

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE

**NITROGÊNIO E FÓSFORO NO SOLO DE UMA
FLORESTA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA CERRADO**

ELIANE DIAS DE ALMEIDA

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Sanches

Cuiabá - MT, Abril de 2005.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE**

**NITROGÊNIO E FÓSFORO NO SOLO DE UMA
FLORESTA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA CERRADO**

ELIANE DIAS DE ALMEIDA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Física e Meio Ambiente.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Sanches

Cuiabá - MT, Abril de 2005.

Almeida, Eliane de Almeida.

Nitrogênio e Fósforo no Solo de uma Floresta de Transição Amazônia Cerrado./Eliane Dias de Almeida. – Cuiabá, MT 2005. Instituto de Ciências Exatas e da Terra

v, 78 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso. Instituto de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente. 2005

Orientadora: Dr^a. Luciana Sanches.

Bibliografia: p. 68-78.

1. Variáveis Microclimáticas. 2. Serrapilheira. 3. Ciclagem de Nutrientes. I. Título. II. Cuiabá-MT. . Instituto de Ciências Exatas e da Terra

CDU *****

DEDICATÓRIA

As minhas Filhas: Juliane (Juju), Mariane (Nane), Viviane (Vica) e esposo Sebastião.

A vocês, que sempre estiveram ao meu lado muito obrigado pelo carinho, compreensão e ajuda.

Hoje quero parar e agradecer a Deus por vocês

...fazer parte de minha história!

EPÍGRAFE

*Ao professor Francisco de Aquino Bezerra,
presto a minha homenagem no
reconhecimento pelo que sempre será como
“Mestre” de vida e pelo que representa
como exemplo de grande estudioso da
química.*

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter-me permitido viver todos esses anos e concedido a oportunidade de enfrentar as batalhas do dia-a-dia com força e coragem..

Ao meu esposo Sebastião Eluadir de Almeida (preto) por sua compreensão, carinho e paciência.

As “anes”, minhas filhas, agradeço pelo carinho e sorriso... vocês conseguiram me convencer que poderia seguir em frente.

Aos meus pais, Aristides e Ilza por serem o meu maior exemplo de vida e a minha fonte de inspiração e determinação. Obrigado pelo carinho e amizade, e pelas palavras de incentivo.

Ao meu irmão Aristides. Irmão, fiz tudo isso por nós dois.....

Às minhas irmãs pela amizade, atenção, preocupação e carinho.

Aos meus sobrinhos pelo sorriso e alegria.

À tia Lenir pelas orações, palavras de apoio e incentivos.

À Universidade Federal de Mato Grosso, em especial ao Departamento de Física, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À Dr^a Luciana Sanches pelo carinho, amizade que sempre demonstrou e valiosa orientação na realização deste trabalho de pesquisa. Lú, agradeço pela mão amiga.

Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira (Paraná) pela amizade, apoio, confiança e orientação na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Sérgio Roberto de Paulo que nos fez enxergar o mundo com uma visão mais complexa.

À prof^a. Dr^a Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira pelo esforço em busca de um ambiente mais tranquilo, durante o período de estudo.

Ao Prof. Dr. José Holanda Campelo Júnior que sempre procurou sanar as dúvidas nos momentos das dificuldades.

Ao Prof. Dr. Nicolau Priante Filho que com a sua alegria e entusiasmo de sempre conseguiu transmitir tantos ensinamentos, mas principalmente valores fundamentais no sentido de termos uma sociedade mais justa e humana.

À bióloga Rosemary Lopes da Silva pelo apoio e confiança e que gentilmente permitiu que as análises químicas fossem realizadas no Laboratório de Limnologia do Projeto Ecologia do Pantanal.

Ao Prof. Dr. George Vourlitis que mesmo de longe, procurou, apoiar, opinar e auxiliar neste trabalho de pesquisa.

À Soilce Carrilho pelo sorriso de sempre e serviços de secretaria.

Aos professores, bolsistas do núcleo de Tecnologia e Armazenagem da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, que sempre emprestaram equipamentos para coleta de amostras.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso por me ter concedido um período de afastamento para realizar os estudos.

A Escola Cooperar, em especial as professoras: Elcina, Maria Auxiliadora, Meire e Vera pela compreensão durante o meu afastamento.

Aos colegas de trabalho meus sinceros agradecimentos.

À Marcinha (minha colega do mestrado) por tudo que ela me proporcionou com sua atenção, carinho e amizade.

À Carla A. Valentine... Você é uma daquelas pessoas raras com um objetivo único de dar alegrias as pessoas, que lhe cercam. Quero agradecer de coração por tudo que você me ajudou a realizar... Que Deus lhe pague tudo isso.

À Maria Ubaldina Costa Sanches “Nha”, ... você que sempre está pronta a ajudar não importando quem... meus agradecimentos pelo apoio e incentivo.

Aos colegas que nos ajudou nas coletas de dados em Sinop: Segundo Durval, Carlos, Junior, Vinicius, Pedro, Márcia Klein, Marina, Fernando, Vander e Vanessa.

Aos colegas do mestrado pelo companheirismo e amizade.

Aos alunos Clayte e Licinio pelo apoio durante as análises químicas.

A todos os alunos do Curso de Química (CEFET/MT) e da Escola Cooperar pelo incentivo.

À todos os que não foram mencionados, e que de alguma forma auxiliaram na realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. O ESTADO DE MATO GROSSO E SEUS ECOSSISTEMAS	4
2.1.1. Aspectos do Cerrado	5
2.1.2. Aspectos da Floresta	6
2.2. A AMAZÔNIA LEGAL E A EXPLORAÇÃO FLORESTAL EM MATO GROSSO	10
2.3. O SOLO E A SOLUÇÃO DO SOLO	13
2.4. PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA	27
2.5. CICLAGEM DE NUTRIENTES	29
3. MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	32
3.2. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	33
3.3. DADOS MICROMETEOROLÓGICOS	35
3.3.1. Temperatura do Ar e do Solo e Precipitação	35
3.3.2. Umidade do Solo	35
3.4. ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA	36
3.5. ESTIMATIVA DO ACÚMULO DE SERRAPILHEIRA NO SOLO	37
3.6. ESTIMATIVA DE NITROGÊNIO E FÓSFORO TOTAL CONTIDO NO ACÚMULO DE SERRAPILHEIRA NO SOLO	38
3.7. ESTIMATIVA DE NITROGÊNIO TOTAL E FÓSFORO DISPONÍVEL NO SOLO	39
3.8. METODOLOGIA UTILIZADA PARA ANÁLISE QUÍMICA	40
3.9. ESTIMATIVA DA TAXA DE RETORNO	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1. MICROCLIMA FLORESTAL	41
4.3. ACÚMULO DE SERRAPILHEIRA NO SOLO	44
4.2. ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA	50
4.4. TAXA DE RETORNO DE SERRAPILHEIRA	51
4.5. ESTIMATIVA DE NITROGÊNIO E FÓSFORO NO ACÚMULO DE SERRAPILHEIRA NO SOLO	53
4.6. ESTIMATIVA DE NITROGÊNIO E FÓSFORO NO SOLO	61
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	66
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Ecossistemas do estado de Mato Grosso.	4
Figura 2.2 Florestas pertencentes ao estado de Mato Grosso. a) Perenifólica Amazônica. b) Subcaducifólia Amazônica.	7
Figura 2.3 Estados brasileiros da Amazônia Legal.	10
Figura 2.4 Área de exploração de Madeireira. As três cores representam a intensidade de extração de madeira.	11
Figura 2.5 Perfil representativo de um solo. O horizonte de superfície (A) contém elevado teor em matéria orgânica, tanto viva quanto morta, bem como as partículas minerais mais altamente desagregadas. No subsolo (B) observa-se a presença de fragmentos minerais, com pouca matéria orgânica e o substrato (C) é composto de rocha relativamente pouco decomposta.	13
Figura 3.1 Localização da área em estudo.	32
Figura 3.2 Torre micrometeorológica no interior da floresta de transição Amazônia Cerrado.	34
Figura 3.3 Caixa coletora de serrapilheira.	37
Figura 3.4 Caixa coletora de serrapilheira acumulada.	38
Figura 4.1 Precipitação mensal e valores médios de umidade do solo no período de novembro/03 a outubro/04.	42
Figura 4.2 Temperatura média do ar e do solo no período de novembro/03 a outubro/04.	44
Figura 4.3 Média mensal da produção serrapilheira (folhas, galhos e miscelânea) no período de novembro/03 a outubro/04.	45
Figura 4.4 Média da produção de serrapilheira (folhas, galhos e miscelânea) nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.	46
Figura 4.5 Produção mensal da produção de folhas e do total de serrapilheira.	47
Figura 4.6 Produção de serrapilheira e precipitação nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida	49
Figura 4.7 Relação entre produção de serrapilheira ($t \cdot ha^{-1} \cdot mês^{-1}$) e umidade do solo (%).	50
Figura 4.8 Acúmulo de serrapilheira no solo (folhas, galhos e miscelânea) nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.	51
Figura 4.9 Relação entre acúmulo de serrapilheira no solo e umidade do solo.	52

Figura 4.10 Contribuição de Nitrogênio Total nas frações do acúmulo de serrapilheira (total, folhas, galhos e miscelânea) nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.	58
Figura 4.11 Contribuição de Fósforo Total nas frações do acúmulo de serrapilheira (total, folhas, galhos e miscelânea) nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.	58
Figura 4.12 Contribuição mensal de nitrogênio total no acúmulo de serrapilheira no solo e precipitação mensal.	59
Figura 4.13 Contribuição mensal de fósforo total no acúmulo de serrapilheira no solo e temperatura média do solo.	59
Figura 4.14 Relação entre teor de médio mensal de nitrogênio total e precipitação mensal.	60
Figura 4.15 Relação entre concentração média fósforo total (g.Kg^{-1}) e temperatura média do solo ($^{\circ}\text{C}$).	60
Figura 4.18 Médias dos teores de Nitrogênio Total (g.Kg^{-1}) nas profundidades do solo 0-5; 5-15; 15-30; 30-70 cm no período de novembro de 2003 a outubro de 2004.	62
Figura 4.19 Médias dos teores de Fósforo Disponível (mg.Kg^{-1}) nas profundidades do solo 0-5; 5-15; 15-30; 30-70 cm no período de novembro de 2003 a outubro de 2004.	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Elementos considerados essenciais utilizados em quantidades relativamente grandes e pequenas.	23
Tabela 3.1 pH e Carbono Orgânico do Solo	33
Tabela 4.1 Valores da precipitação mensal, e valores médios da temperatura do ar e do solo e umidade do solo.	41
Tabela 4.2 Valores da precipitação por estação, e valores médios por estação da temperatura do ar e do solo e umidade do solo.	43
Tabela 4.3 Produção mensal de serrapilheira em floresta de transição (folhas, galhos e miscelânea).	45
Tabela 4.4 Média mensal da produção de serrapilheira (folhas, galhos e miscelânea) em floresta de transição nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.	46
Tabela 4.5 Porcentagem da fração de serrapilheira (folhas, galhos e miscelânea) em floresta de transição nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.	46
Tabela 4.6 Acúmulo de serrapilheira no solo (folhas, galhos e miscelânea) nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.	51
Tabela 4.7 Teores médios mensais de Nitrogênio Total no acúmulo de serrapilheira no solo.	53
Tabela 4.8 Teores médios mensais de Fósforo Total no acúmulo de serrapilheira no solo.	53
Tabela 4.9 Teores médios de Nitrogênio Total no acúmulo de serrapilheira nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.	54
Tabela 4.10 Teores médios de Fósforo Total no acúmulo de serrapilheira nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.	54
Tabela 4.11 Contribuição da fração do acúmulo de serrapilheira (kg.ha^{-1}) na quantidade total e percentual de nitrogênio e fósforo devolvido no solo na estação úmida.	56
Tabela 4.12 Contribuição da fração do acúmulo de serrapilheira (kg.ha^{-1}) na quantidade total e percentual de nitrogênio e fósforo devolvido no solo na estação seca-úmida.	57
Tabela 4.13 Contribuição da fração do acúmulo de serrapilheira (kg.ha^{-1}) na quantidade total e percentual de nitrogênio e fósforo devolvido no solo na estação seca.	57

Tabela 4.14 Contribuição das frações do acúmulo de serrapilheira ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) na quantidade total e percentual de nitrogênio e fósforo devolvido no solo na estação seca-úmida.	57
Tabela 4.15 Teores médios mensais de Nitrogênio Total nas profundidades 0-5; 5-15; 15-30 e 30-70 cm do solo.	61
Tabela 4.16 Teores médios mensais de Fósforo Disponível nas profundidades 0-5; 5-15; 15-30 e 30-70 cm do solo.	62
Tabela 4.17 Teores médios de Nitrogênio Total nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida, nas profundidades 0-5; 5-15; 15-30; 30-70 cm.	64
Tabela 4.18 Teores médios de Fósforo Disponível nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida, nas profundidades 0-5; 5-15; 15-30; 30-70 cm.	64
Tabela 4.19 Porcentagem de nitrogênio total disponibilizado ao solo via serrapilheira acumulada nas estações úmida, úmida-seca,seca e seca-úmida.	65

RESUMO

ALMEIDA, E. D. *Nitrogênio e Fósforo no solo de uma Floresta Tropical de Transição Amazônia Cerrado*. Cuiabá, 2005. p. 78 Dissertação (mestrado) – Física e Meio Ambiente. Universidade Federal de Mato Grosso.

Os meios de entrada de nutrientes nas florestas ocorrem através da atmosfera, intemperismo de rochas matrizes, fixação biológica do nitrogênio e adição de fertilizantes. Através da serrapilheira (principal reservatório de nutrientes), os nutrientes absorvidos pelas plantas retornam ao solo, constituindo assim a principal via de retorno. Fatores como precipitação pluviométrica, temperatura do ar, temperatura do solo, entre outros, exercem forte influência sobre o desenvolvimento das plantas, com consequências na deposição de material vegetal e na ciclagem de nutrientes, dessa forma, a circulação de nutrientes no triângulo planta-serapilheira-solo não depende somente do ecossistema. A serapilheira depositada, os fatores climáticos e o retorno de nutrientes promovem fertilidade ao solo, e podem contribuir para o balanço dentro do ecossistema florestal e na determinação do grau de fragilidade destes ecossistemas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a deposição de nutrientes através da serrapilheira acumulada em um fragmento de floresta de transição de aproximadamente 50 Km NE de Sinop, estado de Mato Grosso, Brasil. De novembro/2003 a outubro /2004, em pontos aleatórios, distribuídos numa área de 1ha, coletou-se amostras de solo em 4 profundidades; serrapilheira produzida e acumulada. Durante o período, de novembro/2003 a outubro/2004, a produção anual de serrapilheira foi de $8,2 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{a}^{-1}$, e sendo acumulado $58,63 \text{ ton.ha}^{-1}$. Estimou-se teores médios de nitrogênio e fósforo na serapilheira acumulada, na ordem de $17,49 \text{ g.Kg}^{-1}$ e $0,92 \text{ g.Kg}^{-1}$ respectivamente, sendo a fração de folhas mais significativas no retorno de nutrientes ao solo. Na camada superficial do solo foi observado o maior conteúdo médio de nitrogênio e fósforo, na ordem de $2,80 \text{ g.Kg}^{-1}$ e $9,43 \text{ mg.Kg}^{-1}$, respectivamente.

Palavras chaves: variáveis microclimáticas, serapilheira, ciclagem de nutrientes, Floresta de Transição: Amazônia Cerrado.

ABSTRACT

ALMEIDA, E. D. *Nitrogênio e Fósforo no solo de uma Floresta Tropical de Transição Amazônia Cerrado*. Cuiabá, 2005. p. 78 Dissertação (mestrado) – Física e Meio Ambiente. Universidade Federal de Mato Grosso.

The ways the nutrients get into the forest are through the atmosphere, weathering of matrix rocks, biological fixation of the nitrogen and addition of fertilizers. Through the rush (the main reservoir of nutrients), the nutrients absorbed by plants get back to the soil, thus constituting the main way back. Factors, such as rain precipitation, environmental temperature, soil temperature, besides others, have a strong influence over the development of plants, with consequences in the deposition of vegetable material and in the cycling of nutrients, this way, the circulation of nutrients in the triangle plant-rush-soil does not depend only of the ecosystem. The deposited rush, the climate factors and the return of the nutrients promote the fertility of the soil, and can contribute to the balance in the forest ecosystem and the determination of the level of fragility of these ecosystems. The objective of this work was to evaluate the deposition of nutrients through the rush cumulated in a fragment of transitional forest of approximately 50 Km at NE of Sinop - in the State of Mato Grosso, Brazil. From November/2003 to October/2004, in random spots, distributed in an area of 1 ha, it was collected samples of rush produced and accumulated, in soil of deep 4. During the study period, the annual production of rush was $8.2 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{y}^{-1}$, and from November/2003 to October/2004 it was accumulated $58.63 \text{ ton.ha}^{-1}$. It was estimated average amounts of nitrogen and phosphorus in the cumulated rush, with about 17.49 g.Kg^{-1} and 0.92 g.Kg^{-1} respectively, the most significant leaves in the return of the nutrients to the soil. It was observed the highest average content of nitrogen and phosphorus on the superficial layer of the soil, about 2.80 g. Kg^{-1} e 9.43 mg.Kg^{-1} , respectively.

Keywords: Microclimate Variables Variants, Rush, Nutrient Cycling, Transitional Forest: Amazon Cerrado.

INTRODUÇÃO

Qual o valor do preço da soja, dos cascos de bois, do m³ de madeira para o ecossistema?

O modelo de desenvolvimento imposto ao mundo pela cultura moderna, baseado no lucro e na produção de mercadoria tem sido responsável pela maioria dos problemas sócios ambientais, e com isso o meio ambiente vem sendo alterado e degradado, às vezes de forma irreversível, como o que vem ocorrendo com a floresta Amazônica.

A importância da floresta Amazônica para a humanidade não se reside apenas no papel, que desempenha para o equilíbrio ecológico mundial, mas a região é também berço de inúmeras civilizações indígenas e constitui-se em uma riquíssima fonte de matérias- primas, entre elas: alimentares, florestais, medicinais e minerais.

A região norte do estado de Mato Grosso é a entrada meridional da Amazônia brasileira. A colonização dessa região teve como objetivo principal o desenvolvimento da agricultura e a fixação do imigrante à terra. Fatores como clima, topografia, posição geográfica, gigantesco potencial madeireiro e a crescente demanda de alimentos estimularam e atraíram imigrantes de várias partes do Brasil acentuando a sua ocupação espacial de forma brusca e desordenada. A partir da década de 70, com os estímulos fiscais e creditícios governamentais, intensificou-se a dinâmica de sua ocupação. As áreas de cerrado, até então consideradas impróprias para a agricultura, passam a se transformar em grandes áreas produtoras de grãos constituindo uma nova fronteira agrícola em constante expansão, influenciando dessa forma na organização do espaço na Amazônia mato-grossense.

Com a decorrência dessa ocupação, numa estreita ligação com a abertura de áreas para a pecuária, exploração agrícola e por último, a exploração da soja “carro

chefe” do agro-negócio do estado veio o desmatamento, sem o manejo racional, e as queimadas. Mato Grosso, num período muito curto (30-35 anos), deixou a fase de coleta para a Revolução Agrícola Industrial.

As florestas apresentam-se como ecossistemas complexos e delicados, onde todos os elementos, clima, solo, fauna e flora estão estreitamente relacionados assegurando um equilíbrio natural. Portanto, ao substituir as florestas por pastagens ou cultivos agrícolas, o desmatamento entre outros, pode influenciar nas mudanças climáticas locais e regionais.

Nas florestas tropicais a vegetação cresce geralmente em solo pobre em nutrientes, dessa forma a contrastante cobertura vegetal está associada às estratégias de conservação e reciclagem de nutrientes, sendo a serrapilheira a principal via de transferência de nutrientes para a sua sustentação.

Em vista da crescente ocupação do ambiente natural pelo homem, estudos sobre aspectos quantitativos da produção da serrapilheira poderão constituir um importante parâmetro para a ecologia florestal.

Para poder quantificar o aporte de nutrientes no solo, é necessário analisar a composição química da serrapilheira. Este aporte faz parte de um circuito “fechado” estabelecido entre a vegetação e a pedosfera, onde são permanentemente reciclados macro e micro-nutrientes.

Vários estudos vêm sendo desenvolvidos no sentido de compreender essa interação biosfera-atmosfera. Pesquisas como, “Large Scale Biosphere Atmosphere Experiment in Amazônia” (LBA), que tem como objetivo principal entender o funcionamento climatológico, ecológico, bioquímico e hidrológico da Amazônia, e seus impactos nas mudanças do uso do solo. Para isso, desenvolvem projetos específicos que procuram entender o papel crítico que a dinâmica dos nutrientes desempenham no crescimento, funcionamento e desenvolvimento da floresta e conseqüentemente na qualidade do ar e da água.

Entretanto, como conciliar a preservação da natureza com as necessidades dos que dependem dos produtos desse meio para a vida? Como conciliar casco de bois, sacas de soja, beneficiamento de madeira com a manutenção desse ecossistema? Os trabalhos de cunho científico podem gerar dados que permitam

agregar o desenvolvimento sustentável em uma região sem destruir o patrimônio natural.

Dessa forma, visando também contribuir nos questionamentos acima mencionados, este estudo objetivou, principalmente, avaliar a deposição de nutrientes por meio do acúmulo de serrapilheira no solo de uma floresta de transição Amazônia Cerrado a aproximadamente 50 Km NE de Sinop, estado de Mato Grosso durante o período de novembro de 2003 a outubro de 2004.

Para tanto, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- Avaliar o microclima da região (precipitação, temperatura do ar e do solo e umidade do solo).
- Estimar a produção e acúmulo de serrapilheira mensal, estacional e anual.
- Estimar a taxa de decomposição e tempo de retorno da serrapilheira.
- Avaliar a relação entre as variáveis microclimáticas com a produção e acúmulo de serrapilheira.
- Estimar os macronutrientes, nitrogênio total e fósforo total no acúmulo de serrapilheira no solo.
- Estimar os macronutrientes, nitrogênio total e fósforo disponível no solo em quatro profundidades.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O ESTADO DE MATO GROSSO E SEUS ECOSISTEMAS

Com uma extensão territorial de 906.806Km² o estado de Mato Grosso é possuidor de três ecossistemas distintos: ao norte do estado aparece a Floresta Amazônica, marcada pelo predomínio de terras baixas sedimentares cobrindo 52,16% da sua extensão, ao sul e a leste encontra-se o cerrado que abrange 40,80%, constituído por extensos planaltos com chapadões sedimentares e ao sudoeste tem-se as terras úmidas do pantanal abrangendo 7,04% do estado.

Como a presente pesquisa refere-se à floresta de transição, faz-se necessário fazer algumas considerações a respeito do cerrado e da floresta tropical.

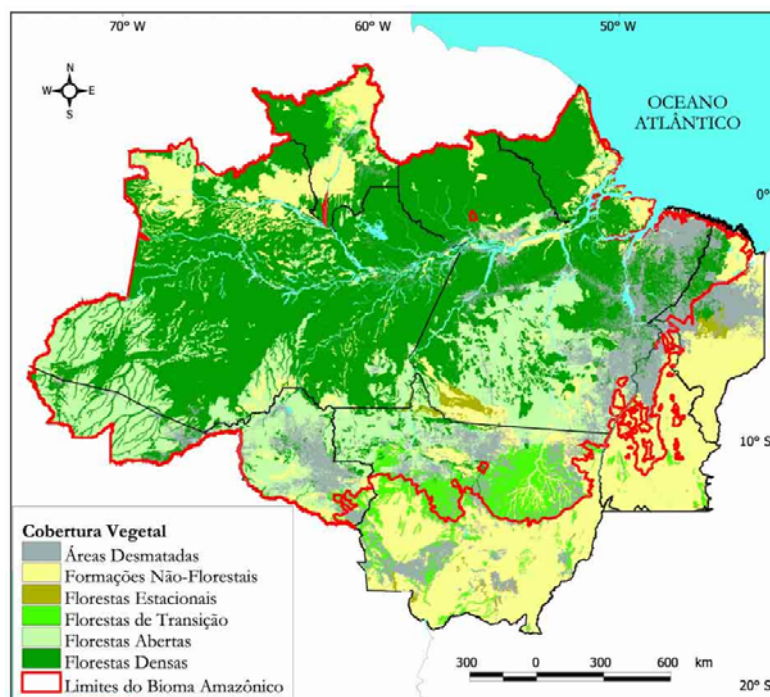


Figura 2.1 Ecossistemas do estado de Mato Grosso.

Fonte: Adaptado INPE, 2003.

2.1.1. Aspectos do Cerrado

- **Solo, Vegetação e Clima**

Os cerrados são formações muito características do estado de Mato Grosso, como de toda região Centro Oeste. FABRIS (2001) comenta que o cerrado do estado de Mato Grosso é o segundo maior bioma do Brasil e da América do Sul, ocupando mais de 2 milhões de Km² e abriga um rico patrimônio de recursos naturais renováveis, adaptados às duras condições climáticas edáficas e hídricas, que determinam sua própria existência.

No cerrado de Mato Grosso, a principal classe de solo é o Latossolo, arenoso e muito pobre em nutrientes ocupando uma área de 933.870Km², que corresponde a 46% da área total. As areias quartzosas e os polizólicos ocupam 15% cada e o restante são ocupados com classes de solo variados (RESCK, 1992).

FABRIS (2001) menciona que sob solo ácido e pobre em nutrientes, seu aspecto é bastante variável, surgindo árvores de aproximadamente 12 m de altura, bem próximas uma das outras, dando a aparência de floresta ou com arbustos e árvores de pequeno porte, de 2 a 3 m de altura, com galhos retorcidos, casca espessa, folhas duras e ásperas, espaçadas entre si e dispersas ao meio de um tapete de gramíneas.

A maior parte do cerrado desenvolve-se em regiões sob chuva tropical, onde as médias não variam muito no decorrer do ano, mas a distribuição apresenta variações durante as estações.

De novembro a março, meses mais quentes do verão, quando as chuvas se concentram e os dias são mais longos, a vegetação torna-se muito verde. No inverno que corresponde aos meses de maio a setembro, as árvores e arbustos trocam as folhagens senescentes por outras totalmente novas. Esse período, por concentrar uma temperatura mais baixa que coincide com os meses mais frescos do inverno, é marcado pelo estresse hídrico e os dias tornam-se mais curtos. Por esse motivo encontram-se ao mesmo tempo, árvores que sustentam suas folhas velhas e amareladas, outras que apresentam estarem secas e outras nas quais já brotam novas folhagens verdes e vigorosas.

A vegetação é constituída basicamente por dois estratos: arbóreo - arbustivo de caráter lenhoso e herbáceo - subarbustivo, formado por gramíneas e outras ervas.

Ambos são heliófilos. Ao contrário de uma floresta, o estrato herbáceo do cerrado não é formado por espécies de sombra, umbrófilas, dependentes do estrato lenhoso.

As plantas do estrato herbáceo - subarbustivo, de modo geral, apresentam raízes superficiais logo nos primeiros 10-20 cm de solo e durante o inverno ocorre o estresse hídrico que acaba provocando o dessecamento e a morte de suas partes aéreas. As plantas do estrato arbóreo - arbustivo por serem dotadas de raízes pivotantes bem mais profundas que exploram camadas permanentemente úmidas do solo, até mesmo em época de seca, portanto não sofrem os mesmos efeitos de formação significativa.

Faz-se oportuno comentar que os dois estratos não constituem comunidades harmoniosas e integradas, como nas florestas, mas representam duas comunidades antagônicas, concorrentes, procurando, cada qual, ocupar aquele espaço de forma independente e individual. Tudo aquilo que pode beneficiar a uma delas, prejudicará, indiretamente, a outra e vice versa. Elas diferem entre si não só pelo seu espectro biológico, mas também pelas suas floras, pela profundidade de suas raízes e forma de exploração do solo, comportamento em relação à seca, ao fogo e outros.

O cerrado engloba regiões físicas climáticas bastante heterogêneas, sendo que a maior parte se enquadra no tipo climático AW da classificação de Koppen. Na maior parte das áreas, 80% das chuvas concentram-se no período de novembro a março, ocorrendo um período pronunciado de seca (CARVALHO, 2001).

O clima predominantemente é o tropical sazonal, de inverno seco. A temperatura média anual fica em torno de 22-23 °C. As máximas absolutas mensais não variam muito ao longo dos meses do ano, podendo chegar a mais de 40 °C enquanto as mínimas atingem valores baixos nos meses de maio a julho.

Em geral a precipitação média anual fica entre 1200 e 1800 mm, ao contrário da temperatura, apresenta uma grande estacionalidade, concentrando-se nos meses de primavera e verão (outubro a março), que correspondem à estação chuvosa. No período de maio a setembro os índices pluviométricos mensais reduzem bastante, podendo chegar à zero. Ventos fortes e constantes não são característicos do cerrado, normalmente a atmosfera é calma e o ar fica muitas vezes quase parado.

2.1.2. Aspectos da Floresta

- **Solo, Vegetação e Clima**

O estado de Mato Grosso é possuidor de extensa área florestada marcado pelo predomínio de terrenos baixos sedimentares, dividido em dois patamares: Floresta Perenifólia Higrófila Heleiana Amazônica (figura 2.2-a) e a Floresta Subcaducifólia Amazônica (figura 2.2-b).

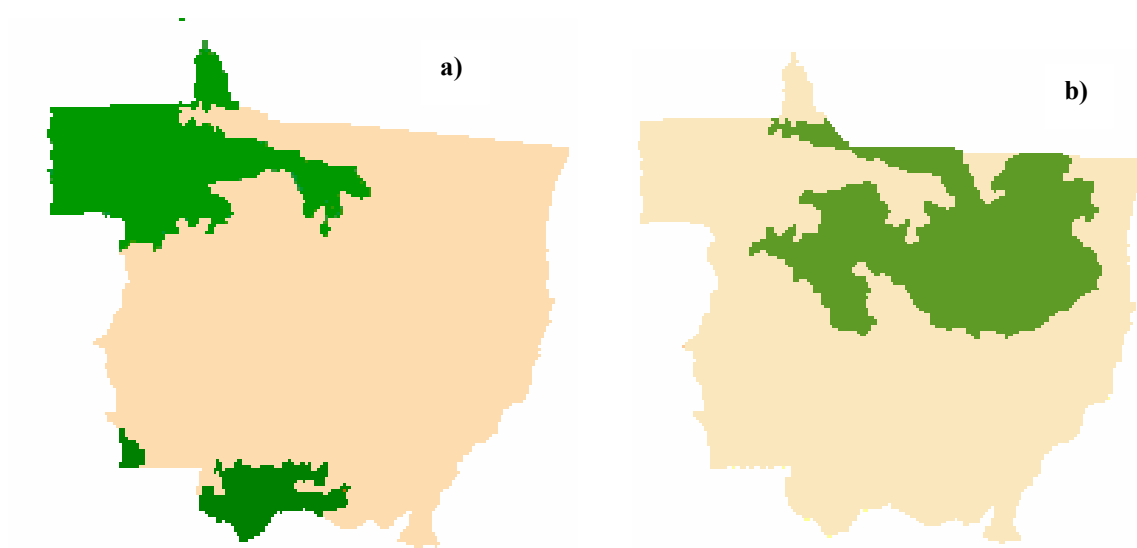


Figura 2.2 Florestas pertencentes ao estado de Mato Grosso. a) Perenifólia Amazônica. b) Subcaducifólia Amazônica.

Fonte: ANTUNES, 2001.

A floresta Perenifólia está localizada na porção noroeste do estado sendo um prolongamento da vegetação que ocorre nas áreas úmidas da região Amazônica.

Cobrindo a maior parte do norte de Mato Grosso desenvolve-se a formação de floresta subcaducifólia. Nesta parte da floresta, encontram-se árvores altas com 15 a 20 m de altura, troncos finos e copas pouco desenvolvidas que podem perder as suas folhas no período de estiagem (caducifólia) FABRIS (2001).

Ao longo do perfil vertical da floresta, observa-se alteração da temperatura, luminosidade e da umidade do ar. Grande parte da energia luminosa recebida no ecossistema amazônico é utilizada na produção de biomassa, isto é, de massa vegetal e animal.

É claro que a fotossíntese utiliza apenas a parte que mais “lhe interessa” da luz, isto é, a parte do espectro luminoso que é mais eficaz na fixação de carbono; as outras partes, os outros comprimentos de onda (como o verde, por exemplo) são devolvidos ao ambiente. WHATLEY & WHATLEY (1982) citam que, se a quantidade luz for maior, atinge os níveis mais baixos, melhor será o desenvolvimento das camadas mais baixas de vegetação, que incluem, além de arbustos, ervas e árvores novas, sucessoras potenciais dos membros do dossel superior.

ASHTON (1992) salienta que medições de temperatura em dias isolados caracterizam diferenças gerais no microclima entre sítios, mas que isto não determina a amplitude das variações anuais. A elevação da temperatura em um ecossistema é causado pelo excesso de radiações caloríficas que serão absorvidas pelo ambiente. O comportamento de diversas substâncias difere, também, com relação a essa absorção de calor, a água, por exemplo, precisam absorver quantidades muito grandes de calor para que sua temperatura se eleve um pouco. Por essa razão, mesmo na forma de vapor, como existe em grande quantidade no ar da Amazônia exerce um grande efeito amortecedor das variações de temperatura, impedindo que ela suba em demasia durante o dia ou que se reduza muito durante a noite.

De acordo com JACOBS (1988), a temperatura no interior das florestas tropicais pode ser de 7 a 10 °C menor que fora dela, o que pode ter uma grande importância biológica. O dossel arbóreo, a vegetação do sub-bosque e a serrapilheira reduzem os extremos de temperatura pela interceptação de ondas longas de radiação e mantém um maior conteúdo de umidade na superfície do solo.

As temperaturas médias anuais nas florestas do estado de Mato Grosso são elevadas, ficando entre 23 e 25 °C, sendo os meses da primavera verão os mais quentes, coincidindo com o período mais chuvoso.

A umidade altera as propriedades térmicas do solo, isto é, solos secos não são bons condutores de calor. A remoção do dossel florestal pelo corte pode alterar dramaticamente os níveis de umidade do solo. Ocorre a perda de umidade pelo aumento de evaporação, e esta perda depende da densidade do dossel e da quantidade e padrão de precipitação (PRITCHETT & WELLS, 1978). A precipitação pluviométrica média anual varia de 2000 a 2500 mm.

À medida que se avança para o norte do estado de Mato Grosso em direção da Amazônia matogrossense começa a ocorrer uma diminuição do tempo de duração da estação seca visto que o limite entre a estação seca e a estação chuvosa é menos nítido.

Segundo Köppen, o tipo climático é o “Am”, caracterizado por um clima quente e úmido com chuvas do tipo monçônico. O período mais seco coincide com as temperaturas mais baixas onde a mínima diminui vertiginosamente (PIAIA, 1997).

2.2. A AMAZÔNIA LEGAL E A EXPLORAÇÃO FLORESTAL EM MATO GROSSO

Criada pelo Governo Federal em 1966, a Amazônia Legal ocupa 5 milhões de Km² abrangendo na totalidade os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins e parcialmente, o estado do Maranhão (a oeste do meridiano 44 ° WGr) (figura 2.3) dos quais 74% são florestas, 13% cerrados e campos e 13% áreas desmatadas. No estado de Mato Grosso mais da metade de sua extensão territorial está situada acima do paralelo 13, considerado parte da Floresta Amazônica, com cobertura florestal existente ou com aptidão para reflorestamento, 1200 empresas atuam em um parque industrial florestal podendo processar até 4,5 milhões.m³.dia⁻¹.

A combinação de desmatamento para formar campos agropecuários e o manejo ou retirada seletiva de madeira resultou na rápida diminuição de estoque remanescente.



Figura 2.3 Estados brasileiros da Amazônia Legal.

Fonte: IBGE, 1997.

A maior parte do desmatamento na região tem se concentrado ao longo de um arco que se estende entre o sudoeste do Maranhão, ao norte de Tocantins, sul do Pará, norte de Mato Grosso, Rondônia, sul do Amazonas e sudoeste do Acre (figura 2.4).

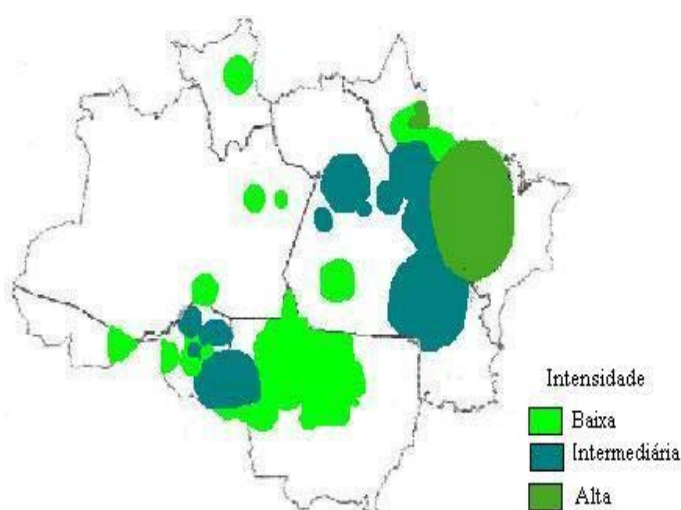


Figura 2.4 Área de exploração de Madeireira. As três cores representam a intensidade de extração de madeira.

Baixa: $20 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$; Intermediária: $30 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ e Alta $40 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Fonte: IMAZON, 1999.

Na medida em que for ocorrendo o desmatamento da Amazônia, o volume da água disponível para formar chuvas irá sendo reduzido proporcionalmente. Como a própria floresta depende da umidade e das chuvas, o processo de transformação acelerará até o completo desaparecimento da mata e conseqüentemente a transformação do clima semi-árido, capaz de tornar talvez, um ecossistema do tipo savana ou mesmo semidesértico. É evidente que tal alteração da umidade do ar poderá afetar o clima, inclusive, de regiões longínquas, de outros países, que recebem os benefícios da umidade gerada pela Amazônia.

Estudos que vêm sendo realizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em colaboração com a Empresa Aeroespacial dos Estados Unidos (NASA) desde 1986, estão demonstrando que as queimadas ocorridas em larga escala na Amazônia, sobretudo nos meses correspondentes à estação seca, têm causado elevações da ordem de 10 vezes nas concentrações de monóxido de carbono, óxido de nitrogênio, ozônio e material particulado na atmosfera. Mesmo a distâncias

de milhares de quilômetros dos locais em que ocorrem as queimadas e ao nível do solo, as concentrações de material particulado no ar sofrem acréscimos de cerca de 300 por cento, atingindo níveis comparáveis aos encontrados nas grandes cidades.

Em 2003, três estados brasileiros concentram 80% da área desmatada, sendo Mato Grosso o campeão com 8.995 Km², onde os municípios mato-grossense de Querência, Sinop, Gaúcha do Norte e Aripuanã apresentaram os maiores índices de desmatamento (INPE, 2003).

Segundo relatórios das Vistorias dos Planos de Manejo Florestal, no estado, existem 1500 planos de manejo, dos quais apenas 24,47% foram considerados aptos. As irregularidades mais frequentes, entre outras, foram: exploração desordenada, falta de acompanhamento técnico e inventário florestal (IBAMA, 1999). Por outro lado, dados da FIENT (2000) revelam que o setor de base florestal é responsável pela geração de 39 mil empregos diretos, representando 26% do total de empregos do setor industrial do estado, gerando 8% do ICMS total do estado. É o segundo colocado no setor de exportação do estado, perdendo somente para a soja.

É inegável a participação dessas empresas no crescimento e desenvolvimento do estado, entretanto tais empreendimentos deveriam ser planejados, buscando construir uma economia sustentável por meio de gerenciamento dos recursos naturais, minimizando os custos ecológicos e sociais das fronteiras em expansão.

2.3. O SOLO E A SOLUÇÃO DO SOLO

O solo pode ser definido como um corpo material, sintetizado em forma de perfil, composto de uma mistura variável de minerais desintegrados e de matéria orgânica em decomposição, cobre a terra com uma camada fina e que fornece, quando contém, quantidades necessárias de ar e de água, amparo mecânico e, em parte, subsistência para os vegetais (BUCKMAN, 1976). Para classificarem o solo os pedologistas estudam secções verticais do solo (perfis) que expõem os vários horizontes. Analisando as secções verticais do solo (perfis) encontram-se três horizontes bem distintos: (A) parte superficial do solo, (B) o subsolo e (C) substrato (figura 2.5).

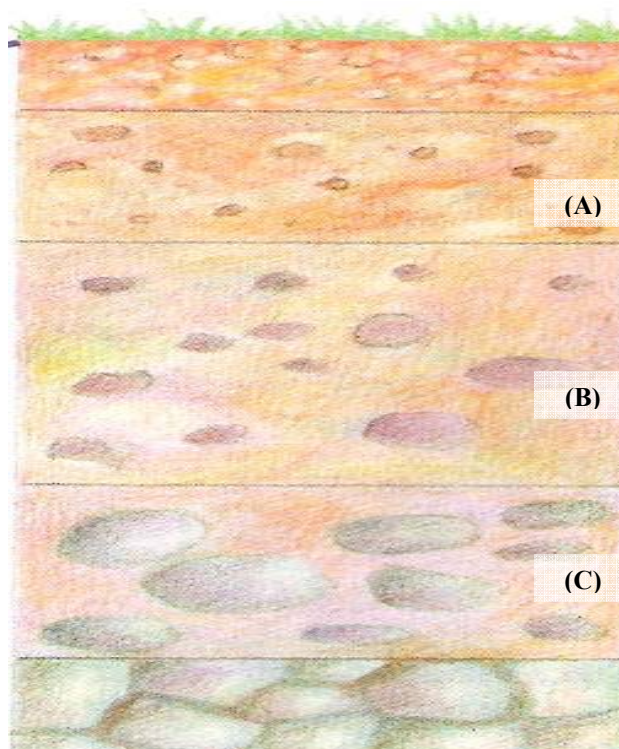


Figura 2.5 Perfil representativo de um solo. O horizonte de superfície (A) contém elevado teor em matéria orgânica, tanto viva quanto morta, bem como as partículas minerais mais altamente desagregadas. No subsolo (B) observa-se a presença de fragmentos minerais, com pouca matéria orgânica e o substrato (C) é composto de rocha relativamente pouco decomposta.

- **Composição do Solo**

Do ponto de vista de composição pode-se considerar que os solos apresentam uma fração inorgânica ou mineral, composta de fragmentos de rochas minerais, variável em tamanho e composição, em geral predominante, e uma fração orgânica (viva e morta), que corresponde aos sólidos do solo (matriz), o ar do solo (fase gasosa do solo) e a solução do solo (fase líquida do solo).

Fase Sólida:

Segundo MONIZ (1975), a fração mineral do solo apresenta-se na forma de uma mistura de grãos com formas e tamanhos variados, que são classificados de acordo com o seu diâmetro em frações granulométricas. As frações grosseiras

correspondem ao esqueleto do solo (partículas com diâmetro maior que 2 mm), que são o cascalho (de 2 mm até 2 cm de diâmetro), calhau (de 2 cm até 20 cm) e o matacão (diâmetro maior que 20 cm). As partículas menores englobam a chamada "terra fina" (partículas menores que 2 mm de diâmetro), onde se enquadra a areia (com diâmetro de 0,05 mm até 2 mm), silte (de 0,002 mm até 0,05 mm) e a argila (com diâmetro menor que 0,002 mm).

A proporção das partículas de diferentes dimensões é designada pela textura do solo. LEMOS & SANTOS (1996) a definem como uma agregação de partículas primárias do solo que irão compor a estrutura do solo. Segundo VIEIRA (1975), a estrutura refere-se à reunião das partículas unitárias do solo em partículas compostas ou grumos, as quais ao associarem-se darão origem a torrões, que constituem a parte macroscópica (visível a olho nu) da estrutura do solo.

A fração argila, principal responsável (conjuntamente com a matéria orgânica) pelas propriedades químicas do solo, é principalmente constituída por minerais argilosos, pertencentes aos grupos da caulinite, esmectite, vermiculite, ilite ou clorite. São minerais com uma predominância de cargas negativas, umas permanentes e outras dependentes do pH. Os minerais argilosos diferem quanto às cargas que transportam superfície específica, capacidade de fixar íons potássio e amônio, e ainda por serem ou não expansíveis.

Na fração argila existe ainda óxidos e hidróxidos de ferro, alumínio e magnésio. Possuem cargas dependentes do pH, podendo apresentar predominância de cargas positivas em solos ácidos. Solos argilosos são caracterizados como solos de baixa permeabilidade e alta capacidade de armazenamento de água.

Solos arenosos são caracterizados como solos frouxos, pouco compressíveis, de alta permeabilidade ou infiltração. São por esta razão, solos que não possuem boa capacidade de armazenamento de água. Um solo arenoso contém mais macroporos que micrósporos daí, decorre a maior velocidade de infiltração de água nestes solos. Já os argilosos possuem maior quantidade de micrósporos, através da qual a água se infiltra lentamente, e conseqüentemente também é mais retida.

Matéria Orgânica:

Segundo BUCKMAN et al. (1976), a matéria orgânica representa uma acumulação de resíduos animais e vegetais parcialmente decompostos e novamente sintetizados. Tal material encontra-se num estado de decomposição ativa, submetidos aos ataques de microorganismos do solo, incluindo uma grande variedade de seres vivos, desde bactérias, fungos e actinomicetas, até protozoários, nemátodos, ácaros e anelídeos. Esses organismos do solo, em especial os microrganismos, decompõem os resíduos orgânicos, mas são também responsáveis pela síntese de moléculas orgânicas de elevada estabilidade – as substâncias húmicas – que contribuem na capacidade de retenção de água e nutrientes. LOPES (1989) comenta que a matéria orgânica é uma fonte de nutrientes, aumenta a capacidade de retenção de água, melhora a estrutura do solo, porosidade, diminui a densidade do solo, consistência, cor, entre outros.

A matéria orgânica influencia nas propriedades do solo e consequentemente no crescimento dos vegetais. MACHADO (1999) comenta:

A matéria orgânica do solo, através de substâncias húmicas:

- Propicia um solo bem estruturado com uma distribuição adequada de partículas sólidas (ex. areia, silte e argila) resultando no aparecimento de poros onde a água e o ar possam ser armazenados para que as plantas possam crescer.
- Ácidos húmicos e não-húmicos (componentes alifáticos hidrofóbicos), de minhocas e de hifas de fungos propiciam a formação e estabilidade de agregados (pequenos torrões). Os agregados do solo condicionam a infiltração e drenagem de água no solo, a aeração e cria um habitat para a biota do solo (fungos, bactérias e actinomicetos).
- Principalmente ácidos fúlvicos, aumentam a capacidade de troca de cátions do solo, propiciando maior capacidade de retenção de nutrientes (ex. cálcio, magnésio e potássio) evitando serem lixiviados e, ao mesmo tempo, podendo abastecer a planta através da água do solo.
- Ácido fúlvico e não-húmicos (ex. ácido cítrico) possibilitam diminuição da toxicidade de metais, como o alumínio, para as plantas.

A matéria orgânica, através:

- Do material que cobre a superfície do solo ("mulch") evita a evaporação e variação brusca de temperatura e o selamento ou encrostamento superficial causado pelo impacto da gota de chuva, evitando a formação de enxurrada e, assim, protegendo o solo contra a erosão causada pela chuva.
- De túneis construídos por térmitas do solo, minhocas e raízes mortas das plantas possibilitam maior drenagem de água e movimentação de calcário em profundidade.
- Da matéria macrorrgânica, contém grande quantidade de nitrogênio e enxôfre e, através de ácidos húmicos, ácido oxálico e málico, têm comprovada participação na disponibilização de fósforo para as plantas.
- De bactérias que se associam com raízes de plantas abastece as plantas com nutrientes, entre eles, o nitrogênio.
- De fungos que se associam com as raízes de plantas, melhora a eficiência da vegetação em absorver o fósforo presente no solo.
- De todos os seus componentes, contribui para a não ocorrência da mudança climática global ou "efeito estufa".

A destruição ou perturbação de um ecossistema interrompe os ciclos biológicos que mantém o equilíbrio entre as espécies e o meio. Assim, a sustentabilidade do sistema é de responsabilidade da matéria orgânica, que desempenha importante papel na reciclagem de nutrientes, no tamponamento do solo contra alterações bruscas de pH, na manutenção da estrutura e na adsorção e armazenamento de água (RESCK et al., 1992).

Fase Líquida:

Segundo KIEL (1979), a água do solo provém das chuvas ou irrigação e é assimilada através das raízes podendo infiltrar-se ou escorrer pela superfície. Da água que penetra no solo parte retorna à atmosfera pela evaporação do solo, ou pela transpiração das plantas (evapotranspiração) e o restante fica armazenado nos horizontes do solo ou se acumula nas camadas mais profundas na forma de lençol freático, dando origem às nascentes de pequenos rios.

A água, juntamente com os íons inorgânicos e orgânicos em solução, forma a solução do solo (ocupando os microporos ou poros pequenos do solo) sendo importante não somente como fonte de água para as plantas, mas também como fonte de nutrientes para serem absorvidos pelas raízes (as raízes absorvem os íons inorgânicos que estão na solução do solo) (BRADY, 1989).

Três forças atuam sobre a energia livre da água do solo. A água que chega poderá ser armazenada pelas forças de adesão ou atração entre as moléculas de água e as partículas de solo, ou seja, através do potencial matricial podendo ser perdida por lixiviação ou não ser absorvida pelo solo e ser perdida por erosão superficial devido ao potencial gravitacional, ou seja, o líquido tende a ser puxado para baixo. O potencial osmótico é concernente à presença de solutos no solo.

A composição do solo pode influir na capacidade de retenção da água. Em areia ou em um solo arenoso, ocorre infiltração mais rápida e pouca retenção da água devido ao espaço poroso (predomínio de macroporos), que permite a drenagem livre da água do solo. Esses solos são por natureza mais secos porque retêm pouca água. Eles são soltos, com menor tendência para a compactação do que os argilosos e fáceis de preparar. Já nos solos argilosos, existe maior retenção de água no solo devido à presença dos microporos que retém a água contra as forças da gravidade, porém esses solos podem ser facilmente compactados. Isto reduz o espaço poroso, o que limita o movimento do ar e da água através do solo, causando um grande escoamento superficial das águas da chuva (LOPES, 1989).

Algumas características dos solos (textura, porosidade) influenciam de diversas formas na quantidade de água, que será armazenada e aproveitada pelas plantas. A velocidade de infiltração da água e a retenção de umidade do solo são fatores diretamente dependentes destas características (LOPES, 1989).

KLAR (1984) comenta que a água funciona como um solvente dos nutrientes do solo e como meio de transporte destes nutrientes até a planta, e através da transpiração do vegetal, atua evitando o dessecamento das folhas, além de ter outras funções, como participar ativamente do metabolismo do vegetal e da composição e atividades dos microorganismos presentes no solo.

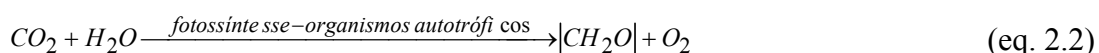
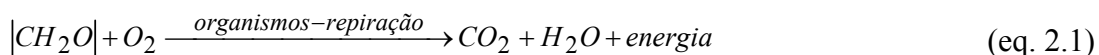
Fase Gasosa:

O espaço poroso do solo (macroporos) é ocupado ora por água ora por gases que se movimentam nos poros não ocupados por água, dessa forma, o teor e a composição do ar do solo é determinada pela relação solo-água (BUCKMAN & HARRY, 1976).

O ar do solo difere do ar atmosférico em algumas características químicas, apresentando teores mais baixos de oxigênio e mais altos de vapor de água e dióxido de carbono.

LUCHESE et al. (2001) comenta que a presença do ar no solo é importante, pois leva o O_2 para a respiração da biota e conseqüentemente mineralização da matéria orgânica, conforme equação 2.1, onde $|CH_2O|$ representa a matéria orgânica. A presença de CO_2 é também importante para os organismos autotróficos do solo, conforme a reação representada na equação 2.2, sendo assim um bom arejamento do solo que é indispensável para a respiração das raízes e organismos do solo. Em solos compactados, com baixa porosidade, ou em solos alagados, geram condições de anaerobiose (baixo potencial redox) que são toleradas apenas por algumas plantas e organismos.

Fatores como, difusão, temperatura, pressão e ventos contribuem para a renovação do ar no solo afim de que não ocorra excesso de CO_2 (BRADY, 1989).



- **Absorção de Nutrientes:**

Para que ocorra a absorção dos nutrientes pelas plantas, estes devem estar na solução do solo e serem transportados até a superfície da raiz ou se encontrarem na rota de crescimento das raízes. Diferentes mecanismos como difusão, fluxo de massa e interceptação radicular, são responsáveis pelo contato do íon-raiz.

De acordo com LARCHER (2000), a difusão é causada pelo movimento ao acaso dos íons em direção à raiz, de acordo com o gradiente de concentração gerado na superfície radicular pelo processo de absorção. O fluxo de massa está associado ao gradiente de potencial hídrico provocado pela absorção de água. Sendo assim, por

meio da concentração do íon na solução do solo e da taxa de transpiração da planta, quantifica-se a proporção transportada por esse mecanismo. A velocidade de transporte depende do teor de água no solo, da concentração do nutriente, da velocidade com que o nutriente é absorvido pela planta, da velocidade de difusão do nutriente na água, da temperatura, e de características do solo que influenciam na tortuosidade do percurso e a adsorção dos elementos na matriz. A velocidade de transporte, por exemplo, é grande para o nitrogênio, considerado como nutriente móvel, e pequena para o fósforo, nutriente imóvel no solo, e intermédia para o potássio.

As micorizas ou associação de raízes com fungos estendem o sistema radicular dos vegetais facilitando a absorção de fósforo. De igual modo a transpiração é importante para os nutrientes que entram em contato com a raiz principalmente por fluxo massa (nitrogênio, magnésio e enxofre). Uma vez absorvidos, a redistribuição dos nutrientes de um órgão para o outro se dá no sentido da fonte (órgãos maduros), para o dreno (órgão em crescimento) através do floema.

Os elementos minerais desempenham numerosas funções importantes nas células. Regulam a osmose e afetam a permeabilidade celular. Alguns servem como receptores de elétrons, como componentes estruturais das células e como fatores acessórios para os catalisadores ou como componentes estruturais de enzimas.

Nas plantas os elementos podem ter um papel estrutural, fazendo parte das moléculas que constituem o crescimento, ou regulatório, participando dos processos metabólicos. Em geral, os macronutrientes estão relacionados à formação das moléculas (estrutural) enquanto que os micronutrientes à ativação de certas enzimas (regulatório).

O nitrogênio e o fósforo, por exemplo, possuem forte papel estrutural fazendo parte dos nucleotídeos, os quais formam os ácidos nucleicos (DNA e RNA), além disso, o nitrogênio está presente nos aminoácidos que formam as proteínas e na molécula da clorofila.

As adaptações para conservação de nutrientes são importantes na interface serrapilheira-solo-raiz, os elementos químicos podem ser facilmente perdidos dos ecossistemas na água do solo (GOLLEY, 1983).

- **Decomposição e Ciclagem de Nutrientes**

Através da utilização do CO₂, luz, nutrientes minerais e água, as plantas conseguem se desenvolver e produzir matéria orgânica, a qual sustenta todos os animais presentes no planeta, através da teia trófica. Toda a matéria orgânica morta, como os cadáveres, restos e excretas dos animais e vegetais, é aproveitada por diversos organismos, especialmente, fungos e bactérias, denominados organismos decompositores.

A decomposição é um processo complexo, envolvendo processos bioquímicos e físicos (como fragmentação e lixiviação), no qual a matéria orgânica é transformada em substâncias inorgânicas (mais simples) tornam-se disponíveis novamente ao ambiente por meio de processos aeróbio e anaeróbio.

Através dos ciclos do nitrogênio, do fósforo, por exemplo, as bactérias decompõem a matéria morta em compostos amoniacais, nitritos e nitratos, fosfatos, os quais são utilizados novamente pelos produtores (plantas). Este processo é denominado mineralização, ou seja, o processo pelo qual elementos combinados em forma orgânica, provenientes de organismos vivos ou mortos, são reconvertidos em formas inorgânicas, para serem reutilizados pelas plantas.

A mineralização dos compostos orgânicos ocorre através da oxidação e metabolização dos mesmos pelos microorganismos. À medida que a decomposição se processa, vão se formando substâncias muito complexas de difícil utilização denominadas húmus (ou substâncias húmicas). Pode-se dizer que o húmus é a matéria orgânica do solo, um composto relativamente estável formado pelas substâncias mais resistentes do processo de decomposição, coloidal.

MACHADO (1999) menciona que quimicamente o húmus é predominantemente constituído de hidrocarbonetos aromáticos, aminoácidos e açúcares complexos (polissacarídeos). A decomposição viabiliza a ciclagem dos nutrientes, possibilitando o desenvolvimento e a manutenção da vida nos ecossistemas aquáticos e terrestres, portanto, um processo universal essencial. Um ecossistema estabilizado tem taxas de produção e decomposição equilibradas.

A taxa de decomposição do material vegetal é um importante caminho para se determinar o ciclo de nutrientes minerais, indicando a eficiência do sistema. A velocidade de decomposição desses materiais dependerá da composição dos tecidos,

da espécie utilizada e de condições ambientais. Tecidos ricos em material estrutural (celulose, hemicelulose e lignina) são mais resistentes à decomposição que tecidos mais pobres nesses materiais (HAAG, 1985). A decomposição de resíduos com concentração de N inferiores a 2% ou com uma relação C/N maior que 25 conduz inicialmente para uma imobilização de N mineral, enquanto materiais com concentração de N superiores a 2% ou com uma relação C/N menor que 25, libera o N mineral. De fato é conhecido que a concentração de N e a relação C/N são os principais fatores que determinam a habilidade dos resíduos das plantas para fornecer N (MYERS et al., 1994).

- **Nitrogênio e o Ciclo do Nitrogênio**

Os nutrientes minerais apresentam várias funções que são essenciais ao crescimento normal de plantas e animais. Esses nutrientes permanecem no sistema solo-planta-animal e são ciclados ou são perdidos pelos vários caminhos que compõem este sistema. Os nutrientes que são perdidos ou exportados de um compartimento continuam a ciclar dentro do sistema global e podem até mesmo retornar para o sistema de onde ele foi perdido.

Apesar de mais de 60 elementos já terem sido encontrados nos vegetais, somente pouco mais de uma dezena é realmente essencial para os mesmos. Um elemento é denominado essencial, quando as plantas não podem completar seu ciclo de vida na ausência do elemento; a função do elemento não pode ser substituída por outra substância e; o elemento está diretamente envolvido na função metabólica (MALAVOLTA, 1980).

Usando esse critério, têm-se considerado 16 elementos como essenciais para o crescimento das plantas superiores (tabela 2.1).

Tabela 2.1 Elementos considerados essenciais utilizados em quantidades relativamente grandes e pequenas.

Elementos essenciais utilizados em quantidades relativamente grandes	Elementos essenciais utilizados em quantidades relativamente pequenas
Origem: do ar e da água	Origem: dos sólidos do solo (micronutrientes)
Carbono	Ferro
Hidrogênio	Manganês
Oxigênio	Boro
Origem: dos sólidos do solo (macronutrientes)	Molibdênio
Nitrogênio: NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+	Cobre
Fósforo: H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}	Zinco
Potássio: K^+	Cloro
Sódio: Na^+	
Hidrogênio: H^+	
Magnésio: Mg^{2+} Cálcio: Ca^{2+}	
Alumínio: Al^{3+}	
Enxofre: SO_4^{2-}	

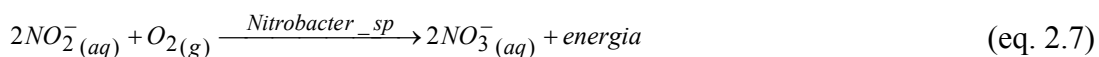
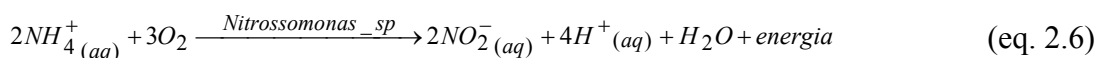
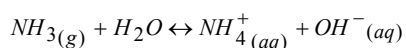
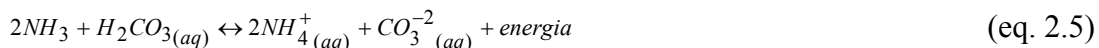
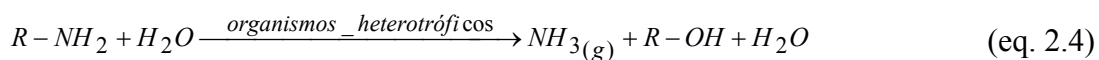
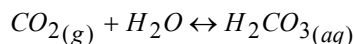
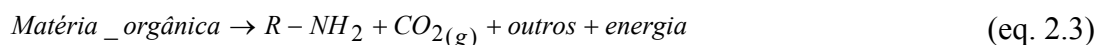
Fonte: BUCKMAN & BRADY, 1976.

As plantas requerem certo número de elementos além daqueles que obtém diretamente da atmosfera (carbono e oxigênio sob a forma de dióxido de carbono) e da água no solo (hidrogênio e oxigênio). O nitrogênio é o quarto elemento mais abundante nas plantas e aquele que mais freqüentemente limita o crescimento vegetal. O nitrogênio faz parte da estrutura de muitas moléculas orgânicas, como proteínas, clorofila e ácidos nucléicos.

LUCHESE et al. (2001) afirmam que no solo, a matéria orgânica é uma fonte importante de nitrogênio, por isso, seu ciclo encontra-se muito ligado à introdução de resíduos orgânicos, de origem animal ou vegetal, que ao serem decompostos liberam ânions de nitrogênio para o sistema solo.

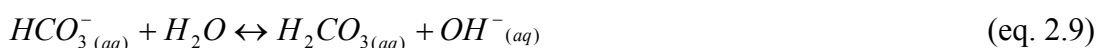
Quando da incorporação de material de origem orgânica ao solo, este sofre uma série de alterações, que fundamentalmente, encontra-se dependente de atividades de microorganismos. Estes processos alteram os resíduos orgânicos culminando com a formação de nitratos. O processo pelo qual o nitrogênio circula através das plantas e do solo pela ação de organismos vivos é conhecido como ciclo do nitrogênio, e envolve várias etapas que de maneira simplificada e pode-se

apresentar pelas seguintes equações,



Assim, a matéria orgânica formada fundamentalmente por proteínas, com processos enzimáticos é transformada em aminas ($R-NH_2$) e outros compostos, conforme a equação 2.3, entre eles se destaca a formação de gás carbônico, perdido em sua maior parte para a atmosfera na forma de $CO_{2(g)}$. As aminas formadas, quando o meio apresenta umidade adequada e presença de organismos heterotróficos, produz amônia gasosa (NH_3) como mostra a equação 2.4, a qual pode ser parcialmente perdida para a atmosfera.

Uma parte substancial da amônia formada, na presença de ácido carbônico (H_2CO_3) produz carbonato de amônio, mostrada na equação 2.5, que se apresenta solubilizado na solução do solo nas formas de amônio ($NH_4^+_{(aq)}$) e carbonato ($CO_3^{2-}_{(aq)}$). O carbonato, por ser um ânion de um ácido fraco ($H_2CO_{3(aq)}$), sofre hidrólise liberando para o meio hidroxilas (OH^-), conforme as reações representadas nas equações 2.8 e 2.9.



Portanto, tem-se um processo de neutralização do meio. O íon amônio formado até esta etapa, mostrada na equação 2.5, da mineralização do tecido vegetal ou animal, já pode servir como forma de suprir a necessidade de nitrogênio para as plantas, e

também é a forma em que o nitrogênio, encontra-se protegido contra as perdas por lixiviação com as águas. Se apresentar cargas positivas pode ficar absorvido na fase sólida do solo, e nas cargas negativas ocorre substituição isomórfica e dependente do pH, e é nesse processo de equilíbrio que ocorre disponibilização para as plantas.

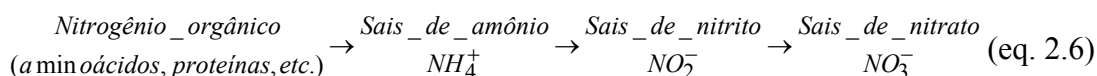
O amônio, por processos que envolvem atividade de bactérias, nesse caso as nitrossomonas e nitrosococus, é transformado em nitrito (NO_2^-) com liberação de hidrogênio ácido demonstrada na equação 2.6 (LUCHESE et al., 2001).

O nitrogênio disponível incorporado ao solo sob qualquer um dos processos discutidos anteriormente pode ser classificado como inorgânico e orgânico. Contudo, de 95 a 98% do nitrogênio existente no solo, em qualquer momento, acha-se na forma orgânica para que possa ser aproveitado pelas plantas necessita ser transformado em formas inorgânicas (NH_4^+ e NO_3^-).

LUCHESE et al. (2001) comenta que a retirada pode ser realizada pela:

- Lixiviação juntamente com água de irrigação ou de chuva;
- Perdas gasosas, caso da amônia, antes da formação do amônio;
- Perdas por erosão;
- Imobilização no sistema dos microorganismos presentes no solo, os quais levam este nitrogênio ao solo, após a morte e mineralização da matéria orgânica.

Resumindo,



• Fósforo e o Ciclo do Fósforo

Mesmo exigido em menor quantidade pelas plantas, o fósforo é o segundo elemento que mais freqüentemente limita o crescimento vegetal. Faz parte da estrutura de moléculas orgânicas como os nucleotídeos, os ácidos nucléicos e os fosfolípidios, e ativa muitas moléculas, envolve-se na estocagem de energia através da alta energia de ligação do fósforo, encontradas no ATP, por esta razão, é essencial para todas as transformações de energia.

Encontra-se no solo como componente da matéria orgânica, de argilas cristalinas e amorfas, adsorvido na matriz do solo e em soluções.

A matéria orgânica, como fonte de fósforo, encontra-se ligada, semelhante ao que ocorre com outros nutrientes, pelo processo de decomposição do tecido orgânico, quando na fase de mineralização, sendo liberado do tecido para o solo.

A distribuição do fósforo no solo engloba desde a sua participação na rede cristalina de alguns minerais até a forma orgânica estáveis, compondo a fração P-total (Pt) e esta é constituída de uma fração inorgânica (Pi) e outra orgânica (Po). A fração inorgânica do P no solo, encontra-se dividida em duas fases, que estão em equilíbrio dinâmico, entre elas:

a) Fase sólida: constituída por compostos onde os íons PO_4^{-3} estão combinados com cátions metálicos como Fe^{+3} , Al^{+3} , Ca^{+2} e na matéria orgânica.

b) Fase líquida: constituída pelos íons H_2PO_4^- dissolvidos na solução do solo.

Desta forma, o fósforo solúvel adicionado aos solos tende a passar rapidamente para formas menos solúveis. Tal processo, com conseqüente redução a disponibilidade de fósforo para as plantas, sendo genericamente conhecido como “retenção ou fixação” de fósforo.

Segundo PAUL & CLARK (1996), a disponibilidade de fósforo nos solos é afetada por uma série de reações físicas, químicas e bioquímicas, destacando-se a adsorção, imobilização e mineralização do fósforo orgânico.

HARRISON (1982) comenta que a mineralização de fósforo orgânico pode ser considerada como o principal fator no controle da disponibilidade de fósforo para as culturas, devido à mineralização ser realizada por enzimas (fosfatases) que são produzidas por plantas e principalmente por microrganismos, contribuindo para o aumento da concentração de fósforo inorgânico disponível às plantas, desde que não haja teores elevados de P inorgânico fornecido via fertilizante, pois, o mesmo inibe a produção de fosfatases.

FOX & COMERFORD (1992) garantem que a deficiência de fósforo está associada a um menor crescimento e baixo teor de glucídios de reserva. As folhas mais velhas ficam verdes escuras ou avermelhadas, devido à acumulação de antocianinas. A formação de micorrizas é importante para a aquisição de fósforo. Os fungos micorrízicos aumentam o volume de solo explorado pela planta, fornecendo água e nutrientes ao hospedeiro.

De acordo com HAAG (1985), em regiões tropicais o fósforo é tido como nutriente limitante, e esta limitação pode ser explicada parcialmente, pela dinâmica do fósforo no solo por meio da serrapilheira.

2.4. PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA

Entende-se, para efeito deste estudo, por serrapilheira, todo material vegetal bem como restos de animais e material fecal depositado sobre o solo (DIAS, 2000). O material depositado sobre o solo é também denominado de liteira, manta orgânica ou “litter”.

Com a queda de folhas, ramos, galhos, frutos, uma parte dos nutrientes retornam ao piso da floresta logo após a sua decomposição, e a outra parte torna-se disponível podendo ser reabsorvido completamente pelo ciclo biogeoquímico (POGGIANI, 1981). De acordo com COLE & RAPP (1980); JORDAN (1985) e PRICHETT (1978) esta é a principal via de transferência de carbono, nitrogênio, fósforo e cálcio ao solo da floresta.

Grande parte dos nutrientes dentro do ecossistema está presente na parte aérea da vegetação ocorrendo forte interação entre a vegetação e o solo, através da ciclagem de nutrientes, onde o acúmulo de serrapilheira exerce importante função, por ser a mais significativa forma de transferência de nutrientes (MARTINS & RODRIGUES, 1999).

BRAY & GORHAM (1964) comentam que os períodos de maior produção de serrapilheira são freqüentemente relacionados com a diminuição do fotoperíodo, que ocorre no outono, e/ou a períodos de déficit hídrico, que refletem uma estratégia de resistência a fatores de tensão ambiental, associados ao aproveitamento máximo dos recursos ambientais.

Fatores como, o clima, o solo, as características genéticas de espécies, a idade e a densidade de plantio, afetam a quantidade de resíduos que caem da parte aérea das plantas e formam a serrapilheira. De acordo com BRAY & GORHAM (1964), há certa relação entre a quantidade de serrapilheira depositada anualmente e a idade das árvores. Em geral, se observa um aumento na decomposição da serrapilheira até a

idade que as árvores atingem a maturidade ou fecham suas copas. Após esse ponto pode ocorrer um ligeiro decréscimo ou uma estabilização.

A produção anual de serrapilheira varia com o tipo de ecossistema, natural ou cultivado, e com estágio de desenvolvimento dos mesmos, além de construir o principal caminho para o retorno dos nutrientes ao solo.

Há um número considerável de estudo sobre a produção de serrapilheira, indicando quantidades médias anuais em torno de 6,43 t.ha⁻¹ em sistema agroflorestais; 6,52 t.ha⁻¹ em capoeiras e 8,90 t.ha⁻¹ em florestas primárias (MÜLLER, 1986; SOUZA & CASTILLA, 1996).

BRAY & GORHAM (1964) concluíram, em uma revisão de âmbito mundial, que as amostras de serrapilheira em florestas de diferentes zonas macro-ecológicas são compostas de 60 a 80% de folhas, 1 a 15% de frutos, 12 a 15% de ramos e de 1 a 25% por cascas de árvores.

POGGIANI et al. (1998) citam que cerca de 70% da serrapilheira produzida por um talhão florestal jovem é composta de folhas. O material de origem que forma a serrapilheira vai se acumulando ao solo, normalmente com maior intensidade durante o outono ou durante o período mais seco.

A conservação de nutrientes no ecossistema florestal pode envolver mecanismos de armazenamento de nutrientes nos componentes bióticos ou para controle do movimento de nutrientes entre os componentes do ecossistema.

Conforme VITOUSEK (1982), a eficiência com que uma floresta utiliza os nutrientes, é definida como a quantidade de matéria orgânica perdida das plantas ou permanentemente estocada dentro das mesmas, por unidade de nutrientes perdidos ou permanentemente estocado. Logo a eficiência de nutrientes pode ser calculada para a biomassa viva ou morta.

CARPANEZZI (1980) cita dois fatores responsáveis pelos teores de nutrientes de materiais orgânicos depositado no solo: as características de fertilidade química dos solos e as particularidades de nutrição mineral das espécies envolvidas, além da influência do regime de chuvas. Dessa forma, dentro de certos limites, as concentrações de nutrientes em tecidos vegetais vivos estão relacionadas diretamente aos teores de nutrientes do solo.

O acúmulo de serrapilheira no solo é regulado pela quantidade de material que cai da parte aérea das plantas e sua taxa de decomposição. Quanto a maior a quantidade do material que cai e quanto menor a sua velocidade de decomposição, maior será a camada de serrapilheira. Portanto, é de grande importância entender os mecanismos que regulam esse processo dinâmico de entrada de material e de saída ou transformação, que acontecem quase que simultaneamente.

2.5. CICLAGEM DE NUTRIENTES

O movimento dos nutrientes, essenciais à vida, como o nitrogênio, fósforo e outros dentro dos ecossistemas florestais pode ser adequadamente denominado de ciclagem de nutrientes. A ciclagem de nutrientes é um dos principais processos que sustenta a produção de material orgânico.

A quantidade de nutrientes num ecossistema florestal é representada pela somatória de nutrientes contida nos diferentes compartimentos da biomassa arbórea (folhas, ramos, casca, lenho e outros), vegetação do sub-bosque, serrapilheira e do solo (POGGIANI & SCHUMACHER, 2000).

Cada um dos macronutrientes possui características próprias de circulação em um ecossistema.

Segundo PRITCHETT (1987), na floresta podem ser esquematizadas duas formas de ciclos de nutrientes: um externo e outro interno. Ao ciclo externo, o autor denomina também de geoquímico e inclui as formas de transferências de nutrientes para dentro e para fora do ecossistema florestal; e ao ciclo interno de ciclo biológico, que abrange apenas a ciclagem interna de nutrientes no ecossistema florestal. Este ciclo, contudo, pode ainda ser subdividido em duas partes: o ciclo bioquímico que se refere à movimentação dos nutrientes dentro da própria árvore e o ciclo biogeoquímico que abrange a ciclagem dos nutrientes entre o solo e a biomassa arbórea. As principais formas de entrada de nutrientes nos ecossistemas ocorrem através da precipitação atmosférica, do intemperismo da rocha matriz e da adubação. Quanto à saída de nutrientes, pode-se citar a erosão, lixiviação e exportação maciça de nutrientes pela exploração da floresta. A remoção de nutrientes do sítio, em

função de exploração florestal, deve-se primeiramente à exportação dos nutrientes contidos na biomassa arbórea, e é proporcional à quantidade de fitomassa exportada.

Através da ciclagem interna (bioquímica), a maioria dos nutrientes (o cálcio é a exceção) é transportada dos tecidos velhos e fotossinteticamente inativos para os tecidos jovens e com grande atividade de crescimento (POGGIANI, 1981).

De acordo com SWITZER & NELSON (1973), até 40% do nitrogênio e do potássio são supridos pela reciclagem interna da árvore, sendo que a maior parte do fósforo seria também fornecida desta forma.

A vegetação devolve nutrientes ao solo através da circulação de matéria, que é representada pela deposição de serrapilheira, galhos grossos e troncos e pela morte de raízes, principalmente as finas (KLAR, 1984).

As taxas de ciclagem de nutrientes são controladas pelas fontes químicas na atmosfera e solo, pela energia para ativar os processos biológicos e o ambiente físico que influencia a disponibilidade de água, as taxas de evapotranspiração e a velocidade de atividade biológica; a estrutura da comunidade biológica e populações que também exerce influência nas taxas de ciclagem (GOLLEY, 1983).

Um talhão florestal absorve anualmente uma quantidade de nutrientes semelhante a que absorve uma cultura agrícola, entretanto, menos de um terço dos nutrientes absorvidos é imobilizado na parte interna do tronco enquanto o que remanescente volta ao reservatório do solo através da deposição de folhas, ramos, frutos e raízes, e a quantidade de elementos químicos acumulados no estágio inicial de crescimento pode ser de mais de 50% do total contido no ecossistema, incluindo solo e serrapilheira acumulada (POGGIANI, 1986).

Dentre os componentes da parte aérea da árvore, o maior teor de nutrientes é encontrado nas folhas, em seguida na casca, nos ramos, troncos e raízes (CURLIN, 1970). No tronco, a concentração de nutrientes é muito mais baixa do que nas folhas. Pode-se dizer que o lenho de um tronco de uma árvore adulta possui um teor de fósforo 70 vezes inferior ao das folhas. Para o nitrogênio, magnésio e potássio, esta proporção seria respectivamente 16, 12 e 5 vezes inferiores. O único elemento que se conserva no lenho com um teor aproximado das folhas é o cálcio, por ser um elemento fixo nos tecidos da árvore (DIVIGNEAUD & DENAEYER, 1973). Estas

proporções, entretanto, variam de forma mais ou menos acentuada, de acordo com a espécie, a idade da planta e as características do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi realizado em uma região que ocupa a parte noroeste do estado de Mato Grosso, localizada aproximadamente a 60 Km da cidade de Sinop, que dista 472 Km de Cuiabá, Brasil, cujo acesso é feito através da BR 163 (figura 3.1).

Partindo de Sinop, a área experimental localiza-se na Fazenda Maracaí entre as coordenadas 55°30'0,0" e 55°0'0,0" O, e 10°45'0,0" e 11°15'0,0" S. Representado um espaço típico amazônico; constituindo como um prolongamento das formações vegetais que ocorrem na Amazônia.

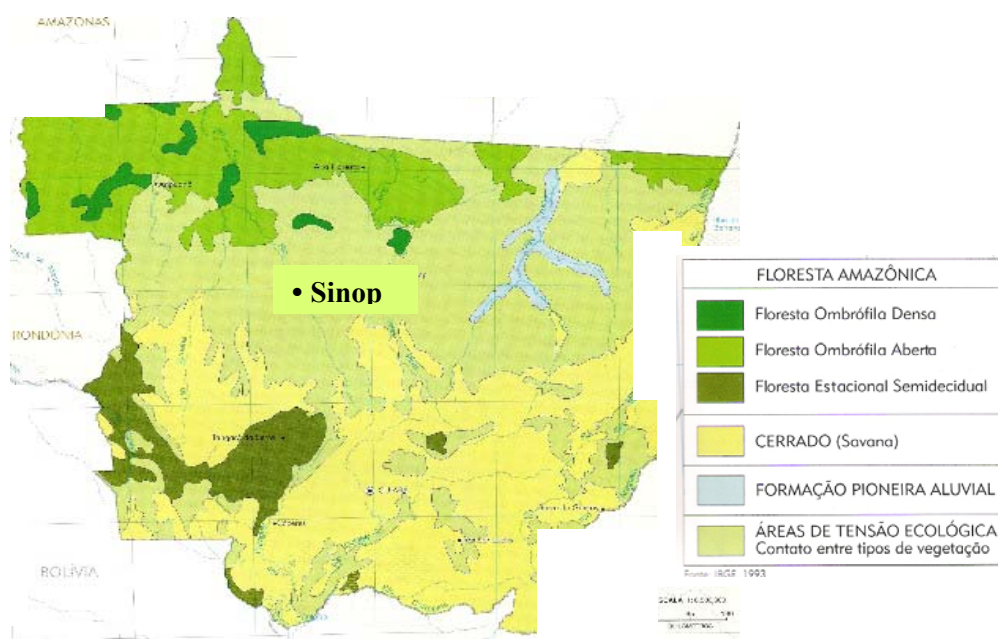


Figura 3.1 Localização da área em estudo.

Fonte: ANTUNES, 2001.

003.2. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

A área em estudo é constituída por uma transição entre a floresta tropical úmida e savana. A vegetação consiste de árvores características de floresta de transição em Mato Grosso. Constituí-se de vários estratos, sendo os mais elevados com árvores altas (15 a 20 m) cujos troncos são finos com copas médias, adaptadas às chuvas, típicas de climas quentes úmidos, com variedades de espécies (VOURLITIS et al., 2002). A vegetação consiste em espécies arbóreas, verde durante todo o ano, com espécies características da floresta de transição amazônica, como *Tovomita schomburgkii*, *Qualea paraensis* e *Brosimum lactescens*.

O solo é arenoso, permeável, classificado pelo Laboratório de Solos da UFMT como neossolo, quartzarênico órtico, tipo A, moderado e alíco (PRIANTE FILHO et al., 2004). Através de análise granulométrica, realizada no Laboratório de Biologia da UFMT, chegou-se a conclusão que, na profundidade de 50 cm, 83,4% corresponde a areia, 4,4% é silte e o restante argila. No mesmo laboratório, através de análise físico-química concluiu-se que o solo é extremamente ácido e pobre em nutrientes. O teor de carbono orgânico no solo da região está apresentado na tabela 3.1 (VALENTINI, 2004). VOURLITIS et al. (2002) comentam a semelhança entre o solo dessa região com os solos característicos da bacia Amazônica.

Tabela 3.1 pH e Carbono Orgânico do Solo.

Profundidade (cm)	pH _(H2O)	Carbono Orgânico (%)
2,5	4,2	2,05
5	4,2	1,79
15	4,3	1,46
25	4,7	1,43
30	4,7	1,42
70	4,7	0,87

Fonte: VALENTINI, 2004.

Na área em estudo foi instalada uma torre micrometeorológica (11°24'75"S: 55°19'50"O), pelo projeto LBA (Grande Experimento Biosfera Atmosfera na Amazônia) que fornece diversos dados entre eles, os meteorológicos da área em estudo. A figura 3.2 ilustra a torre micrometeorológica.

Quanto ao clima da região, predomina-se o clima quente úmido, com temperatura média anual de 24° C e pequena variação nas estações. A precipitação pluviométrica anual é de aproximadamente 2000 mm, com estações bem definidas, sendo a estação seca de maio a julho e a estação úmida de dezembro a janeiro. As características climatológicas da floresta de transição são similares à precipitação de floresta tropical e cerrado, entretanto, a região recebe aproximadamente 200 mm a menos de precipitação que a floresta tropical e 500 mm a mais que o cerrado (VOURLITIS et al., 2002).



Figura 3.2 Torre micrometeorológica no interior da floresta de transição Amazônia Cerrado.

Fonte: VALENTINI, 2004.

3.3. DADOS MICROMETEOROLÓGICOS

3.3.1. Temperatura do Ar e do Solo e Precipitação

No período de novembro/03 a outubro/04, a temperatura do ar na região da floresta de transição foi monitorada por meio de um sensor de umidade relativa (HMP-35, Vaisala, Inc., Helsinki, Finland) instalado na torre micrometeorológica na área em estudo.

Os dados de precipitação foram gerados por um pluviômetro tipo “monjolo” Mod. 2501 Sierra-Misco Inc. Berkeley, CA, EUA), instalado na torre micrometeorológica na área em estudo, no período de novembro/03 a abril/04. Entretanto, devido à problemas técnicos com o pluviômetro fez-se necessário, no período de 0maio/04 a outubro/04, utilizar os dados de precipitação fornecidos pela estação meteorológica da Fazenda Tupi localizada à aproximadamente 50 Km do local do experimento, que utiliza um pluviômetro tipo “tupy”.

A temperatura do solo foi medida mensalmente, em 20 pontos próximos à torre, por um sensor de temperatura (LI – 6000 - 09TC, LICOR, Lincoln, Neb, USA).

Os dados obtidos pela torre micrometeorológica foram coletados por um sistema de aquisição de dados, em um Data Logger (Campbell CR10X – Campbell Scientific), que realizava as leituras das medidas a cada 30 segundos e armazenava as médias de cada 30 minutos em módulos de memória.

3.3.2. Umidade do Solo

Nos meses de novembro e dezembro/03; fevereiro, abril, maio, julho, agosto e outubro/04 foram coletadas 7 amostras simples de solo a 20 cm de profundidade, em 7 pontos de coleta. As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos hermeticamente fechados e encaminhadas ao Laboratório de Biologia da Universidade Federal de Mato Grosso. No laboratório as amostras foram pesadas, em balança de precisão (peso úmido) e secas em estufa de circulação forçada a 80 °C até

alcançar peso constante. Por diferença entre os pesos obtidos (úmido e seco) foram obtidos os valores da umidade do solo.

3.4. ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA

Para estimar a produção de serrapilheira, foram instalados aleatoriamente próximo à torre meteorológica, 20 caixas fixas coletoras de serrapilheira (figura 3.3), de 1 m², numeradas de 1 a 20 e distanciadas entre si em aproximadamente 15 m. As caixas coletoras foram construídas com madeira formando um quadrado com as seguintes dimensões: comprimento e largura: 1 m; altura: 10 cm, mantidos a uma altura de 20 cm do solo. No interior de cada uma delas fixou-se uma tela de náilon com malha de 1 mm de modo a permitir o acúmulo mensal de serrapilheira e facilitar o escoamento de água.

A produção de serrapilheira depositada em cada caixa coletora, foi recolhida e acondicionada em sacos de papel kraft, identificada por número referente a cada caixa e encaminhadas para o Laboratório de Novos Materiais do Departamento de Física da Universidade Federal de Mato Grosso. No laboratório o material foi separado em frações: folhas, galhos finos (<1 cm de diâmetro) e miscelânea (cascas, flores, frutos, sementes e material não identificado). Após a lavagem, com água corrente e destilada, o mesmo era seco em estufa de circulação forçada a 60-70 °C até alcançar peso constante. Com os valores de peso seco estimou-se a produção média mensal das frações de serrapilheira por hectare.

A coleta do material interceptado ocorreu mensalmente, tendo início na segunda quinzena de novembro de 2003 e concluída na segunda quinzena de outubro de 2004, perfazendo um total de 12 meses de coleta.



Figura 3.3 Caixa coletora de serrapilheira.

Fonte: VALENTINI, 2004.

3.5. ESTIMATIVA DO ACÚMULO DE SERRAPILHEIRA NO SOLO

Mensalmente fizeram-se as coletas de serrapilheira acumulada sobre o solo da floresta de transição em estudo, em pontos situados nas proximidades das caixas coletoras de serrapilheira. Para proceder às coletas, colocou-se sobre o solo, um molde vazado, 25x25 cm, (figura 3.4) e com auxílio de uma espátula foram retiradas as amostras de serrapilheira. A serrapilheira era então recolhida e acondicionada em sacos de papel kraft, identificados por números das referidas caixas e encaminhadas para o Laboratório de Novos Materiais do Departamento de Física da Universidade Federal de Mato Grosso. Como serrapilheira considerou-se todo material vegetal composto por folhas, galhos finos (<1cm de diâmetro) e miscelânea (raízes, cascas, flores, frutos, sementes e material não identificado). No laboratório o material era separado em frações: folhas, galhos e miscelânea, lavada com água corrente e

destilada, seca em estufa de circulação forçada a 60-70 °C até alcançar peso constante. Após a secagem, as frações foram pesadas, em balança de precisão, sendo estimada posteriormente o acúmulo de serrapilheira por hectare.



Figura 3.4 Caixa coletora de serrapilheira acumulada.

3.6. ESTIMATIVA DE NITROGÊNIO E FÓSFORO TOTAL CONTIDO NO ACÚMULO DE SERRAPILHEIRA NO SOLO

Dos 20 pontos de coleta utilizados para estimativa da produção de serrapilheira, escolheu-se 8 pontos de coleta de amostras nos meses: novembro e dezembro/03, fevereiro, abril, maio, julho, agosto e outubro/04 a fim de que fossem submetidas às análises físico-químicas para estimar a quantidade de Nitrogênio e Fósforo Total no acúmulo de serrapilheira. As amostras, após identificação, eram encaminhadas ao Laboratório de Limnologia da UFMT.

No laboratório, as amostras, previamente secas, eram trituradas em moinho de facas de aço inoxidável, tipo Willey, e para reduzi-las em pó fino, eram peneiradas em uma peneira de 20 mesh, facilitando dessa forma a sua manipulação e assegurando a homogeneização. Em seguida eram submetidas às análises.

3.7. ESTIMATIVA DE NITROGÊNIO TOTAL E FÓSFORO DISPONÍVEL NO SOLO

Amostras deformadas foram coletadas no solo da floresta de transição nos meses de novembro e dezembro/03; fevereiro, abril, maio, julho, agosto e outubro/04, nas seguintes profundidades: 0-5; 5-15; 15-30 e 30-70 cm. Foram considerados os mesmos pontos selecionados para a estimativa de acúmulo de serrapilheira no solo. As amostras foram recolhidas e acondicionadas em sacolas de plástico, identificadas através de números, que correspondiam aos pontos próximos das caixas coletoras de serrapilheira, e encaminhadas ao Laboratório de Limnologia do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Mato Grosso.

No laboratório eram secas em estufa de circulação forçada a 60-70 °C até alcançar peso constante, passadas em peneira de 2,0 mm de malha, e a terra fina seca resultante de cada amostra foi acondicionada em recipiente de plástico e enviada a Empresa Agro-Análises em Cuiabá-MT, a fim de que fosse submetida às análises físico-químicas para estimativa da concentração de Nitrogênio Total e Fósforo Disponível. Conhecendo as concentrações de nutrientes de cada amostra foi possível estimar o estoque de nitrogênio e fósforo no solo. É oportuno considerar que, por opção, no mês de agosto, fez-se necessário, a retirada de amostra indeformada a fim de calcular a densidade do solo e a seguir prever o estoque de nitrogênio e fósforo por hectare.

3.8. METODOLOGIA UTILIZADA PARA ANÁLISE QUÍMICA

As análises físico-químicas de Nitrogênio Total e Fósforo Total foram realizadas no Laboratório de Limnologia do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Mato Grosso, segunda as metodologias sugeridas por ALLEN (1989) e ANDERSON (1996), onde resumidamente o procedimento seguia o seguinte esquema:

- Lavagem, secagem e moagem das amostras;
- Retirada de sub-amostras que eram pesadas;
- A elas sub-amostras, adiciona-se uma solução digestora, a base de sulfato de lítio, perhidrol e ácido sulfúrico;
- A mistura é aquecida a 360 °C, por 8 horas;
- Após a digestão, controla-se o pH entre 5 e 8; diluindo a solução; adiciona-se, em balões diferentes, reagentes específicos para o Nitrogênio Total e Fósforo.
- Prepara-se a curva de calibração ora para o Nitrogênio ora para o Fósforo e faz-se a leitura no espectrofotômetro a diferentes comprimentos de onda.

Esse mesmo procedimento foi efetuado com as amostras de solo.

3.9. ESTIMATIVA DA TAXA DE RETORNO

O coeficiente de retorno de serrapilheira (K_L) é definido como a produção de serrapilheira (LF) dividida pela média do acúmulo de serrapilheira no solo da floresta (FFM), equação (3.1),

$$K_L = \frac{LF}{FFM} \quad (\text{eq. 3.1})$$

O tempo de retorno (t , anos) é o recíproco da taxa de retorno, equação (3.2),

$$t = \frac{1}{K_L} \quad (\text{eq. 3.2})$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. MICROCLIMA FLORESTAL

Na tabela 4.1 encontram-se os dados de precipitação, temperatura do ar e do solo, e umidade do solo registrados no período de novembro/03 a outubro/04, na região em estudo.

Tabela 4.1 Valores da precipitação mensal, e valores médios da temperatura do ar e do solo e umidade do solo.

Data (mês/ano)	Precipitação (mm)	Temperatura do ar (°C)	Temperatura do solo (°C)	Umidade do solo (%)
Nov/03	120	25,50	24,10	15,00
Dez/03	365	25,54	24,88	15,05
Jan/04	462	24,48	26,81	11,06
Fev/04	453	24,31	26,32	20,03
Mar/04	135	25,25	26,92	17,27
Abr/04	138	25,53	26,91	14,50
Mai/04	16	24,71	25,82	8,89
Jun/04	0	23,56	24,54	6,50
Jul/04	19	22,79	24,24	7,46
Ago/04	19	23,55	23,94	6,73
Set/04	18	24,95	25,81	7,70
Out/04	51	25,57	26,39	15,63

A figura 4.1 mostra a distribuição da precipitação mensal acumulada e valores médios da umidade do solo nesse campo de estudo. A precipitação acumulada durante o período de observação foi de 1796 mm. Nota-se que nos meses

de dezembro/03, janeiro/04 e fevereiro/04 (estação úmido e início da estação úmido-seco) ocorreram os maiores índices de precipitações, representando 20,32; 25,72 e 25,22% respectivamente, da precipitação registrada no período em estudo. Os menores índices ocorreram entre maio e agosto (período seco), não apresentando precipitação no mês de junho/04.

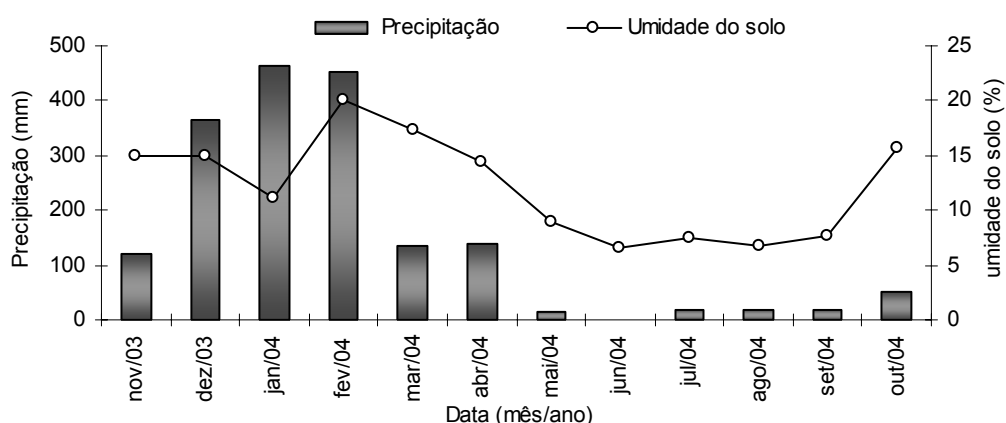


Figura 4.1 Precipitação mensal e valores médios de umidade do solo no período de novembro/03 a outubro/04.

A umidade do solo (%) na profundidade de 20 cm apresentou seu maior índice no mês de fevereiro com 20,03% e o menor em junho com 6,50% (tabela 4.1). A umidade do solo e a precipitação não apresentaram o mesmo comportamento sazonal. Vale ressaltar que os dados de precipitação foram gerados, de novembro/03 a junho/04 pela torre meteorológica na região em estudo e a partir de julho/04 obtidos pela estação meteorológica, Fazenda Tupi, a 60 km da área em estudo. Outro fator a ser considerado é que a umidade do solo foi obtida por medições instantâneas, nem sempre podendo representar um período mensal. Embora o maior índice de umidade do solo tenha sido registrado no mês de fevereiro (estação seca-úmida), fevereiro não foi o mês com maior índice de precipitação, fato que pode ser evidenciado na tabela 4.2 que mostra os dados de precipitação nas estações. Possivelmente o acúmulo de serrapilheira no solo na estação seca não tenha permitido um escoamento das águas da precipitação nos meses de início das chuvas,

já em fevereiro o solo pode ter se encontrado saturado e por isso apresentou um maior porcentagem de umidade do solo.

As temperaturas médias mensais do ar, apresentadas na tabela 4.1 e figura 4.2, confirmam a sazonalidade característica da região, com pouca variação durante os meses. A temperatura média, durante os 12 meses de estudo, foi de 24,65 °C.

Dentre os meses avaliados, a temperatura média máxima ocorreu no mês de outubro atingindo 25,57 °C. As temperaturas médias mínimas foram registradas no período de junho a agosto (estação seca) sendo julho o mês em que se observou a menor temperatura 22,79 °C.

A 20 cm de profundidade, a média anual de temperatura do solo foi de 25,56 °C próxima da temperatura média do ar. Conforme se observa na tabela 4.1 o máximo valor de temperatura média do solo ocorreu em março, atingindo 26,92 °C enquanto que o valor mínimo de temperatura média mensal foi de 23,94 °C, registrado no mês de julho. Observa-se na figura 4.2 que a temperatura média do solo, nessa profundidade, foi maior, na maioria dos meses avaliados, que a temperatura do ar, seguindo praticamente a mesma sazonalidade. SARRUGE & HAAG (1974) comentam que as coberturas do solo e a vegetação isolam o solo, evitando grandes amplitudes térmicas.

Tabela 4.2 Valores da precipitação por estação, e valores médios por estação da temperatura do ar e do solo e umidade do solo.

Estação	Precipitação (mm)	Temperatura do ar (°C)	Temperatura do solo (°C)	Umidade do solo (%)
Úmida	947	25,17±0,60	25,26±1,40	13,70±2,29
Úmida-seca	726	25,03±0,53	26,72±0,78	17,27±2,88
Seca	35	23,69±0,97	24,87±0,84	7,62±1,20
Seca-úmida	88	24,69±1,03	25,38±1,28	10,02±4,88

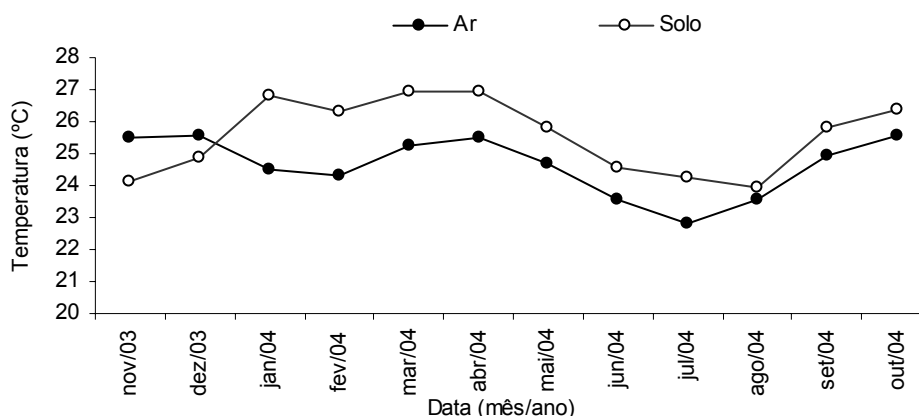


Figura 4.2 Temperatura média do ar e do solo no período de novembro/03 a outubro/04.

4.2. ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA

Estimou-se que para o período de estudo na floresta de transição, a produção anual de serrapilheira de $8,20 \text{ t.ha}^{-1}$. A tabela 4.3 e a figura 4.3 apresentam os dados mensais de produção de serrapilheira. A maior de produção de serrapilheira ocorreu no período de maio a setembro, variando respectivamente de $0,85 \pm 0,28$ a $1,12 \pm 0,42 \text{ t.ha}^{-1}$ (tabela 4.3).

A tabela 4.4 e a figura 4.4 apresentam as médias mensais, e a tabela 4.5 as porcentagens das frações da produção de serrapilheira por estações. Observou-se uma maior produção nas estações seca e seca-úmida correspondendo $2,67 \pm 0,54 \text{ t.ha}^{-1} \cdot \text{mês}^{-1}$ e $2,85 \pm 0,56 \text{ t.ha}^{-1} \cdot \text{mês}^{-1}$, respectivamente. A serrapilheira produzida, nesse período, correspondeu a 59 % do total anual e o restante, 41% se distribuíram ao longo do ano.

GOLLEY (1983) menciona que a maior produção de serrapilheira em regiões tropicais e subtropicais ocorre na transição entre as estações seca e úmida, concordando com o presente estudo.

Tabela 4.3 Produção mensal de serrapilheira em floresta de transição (folhas, galhos e miscelânea).

Data (mês/ano)	Frações da serrapilheira ($\text{t.ha}^{-1}.\text{mês}^{-1} \pm \text{SD}$)			
	Folhas	Galhos	Miscelânea	Total mensal
Nov/03	0,38±0,06	0,07±0,06	0,03±0,02	0,49±0,13
Dez/03	0,36±0,05	0,09±0,02	0,02±0,01	0,48±0,03
Jan/04	0,24±0,08	0,07±0,03	0,03±0,01	0,34±0,07
Fev/04	0,30±0,10	0,06±0,02	0,02±0,01	0,38±0,07
Mar/04	0,39±0,06	0,07±0,12	0,02±0,01	0,48±0,08
Abr/04	0,40±0,12	0,08±0,20	0,03±0,05	0,51±0,17
Mai/04	0,65±0,18	0,12±0,12	0,08±0,10	0,85±0,28
Jun/04	0,75±0,71	0,13±0,20	0,02±0,02	0,90±0,81
Jul/04	0,78±0,35	0,06±0,09	0,08±0,09	0,92±0,42
Ago/04	0,83±0,60	0,16±0,18	0,06±0,09	1,05±0,71
Set/04	0,73±0,31	0,24±0,23	0,16±0,14	1,12±0,42
Out/04	0,49±0,27	0,10±0,08	0,10±0,09	0,68±0,36
Total anual ($\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)	6,29	1,25	0,65	8,20

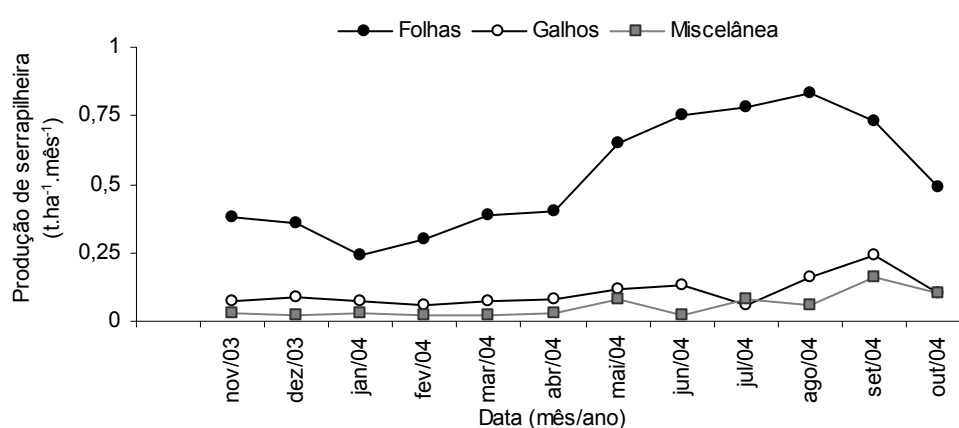


Figura 4.3 Média mensal da produção serrapilheira (folhas, galhos e miscelânea) no período de novembro/03 a outubro/04.

Tabela 4.4 Média mensal da produção de serrapilheira (folhas, galhos e miscelânea) em floresta de transição nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.

Data (mês/ano)	Frações da serrapilheira ($\text{t. ha}^{-1}.\text{mês}^{-1} \pm \text{SD}$)			
	Folhas	Galhos	Miscelânea	Total mensal
Úmida	0,99 $\pm$ 0,07	0,23 $\pm$ 0,13	0,08 $\pm$ 0,01	1,30 $\pm$ 0,10
Úmida-seca	1,09 $\pm$ 0,11	0,21 $\pm$ 0,05	0,07 $\pm$ 0,04	1,38 $\pm$ 0,07
Seca	2,17 $\pm$ 0,46	0,32 $\pm$ 0,14	0,18 $\pm$ 0,12	2,67 $\pm$ 0,54
Seca-úmida	2,04 $\pm$ 0,43	0,50 $\pm$ 0,18	0,32 $\pm$ 0,11	2,85 $\pm$ 0,56
Total anual ($\text{t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)	6,29	1,25	0,65	8,20

Tabela 4.5 Porcentagem da fração de serrapilheira (folhas, galhos e miscelânea) em floresta de transição nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.

Estação	Frações de serrapilheira (%)		
	Folhas	Galhos	Miscelânea
Úmida	76,15	17,69	6,15
Úmida-seca	79,00	15,22	5,07
Seca	81,27	11,99	6,74
Seca-úmida	71,58	17,54	11,23
Total médio (%)	77,09	15,61	7,30

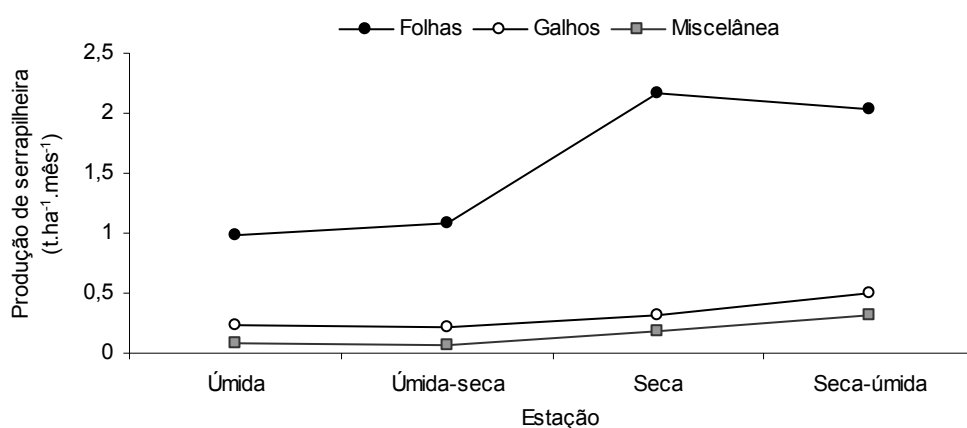


Figura 4.4 Média da produção de serrapilheira (folhas, galhos e miscelânea) nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.

Os valores estimados de produção anual de serrapilheira apresentaram-se inferiores aos valores apresentados em uma floresta de pinheiros ($14,20 \text{ t.ha}^{-1}$) (KAVAADIAS et al., 2001); em uma floresta úmida ($13,50$ a $27,00 \text{ t.ha}^{-1}$) (SWIFT et al., 1979); em uma floresta subtropical úmida de 7 e 16 anos, com produção de $11,90 \text{ t.ha}^{-1}$ e $17,49 \text{ t.ha}^{-1}$, respectivamente (ARUNACHALAM et al., 2003) e os valores apresentados no período seco foram similares aos encontrados numa floresta tropical úmida em Panamá (WIEDER & WRIGHT, 1995).

A composição da serrapilheira foi de folhas, galhos e miscelânea (flores, frutos, sementes e material não identificado) onde se verificou o predomínio de folhas em todas as estações, representando, numa média anual $77,09\%$ do total produzido seguido de galhos com $15,61\%$ e miscelânea com $7,3 \%$ (tabela 4.5).

A figura 4.5 apresenta a produção mensal da produção de folhas e do total de serrapilheira, onde se observou uma maior variabilidade entre os valores máximos e mínimos nas estações seca e seca-úmida, onde ocorreram maiores produções de serrapilheira.

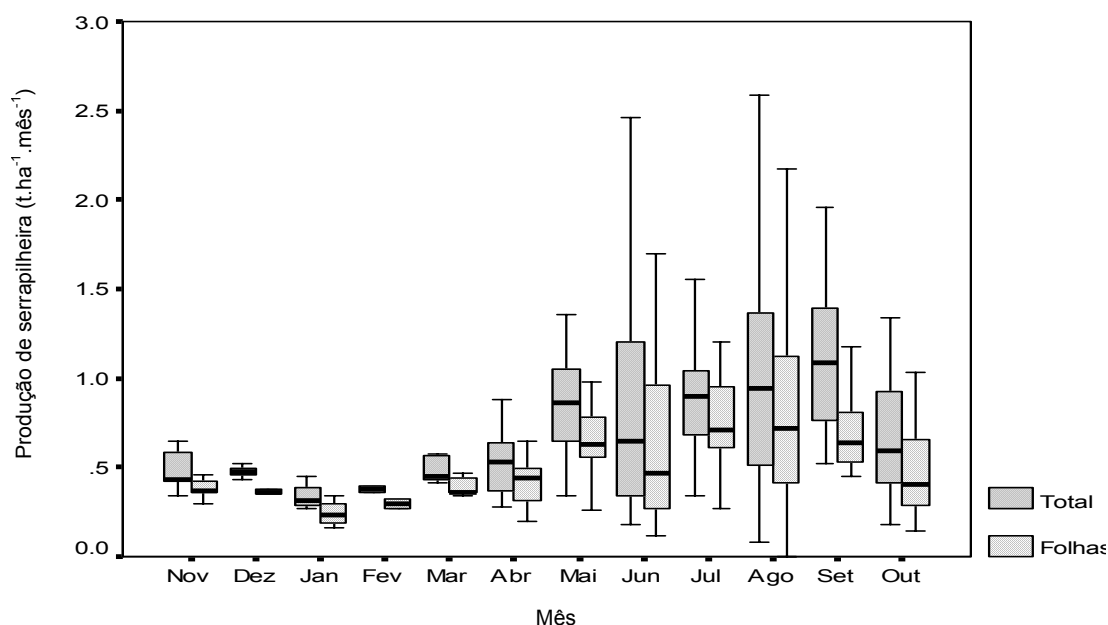


Figura 4.5 Produção mensal da produção de folhas e do total de serrapilheira.

A produção de serrapilheira vem sendo estudada em diversas florestas sob diferentes condições climáticas e tem demonstrado que os principais constituintes do material produzido são as folhas, correspondendo em média a 70% do material depositado (VIBRANS, 2000).

De maneira geral a queda de folhas nas regiões tropicais é contínua, mas apresentando um aumento na estação seca (MEGURO et al., 1979; GOLLEY, 1983) podendo ser uma resposta da vegetação ao estresse hídrico, já que a derrubada de folhas reduziria a perda de água por transpiração (DANTAS & PHILLIPON, 1989).

Durante as visitas de campo não foi perceptível a presença de ninhos, e foram avistadas somente aves de pequeno porte, o que pode ter contribuído para a baixa ocorrência de galhos e miscelânea no solo, pois as aves contribuem para a queda dessas frações. Na estação seca-úmida, percebe-se aumento nas frações de galhos e miscelânea, podendo ser em virtude da intensidade de ventos nesse período do ano e ao início da precipitação que através das águas “forçam” os componentes do dossel a caírem. Os valores encontrados foram concordantes com os de CARPANEZZI (1980) em estudos realizados em floresta Paulista, cuja contribuição da fração galhos na serrapilheira total depositada foi estimada em 12,41%.

Vários fatores climáticos interferem na quantidade de serrapilheira produzida nas florestas, entretanto, percebeu-se que as variáveis climáticas, entre elas a precipitação tem efeito marcante na queda de serrapilheira (figura 4.6). A análise de correlação entre produção de serrapilheira e precipitação apresentou correlação de Pearson significativamente negativa ($r = - 0,79$), indicando que houve uma menor deposição mensal de serrapilheira no período de maior precipitação.

Nota-se que na época de maior precipitação e temperatura (estação úmida) a produção diminuiu sensivelmente, sendo observada a menor produção nos meses de janeiro e fevereiro (tabela 4.3). Segundo POGGIANI (1985), na fase de elevação de temperatura, ao final da estação seca-úmida, haveria maior brotação e crescimento de folhas novas, à custa de nutrientes e hormônios antes translocados às folhas adultas. De acordo com STREET & OPIK (1974), durante a fase de desenvolvimento, quando diferentes órgãos entram em competição por nutrientes, o crescimento de um órgão pode resultar na senescência e morte de um outro. Dessa forma, o vegetal não

só derrubaria suas folhas devido ao suprimento hídrico, mas em função da translocação de compostos orgânicos e nutrientes das folhas adultas para as folhas novas em fase de crescimento, o que ocorreria na estação seca-úmida, época de maior renovação de folhas.

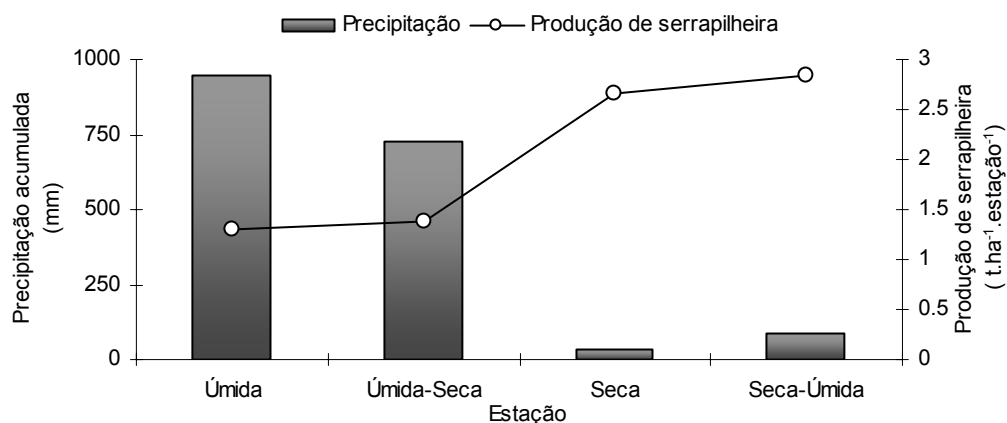


Figura 4.6 0 Produção de serrapilheira e precipitação nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.

A análise entre a produção de serrapilheira e a umidade do solo, no período de estudo, resultou em uma relação estatística linear altamente significativa ao nível de significância de 5%, demonstrada na figura 4.7 mostrando também, que a produção de serrapilheira é inversamente proporcional a umidade do solo. Constatou-se fraca correlação entre a produção de serrapilheira e a temperatura mensal do ar e do solo.

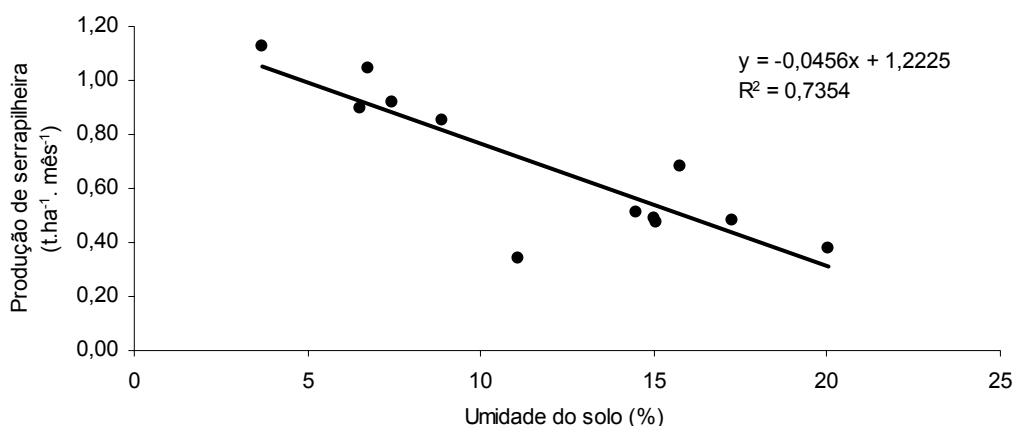


Figura 4.7 Relação entre produção de serrapilheira ($\text{t.ha}^{-1}.\text{mês}^{-1}$) e umidade do solo (%).

0

4.3. ACÚMULO DE SERRAPILHEIRA NO SOLO

A tabela 4.6 e figura 4.8 apresentam as frações do acúmulo de serrapilheira no solo nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.

O acúmulo de serrapilheira, durante o período de estudo, foi estimado em $58,63 \text{ t.ha}^{-1}$, variando mensalmente de $3,38$ a $6,16 \text{ t.ha}^{-1}$. Os dados foram concordantes aos apresentados em uma floresta subtropical ($2,9$ a $5,4 \text{ t.ha}^{-1}$) (LODHIYAL & LODHIYAL, 2003). O acúmulo de serrapilheira esteve constituído de 72,60% de folhas, 19,08% de galhos e 8,30 % de miscelânea.

Observou-se que o maior acúmulo de serrapilheira ocorreu durante as estações seca e seca-úmida. O baixo índice de precipitação e temperatura média do ar e do solo nesse período pode ter interferido na atividade bacteriana dos microorganismos decompositores, diminuindo a velocidade de decomposição.

Segundo PRITCHETT (1987), uma das características mais peculiares em uma floresta é a formação de uma camada de detritos sobre o solo. A quantidade de detritos acumulados sobre o solo florestal depende do balanço entre a produção e a decomposição da serrapilheira.

Tabela 4.6 Acúmulo de serrapilheira no solo (folhas, galhos e miscelânea) nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca- úmida.

Estação	Frações de serrapilheira (t.ha ⁻¹ ± SD)			
	Folhas	Galhos	Miscelânea	Total
Úmida	9,29±3,11	2,95±1,02	1,48±0,50	13,72±4,59
Úmida-seca	8,51±0,56	1,80±0,17	1,23±0,06	11,54±0,42
Seca	10,93±0,44	3,73±0,35	1,45±0,43	16,11±0,99
Seca-úmida	13,84±0,56	2,71±0,12	0,71±0,12	17,26±0,30
Total anual (t. ha ⁻¹)	42,57	11,19	4,87	58,63

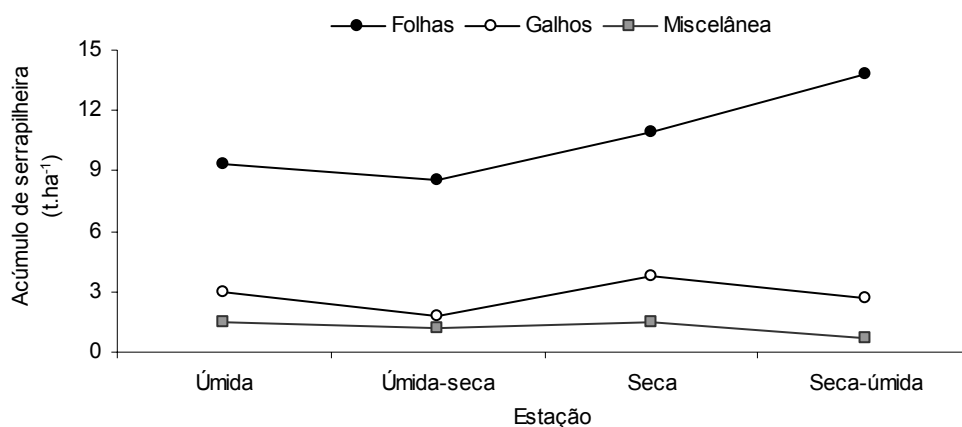


Figura 4.8 Acúmulo de serrapilheira no solo (folhas, galhos e miscelânea) nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca- úmida.

Os fatores meteorológicos podem interferir na ação dos microorganismos decompositores do solo, e conseqüentemente no acúmulo de serrapilheira sobre ele, tornou-se necessário verificar, estatisticamente, algumas variáveis que poderiam explicar tal comportamento, entretanto, o que se observou que a correlação entre temperatura do solo e o acúmulo de serrapilheira foi muito fraca. A correlação entre o acúmulo de serrapilheira e a temperatura média do ar apresentou $r = -0,49$ e com a umidade do solo $r = -0,58$, indicando uma correlação fraca entre as variáveis.

A figura 4.9 apresenta a relação entre o acúmulo de serrapilheira e a umidade do solo por meio de uma equação exponencial, onde pode-se perceber que a medida

em que se aumenta a umidade do solo diminui o acúmulo de serrapilheira, porém, o fator de correlação ($R^2=0,4097$) é considerado muito fraco, indicando possivelmente a influência de outros fatores, como ventos fortes e animais que derrubaram as frações (folhas, galhos e miscelânea) das árvores, provocando aumento no acúmulo de serrapilheira durante as diferentes estações o ano.

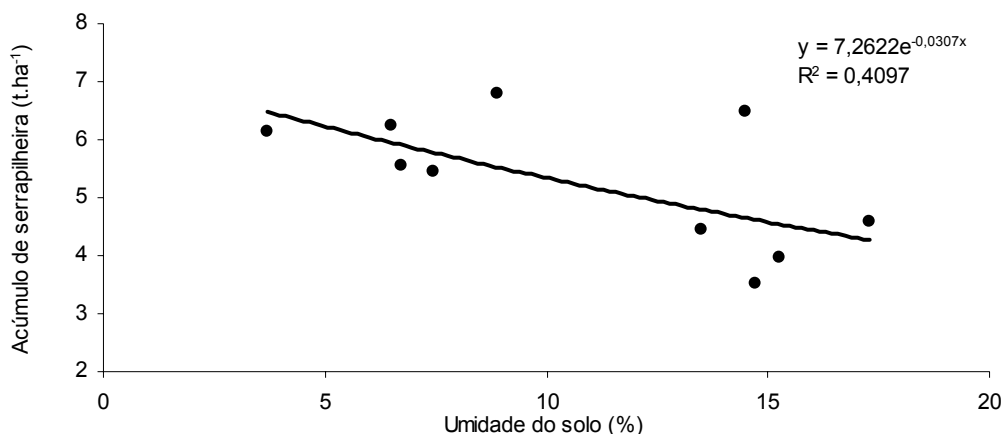


Figura 4.9 Relação entre acúmulo de serrapilheira no solo e umidade do solo.

4.4. TAXA DE RETORNO DE SERRAPILHEIRA

A taxa de retorno (K_L) estimada para o período em estudo foi de $1,67 \text{ a}^{-1}$. Na mesma floresta de transição em estudo, SANCHES et al. (2005) encontraram valores de K_L de $0,87$ e $1,35 \text{ a}^{-1}$ para 2002 e 2003. A natureza e magnitude das estações climáticas podem interferir na produção de serrapilheira, acúmulo de serrapilheira no solo, valores de retorno e de decomposição de serrapilheira, podendo ser consideravelmente diferentes de ano em ano (WIEDER & WRIGHT, 1995). Para floresta subtropical foram encontrados valores de $1,26$ a $1,33 \text{ a}^{-1}$, com idade de floresta de 5 a 15 anos (LODHIYAL & LODHIYAL, 2003), para floresta tropical úmida $1,87 \text{ a}^{-1}$ (WIEDER & WRIGHT, 1995), e similares a estudos realizados em florestas tropicais (PROCTOR, 1987). O tempo de retorno definido como $t=1/K_L$ foi de $0,59 \text{ a}$, valores inferiores aos encontrados em floresta subtropical ($1,26$ a $1,33 \text{ a}^{-1}$) (LODHIYAL & LODHIYAL, 2003). De acordo com PAGANO (1989), altos valores para K sugerem um rápido reaproveitamento de nutrientes por parte da vegetação.

4.5. ESTIMATIVA DE NITROGÊNIO E FÓSFORO NO ACÚMULO DE SERRAPILHEIRA NO SOLO

Os teores médios mensais de Nitrogênio Total (N) e Fósforo Total (P) para as diferentes frações formadoras do acúmulo de serrapilheira no solo estão apresentadas nas tabelas 4.7 e 4.8, respectivamente.

Tabela 4.7 Teores médios mensais de Nitrogênio Total no acúmulo de serrapilheira no solo.

Data (mês/ano)	Nitrogênio Total (g.Kg ⁻¹ ± SD)			
	Folhas	Galhos	Miscelânea	Total Médio
Nov/03	20,24±1,31	15,74 ±0,65	18,34±2,33	18,11
Dez/03	16,29±1,59	12,74±1,22	16,00±1,54	15,01
Fev/04	15,49±0,94	12,40±1,13	15,94±1,76	14,61
Abr/04	18,83±1,08	12,65±1,45	16,63±1,82	16,03
Mai/04	22,78±1,13	18,20±1,67	23,04±0,74	21,34
Jul/04	20,31±1,44	15,15±1,96	18,71±1,16	18,06
Ago/04	21,21±1,79	14,29±1,46	18,20±1,96	16,10
Out/04	20,07±1,61	16,46±2,41	19,67±1,42	18,73
Média anual	19,40 ±2,45	14,70±2,07	18,32±2,34	

Tabela 4.8 Teores médios mensais de Fósforo Total no acúmulo de serrapilheira no solo.

Data (mês/ano)	Fósforo Total (g.Kg ⁻¹ ± SD)			
	Folhas	Galhos	Miscelânea	Total Médio
Nov/03	0,92±0,07	0,80±0,10	0,90±0,12	0,87
Dez/03	0,94±0,25	0,80±0,25	1,01±0,23	0,92
Fev/04	0,98±0,26	0,71±0,23	0,91±0,22	0,87
Abr/04	1,15±0,18	0,79±0,15	1,03±0,36	0,99
Mai/04	1,16±0,12	0,83±0,15	1,06±0,27	1,02
Jul/04	0,90±0,26	0,70±0,26	1,01±0,04	0,87
Ago/04	0,86±0,17	0,66±0,21	0,90±0,27	0,81
Out/04	1,12±0,26	0,86±0,17	1,09±0,12	1,02
Média anual	1,00±0,12	0,77±0,07	0,99±0,08	

As tabelas 4.9 e 4.10 apresentam respectivamente os teores médios de Nitrogênio e Fósforo para as diferentes frações no acúmulo de serrapilheira no solo por estação.

Tabela 4.9 Teores médios de Nitrogênio Total no acúmulo de serrapilheira nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.

Estação	Nitrogênio Total (g.Kg ⁻¹ ± SD)			
	Folhas	Galhos	Miscelânea	Média
Úmida	18,26±2,48	14,24±1,82	17,17±2,26	16,56±2,08
Úmida-seca	17,16±1,98	12,53±1,26	16,28±1,77	16,72±0,62
Seca	21,54±1,78	16,68±2,36	20,88±2,42	21,21± 0,47
Seca- úmida	21,79±1,75	16,25±2,79	20,08±2,55	20,94±1,21
Média anual	19,69±2,33	14,93±1,92	18,60±2,22	17,24±2,39

Tabela 4.10 Teores médios de Fósforo Total no acúmulo de serrapilheira nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.

Estação	Fósforo Total (g.Kg ⁻¹ ± SD)			
	Folhas	Galhos	Miscelânea	Média
Úmida	0,99±0,25	0,76±0,21	0,99±0,23	0,91±0,13
Úmida-seca	0,99±0,42	0,73±0,25	0,83±0,48	0,85±0,13
Seca	0,88±0,32	0,77±0,21	1,03±0,19	0,89±0,13
Seca- úmida	0,99±0,25	0,76±0,21	0,99±0,23	0,91±0,10
Média anual	0,93±0,08	0,77±0,03	0,95±0,09	0,92±0,08

A dinâmica nutricional da floresta pode ser influenciada pela serrapilheira, uma vez que as concentrações dos elementos variam significativamente durante o ano, como constatado nas tabelas 4.7 e 4.8. As figuras 4.10 e 4.11 apresentam a contribuição de nitrogênio total e fósforo total nas frações do acúmulo de serrapilheira no solo nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida, onde observou-se a variação no teor dos elementos na serrapilheira e a sua variação na biomassa depositada no solo continuamente.

A fração constituída pela miscelânea apresentou teores de Nitrogênio Total (18,32 g.Kg⁻¹) e Fósforo Total (0,99 g.Kg⁻¹), muito próximo aos encontrados na

fração folhas com Nitrogênio Total ($19,40 \text{ g.Kg}^{-1}$) e Fósforo Total ($1,00 \text{ g.Kg}^{-1}$). A fração miscelânea apresenta altas concentrações de nitrogênio e fósforo devido a sua composição, incluindo vegetais não identificados, cascas de árvores e galhos, excrementos de aves, flores e frutos, etc. (CUNHA et al., 1993).

Os valores apresentados no presente estudo corresponderam aos estimados por KOONIG et al. (2002) e VIBRANS et al. (2000), quanto ao teor de nitrogênio e fósforo na serrapilheira de um fragmento de floresta estacional decidual no município de Santa Maria, RS e fragmento de Floresta de Ombrófila Densa em Blumenau, SC.

Nas frações folhas, galhos e miscelânea observam-se teores de nitrogênio significativamente mais altos nos meses de maio a outubro (estação seca e início da estação seca-úmida) períodos marcados pelos baixos índices de precipitação. LARCHER (2000) comenta que a passagem de água do estado líquido para o gasoso é o processo em que há perda de energia na forma de calor (calor latente de vaporização). Esse efeito resfriante poderia ser benéfico para o vegetal. No entanto, no período em que o vegetal mais necessitaria deste efeito há um fechamento estomático e a transpiração cessa. O fechamento estomático ocorre, porque a absorção de água do solo pelas raízes não possui a mesma intensidade da transpiração pelas folhas, provocando um déficit hídrico, acarretando com isso, aumento na concentração dos nutrientes. Analisando a tabela 4.1 que se refere aos dados das variáveis climáticas da região, percebe-se que os referidos meses, apresentam os menores índices de precipitação e umidade (período de estiagem).

A quantidade de nitrogênio e fósforo encontrados no acúmulo de serrapilheira no solo, nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida estão apresentadas nas tabelas nas diferentes estações em Kg.ha^{-1} podem ser observadas nas tabelas 4.11, 4.12, 4.13 e 4.14, respectivamente.

Pode-se observar que os teores de Nitrogênio Total foram menores nas estações úmida e úmida-seca, sendo concordantes aos resultados encontrados por VANDEN (1974) que comenta que elementos considerados mais móveis, como o nitrogênio, apresentam teores em geral mais baixos na estação de chuvas, quando se dá o maior crescimento.

Nesse período de transição, entre as estações úmida e seca, a estimativa de nitrogênio total foi de 359 Kg.ha⁻¹ e 16,46 Kg.ha⁻¹ para o fósforo na serrapilheira acumulada.

No acúmulo de serrapilheira, a fração de folhas foi mais significativa que as frações de galhos e miscelânea, contribuindo com uma maior porcentagem de N e P. Observou-se que na estação úmida-seca, as folhas apresentaram uma maior contribuição de 83,80 % e 83,23%, de Nitrogênio e Fósforo Total, respectivamente, em contrapartida, nessa mesma estação, observou-se uma menor contribuição da fração miscelânea, de 3,96% e 4,25% de Nitrogênio e Fósforo Total, respectivamente.

A relação N:P nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida foi de aproximadamente 18:1, 20:1, 24:1 e 23:1, respectivamente. Em geral o padrão de concentração de nutrientes nas frações de serrapilheira não é uma característica igual para todas as plantas, existindo uma ampla variação (VALLE-ARANGO, 2003).

Tabela 4.11 Contribuição da fração do acúmulo de serrapilheira (kg.ha⁻¹) na quantidade total e percentual de nitrogênio e fósforo devolvido no solo na estação úmida.

Estação úmida					
Fração de serrapilheira	Acúmulo de serrapilheira (t.ha ⁻¹)	N (kg.ha ⁻¹)	N (%)	P (kg.ha ⁻¹)	P (%)
Folhas	9,29	169,64	71,56	7,80	67,53
Galhos	2,95	42,01	17,72	2,36	20,43
Miscelânea	1,48	25,41	10,72	1,39	12,03
Total	13,72	237,06	-	11,55	-

Tabela 4.12 Contribuição da fração do acúmulo de serrapilheira (kg.ha^{-1}) na quantidade total e percentual de nitrogênio e fósforo devolvido no solo na estação seca-úmida.

Estação úmida-seca					
Fração de serrapilheira	Acúmulo de serrapilheira (t.ha^{-1})	N (kg.ha^{-1})	N (%)	P (kg.ha^{-1})	P (%)
Folhas	8,51	146,03	77,42	8,42	78,25
Galhos	1,80	22,55	11,96	1,31	12,17
Miscelânea	1,23	20,02	10,61	1,02	9,48
Total	11,54	188,61	-	10,76	-

Tabela 4.13 Contribuição da fração do acúmulo de serrapilheira (kg.ha^{-1}) na quantidade total e percentual de nitrogênio e fósforo devolvido no solo na estação seca.

Estação seca					
Fração de serrapilheira	Acúmulo de serrapilheira (t.ha^{-1})	N (kg.ha^{-1})	N (%)	P (kg.ha^{-1})	P (%)
Folhas	10,93	235,43	71,79	9,62	68,81
Galhos	3,73	62,22	18,97	2,87	20,53
Miscelânea	1,45	30,28	9,23	1,49	10,66
Total	16,11	327,92	-	13,98	-

Tabela 4.14 Contribuição das frações do acúmulo de serrapilheira (kg.ha^{-1}) na quantidade total e percentual de nitrogênio e fósforo devolvido no solo na estação seca-úmida.

Estação seca-úmida					
Fração de serrapilheira	Acúmulo de serrapilheira (t.ha^{-1})	N (kg.ha^{-1})	N (%)	P (kg.ha^{-1})	P (%)
Folhas	13,84	301,57	83,80	13,70	83,23
Galhos	2,71	44,04	12,24	2,06	12,52
Miscelânea	0,71	14,26	3,96	0,70	4,25
Total	17,26	359,87	-	16,46	-

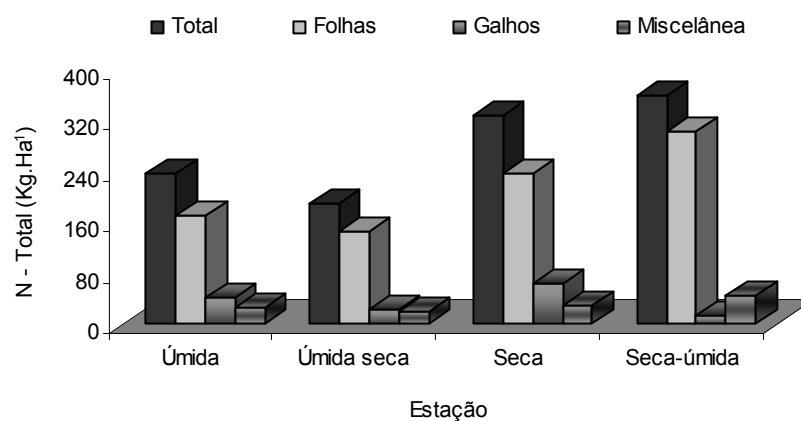


Figura 4.10 Contribuição de Nitrogênio Total nas frações do acúmulo de serrapilheira (total, folhas, galhos e miscelânea) nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.

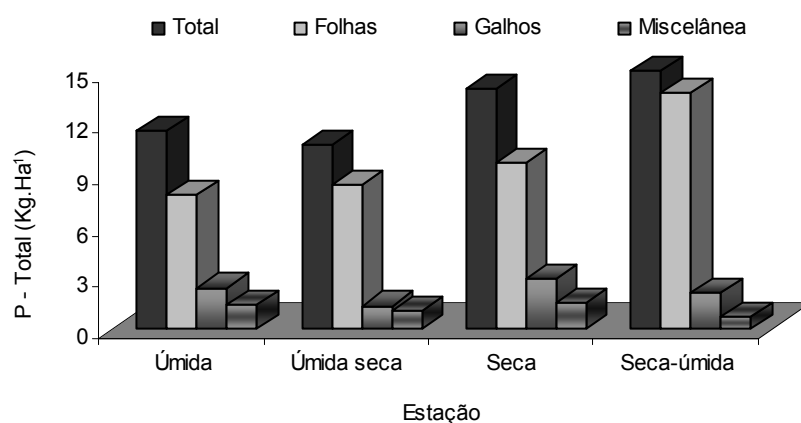


Figura 4.11 Contribuição de Fósforo Total nas frações do acúmulo de serrapilheira (total, folhas, galhos e miscelânea) nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.

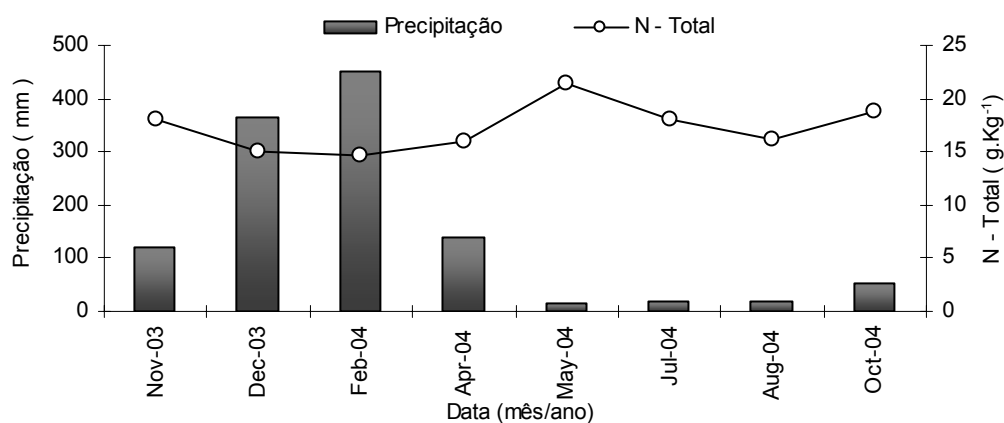


Figura 4.12 Contribuição mensal de nitrogênio total no acúmulo de serrapilheira no solo e precipitação mensal.

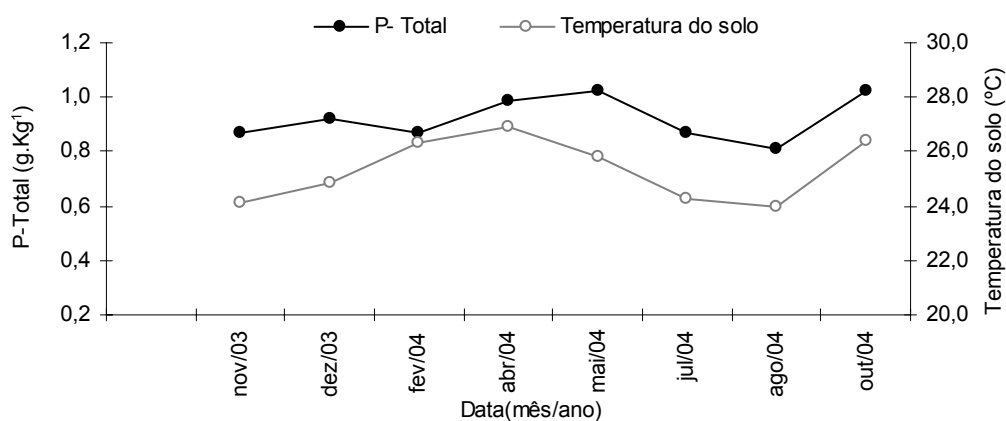


Figura 4.13 Contribuição mensal de fósforo total no acúmulo de serrapilheira no solo e temperatura média do solo.

A figura 4.14 apresenta o teor mensal de nitrogênio total no acúmulo de serrapilheira no solo em função da precipitação mensal. Percebe-se que a concentração de nitrogênio total no acúmulo de serrapilheira foi mais acentuada no em ocasiões onde houveram menores valores de precipitação apresentando uma forte correlação ($r = -0,73$), ao nível de significância de 5%. Ao relacionar o teor médio mensal de Nitrogênio Total com as médias de umidade do solo e temperatura do ar e do solo não se observaram correlações significativas.

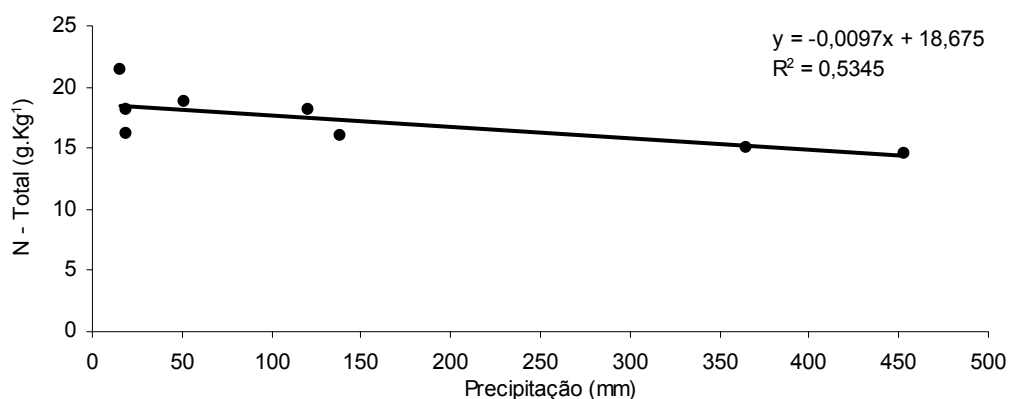


Figura 4.14 Relação entre teor de médio mensal de nitrogênio total e precipitação mensal.

A figura 4.15 apresenta a relação entre o teor médio mensal de Fósforo Total com a média da temperatura do solo, onde obteve-se uma correlação significativa ($r=0,740$) ao nível de significância de 5%. Ao relacionar o teor médio mensal de Fósforo Total com a média da temperatura do ar obteve-se uma correlação regular ($r=0,59$), e com relação a precipitação apresentou correlação fracamente negativa ($r=-0,18$) e fracamente positiva ($r=0,18$) com umidade do solo.

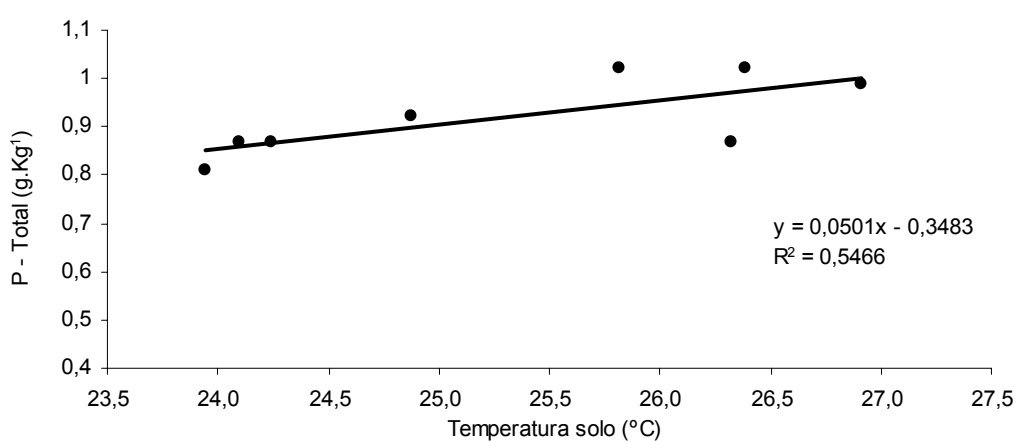


Figura 4.15 Relação entre concentração média fósforo total (g.Kg^{-1}) e temperatura média do solo ($^{\circ}\text{C}$).

4.6. ESTIMATIVA DE NITROGÊNIO E FÓSFORO NO SOLO

Nas tabelas 4.15 e 4.16 e as figuras 4.18 e 4.19 são apresentados respectivamente os teores médios mensais de Nitrogênio Total e Fósforo Disponível contidos nas profundidades do solo 0-5; 5-15; 15-30 e 30-70 cm no período de novembro de 2003 a outubro de 2004.

Observou-se que a maior quantidade de nutrientes encontra-se na camada superficial do solo (0-5) cm diminuindo gradativamente a medida que aumenta com a profundidade. Em média, a concentração de Nitrogênio Total, seguindo a ordem crescente de profundidade, foi de 2,80; 1,28; 0,87 e 0,61 g.Kg⁻¹ enquanto que os teores de Fósforo Disponível atingiram na mesma ordem de profundidade valores de 9,43; 1,31; 0,9 e 0,6 mg.Kg⁻¹. Os resultados desta pesquisa foram semelhantes aos estimados por MAGALHÃES et al. (1999) sobre conteúdo de nitrogênio e fósforo, nas primeiras camadas do solo na região de Manaus que estimou valores de 2,1 e 1,8 g.Kg⁻¹ para Nitrogênio Total e 6,0 e 5,0 mg.Kg⁻¹ para o Fósforo.

Tabela 4.15 Teores médios mensais de Nitrogênio Total nas profundidades 0-5; 5-15; 15-30 e 30-70 cm do solo.

Data (mês/ano)	Nitrogênio Total (g.Kg ⁻¹ ±SD)			
	Profundidade (cm)			
	0-5	5-15	15-30	30-70
Nov/03	3,06±0,09	1,24±0,18	0,87±0,07	0,63±0,10
Dez/03	2,54±0,57	1,32±0,39	0,87±0,14	0,58±0,18
Fev/04	2,97±0,42	1,12±0,31	0,44±0,27	0,13±0,06
Abr/04	3,44±0,98	1,50±0,40	0,64±0,30	0,21±0,25
Mai/04	2,72±0,19	1,28±0,24	0,71±0,26	0,42±0,27
Jul/04	2,61±0,42	1,15±0,66	0,80±0,13	0,57±0,18
Ago/04	3,08±0,28	1,30±0,07	0,94±0,17	0,50±0,19
Out/04	2,85±0,21	1,34±0,27	0,98±0,11	0,60±0,04

Tabela 4.16 Teores médios mensais de Fósforo Disponível nas profundidades 0-5; 5-15; 15-30 e 30-70 cm do solo.

Data (mês/ano)	Fósforo Disponível (mg.Kg ⁻¹ ±SD)			
	Profundidade (cm)			
	0-5	5-15	15-30	30-70
Nov/03	9,60±1,22	1,24±0,18	0,89±0,09	0,63±0,10
Dez/03	9,26±0,96	1,38±0,35	0,91±0,11	0,58±0,18
Fev/04	7,88±0,88	1,18±0,18	0,66±0,22	0,38±0,18
Abr/04	10,92±0,54	1,58±0,23	0,78±0,04	0,54±0,05
Mai/04	9,50±0,29	1,38±0,23	0,87±0,12	0,64±0,13
Jul/04	8,12±1,70	1,25±0,20	0,80±0,13	0,57±0,18
Ago/04	7,62±0,83	1,30±0,07	0,94±0,17	0,70±0,14
Out/04	9,54±1,14	1,48±0,23	0,93±0,06	0,72±0,04

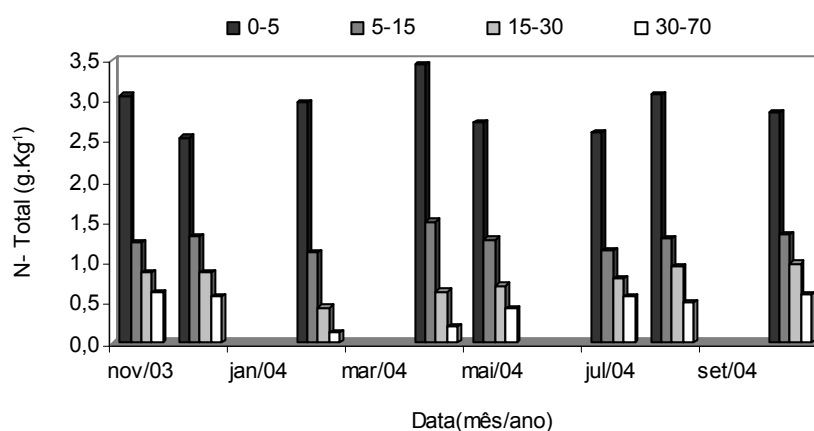


Figura 4.18 Médias dos teores de Nitrogênio Total (g.Kg⁻¹) nas profundidades do solo 0-5; 5-15; 15-30; 30-70 cm no período de novembro de 2003 a outubro de 2004.

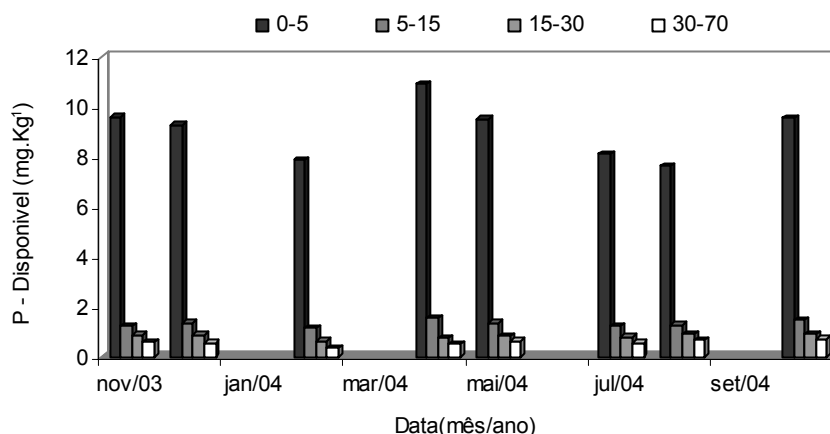


Figura 4.19 Médias dos teores de Fósforo Disponível (mg.Kg^{-1}) nas profundidades do solo 0-5; 5-15; 15-30; 30-70 cm no período de novembro de 2003 a outubro de 2004.

As tabelas 4.17 e 4.18 apresentam os teores médios de Nitrogênio Total e Fósforo Disponível no solo nas profundidades 0-5; 5-15; 15-30; 30-70cm nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida. Os maiores teores de nitrogênio nas camadas superficiais de solo estão ligadas à maior intensidade dos processos de mineralização. A camada de solo de 0-10 cm de profundidade há uma grande atividade de raízes finas, devido à maior disponibilidade de nutrientes no solo e ao processo de ciclagem biogeoquímica via deposição e mineralização de serrapilheira (GONÇALVES, 1994) e a camada de solo que apresenta teores de nutrientes mais relacionados ao crescimento das árvores é de 0-20 cm de profundidade, onde ocorrem com mais profundidade os processos de absorção pelas raízes (GONÇALVES et al., 1997).

Obteve-se uma correlação significativa, no nível de 5% dos teores de nitrogênio total nas diferentes camadas de profundidade do solo com a temperatura do solo. Entretanto não houve significativa relação com a temperatura do ar, precipitação, e umidade do solo.

Obteve-se uma correlação forte, no nível de 5% dos teores de fósforo disponível nas diferentes camadas de profundidade do solo com a temperatura do solo e do ar, e umidade do solo. Em geral, a temperatura do ar sob a cobertura florestal, tem comportamento similar ao da radiação solar, que fornece energia para o

ar, a vegetação e a superfície do solo. A temperatura afeta todos os processos que ocorrem nos solos, desde o crescimento radicular à atividade dos microrganismos (PARDÉ, 1974).

Tabela 4.17 Teores médios de Nitrogênio Total nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida, nas profundidades 0-5; 5-15; 15-30; 30-70cm.

Estação	Nitrogênio Total (g.Kg ⁻¹ ±SD)			
	Profundidade (cm)			
	0-5	5-15	15-30	30-70
Úmida	2,80±0,47	1,28±0,29	0,87±0,11	0,61±0,18
Úmida-seca	3,21±0,48	1,31±0,31	0,54±0,23	0,17±0,11
Seca	2,60±0,33	1,22±0,47	0,75±0,20	0,49±0,23
Seca-úmida	2,97±0,60	1,32±0,19	0,98±0,14	0,61±0,17

Tabela 4.18 Teores médios de Fósforo Disponível nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida, nas profundidades 0-5; 5-15; 15-30; 30-70cm.

Estação	Fósforo Disponível (mg.Kg ⁻¹ ±SD)			
	Profundidade (cm)			
	0-5	5-15	15-30	30-70
Úmida	9,43±1,05	1,31±0,27	0,90±0,10	0,60±0,14
Úmida-seca	9,40±1,74	1,38±0,29	0,72±0,16	0,46±0,15
Seca	8,81±1,36	1,31±0,21	0,83±0,12	0,60±0,15
Seca-úmida	8,58±1,38	1,39±0,19	0,93±0,12	0,71±0,10

A queda da serrapilheira é a principal via de transferência de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e cálcio para o solo (COLE & RAPP, 1980). A tabela 4.21 apresenta os teores médios de Nitrogênio Total disponibilizado à camada de profundidade 0-5 cm. Relacionando a quantidade de nutrientes encontrados na serrapilheira acumulada nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida com a quantidade de nitrogênio total encontrado no solo, percebe-se, respectivamente que 16,90; 19,19; 12,26 e 14,18 % foi disponibilizado para o solo.

Na estação úmida-seca houve um maior porcentagem de N-Total disponibilizado ao solo. Nas estações úmida e úmida-seca a atividade de microorganismos decompositores na serrapilheira são favorecidos e há uma maior ciclagem de nutrientes ao solo por meio das águas de precipitação interna e escoamento pelos troncos, entretanto na estação úmida o volume do acúmulo de serrapilheira não permitiu o escoamento total das águas de precipitação, isso pode ser constatado pelo maior índice umidade do solo na estação úmida-seca (fevereiro a abril/03). O maior escoamento das águas na estação úmida-seca favoreceu maior teor de nutrientes no solo disponibilizando-os para o sistema radicular da vegetação da floresta de transição.

Observou-se que em média anual 15,64% do N-Total estimado no acúmulo de serrapilheira foi disponibilizado para a camada superficial do solo, enquanto que 2,48% do N-Total para a camada de profundidade 30-70 cm do solo.

Tabela 4.19 Porcentagem de nitrogênio total disponibilizado ao solo via serrapilheira acumulada nas estações úmida, úmida-seca, seca e seca-úmida.

Estação	Acúmulo de serrapilheira (g.Kg⁻¹)	Nitrogênio Total (g.Kg⁻¹)	Nitrogênio Disponibilizado (%)
Úmida	16,56	2,80	16,90
Úmida-seca	16,72	3,21	19,19
Seca	21,21	2,60	12,26
Seca-úmida	20,94	2,97	14,18

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho visou avaliar a deposição de nutrientes por meio do acúmulo de serrapilheira no solo de uma floresta de transição Amazônia Cerrado a no estado de Mato Grosso durante o período de novembro de 2003 a outubro de 2004.

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, verificou-se que,

- A produção e o acúmulo de serrapilheira apresentaram sazonalidade com maiores valores nas estações seca e seca-úmida, com predomínio da fração foliar durante todas as estações, sendo influenciados principalmente pela umidade do solo.
- O teor médio anual de Nitrogênio Total e Fósforo Total no acúmulo de serrapilheira no solo foi de $17,25 \pm 2,40 \text{ g.Kg}^{-1}$ e $0,92 \pm 0,08 \text{ g.Kg}^{-1}$, respectivamente. Sendo disponibilizado na camada superficial (0-5cm) do solo 15,63% e na camada mais profunda (30-70cm) 2,48%.
- Os teores de Nitrogênio Total e Fósforo Disponível apresentaram em média 53,74% e 76,35% na profundidade 0-5cm do solo, respectivamente.
- Houveram correlações significativas entre o Nitrogênio Total com a temperatura do solo na camada superficial do mesmo, e correlação significativa do Fósforo Disponível com a umidade do solo.

A partir das considerações finais realizadas, sugere-se que:

- Seja dada continuidade ao trabalho iniciado com a presente dissertação de mestrado, podendo avaliar a variabilidade anual na floresta de transição.

- Seja realizada análise foliar das espécies mais representativas da floresta, observando posição da copa; idades fisiológicas das folhas; teores de nutrientes em diferentes estações do ano.
- Seja realizado estudo da microbiologia da camada orgânica.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, S.E. **Chemical Analysis of Ecological Materials**. London. Ed. Blackwell. 1989, 531p.

ANDERSON, J.M. **Tropical Soil Biology and Fertility**. A Handboock of methods. Eynsham-UK. Ed. Information Press. 1996, 420p.

ANTUNES, C. **Aprendendo com os mapas**. São Paulo, SP. Editora Scipione, 2000, 97p.

ARUACHALAM, A.; ARUACHALAM, K.M.; PANDEY, H.N. Fine litter fall and nutrient dynamies during forest regrowth in the humid subtropies of north-eastem India. **Forest Ecology and Management**. p.209-219, 1998.

ASHTON, P.M.S Some measurements of the microclimate within a Sri Lankan tropical rain forest. **Agricultural and Forest Meteorology**. v.9, p.217-235, 1992.

BRADY, J.R. **Litter production in forest of the woord**. v.2, p.101-103, 1989.

BRADY, J.R.; GORHAM, E. Litter production in forest of the world. **Advances in Ecological Research**. v.2, p.101-157, 1964.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 1989, 250p.

BUCKMAN, H.O.; BRADY, N.C. **Natureza e Propriedade dos Solos**. 4.ed. São Paulo: Freitas Bastos. 1976, 594p.

CALLEGARI-JACQUES, S.M. **Bioestatística** (princípios e aplicação). São Paulo-SP. Artmed Editora. 2003, 255p.

CAPOZOLLI, U. Floresta ameniza o aquecimento da Terra. **Scientific American Brasil**. ano 1, n.6, p.32-35, 2002.

CARPANEZZI, A.A. **Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de eucaliptos no interior do estado de São Paulo**. 1980.115p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1980.

CARVALHO, C.G. **Mato Grosso: Terra e Povo**. Cuiabá: Edições Verdepantanal. 2001, p.208.

COLE, D.W.; HAPP, M. Elemental cycling in forest ecosystems. In: REICHELE, D.E. **Dynamic properties of forest ecosystems**. Cambridge: University Press. p 341-409, 1980.

COUTINHO, L.M.O. O cerrado e a ecologia do fogo. **Ciência Hoje**. v.12., n.68. p.22-30, 1990.

COUTINHO, L.M.O. **O conceito do cerrado**. Revista Brasileira de Botânica. São Paulo. p.17-24, 1979.

CUNHA, G. C. **Aspecto da ciclagem de nutrientes em diferentes fases sucessionais de uma Floresta Estacional do Rio Grande do Sul**. 1997. 86 p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

CURLIN, J.W. Nutrient cycling as a factor in site productivity and forest fertilization. In: YOUNBERG, C.T.; DAVEY, C.B. **Tree Growth and Forest Soils**. Oregon State University Press. p. 313 -325, 1970.

DANTAS, M.; PHILLIPSON, J. Litter fall and litter nutrient content in primary and secondary Amazonian “terra firme” rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.5, p.27- 36, 1989.

DIAS Jr., M.S. **Compactação do solo. Tópicos em Ciências do Solo**. v.1, p.53-94, 2000.

DIVIGNEAUD, P.; DENAEYER DE SMET, S. Biological recycling of minerals in temperate deciduous forest. In: REICHLE, D. E. D. **Analyses of temperate Forest Ecosystem**. New York: Springer – Verlag,. p. 199-225. 1973.

FABRIS, L.F. **Coletânea geográfica passeando por Mato Grosso**. Cuiabá, MT. Secretária de Cuiabá. 2001, 108p.

FEMA, 1997. In: FABRIS, L. F. **Coletânea geográfica passeando por Mato Grosso**. Cuiabá, MT. Secretária de Cuiabá. 2001,108p.

FOX, T.R; COMERFORD, N.B. Rhizosphere phosphatase activity and phosphatase hydrolyzable organic phosphorus In two forested spodosols. **Soil Biology & Biochemistry**. v.24, p.579-583, 1992.

GOLLEY, F.B. **Ciclagem de nutrientes em ecossistema de floresta tropical úmida**, EPU. Ed.da Universidade de São Paulo (tradução de Eurípedes Malavolta). 1983.

GONÇALVES, J.L.M. **Características do sistema radicular de absorção de Eucalyptus grandis sob diferentes condições edáficas**. 1994. 84p. Tese (Livre Docência) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

GONÇALVES, J.L.M.; POGGIANI, F.; STAPE, J.L.; SERRANO, M.I.P.; MELLO, S.L.M.; MENDES, K.C.F.S.; JORGE, L.A.C. **Efeito de prática de cultivo mínimo e intensivo do solo sobre ciclagem de nutrientes, fertilidade do solo, configuração do sistema radicular e nutrição mineral de povoamentos de Eucalyptus grandis**. Piracicaba, 1997. 94p.

HAAG, H.P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144 p.

HARRISON, A.F. Labile organic phosphorus mineralization In relationship to soil properties. **Soil Biology & Biochemistry**, v.14, p.343-351, 1982.

HEIRICH & HERGT (1990). Decomposição dos Ecossistemas. AFUBRA. Disponível em: www.Ambiente.com.br . Acesso em 14. Abr. 2004.

IBAMA, 1999. In. ANNA, L. S. Desmatamento cresce em Mato Grosso. **Folha de São Paulo**. 06-abril, 2004, p.13.

IBGE 2003. In LENTINI, M; VERÍSSIMO, A; SOBRAL, L. Fatos Florestais da Amazônia 2003. Belém. Imazon. 2003, 110p.

IMAZON, 1999. In LENTINI, M; VERÍSSIMO, A; SOBRAL, L. Fatos Florestais da Amazônia 2003. Belém. Imazon. 2003, 110p.

INPE, 2003. In. ANNA, L. S. Desmatamento cresce em Mato Grosso. **Folha de São Paulo**. 06-abril, 2004, p.13.

JACOBS, M. **The tropical rain florest – a first encounter**. Berlin: Spriner- Verlag, 1988, 295p.

JORDAN, C.F. **An Amazonian Rain Florest**. v.2, Paris. UNESCO, 1998.

KAVAVADIAS, V.A.; ALIFRAGES, D.; BROFAS, G. Litter fall, litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in northern Greece. **Forest Ecology and Management**. 144, p. 113- 127, 2001.

KIEHL, E.J.; **Manual de edafologia: relações solo – planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.

KLAR, A.E. **A água no sistema solo – planta – atmosfera**. São Paulo: Nobel, 1984.

KOLM, L. **Ciclagem de nutrientes e Variações do Microclima em Plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden Manejadas através de Desbastes Progressivos**. 2001. Dissertação (Mestrado).Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo. Piracicaba.

KOONIG, F.G.; BRUN, E. J.; SCHUMACHER, M.V.; LONGHI,S.J. Devolução de nutrientes via serrapilheira em um fragmento de floresta de Santa Maria, RS. **Brasil Florestal**, n.74,p.45 a 52, 2002.

LARCHER,W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, SP. Rima Editora. 2000, 531p.

LEMOES, R.C.; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3 ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996.

LENTINI, M; VERISSÍMO, A; SOBRAL, L. **Fatos Florestais da Amazônia 2003**. Belém. Imazon. 2003, 110p.

LODHIYAL, N.; LODHIYAL, L.S. Biomass and net primary productivity of Bhabar Shisham forest in central Himalaya, India. **Forest Ecology and Management**. 176, p. 217-235, 2003.

LOPES, A.S. **Manual de Fertilidade do Solo**. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989.

LUCHESI, E. B; FAVERO, L.O.B; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo**. 1ª ed. Rio de Janeiro, RJ. Freitas Bastos Editora. 2001, 182p.

LUIZÃO, F.J. **Ecological studies in contrasting forest types in central Amazonian**.1995, 288p. Thesis Ph.D- University of Stirling, 1995.

MACHADO, P. L. A. In: Húmus da terra? Afinal, o que é e para que serve? Disponível em sac@cnps.embrapa.br Acesso em 26. Set. 04.

MAGALHÃES, L.M.S.; BLUM, W. B.H.; Concentração e Distribuição de nutrientes nas folhas de espécies florestais, na Amazônia Ocidental. **Floresta e Ambiente**. n.1, v.6, p. 127-137, 1999.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres. 1980, 251p.

MARTINS, S.V.; RODRIGUES, R.R. Produção de serrapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no Município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v.2, n.3, p 405-412, 1999.

MERGURO, M; VINUEZA, G.N. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária. São Paulo. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, v.22, n.1, p.9-16, 1979.

MONIZ, A.C. **Elementos de pedologia**. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 1975.

MULLER, A.A. **Produção de liteira e retorno de fósforo, potássio, cálcio e magnésio ao solo em agrossistema de cacau e em regeneração natural**. 1986. 72p. Dissertação (Mestrado). INPA/FUA, Manaus, 1986.

MYERS, R. J. K.; PALM, C.A.; CUEVAS, E.; et al. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In: **The Biological Management of Tropical Soil Fertility**, p.81-116.1994.

MYERS, R.J. K.; PALM, C.A.; CUEVAS, E.; et al. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In: **The Biological Management of Tropical Soil Fertility**, p.81-116, 1994.

PAGANO, S.N. Nutrientes minerais no folheto produzido em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.49, n.3, p.41-47, 1989.

PARDÉ, J. Le microclimate em Forest. In: PESSON, P. Ed. **Ecologie Forestière**. Paris: Guather- Villas, 1974, p. 1-19.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil Microbiology and Biochemistry**. California: Academic Press. 1996, 340p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI. L.R.; SENTELHAD, P. C. Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002, 478.

PIAIA, I.I. **Geografia de Mato Grosso**. Cuiabá. EDUNIC, 1997, 191p.

POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes e manutenção da produtividade da floresta plantada. In: PENEDO, W. R. Ed, **Gaseificação da madeira e carvão vegetal**. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de MG/ CEFETEC, 1981. 1v. (Série de Publicações Técnicas, v.4).

POGGIANI, F. **Ciclagem de nutrientes em ecossistema de plantações de Eucalyptus e Pinus**. Implicação silviculturais. Piracicaba, 1985. 229 Tese (Livre Docência). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo.

POGGIANI, F. **Produção de biomassa e balanço nutricional em plantações de eucalyptus e pinheiros**. Implicações silviculturais. Piracicaba: ESALQ, DCF, 1986, 20p.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. Atmospheric inputs compared with nutrient removed by harvesting from Eucalyptus plantation: implications for sustainability. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, 1997. **Anais**. Colombo: EMBRABA/CNPQ, 1997. v.4, p. 68-74.

POGGIANI, F.; STAPE, J.L.; GONÇALVES, J.L.M. Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais. **Série Técnica IPEF**. v. 12, n.31, p. 33-44, 1998.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M.V. Ciclagem de nutrientes em floresta nativa. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENRDETTI, V. **Ed. Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba : IPEF, 2000, cap. 10, p.287-308.

PRIANTE FILHO, N.; HAYASHI, M.M.S.; NOGUEIRA, J.S.; CAMPELO JR, J. H.; NUNES, P.C.; SANCHES,L.; COUTO, E.G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER,J.L.; MIRANDA, E.J.; PRIANTE, P.C.; PEREIRA, L.C.; BIUDES, M.S.; FRITZEN, C. L.; LACERDA M.; SULI, G.S.; SHIRAIWA, S.; SILVEIRA, M.; VORLITIS, G.L. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southem Amazon basin during the wet-dry season transition. **Global Change Biology**. v10, p 863-876, 2004.

PRICHET, W. L. **Properties and management of florest soils**. New York: John Wiley and Sons, 1987, 500p.

PRICHET, W.L. (1986) **Properties and management of forest soils**. New York, John Wiley 500p. In Moro, L. (1994) Utilização da cinza de biomassa Florestal como

fonte de nutrientes em povoamentos puros de *Eucalyptus grandis*. Piracicaba. Universidade de São Paulo. 53p.

PRICHET, W.L.; WELLS, C.G. Harvesting and site preparation increase nutrient mobilization. In: TIPPIN, T. A SYMPOSIUM ON PRINCIPLES OF MAINTAINING PRODUCTIVITY ON PREPARED SITES, New Orleans, LA: U.S. Forest Service and Southern Region of the Association of State College and University Research Organizations at Mississippi State University, 1978. **Anais**. New Orleans, L.A, 1978.

REINERS, W.A.; REINERS, N.M. **Energy and nutrient dynamics of forest floor in three Minnesota forest**. J. Ecol. 58, 497-519. 1970.

RESCK, D.V.S.; PEREIRA, J.; SILVA, J.E. **Dinâmica da matéria orgânica na região dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. 1992, 22p. (Documentos, 36).

RODRIGUES, M. R.; NEVES, C.S.V.; SILVA, A. C.; SANTOS, A. R.; PAIVA, A. V.; MELLO, S.L. Concentração e Redistribuição de nutrientes em folhas de *hevea brasiliensis* e *pinus oocarpa*. **Semina: Ci. Agrárias**, Londrina, v.21, n.1, 61-66, 2000.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, ESALQ, 1974, 56p.

SCHUMACHER, P.R. **Aspecto da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus toreliana* F Muell.** 1992. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo. Piracicaba.

STREET, H.E.; OPIK, H. **Fisiologia das Angiospermas: crescimento e desenvolvimento**. São Paulo, EDUSP. 1974, 332p.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in Terrestrial ecosystems**. Blackwell, Oxford.1979. p372.

SWITZER, G.L.; NELSON, L. E. Maintenance of productivity under short rotations. In: FAO- IUFRO INTERNATIONAL SYMP. FOREST FERTILIZATION. **Anais**. Paris, 1973.

TEIXEIRA, L. L.; OLIVEIRA, R. F.; MARTINS, P.F. Ciclagem de nutrientes através da liteira em floresta de capoeira e consórcio com plantas perenes. **Rev. Ciências Agrárias**. N. 36, p. 19-27, 2001.

VALENTINI, C.M.A. **Efluxo de CO₂ do solo de uma área de floresta de transição no noroeste de Mato Grosso**, 2004. 81f. Dissertação (mestrado) - Física e Meio Ambiente-Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

VALLE-ARANGO, J.I. **Calidad, calidad y nutrients reciclados por la hojarasca fina en bosques pantanosos del pacífico sur colombiano**. INTERCIÊNCIA. n.8, v. 28, 443-449, 2003.

VANDEN, D.R. Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis. **The Botanical Review**. v. 40, n. 3, p.347-394, 1974.

VESENTINI, J.W.; VLACH, V. **Geografia Crítica: O Espaço Natural e a Ação Humana**. 30ª ed. São Paulo: Ática, 2000. p. 157-166.

VESTGARDEN, L.S. Carbon and nitrogen turnover in the early stage of Scots pine needle litter decomposition; effects of internal and external nitrogen. **Soil biology& Biochemistry**. n. 33, p. 465- 474, 2001.

VIBRANS, A.C.; SEVEGNAMI, L. Deposição de nutrientes através da queda de serrapilheira em dois remanescentes de Floresta de Ombrófila Densa em Blumenau-SC. **Revista de estudo ambientais**. Blumenau, v.2, n.2-3, 41-, mai-dez. 2000.

VIEIRA, L.S. **Manual da Ciência do Solo**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1975.

VITOUSEK, P.M.; REINERS, W. Ecosystem succession and nutrient retention. **BioScience**. v.2, n.6, p. 376-381, 1982.

VOURLITIS, G. V.; PRIANTE, F.N.; HAYASHI, M.M.; NOGUEIRA, J.S. CASEIRO, F.; CAMPELO JR.; J.H. Seasonal variations in evapotranspiration of a transitional tropical Forest of Mato Grosso, Brasil. **Water Resources research**. v.38, n.6, p.30-1-30-11, 2002.

WHATLEY, J.M.; WHATLEY, F.R. **A luz e a vida das plantas**. São Paulo: EPU-Ed. da Universidade de São Paulo. 1982, 103p.

WIEDER, R. K.; WRIGHT, S. J. Tropical forest litter dynamics and dry season irrigation on Barro Colorado, Panamá. **Ecology**. v.76, n.6, p. 1971-1979, 1995.

XU, X.N.; HIRATA, E. Forest floor mass and litter fall in *Pinnus luchuenis* plantations with and without broad-leaved trees. **Forest Ecology and Management**. 157, 165-173.