada e a região em que os processos estão em andamento; em regiões mais frias normalmente o material de biomassa presente na serapilheira leva um tempo maior para completar a decomposição e mineralização dos elementos no solo, fazendo com que a ciclagem ocorra de maneira mais lenta em relação a regiões mais quentes normalmente, onde devido às condições ambientais, o material acabe passando por este processo de reciclagem de maneira mais acentuada.

A quantidade, a distribuição e a eficiência de utilização de nutrientes dependem assim de fatores como: população de plantas, vegetação, latitude, altitude, temperatura, precipitação, luminosidade, comprimento do dia, evapotranspiração, relevo, disponibilidade de água, estoque de nutrientes e tipo de solo, concentração de poluentes na atmosfera entre outros (SANTANA e SOUTO, 2011).

Outro fator que interfere na ciclagem de nutrientes é o desbaste nos plantios florestais, através deste, pela diminuição da população de plantas, espera-se que este cause aperfeiçoamento na ciclagem e reposição dos nutrientes, além de favorecer a manutenção da fertilidade do solo através da decomposição da serapilheira. Espera-se que em áreas em que foram realizados desbastes, normalmente os povoamentos desbastados apresentem teores maiores de nutrientes na serapilheira em relação à áreas sem desbaste (GUO e SIMS, 1999)

Devido a este processo mais acelerado, normalmente em regiões mais quentes as plantas desenvolvem alguns processos de adaptação a estas condições para que faça o aproveitamento dos nutrientes de maneira mais efetiva, como por exemplo: formação de quantidade maior de raízes finas para absorção mais eficiente dos nutrientes da serapilheira, associações entre as raízes e microorganismos (micorrizas), além de ações no próprio desenvolvimento das folhas, criando por exemplo cutículas mais grossas para retardar alguns processos como transpiração, perda de água e nutrientes, entre outros (TOLEDO et al., 2002).

A ciclagem de nutrientes depende de alguns fatores para que seu ciclo se complete, sendo alguns destes fatores: origem química do elemento, eficiência do processo biológico e do meio, com relação à disponibilidade de água, velocidade da atividade biológica, estrutura e população das comunidades dos diversos organismos, entre outros (BROWN e LUGO, 1990).

Assim, a quantidade e a qualidade dos nutrientes transferidos ao solo pela serapilheira varia entre os diferentes ecossistemas florestais, dependendo destas características dos elementos no metabolismo das árvores, da presença de mecanismos de conservação nestas, das condições ambientais do local além da própria exigência nutricional da espécie implementada, além de características como parte da planta avaliada, fenologia, estação e época do ano, estágio de desenvolvimento das plantas e da própria metodologia utilizada na avaliação (CALDEIRA et al., 2008).

Um importante fator que influencia em um primeiro momento a fertilidade do solo, e à longo prazo o desenvolvimento das plantas é a qualidade do material depositado a ser decomposto.

Segundo BAHUGUNA et al. (1990), espécies florestais como o Eucalipto causam ligeira diminuição do pH durante seu desenvolvimento, já em relação aos teores nutricionais, para a grande maioria dos nutrientes ocorre aumento nestes teores com o passar do tempo devido a ciclagem no período de desenvolvimento dos ecossistemas florestais, inclusive do potássio, que mesmo sendo extraído em altas quantidades o ciclo das plantas, com o passar do tempo acaba sendo observado aumento da concentração deste nutriente no solo (NEGI et al., 1988).

Além disto, a manutenção e a qualidade da serapilheira além de contribuir para o aumento nos teores de matéria orgânica, contribui também para aumento na capacidade de retenção de água no solo; diminui a susceptibilidade à erosão na área devido à camada protetora que é formada por sua presença e é fonte de energia para os organismos que participam da ciclagem biogeoquímica, contribuindo para o melhor desenvolvimento destas espécies. Pode-se dizer então que a decomposição da serapilheira é um processo de grande importância para a manutenção da fertilidade e da produtividade nos mais diversos ecossistemas (PRESCOTT, 2005).

Isto ocorre provavelmente devido ao acúmulo de nutrientes na biomassa na superfície do solo que com o passar do tempo e ocorrência da decomposição acaba fazendo com que haja mineralização destes elementos no solo e faça com que o ecossistema fique mais próximo do seu equilíbrio, ou seja, momento em que todos os nutrientes retirados através da colheita ou de retiradas das árvores retornem através da ciclagem de nutrientes.

Pode-se afirmar que plantios florestais

desenvolvidas em locais que foram adubados apresentam maiores concentrações de alguns nutrientes, principalmente no tronco em relação a espécies desenvolvidas em locais sem adubação, o que também resulta em maiores quantidade destes nutrientes retiradas do ambiente sem retorno a curto prazo, o que também pode vir a causar desbalanço nutricional no local, afetando a ciclagem de nutrientes também desta forma (LOUZADA et al., 1997).

Segundo LIMA et al. (2008), durante o manejo florestal é importante conhecer as concentrações de nutrientes nas plantas, o que varia conforme a espécie, população e material genético, além das próprias folhas e galhos, é interessante tirar algumas amostras de tronco pois durante a formação deste, a maioria dos nutrientes acabam sendo translocados ao longo da planta, com concentrações de nutrientes normalmente um pouco maiores no cerne em relação ao alburno, desta forma, como no eucalipto o cerne se forma geralmente em torno da idade de 6 a 8 anos, cortes antecipados a este período podem fazer com que haja um balanço nutricional inadequado no sistema pela remoção de quantidade maiores de nutrientes em relação a cortes em idades maiores e com plantas mais próximas do momento ideal para o corte conforme as características dos diferentes materiais genéticos utilizados em um plantio florestal ou em momentos como o desbaste por exemplo.

Rotações mais curtas em plantios florestais, mesmo em condições melhores de fertilidade, ao longo do tempo podem vir a causar perda de produtividade nos plantios, devido a esse desbalanço na ciclagem de nutrientes. Assim, o manejo nutricional adequado torna-se importante conforme ocorre a retirada de biomassa e de nutrientes no sistema florestal e não ocorre a reposição na mesma proporção, o que pode vir a causar perdas na produtividade, o que justifica na maioria dos casos rotações mais longas em plantios florestais, beneficiando o ciclo de nutrientes nestes ecossistemas (SANTANA et al., 2008).

### **Ciclagem, Deposição e Decomposição de serapilheira**

A quantidade de fitomassa no solo compreende entre 20 e 50% da matéria orgânica total na maioria dos ecossistemas de florestais, aumentando ainda mais em alguns casos em florestas plantadas (NIINEMETS et al., 2007).

A camada de material morto presente no solo é representada normalmente pela serapilheira,

originada da biomassa aérea da vegetação do ambiente, vindo a ser depositada, dividida e decomposta na sequência através da atuação dos fatores e processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem no ecossistema florestal. A serapilheira inclui todos os segmentos da planta que acabam sendo depositados na superfície do solo, como folhas, caules, ramos, frutos, flores e os restos vegetais (ONO et al., 2001).

A quantidade de serapilheira depositada indica algumas informações sobre o ecossistema, por exemplo informações sobre o comportamento das espécies e a relação entre seu desenvolvimento e alguns aspectos climáticos. A deposição e decomposição deste material normalmente varia conforme espécie, idade das árvores e tipo de floresta, de maneira que o material orgânico depositado sobre o solo tem importância na fertilidade do solo, pois a serapilheira possui importante papel na distribuição e estoque de nutrientes no sistema (THOMPSON et al., 1997). Desta forma, o padrão durante o ano para a deposição de serapilheira é diverso entre os ecossistemas florestais, sendo comum observar deposição durante todos os meses do ano, com maior intensidade em alguns períodos, relacionados aos fatores citados anteriormente; regiões que apresentam estações bem definidas de épocas de chuva e secas por exemplo, tendem a depositar uma quantidade maior de material no final da estação seca como estratégia das árvores para diminuir problemas de falta de água no ambiente (ELTZ e ROVEDDER, 2005).

Em determinadas situações, em ambientes mais fragilizados devido as suas condições, este material presente na superfície do solo, denominado serapilheira vêm a se tornar após a sua decomposição, grande e talvez principal fonte de nutrientes para o solo e para as plantas posteriormente durante a ocorrência do processo de ciclagem, que com o passar do tempo garante a sobrevivência e a melhoria das condições dos ecossistemas florestais, tanto em florestas plantadas quanto em florestas nativas (ODUM e BARRET, 2007).

Pela ocorrência destes processos, observa-se a importância das espécies florestais não somente pela produção de biomassa e pela biodiversidade em alguns casos, mas também pelas funções que executa no ecossistema, como por exemplo sequestro de carbono, melhora da fertilidade como citado anteriormente e da própria manutenção de mananciais de água e aquíferos entre diversos outros

processos que podem ser melhor desenvolvidos nos ecossistemas pela presença das árvores (NASCIMENTO et al., 2005).

Pelas características comumente encontradas nos solos dos ecossistemas florestais, que possuem geralmente baixa fertilidade natural, a importância das árvores fica ainda maior, por meio da ciclagem de nutrientes e fitomassa, a qual acontece basicamente através da deposição e decomposição do material de serapilheira no solo. (MORELATTO, 1992)

Normalmente nas diferentes sucessões florestais em um ecossistema, mesmo que coberto por espécies semelhantes, como ocorre em florestas plantadas, apresentarão taxas de deposição e decomposição da serapilheira diferentes. Estes processos dependem de certos fatores para serem observados com maior clareza, como por exemplo, espécies e população presentes no ecossistema, atividade biológica, disponibilidade umidade, eficiência dos processos biológicos, além da própria origem do elemento químico a ser disponibilizado após a decomposição (RODRIGUEZ et al., 2003).

Os processos que ocorrem no ecossistema devido à ação do clima, auxiliam na determinação de características abióticas do solo e do local, que consequentemente auxiliam na determinação da qualidade da serapilheira e da composição e atividade dos microorganismos presentes no solo, de maneira que todos estes processos auxiliam no entendimento da forma e do padrão que está ocorrendo a deposição e a decomposição da serapilheira (WHITEHEAD e BEADLE, 2004).

A temperatura normalmente tem efeito significativo taxa de decomposição, geralmente ocorrendo diminuição na velocidade de decomposição ao longo de um período intenso de queda de temperatura, ao contrário do que ocorre em regiões com menores oscilações de temperatura, onde as taxas de decomposição normalmente são menos variáveis ao longo destes períodos. Devido a influência do ambiente na composição da serapilheira, observa-se que espécies que crescem em solos de fertilidade natural melhor, possuem concentrações maiores de nitrogênio e fósforo. Consequentemente produzindo uma serapilheira com quantidade maior destes nutrientes em comparação a regiões em situações contrárias, o que sugere que estas espécies que se desenvolvem em situações mais adversas apresentam compostos de defesa em seus tecidos vegetais, diminuindo as taxas de decomposição do material gerado por estas espécies (LACLAU et al., 2008).

## **Microbiota do Solo**

Organismos presentes no solo possuem grande importância em alguns processos que ocorrem no mesmo, como decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e estruturação do solo. A microbiota do solo, composta pelos microorganismos presentes no mesmo, possui papel importante na decomposição do material depositado, sendo na maioria dos casos durante a ocorrência da decomposição deste material, o principal fator, ou os principais agentes de decomposição tanto de material vegetal como material de origem animal que possa estar na superfície do solo, sendo composta principalmente por fungos e bactérias decompositoras (ASSIS JUNIOR et al., 2003). De maneira geral estes organismos vivem em diferentes habitats que possuem variações tanto em composição química quanto orgânica e de clima, em relação principalmente a temperatura e umidade, o que afeta sua distribuição nos ambientes.

A fragmentação e decomposição do material tanto de origem animal, quanto de origem vegetal como no caso da serapilheira, é uma das principais funções executadas pela microbiota do solo para que haja maior equilíbrio em um ecossistema. Apesar da pouca influência sobre as características químicas do material, observam-se algumas modificações físicas por exemplo, quando da redução do material durante a ocorrência da decomposição, além da liberação e aumento da disponibilidade dos nutrientes presentes no solo para a comunidade vegetal do local, possuindo assim papel fundamental durante a ocorrência da ciclagem de nutrientes em um ecossistema (DELLA BRUNA et al., 1991).

Apesar das diferenças entre formas e tamanhos destes organismos, a atividade microbiana no solo é composta principalmente por fungos e bactérias, o que pode ser determinado principalmente através da atividade respiratória dos organismos, correspondendo a mais de 90% da atividade respiratória no solo, contribuindo desta forma indiretamente inclusive com a fertilidade do mesmo através da decomposição e liberação de nutrientes sistema (MONTEIRO et al., 2004).

Esta importante função destes microorganismos, gerada muitas vezes por mecanismos internos dos mesmos demonstra capacidade tanto de imobilizar quanto mineralizar compostos no solo o que leva a liberação de nutrientes no mesmo. As bactérias e os fungos possuem aparatos

enzimáticos responsáveis por mecanismos de degradação no solo, além de possuírem capacidade de produção de compostos orgânicos que auxiliam na formação de agregados. Estes organismos são altamente numerosos e participam ativamente de atividades como os ciclos do carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre, possuindo papel importante na fertilidade do solo desta forma e devido a isto também no desenvolvimento e crescimento vegetal nas áreas em que atuam (PENA et al., 2005).

Apesar desta capacidade de liberação de nutrientes e de mineralização do material presente na superfície do solo, de maneira geral estes microorganismos possuem baixa mobilidade, o que acaba fazendo com que ocorram picos de decomposição em determinadas regiões e situações do ambiente em que se encontram, o que muitas vezes é minimizado até pela ação da fauna do solo, composta principalmente pelos invertebrados que possuem até certo ponto maior mobilidade e podem dispersar os microorganismos no ambiente através de interações mutualísticas entre os organismos. Desta forma, este tipo de relação está diretamente relacionada com a decomposição do material de serapilheira, pois as alterações geradas por este tipo de interação faz com que haja maior uniformidade na decomposição ao longo do ambiente (BRADFORD et al., 2002). A movimentação dos organismos ao longo do perfil desta forma influencia em fatores de formação do solo e em algumas propriedades físicas do mesmo como, porosidade, estabilidade de agregados, erosão, infiltração e armazenamento de água entre outros (CHAZDON, 2008).

De maneira geral, tanto a quantidade quanto a qualidade da serapilheira e de alguns atributos do solo podem ser indicados como fatores de estruturação da microbiota. Atributos como pH, nutrientes, umidade, aeração, textura, entre outros podem ser indicadores e constituintes importantes dos habitats comuns e necessários para que haja o desenvolvimento e distribuição dos microorganismos no solo e no ambiente em geral (GAMA-RODRIGUES et al., 2005).

## **Conclusão**

Através dos assuntos comentados, observa-se que a biomassa de serapilheira serve como uma grade fonte de nutrientes ao solo e conseqüentemente as plantas, principalmente através da decomposição de material na superfície do solo, sendo os nutrientes

fornecidos principalmente através da decomposição das folhas que possuem a maior porção dos nutrientes que serão disponibilizados as plantas nos mais diversos ecossistemas.

As observações aqui comentadas em relação ao comportamento da ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais podem servir como base para manejos em áreas de florestas plantadas das mais diversas espécies, entre estas o eucalipto que foi bastante comentado devido as características dos solos e utilizados normalmente nestas regiões, comumente de baixa fertilidade natural e extremamente ácidos, sendo a ciclagem, como comentado ao longo do texto, uma boa maneira de minimizar este problema

e fazer com que haja um ambiente favorável ao desenvolvimento das plantas, de maneira que em um ecossistema em equilíbrio é possível que através da ciclagem todas as necessidades nutricionais das plantas sejam repostas em cada ciclo.

Assim, observa-se normalmente que em climas mais frios há diminuição na quantidade de serapilheira depositada sobre o solo, conseqüentemente há diminuição na atividade dos microrganismos e também na decomposição de material e disponibilidade de nutrientes para as plantas então, conseqüentemente observa-se que ocorre de maneira inversa em climas onde a temperatura é maior

## Referências

- ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. 2013 **Anuário estatístico da ABRAF 2013, Ano Base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 140p.
- ASSIS JUNIOR S.L et al. . Soil microbial activity in agroforest, monocultures, natural forest and deforested area systems. **Revista Árvore**, v.27, p.35-41, 2003.
- BAHUGUNA V.K et al. Leaf litter decomposition and nutriente release in Shorea robusta and Eucalyptus camaldulensis plantation. **Indian Forester**. v.116, p.103-114, 1990.
- BARLOW J. et al. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v.247, p.91-97, 2007.
- BELLOTE AFG et al. Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantios de *Eucalyptus* com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.56, p.31-41. 2008
- BENVENUTTI-FERREIRA G. et al. Dendrometry and litterfall of neotropical pioneer and early secondary tree species. **Biota Neotropica**, v.9, p.65-71, 2009.
- BERTALOT MJA et al. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu – São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**, v.65, p.219-227, 2004
- BORMANN HF e LIKENS G. E. The nutrient cycles of an ecosystem. **Scientific Amazon**, v.233, p.92-101, 1970.
- BRADFORD M.A .et al. Microbiota, fauna, and mesh size interactions in litter decomposition. **Oikos**, v.99, p.317-323, 2002.
- CALDEIRA M.V.W et al. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v.29, p.53-68, 2008.
- CARNEIRO M.A.C et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33 p.147-157, 2009.
- CHAZDON R.L. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science**, v.320, p.1458-1460, 2008.
- CHIODINI B.M et al. Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. **Cultivando o Saber**, v.6, p.181-190, 2013.

- CORRÊA F.L.O et al. Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no estado de Rondônia, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.1099-1105, 2006.
- COSTA G.S et al. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte Fluminense. **Revista Árvore**, v.29, p.563-570, 2005.
- DELLA BRUNA E. et al. Atividade da microbiota de solos adicionados de serapilheira de eucalipto e de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.15-20, 1991.
- DENTON G.W. **Iodophors: disinfection, sterilization and preservation**. 4.ed. Philadelphia: Lea e Febiger. 1990. 614p.
- DICKOW K.M.C. **Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR**. Curitiba, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 2010. 215p.
- ELTZ F.L.F e ROVEDDER A.P.M. Revegetação e temperatura do solo em áreas degradadas no sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.11, p.193-200, 2005.
- GAMA-RODRIGUES E.F et al. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1489-1499, 2008.
- GAMA-RODRIGUES A.C e BARROS N.F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, v.26 p.193-207, 2002.
- GAMA-RODRIGUES E.F. et al. Carbon, nitrogen and activity of microbial biomass in soil under eucalypt plantations. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29, v.893, p.901, 2005.
- GARCIA C.H e NOGUEIRA M.C.S. Utilização da metodologia REML/BLUP na seleção de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v.68, p.107-112. 2005.
- GONÇALVES J.L.M et al. **Soil and stand management for short-rotation plantations**. In: NAMBIAR EDS e BROWN AG, Management of soil nutrients and water in tropical plantations forest. Canberra: ACIAR. 1997. p.379-418.
- GUO LB e S.I.M.S R.E.H. Litter decomposition and nutrient release via litter decomposition in the New Zealand eucalypt short rotation forests. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.75 p.133-140, 1999.
- JORDAN C.F. **Nutrient Cycling in Tropical Forest Ecosystems**. Chichester: John Wiley e Sons. 1985. 237p.
- KIEHL E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda. 1985. 492 p.
- LACLAU J.P et al. Influence of nitrogen and potassium fertilization on leaf lifespan and allocation of above-ground growth in Eucalyptus plantations. **Tree Physiology**, v.29, p.111-124, 2008.
- LAMBERS H. et al. **Role in Ecosystem and Global Processes**. In: Plant Physiological Ecology. New York: Springer. 1998. 540p.
- LEITE H.G et al. Avaliação de um modelo de distribuição diamétrica ajustado para povoamentos de Eucalyptus sp. submetidos a desbaste. **Revista Árvore**, v.29 p.271-280, 2005.
- LIMA A.M.N et al. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1053-1063, 2008.
- LOPES, J.L.W. **Qualidade de mudas clonais do híbrido de Eucalyptus grandis vs. Eucalyptus urophylla, submetidas a diferentes regimes hídricos**. São Paulo, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Estadual de São Paulo, 2008, 181p.
- MARTIUS C. et al. Litter fall, litter stocks and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in central Amazonia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.68, p.137-154, 2004.
- MELLONI E. et al. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2461-2470, 2008.

- MELO V.F et al. Balanço nutricional, eficiência de utilização e avaliação da fertilidade do solo em P, K, Ca e Mg em plantios de eucalipto no Rio Grande do Sul. **IPEF**, v.49, p.8-17, 1995.
- MONTEIRO M.T et al. . Carbon, nitrogen, and microbial biomass activity in different litter structures of a natural forest. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.819- 826, 2004.
- MORELLATO L.P.C. Nutrient cycling in two south-east Brazilian forests. I Litterfall and litter standing crop. **Journal of Tropical Ecology**, v.8, p.205-215, 1992.
- NASCIMENTO H.E.M et al. Demographic and life-history correlates for Amazonian trees. **Journal of Vegetation Science**, v.16, p.625-634, 2005.
- NEGI J.D.S et al. Forest floor and soil nutrient inventories in an old growth *Eucalyptus* plantations. **Indian forester**, v.114, p.453-461, 1988.
- NIINEMETS U et al. Do we underestimate the importance of leaf size in plant economics? Disproportional scaling of support costs within the spectrum of leaf physiognomy. **Annals of Botany**, v.100, p.283-303, 2007
- ODUM EP e BARRETT G.W. Fundamentos de Ecologia. São Paulo: Thomson Learning, 2007. 612p.
- ONO K et al. Possible mechanisms of adaptive leaf senescence. **Plant Biology**, v.3, p.234-243, 2001.
- PENA M.L.P et al. Respiração microbiana como indicador da qualidade do solo em ecossistema florestal. **Floresta**, v.35, p.117-127, 2005.
- PINTO JUNIOR J.E et al. Avaliação simultânea de produtividade, adaptabilidade e estabilidade genotípica de *Eucalyptus grandis* em distintos ambientes do Estado de São Paulo. **Pesquisa Florestal**, v.53, p.79 108, 2006
- PRESCOTT C. Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know? **Forest Ecology and Management**, v.220, p.66-74, 2005.
- REISSMANN C.B e WISNIEWSKI C. Aspectos nutricionais de plantios de Pinus. In: GONÇALVES J.L.M e BENEDETTI V. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF - Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 2000. p.135-166.
- RIBEIRO M.C et al. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**. v.142, p.1141-1153, 2009.
- RODRIGUEZ R et al. Needle mass, fine root and stem wood production in response to silvicultural treatment, tree size and competitive status in radiata pine stands. **Forest Ecology Management**, v.186, p.287-296, 2003
- ROSADO A.M et al. Seleção simultânea de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p. 964-971, 2012.
- SANTANA JAS e SOUTO J.S. Produção de serapilheira na Caatinga da região semi-árida do Rio Grande do Norte, Brasil. **Idesia**, v.29, p.87-94, 2011.
- SANTANA R.C et al. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do Estado de São Paulo. **Revista Árvore**, v.26, p.447-45, 2002.
- SELLE G.L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, v.4, p.29-39. 2007
- SPANGENBERG A et al. Nutrient store and export rates of *Eucalyptus urograndis* plantations in eastern Amazonia (Jari). **Forest Ecology Management**, v.80, p.225-234, 1996.
- SUDARIC A et al. Characterization of genotype by environment interactions in soybean breeding programmes of southeast Europe. **Plant Breeding**, v.125, p.191 194, 2005.
- THOMPSON K et al. A comparative study of leaf nutrient concentrations in a regional herbaceous flora. **New Phytology**, v.136, p.679-689, 1997.
- TOLEDO LO et al. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, v.12, p.9-16, 2002.

WHITEHEAD D. e BEADLE C.L. Physiological regulation of productivity and water use in Eucalyptus: a review. **Forest Ecology and Management** v.193, p.113-140, 2004.

WITSCHORECK R et al. Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em Eucalyptus urophylla S.T. Blake no município de Santa Maria-RS. **Revista Árvore**, v.27p.177-183, 2003.

ZAIA F.A e GAMA-RODRIGUES A.C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte-fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.843-852, 2004.