

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

**VARIAÇÃO SAZONAL DO ÍNDICE DA ÁREA FOLIAR E SUA
CONTRIBUIÇÃO NA COMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA E
CICLAGEM DE NUTRIENTES NA FLORESTA DE TRANSIÇÃO
NO NORTE DO MATO GROSSO**

PAULINO BAMBI

PROF. DR. FRANCISCO DE ALMEIDA LOBO
Orientador

Cuiabá - MT, Junho de 2007

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

**VARIAÇÃO SAZONAL DO ÍNDICE DA ÁREA FOLIAR E SUA
CONTRIBUIÇÃO NA COMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA E
CICLAGEM DE NUTRIENTES NA FLORESTA DE
TRANSIÇÃO NO NORTE DO MATO GROSSO**

PAULINO BAMBI

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

PROF. DR. FRANCISCO DE ALMEIDA LOBO
Orientador

Cuiabá, MT, Junho de 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente

FOLHA DE APROVAÇÃO

**TITULO: VARIAÇÃO SAZONAL DO ÍNDICE DA ÁREA FOLIAR E SUA
CONTRIBUIÇÃO NA COMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA E
CICLAGEM DE NUTRIENTES NA FLORESTA DE TRANSIÇÃO NO
NORTE DE MATO GROSSO**

AUTOR: PAULINO BAMBI

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 29 de junho de 2007 pela comissão julgadora:

Prof. Dr. Francisco de Almeida Lobo
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UFMT
Orientador

Dr. Carlo Ralph De Muis
Universidade de Cuiabá - UNIC
Examinador Externo

Dr. Eugênio Celso Emérito Araújo
Embrapa – Meio -Norte
Examinador Externo

Dra. Carmen Eugenia Rodríguez Ortíz
Depto. de Botânica e Ecologia do IB, UFMT
Examinador Interno

AGRADECIMENTOS

- Coordenação do Programa de Pós-graduação em Física e Meio ambiente.
- Ao Prof. Dr. Francisco por uma experiente e incansável orientação.
- Ao Prof. Dr. Paraná pelo grande senso do que convém, amizade e atenção.
- Aos colegas do mestrado em especial Osvaldo, Dias, Vinicius, Suli, Carlos e Mônica pelo companheirismo, apoio, disposição em partilhar experiências.
- Aos Professores Doutores Campelo, Sérgio, Luciana, Mariano e George pelos ensinamentos.
- Os alunos bolsistas de Iniciação Científica Andrea, Durval e Nara.
- Ao Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAMEV da UFMT, na pessoa da Profa Dra. Oscarlina, Lauro e Cácia pela análise química dos nutrientes.
- Ao Laboratório de Limnologia do Instituto de Biociências da UFMT, na Pessoa de Rose e Reinaldo.
- A Mara pelo processamento das amostras de carbono; a Técia pelo incentivo apoio e companheirismo.
- Ao Horácio e família pelo incentivo e financiamento dos estudos na graduação.
- Ao CNPq pela bolsa recebida.
- Ao LBA e FAPEMAT pelo financiamento da pesquisa.
- A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABELAS	III
RESUMO	V
ABSTRACT	VI
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 HIPÓTESES DO TRABALHO	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 FLORESTA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA – CERRADO.....	4
2.1.1 Amazônia	4
2.1.2 O Cerrado	6
2.2 ÍNDICE DA ÁREA FOLIAR.....	7
2.2.1 Intercepção da Radiação Fotossinteticamente ativa e o Índice da Área Foliar	9
2.3 FOTOPERIODISMO.....	10
2.4 PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA DE FLORESTAS	15
2.4.1 Queda das Folhas e Liberação de Nutrientes	17
2.4.2 Ciclagem de Nutrientes	19
2.4.2.1 Adição e Entrada de Nutrientes no Ecossistema.....	21
2.4.2.2 Circulação de Macronutrientes	22
2.4.3 O Ciclo de Carbono.....	26
2.4.4 Remoção de Nutrientes do ecossistema	28
3 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
3.1.1 Localização Geográfica.....	29
3.1.2 Caracterização Geo-Climática	29
3.2 MEDIÇÃO E ESTIMATIVA DE VARIÁVEIS EDAFOCLIMÁTICAS QUE AFETAM O ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR	32
3.2.1 Estimativa do Índice de Área Foliar.....	35
3.3 PRODUÇÃO DA SERAPILHEIRA NA FLORESTA DE TRANSIÇÃO.....	38

	3.3.1	Decomposição da Serapilheira.....	41
4		TAXA DE DECOMPOSIÇÃO E ESTIMATIVA DA PERDA DE NUTRIENTES NAS FOLHAS DE TRÊS ESPÉCIES	42
	4.1	ANÁLISE QUÍMICA DE NUTRIENTES NAS FOLHAS.....	45
5		RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
	5.1	VARIÁVEIS EDAFOCLIMÁTICAS.....	49
	5.2	ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CRUZADA ENTRE O ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E AS VARIÁVEIS EDAFOCLIMÁTICAS.....	62
	5.3	DINÂMICA ANUAL DA PRODUÇÃO DA SERAPILHEIRA NA.....	63
	5.3.1	FLORESTA DE TRANSIÇÃO.....	63
	5.3.1	Dinâmica da Serapilheira Acumulada no Solo na Floresta de Transição.....	66
	5.4	ESTIMATIVA DA TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA ACUMULADA NO SOLO.....	71
	5.5	DECOMPOSIÇÃO DAS FOLHAS DE TRÊS ESPÉCIES DOMINANTES NA FLORESTA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO	72
	5.6	VARIAÇÕES TEMPORAIS NA CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES E CARBONO DAS FOLHAS.....	75
6		CONCLUSÕES	85
7		REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ecossistemas da Amazônica.....	5
Figura 2 - Mapa de Vegetação e Uso das Terras do Estado do Mato Grosso.....	7
Figura 3 - Ciclo de Carbono.....	27
Figura 4 - Mapa de localização da área de estudo	29
Figura 5 - Estratos da floresta na área de estudo.....	31
Figura 6 - Caixa de interceptação de serapilheira	39
Figura 7 - Localização das caixas de interceptação de serapilheira.....	40
Figura 8 - Coletora de serapilheira acumulada sobre o solo	41
Figura 9 - Coleta de folhas senescentes da espécie <i>Dialium guianense</i> (Aubl).....	43
Figura 10 - Sacolas de folhas senescentes secas instaladas sobre a serapilheira da floresta.....	45
Figura 11 - Precipitação pluviométrica dos anos 2002 (A), 2003 (B), 2005 (C) e 2006 (D) medidas na Fazenda Continental, situada próxima à área experimental, na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.	50
Figura 12 - Temperatura média do ar no ano de 2002 (A), 2003 (B) e de 2006 (C) da área experimental, na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.	51
Figura 13 - Umidade média relativa do ar no ano de 2002 (A), 2003 (B) e 2006 (C) da área experimental, na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.....	53
Figura 14 - Potencial de vapor d'água na atmosfera no ano de 2002 (A) e 2003 (B) da área experimental, na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.	55
Figura 15 - Umidade do solo a 30 cm de profundidade no ano de 2002 (A), 2005 (B) e 2006 (C) da área experimental, floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.....	57
Figura 16 - Fotoperíodo estimado para a latitude local da área experimental, na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.	59
Figura 17 - Estimativas do índice de área foliar por meio de polinômios do quarto grau para os anos de 2002 e 2003 na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.....	61

Figura 18 - Produção anual da serapilheira na floresta de Transição no ano de 2005/2006.....	63
Figura 19 - Frações de serapilheira produzida na floresta de Transição, Amazônia-Cerrado no ano de 2005/2006.	65
Figura 20 - Acúmulo da serapilheira no solo na floresta de Transição, Amazônia-Cerrado no ano de 2005/2006.	67
Figura 21 - Frações da serapilheira acumulada no solo na floresta de Transição, Amazônia-Cerrado no ano de 2005/2006.	68
Figura 22 - Produção e acúmulo da serapilheira na floresta de Transição, Amazônia-Cerrado no ano de 2005/2006.	69
Figura 23 - Correlação obtida entre a serapilheira acumulada e a produzida da floresta de Transição, Amazônia-Cerrado no ano de 2005/2006.....	70
Figura 24 - Sacola de decomposição mostrando a penetração de raízes no processo de decomposição.....	73
Figura 25 - Curva de decomposição da massa seca de folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.	74
Figura 26 - Curvas de variação na concentração de nitrogênio nas folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.....	77
Figura 27 - Curvas de variação na concentração de fósforo nas folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.	78
Figura 28 - Curvas de variação na concentração de Potássio nas folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.....	80
Figura 29 - Curvas de variação na concentração de cálcio nas folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.	82
Figura 30 - Curvas de variação na concentração de carbono nas folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de coeficientes da análise de regressão linear do potencial do vapor d'água na atmosfera na área experimental, floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.	56
Tabela 2 - Valores de coeficientes de regressão da umidade do solo na área experimental, floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.	58
Tabela 3 - Comparação dos modelos e dos coeficientes de regressão do índice de área foliar em função do dia juliano para os anos de 2002 e 2003 na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.	60
Tabela 4 - Valores dos coeficientes de correlação cruzada entre o índice de área foliar (<i>IAF</i>) e as variáveis edafoclimáticas precipitação pluviométrica (P_p), umidade do solo (U_s), potencial do vapor d'água na atmosfera (Ψ_{va}) e fotoperíodo (F).	63
Tabela 5 - Dinâmica estimada e tempo de decomposição de folhas de três espécies dominantes na floresta de transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, por meio de modelos de decaimento exponencial.	73
Tabela 6 - Teores de Nutriente e de Carbono (g kg^{-1}) de folhas completamente expandidas e senescentes antes do processo da decomposição.	75
Tabela 7 - Percentagens de reciclagem interna de nutrientes das folhas antes do processo da abscisão no período de estudo na floresta de Transição, Amazônia – Cerrado.	76
Tabela 8 - Dinâmica da variação temporal nos teores de nitrogênio em folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, por meio de modelos lineares do primeiro grau.	77
Tabela 9 - Dinâmica da variação temporal nos teores de fósforo em folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, por meio de modelos lineares do primeiro grau.	79
Tabela 10 - Dinâmica da variação temporal nos teores de Potássio em folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, por meio de modelos lineares do primeiro grau.	80
Tabela 11- Dinâmica da variação temporal nos teores de Cálcio em folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, por meio de modelos lineares do primeiro grau.	81

Tabela 12 - Dinâmica da variação temporal nos teores de Carbono em folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, por meio de modelos lineares do primeiro grau.	84
---	----

RESUMO

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

O dossel é uma interface ativa de energia, carbono e água entre as plantas e atmosfera, uma vez que é responsável pelos processos fotossintéticos e transpiração além de ser o principal contribuinte na composição da serapilheira. Foi avaliado o grau de associação entre a dinâmica anual do índice de área foliar (*IAF*) e algumas variáveis meteorológicas como o fotoperíodo (*F*), e a precipitação pluviométrica (*P_p*). Também foram avaliadas a dinâmica dos processos da produção, acúmulo e calculada a taxa de decomposição da serapilheira, bem como a decomposição, ciclagem e redistribuição de nutrientes das folhas senescentes de 3 espécies antes de abscisão. Os resultados mostraram uma associação atrasada de seis dias em 2002 ($r = 0,8325$) e de sete dias em 2003 ($r = 0,8626$) para a correlação cruzada entre *IAF* e o fotoperíodo. E da correlação cruzada entre *IAF* e a precipitação pluviométrica em 2002 foi verificada uma defasagem de 25 dias ($r = 0,2226$) e 34 dias ($r = 0,2199$) em 2003. Foi verificado que a fração foliar da serapilheira produzida correspondeu a (65,78%) do total anual da serapilheira ($1123,10 \pm 30,71 \text{ g m}^{-2}$). Esta se incrementa a partir de abril, fim da estação chuvosa e volta de novo aos baixos valores quando recomeçam as chuvas, isto é após a estação seca, em setembro. As frações constituídas por flores e frutos (8,09 e 5,23%), apresentam maior produção no período das chuvas, ao passo que a constituída por galhos (20,90%) não teve produção regular. A taxa de decomposição da serapilheira foi de $2,09 \text{ anos}^{-1}$. As curvas de taxas de decomposição das folhas de *Dialium guianensis* (Aubl), *Tovomita schomburgki* (Planch & Triana), *Brosimum lactensis* (S.Moore) não diferiram estatisticamente ($R^2 = 0,7900, 0,8077$ e $0,8667$).

Palavras-chave: *Dialium guianensis* (Aubl), *Tovomita schomburgki* (Planch & Triana), *Brosimum lactensis* (S.Moore), fotoperíodo e precipitação.

ABSTRACT

BAMBI, P. Seasonal Variation of Leaf Area Index and it's Contribution in the Litter Composition and Nutrients Cycling of the Trasition Forest at North of Mato Grosso. Cuiabá, 2007, 99p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.

Leaves and crowns are an active interface of energy, carbon and water exchange between forest canopy and the atmosphere, because they are responsible for photosynthesis process and transpiration and they also are the major contributor on the litter fall composition. We have evaluated the annual dynamic of degree association between Leaf Area Index (*LAI*) and some edaphoclimatic variables as photoperiod and rain. We also evaluated the litter fall and litter pool dynamic and we calculated the decomposition litter ratio. Finally, we evaluated nutrients redistributions before leaves abscissions of three trees dominate species at the study area. The association degree results from cross correlation have showed six days late association in 2002 ($r = 0,8325$) and 7 days late association in 2002 ($r = 0,2226$) between photoperiod and *LAI* and 34 days late association in 2003 ($r = 0,2199$) and 34 days ($r = 0,2199$) between rain and *LAI*. Among litter fractions, the leaf fraction 65,78% of total annual litter fall was the one that get increased from the end of rain period (April) and reduced at rain beginning period after dry season (September). The others litter factions, fruits and flowers (8,09 e 5,23 %, respectively) demonstrated the major concentration at the rain period, while the branch fraction (20,90%) appeared sometimes in every period. The decomposition ratio of litter pool found was 2,09 ano^{-1} . The leaves decomposition ratio of three dominants trees species in the study area (*Dialium guianensis*, *Tovomita schomburgki* e *Brosimum lactensis*) were analyzed statically and we found that there isn't any difference among theirs regressions curve ($R^2 = 0,7900$, 0,8077 e 0,8667, respectively) and the nutrients cycling before leaves abscission depends on mineral type to be redistributed in the plant.

Key words: *Dialium guianensis* (Aubl), *Tovomita schomburgki* (Planch & Triana), *Brosimum lactensis* (S.Moore), photoperiod and rainfall.

1 INTRODUÇÃO

A zona de transição pode ser definida como uma área na qual dois tipos de vegetação distintas se misturam em um padrão, porém cada tipo retém sua identidade. O norte do Mato Grosso, está formado por esse tipo de vegetação que se estende das regiões de cerrado para os cursos dos rios. Refere-se à existência de uma larga zona de transição Amazônia-Cerrado em que formações cerrado e floresta se integram, constituindo um mosaico vegetacional (ACKERLY, 1989).

Lamentavelmente, em Sinop, norte do Mato Grosso esta formação vegetacional tem sido devastada rapidamente como resultado de fácil acesso à região pelas rodovias procedentes do centro e sul do Brasil e particularmente, no sudeste ao longo do Pará, Belém e Brasília e muito recentemente a pavimentação da via entre Cuiabá-Porto Velho. A cidade de Sinop fundada há apenas 30 anos, tem crescido substancialmente, e o número de serrarias ao longo da BR 163 neste município, testemunha o ativo desflorestamento na região.

Sinop é também o lugar da indústria, produzindo álcool a partir de tubérculos da mandioca (*Manihot esculenta* Kranz). Largas áreas de floresta já foram convertidas em plantações de mandioca a fim de suprir a demanda desta indústria. No sul de deste município, a maior parte da floresta de Transição, patrimônio coletivo, foi substituído por grandes campos para plantações de soja (*Glycine max* (L.) Merr) e atividades agropecuária.

As ações decorrentes das atividades econômicas e indústrias vêm sistematicamente provocando alterações na biosfera, o que resulta na perda da biodiversidade, na contaminação dos mananciais e os prováveis distúrbios climáticos com o aumento da concentração CO₂ na atmosfera.

A manutenção das florestas naturais pode influenciar na distribuição do carbono nos diferentes componentes do material orgânico do ecossistema, tais como solo, serapilheira, raízes, biomassa e a ciclagem biogeoquímico de nutrientes, que

somente se estabiliza quando a floresta atinge a maturidade. Portanto, atividades antrópicas que impedem a estabilidade da floresta, dificultam a ciclagem de nutrientes por causa da baixa produção da serapilheira no início do estabelecimento de uma floresta.

A existência de poucos estudos em ecossistemas tropicais ameaçados e especialmente em ecossistemas de transição tem levado muitos pesquisadores a realizarem estudos nesses ecossistemas para melhor se entender os seus limites de tolerância a fim de minimizar os impactos de modo a conciliar as atividades humanas com a preservação desses ecossistemas. Os trabalhos científicos geraram dados que podem contribuir para o desenvolvimento de uma região sem destruir o patrimônio natural.

O *IAF* representado pela superfície da área foliar por unidade de superfície do solo, é a estrutura mais sensível da floresta e reage prontamente a distúrbios bióticos e abióticos, como a poluição atmosférica e ataques de insetos, resultando na redução do dossel, daí o interesse em relacionar o *IAF* à produção de serapilheira, uma vez que o dossel regula um número de processos ecofisiológicos, como a transpiração e a fotossíntese, tida como principal nível da produtividade da floresta, pressupondo que a relação *IAF*-serapilheira avalie a estabilidade da floresta.

Geralmente, os solos de florestas são quimicamente pobres. Por isso, a dinâmica de crescimento das espécies vegetais está ligada a serapilheira, principal catalisadora da ciclagem de nutrientes. A sazonalidade climática determina que haja mais produção de serapilheira na estação seca como resposta a estresses que caracterizam a estação seca (baixo conteúdo da água no solo, curta duração do dia e temperatura baixa).

Para que os propósitos expostos fossem alcançados, o estudo teve como objetivo principal examinar a variação sazonal do índice da área foliar e sua contribuição na composição da serapilheira e ciclagem de nutrientes na floresta e como objetivos específicos os que se seguem: estimar o índice da área foliar da floresta de Transição com base a radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel; avaliar o grau de associação entre a dinâmica anual do índice de área foliar e as variáveis edafoclimáticas; avaliar a produção, acúmulo e decomposição da

serapilheira anual na floresta de Transição e; avaliar a dinâmica da decomposição das folhas senescentes e sua contribuição na ciclagem de nutrientes.

1.1 HIPÓTESES DO TRABALHO

As hipóteses testadas foram: (a) O índice de área foliar da floresta de Transição Amazônia-Cerrado varia temporalmente em função de fatores ambientais que afetam essa variável tanto no ambiente de floresta tropical, particularmente o fotoperíodo, quanto àqueles que a afetam no ambiente de savana, relacionados com a disponibilidade de água para as plantas, particularmente a precipitação pluviométrica, o teor de água no solo e o potencial de vapor d'água na atmosfera, (b) na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, existe uma contribuição nutricional das folhas de volta para a planta, na forma de uma redistribuição de nutrientes, no momento em que esta atinge sua senilidade e antes do processo de abscisão foliar, que deve ser variável de acordo com a espécie, (c) a transferência de nutrientes das folhas em decomposição para o solo (retorno de nutrientes) tem uma correlação positiva com as taxas de decomposição das mesmas, mas isto pode variar com a espécie.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FLORESTA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA – CERRADO

2.1.1 Amazônia

Em um ecossistema, independentemente qual ele seja, a sua existência estrutural e funcional tem sustentáculo no fluxo de energia. Na floresta tropical úmida, este fluxo além de energia solar passa pelo acúmulo de serapilheira, movimento da água e pela velocidade de alimentação de animais, fornecendo a base para a descrição da ciclagem de nutrientes da floresta, na hipótese de que o influxo da energia no sistema se equilibre ao efluxo.

A Amazônia está localizada ao norte da América do Sul, ocupa uma área total de mais de 6,5 milhões de quilômetros quadrados, fazendo parte do território de nove países: Brasil, Venezuela, Colômbia, Peru, Bolívia, Equador, Suriname, Guiana e Guiana Francesa. Cerca de 85% da Amazônia fica em território brasileiro, onde ocupa mais de 5 milhões de quilômetros quadrados, aproximadamente 61% da área do país.

Administrativamente, a Amazônia brasileira é designada por Amazônia Legal e é composta pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, além de parte dos estados de Mato Grosso, Tocantins e Maranhão, totalizando 762 municípios Figuras 1 e 2 (LENTINI et al., 2003). A maior parte (64%) da cobertura vegetal da Amazônica Legal é florestal. Os cerrados e campos representam conjuntamente 25% enquanto cerca de 12% da Amazônia está alterada pela ação antrópica (a maioria, área desmatada).

O Mato Grosso apresenta extensa área de transição entre o clima equatorial úmido e o clima tropical (IVANAUSKAS, 2002). Compreende praticamente toda a borda sul da floresta Amazônica, expandindo-se da área da bacia do Xingu. Nesta região o gradiente climático é acompanhado pelo gradiente vegetacional, criando de igual modo um ecótono que dificulta e gera controvérsias sobre a classificação das

formações vegetais ali existentes (RATTER *apud* ACKERLY, 1989)¹ (Figuras 1 e 2).

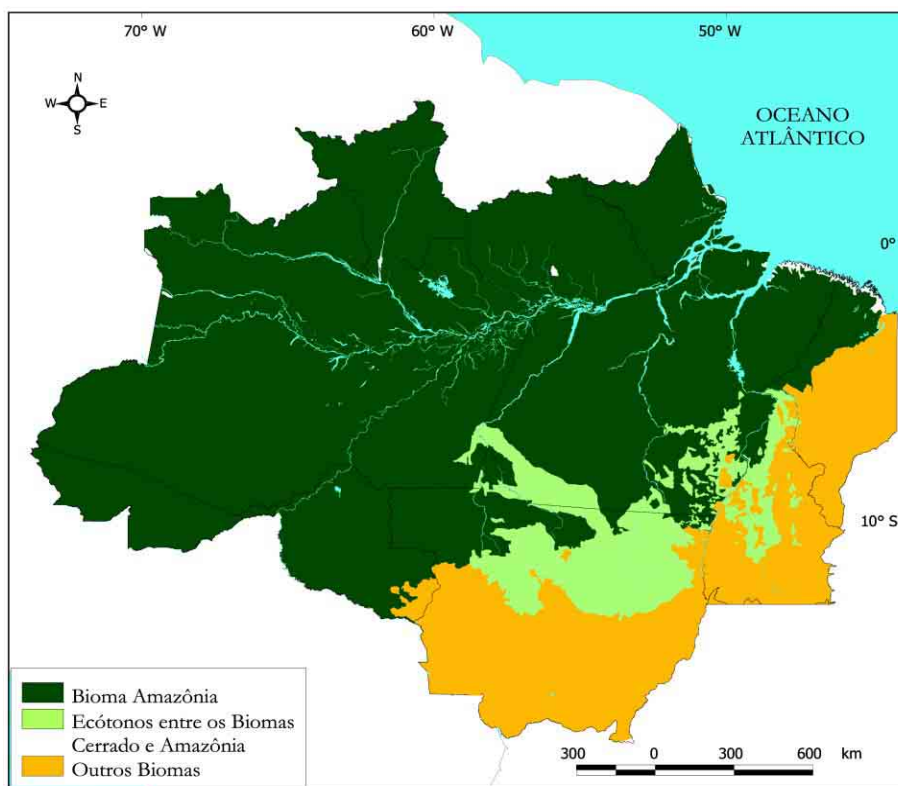


Figura 1 - Ecossistemas da Amazônica.

Fonte: LENTINI et al. (2003).

No noroeste do Mato Grosso a 60 km de Sinop, a vegetação consiste de árvores características de floresta de Transição entre a floresta tropical úmida e a savana (Cerrado). Esta vegetação pode ser definida como uma área, na qual duas áreas de vegetação distintas se misturam em um mosaico padrão, porém cada vegetação conserva sua identidade (ACKERLY 1989).

Ainda de acordo com ACKERLY (1989), em Mato Grosso as zonas de transição são muito precisas não apenas em ampla escala, mas também em vários detalhes específicos. A transição entre a floresta de terra firme e o cerrado é frequentemente abrupta, relacionada com a topografia local e sempre ao longo de cursos de riachos ou em torno de bacias hidrográficas.

¹ RATTER, J. A. Some Notes on Two Types of Cerrado Occurring in Northeastern Mato Grosso. **III Simpósio Sobre Cerrado**. Univ. São Paulo, São Paulo, p.100-102, 1971.

2.1.2 O Cerrado

No interior do Brasil, mais concretamente nos estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul existem extensas formações de chapadões, cobertas por vegetação de pequenas árvores retorcidas, dispersas no meio de um tapete de gramínea, o Cerrado (savana).

Na Figura 2 é possível observar fronteiras vegetacionais causadas por fatores de estresse. A inter-relação de numerosos fatores de estresse restringe a área na qual uma espécie vegetal particular pode sobreviver. Dessa forma, surgem os ecótonos e os limites de distribuição climáticos e edáficos. Assim é explicada a existência de ilhas de vegetação tal como aparece no mapa (LARCHER, 2004).

No Cerrado, a vegetação é basicamente arbórea-arbustiva de caráter lenhosa e herbácea - subarbustiva, formada por gramíneas e outras ervas. A fisionomia deste ecossistema varia de acordo com a estação do ano. As plantas do estrato herbáceo-subarbustivo, de modo geral, apresentam raízes superficiais logo nos primeiros 10-20 cm de solo. Durante o inverno ocorre o estresse hídrico após alguns dias do fim das chuvas o que acaba provocando o dessecamento e a morte de suas partes aéreas, enquanto que nas plantas do estrato arbóreo-arbustivo, a manifestação do estresse não é tão repentina por serem dotadas de raízes pivotantes, profundas, que exploram camadas que conservam umidade por mais tempo. Portanto, durante os meses quentes de verão, quando as chuvas se concentram e os dias são mais longos, a vegetação permanece verde. No inverno, ao contrário, o capim inicia a senescência e seca; quase todas as árvores e arbustos por sua vez, trocam a folhagem senescente por outra totalmente nova (COUTINHO, 1990).

Ainda de acordo com COUTINHO (1990), no período de temperatura um pouco mais baixa, principalmente desde junho a agosto, maior é o estresse hídrico, e os dias são mais curtos, se encontram árvores que ainda sustentam suas folhas velhas e senescentes, outras que aparentam estar secas, pois já as perderam totalmente e outras ainda nas quais já brotam a nova roupagem.

O cerrado engloba regiões climáticas heterogêneas, sendo que a maior parte se enquadra no tipo climático Aw da classificação de Köppen. Na maior parte das áreas, 80% das chuvas concentram-se no período de novembro a março, ocorrendo

um período pronunciado de seca, geralmente a partir da segunda quinzena de maio a segunda quinzena de setembro (CARVALHO, 2001).

O clima predominante é o tropical sazonal, de inverno seco. A temperatura média anual fica em torno de 22 a 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. No período de maio a setembro os índices pluviométricos mensais reduzem bastante, podendo chegar à zero, enquanto que nos meses da primavera e verão (outubro a março), que correspondem à estação chuvosa a temperatura é estacional. Ventos fortes e constantes não são característicos do cerrado, normalmente a atmosfera é calma e a velocidade do vento é quase de 0 km h⁻¹.

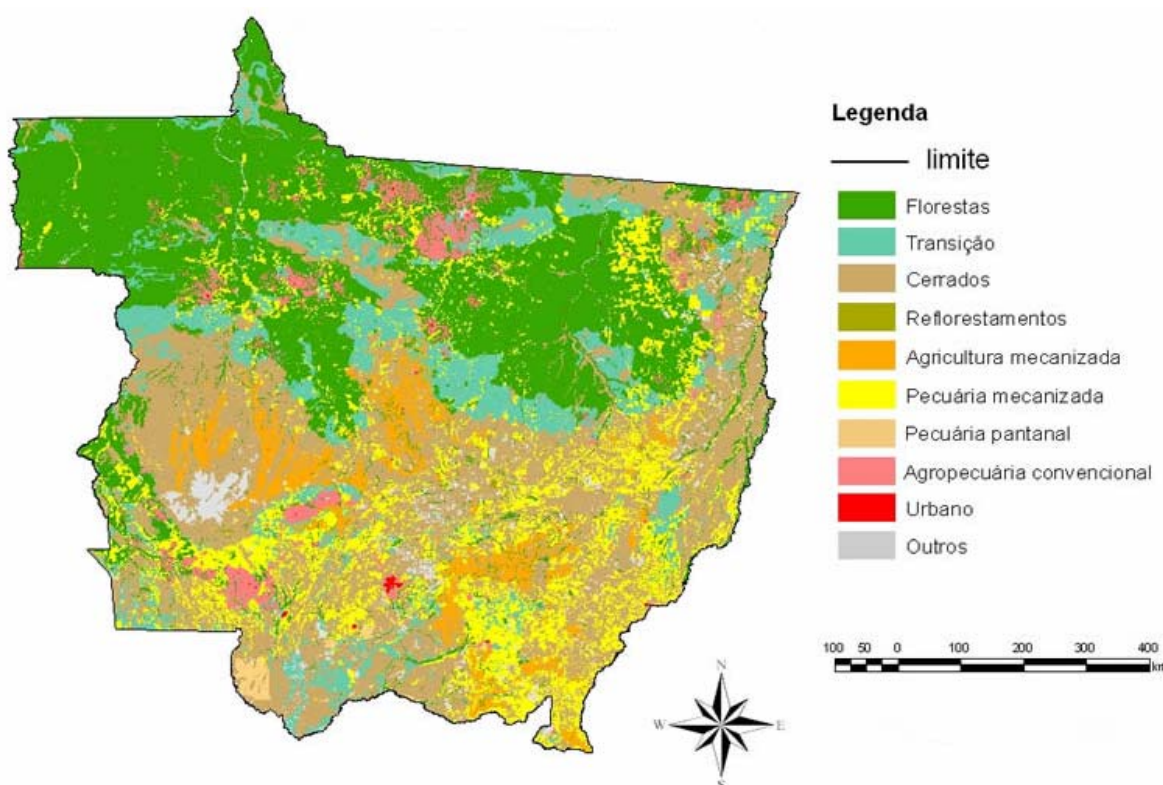


Figura 2 - Mapa de Vegetação e Uso das Terras do Estado do Mato Grosso

Fonte: Embrapa, adaptação de SEPLAN-MT, 2003.

2.2 ÍNDICE DA ÁREA FOLIAR

O índice de área foliar é a principal variável usada para o monitoramento de dosséis ou para modelagens de muitos processos, como: fotossíntese e transpiração

do dossel. O *IAF* determina o tamanho da interface da planta com a atmosfera e joga um papel importante nas trocas de energia e massas entre o dossel de florestas e a atmosfera (WEISS et al., 2004).

As folhas de um dossel regulam variáveis processos ecofisiológicos, como por exemplo, a transpiração e fotossíntese tidas por isso, como chave da produtividade de florestas. A resposta de uma planta ao estímulo ambiental é variável com a espécie. A intensidade dessa resposta pode ser analisada na forma do índice chamado *IAF*, que expressa toda a superfície verde da área foliar das plantas por unidade da superfície do solo de uma copa ou dossel, ou a razão da área total de todas as folhas na planta por área do solo coberto pela planta (LARCHER, 2004).

O índice de área foliar aumenta com a idade desde o brotamento das folhas até a senescência. Pode ser medido por métodos indiretos (não destrutivos) ou métodos diretos conhecidos por serem predominantemente métodos destrutivos.

A estimativa indireta do *IAF* requer recursos capazes de interceptar a radiação fotossinteticamente ativa (*PAR*) e o uso de instrumentos recentemente criados que indiretamente determinam o *IAF* de copas de plantas em tempo real. Estes instrumentos estão baseados na penetração direta da luz solar, medida a partir de diferentes ângulos zenitais no decorrer do dia. Analisam frações de abertura do tamanho do dossel e a sua distribuição. Para tal, os instrumentos calculam os feixes luminosos e incorporam técnicas de análise de imagens de dosséis, por exemplo, Digital Plant Canopy Analyzer CI 100, Vancouver, WA, USA.

O equipamento Li-Cor LAI-2000 Plant Canopy Analyzer (PCA, Li-Cor, Lincoln, NE, USA), mede a penetração da luz difusa a partir de diferentes ângulos e calcula o *IAF* comparando a diferença da luz medida acima e abaixo do dossel (CHASON et al., 1991).

O índice de área foliar pode ser ainda determinado por métodos que têm como fundamento metodológico a arquitetura do dossel, o Trancing Radiation and Architecture of Canopy (TRAC) e a fotografia hemisférica JONCKHEERE et al. (2004).

O LI-2000 é o instrumento mais usado por não precisar de processamento e aquisição de dados adicionais e ainda ser capaz de fornecer imediatamente o *IAF* (CUTINI et al., 1998). É importante lembrar que o uso desses equipamentos para

medir a luz ou radiação requerida para calcular o *IAF* necessita de um céu limpo ou pouco nublado e geralmente exige a incorporação do coeficiente de extinção de luz (k). E a extinção da luz da folha individual depende da espécie da árvore, condições de crescimento, idade da folha, enfim, é regulada por uma série de fatores, tais como composição botânica morfologia das plantas, estrutura da floresta, ângulo foliar e disposição das folhas no dossel.

2.2.1 Interceptação da Radiação Fotossinteticamente ativa e o Índice da Área Foliar

A estimativa do *IAF* pela *PAR* se baseia na medida da transmissão da luz através de dossel da floresta. Aplica o princípio da lei de Lambert-Beer, partindo do pressuposto de que a quantidade total da radiação interceptada pela camada do dossel depende da radiação incidente da estrutura do dossel e das propriedades óticas das folhas (CUTINI et al., 1998).

Deve-se considerar que a radiação sofre um decaimento exponencial à medida que penetra no dossel, estando quase totalmente absorvida próximo da superfície do solo. Este decréscimo exponencial, como prevê a lei de Lambert-Beer para extinção de luz aumenta com o grau de cobertura vegetal. Isto acontece quando existe uma distribuição horizontal aleatória das folhas como normalmente pode ocorrer em comunidades moderadas de plantas densas (LARCHER, 2004).

Para uma cobertura vegetal razoavelmente homogênea, a atenuação da radiação pode ser calculada por meio de equação de extinção de luz, modificada por MONSI & SAEKI (1953).

Vários trabalhos já foram efetuados empregando o método proposto por MONSI & SAEKI (1953). Dentre eles podem ser citados aqueles realizados por FAGUNDES et al. (2001), RÖHRIG et al. (1999), STEVEN et al. (1986), CHASON et al. (1991) para estimar o índice da área foliar de florestas coníferas e ecossistemas florestais. VOSE et al. (1995), ESTRADA (1999), PIERCE & RUNING, (1988); FAVRIN et al. (2002); HOFFMANN et al. (2005) e CUTINI (2002), usaram o mesmo método. Em Sinop, Floresta de Transição a estimativa do *IAF* pela *PAR* está na sua fase inicial ainda com apenas um trabalho efetuado por SULI (2004), SILVA (2006) e REZENDE (2006).

Tal como foi feito em Sinop, em outros lugares também é comum estimar o *IAF* por meio de interceptação da luz com o uso de torres micrometeorológicas onde são instalados sensores de radiação em diferentes alturas.

Essas estimativas são pontuais e podem ser tendenciosos, caso o ponto escolhido para a instalação da torre não seja representativo do ambiente e devido ao fato de que em um ecossistema florestal as associações de vegetais são feitas de acordo com as capacidades adaptativas das espécies a micro-ambientes da região.

Um outro pressuposto ainda discutível quanto à abrangência do método indireto na estimativa do *IAF* de uma floresta é o fato desse método necessitar de um céu limpo ou pouco nublado e geralmente exigir a incorporação do coeficiente de extinção de luz (k). A extinção da luz pela folha individual depende da espécie da árvore e das condições de crescimento desta e da idade da folha, enfim, é regulada por uma série de fatores, tais como composição botânica, morfologia das plantas, estrutura da floresta, ângulo foliar e disposição das folhas no dossel que não sofre alterações com ausência ou presença de luz em curto espaço de tempo.

Comparações feitas em vários ecossistemas, incluindo agroecossistemas como milho, soja, girassol, sorgo e pastagem e ecossistemas decíduos e em espécies de florestas de coníferas medidas em planaltos mostraram que 25 a 30% dos resultados dos cálculos de *IAF* pelo método indireto giraram em torno de 5 a 6, enquanto que o método direto forneceu como resultado o valor de 9. De acordo com GOWER et al. (1999) esta diferença é causada provavelmente por frações da abertura do dossel nas medidas indiretas.

2.3 FOTOPERIODISMO

Fotoperíodo (N) ou duração efetiva do dia é definida como o intervalo de tempo transcorrido entre o nascimento e o ocaso do sol, em determinado local e data, enquanto que as respostas do desenvolvimento das plantas ao fotoperíodo são chamadas “fotoperiodismo”. O fotoperíodo inclui os crepúsculos matutino e vespertino (PEREIRA et al., 2002).

Nas regiões tropicais a diferença entre os conceitos geométricos e não geométricos do nascimento e do por do sol pode significar apenas alguns minutos. Em toda parte do mundo, exceto na linha do equador, a duração do dia varia com o

dia do ano. Ela é constante durante o ano na linha do equador e as variações sazonais aumentam com a latitude. As variações são de mais de 5,5 horas entre o inverno e o verão a 40° no norte ou no sul e 24 horas nos círculos árticos ou antárticos (JONES, 1992).

Seguindo o gradiente latitudinal, a relação da fenologia de plantas tropicais com o fotoperíodo tende a aumentar à medida que se afasta da linha equatorial. Em ecossistemas localizados na região ecotonal entre a zona tropical e a zona subtropical, esta relação entre fenologia e comprimento do dia (o qual está intimamente relacionado com a temperatura) é forte (MARQUES, & OLIVEIRA 2004). Portanto, em ecossistemas cuja distribuição geográfica ultrapassa os limites das regiões climáticas, vários padrões fenológicos podem ser esperados (MARQUES & OLIVEIRA, 2004).

Na agricultura, o fotoperíodo também pode ser decisivo, já que interfere na fisiologia de muitas espécies vegetais, inibindo ou acelerando a floração ou maturação de frutos antes das plantas completarem a maturidade fisiológica, (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Segundo LARCHER (2004), todos os fenômenos fotoperiódicos servem como alerta e preparam a planta para as inevitáveis alterações das condições externas. Algumas espécies de vegetais usam as mudanças de estações como um sinal seguro para a conversão da fase de crescimento de ápice vegetativo ao estado floral, assim como são usadas na regulação de vários outros processos de desenvolvimento. Usando o fotoperíodo como sinal de indução floral as plantas asseguram que a floração ocorrera no tempo ótimo para uma espécie em particular em relação o clima e sua localização (JONES, 1992).

Em regiões com alternâncias de estações secas e úmidas, algumas plantas produzem dois tipos de folhas, diferindo completamente quanto à estrutura e à função. Essas plantas exibem, portanto, um dimorfismo sazonal (LARCHER, 2004).

O primeiro estudo sobre fotoperiodismo foi publicado por GARNER & ALLARD (1920), os quais a partir de experimentos realizados em Washington, com diferentes variedades de soja, estabeleceram que variedades poderiam ser de floração precoce ou tardia, de acordo com fotoperíodo que requerem para florescer. Quando um vegetal dispõe de condições favoráveis de temperatura, umidade, etc.

para crescer, mas a duração do dia não é adequada, a planta crescerá indefinidamente, produzindo-se caso de gigantismo.

Fatores ambientais e genéticos, operando conjuntamente por meio de processos fisiológicos, controlam o crescimento e desenvolvimento das plantas. A luz, especialmente considerando-se a duração do período luminoso ou fotoperíodo, corresponde a um dos principais aspectos da interação das plantas com seu ambiente, controlando o desenvolvimento, por influenciar processos como a floração, germinação de sementes, crescimento de caules e folhas, formação de órgãos de reservas e partição de assimilados (GARNER & ALLARD, 1920). E em locais onde não há restrição hídrica durante o ano, o comprimento do dia e a temperatura parecem ser mais importantes. Estes dois fatores são tão fortemente relacionados que é impossível separar o efeito de cada um. E na região ecotonal tropical e subtropical, as relações da fenologia das plantas com fotoperíodo e temperatura parecem ser mais fortes que na faixa tipicamente tropical (MARQUES & OLIVEIRA, 2004).

Sabe-se até o presente que o fotoperíodo atua não só abreviando ou aumentando o ciclo das plantas, mas também sobre sua composição química, formação de bulbos e tubérculos, atividade e descanso vegetativo, tipos de flores e folhas, pigmentação, desenvolvimento das raízes, resistência ao frio, etc. Assim, se uma planta de dia longo (PDL) deixa de ser iluminada durante a noite, por 5 a 15 minutos, haverá um atraso na data da floração, o mesmo efeito é verificado se a planta é iluminada desde o nascer do sol até a meia-noite. Nas plantas de dia curto (PDC), pelo contrário, o referido tratamento acelera a floração (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Ainda no primeiro estudo sobre o fotoperíodo GARNER & ALLARD (1920), verificaram que a relação entre fotoperíodo e taxa de crescimento apresentava uma correspondência inequívoca, sendo esta diretamente proporcional à duração diária de exposição à luz.

Por meio de resultados parcialmente concordantes obtidos por CASTRO & ALVARENGA (2002), verificou-se que em um mesmo fluxo fotossintético de fótons, o peso da matéria seca total em plantas de alface (*Lactuca sativa* L.), cultivar Summer-green, foi aumentado de 25% para 100%, com a extensão do fotoperíodo de 12 para 16 horas; a matéria seca e o número de folhas aumentaram linearmente, com

o aumento do fotoperíodo, ao passo que a matéria seca de raízes, área foliar específica e o comprimento do hipocótilo diminuíram, quando o fotoperíodo foi aumentado.

As respostas fotomorfogênicas podem ser de crescimento vegetativo, tais como alongamento caular, crescimento foliar e tipo de ramificação, e de reprodução, como indução floral e desenvolvimento das flores. Independentemente da classe fotoperiódica a que pertencem para a indução floral, as plantas da classe de dias longos geralmente são mais altas, de entrenós mais longos, folhas maiores, às vezes com formato diferente daquelas da classe de dias curtos. As respostas ao fotoperíodo são moduladas por temperatura (RONCANCIO et al, 1996).

Quanto às variações do *IAF* em relação ao fotoperíodo RONCANCIO et al (1996), no seu estudo sobre a influência do fotoperíodo em interação com a temperatura no desenvolvimento das plantas verificaram que as plantas submetidas a fotoperíodos de 16 h a luz contínua (dias longos) tiveram aumento no número de folhas e promoção de ramificações laterais e florais, enquanto que sob fotoperíodo de 8 a 14 h (dias curtos) as plantas perderam a dominância apical, resultando no desenvolvimento de numerosas brotações basais, dando à planta uma forma de touceira. Também observaram que no outono-inverno, não havia diferença na intensidade de resposta entre plantas submetidas sob fotoperíodo de dias curtos e as submetidas em fotoperíodo de dias longos.

A redução na produção de matéria seca durante o outono e o inverno coincide com o período do ano em que ocorre menor disponibilidade de água, redução da temperatura e do comprimento do dia (MOREIRA et al., 1999).

De acordo com CASTRO & ALVARENGA (2002), em seu estudo sobre influência do fotoperíodo no crescimento inicial de plantas de confrei (*Symphytum officinale* L.) os fotoperíodos influenciaram significativamente a área foliar, promovendo resposta linear até o fotoperíodo de 16 h, com a elevação de 31,15% e 12,26% na área foliar, quando o fotoperíodo foi estendido de 8 para 12 h e de 12 para 16 h, respectivamente. A partir desse ponto, houve o decréscimo de 23,24% na área foliar, quando o fotoperíodo foi aumentado de 16 para 20 h. Independente da classe fotoperiódica, a área foliar, em geral, tende a ser maior em dias longos (CASTRO & ALVARENGA, 2002).

Ainda de acordo com CASTRO & ALVARENGA (2002), a área foliar total de uma planta é resultante da ação mútua de dois componentes foliares, representados pela área das folhas e número de folhas, os quais se encontram intimamente interligados. RONCANCIO et al. (1996) com plantas de *Solidaster luteus* e CASTRO & ALVARENGA (2002) com plantas de *Symphytum officinale* L. encontraram a evolução desses dois componentes da área foliar total nas condições fotoperiódicas empregadas por eles. Notaram que o aumento do fotoperíodo de 8 para 16 h promoveu incremento tanto na área das folhas, como no número de folhas das plantas.

Contudo, extensão do fotoperíodo de 16 para 20 h proporcionou um aumento na área das folhas e uma diminuição no número de folhas. Assim, verificaram que, possivelmente, o número de folhas foi o principal componente responsável pela queda da área foliar total em fotoperíodos superiores a 16 h, pois embora o fotoperíodo tenha estimulado aumento na área das folhas, esse não foi suficiente para compensar os efeitos do menor número de folhas na determinação da área foliar total (CASTRO & ALVARENGA, 2002).

O efeito mais comum de dias longos é a promoção de aumento na superfície de expansão da lâmina foliar, o que leva ao desenvolvimento de folhas mais finas e menos suculentas, por causa do aumento na área foliar específica (BARCELOS et al., 2007).

O aumento na expansão de folhas em fotoperíodos longos é claramente vantajoso ao crescimento das plantas, pois conduz a melhores interceptações de luz e, conseqüentemente, à maior taxa de crescimento. Desse modo, há favorecimento do potencial fotossintético total, com a produção de maior quantidade de fotoassimilados, facilitando o particionamento de matéria seca para outros órgãos da planta (RONCANCIO et al, 1996).

Ainda de acordo com RONCANCIO et al. (1996), o aumento na produção de matéria seca é freqüentemente encontrado em plantas crescidas em dias longos, mesmo que o tratamento de luz suplementar forneça pouca energia fotossinteticamente ativa. Isso deve ocorrer em função do aumento em área foliar e da produção fotossintética. O incremento em área foliar resulta do direcionamento

da matéria seca para a formação de folhas mais expandidas, aumentando o potencial fotossintético total da planta.

2.4 PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA DE FLORESTAS

Estudos sobre produção e decomposição de serapilheira em florestas tropicais são numerosos, há muito tempo vêm sendo realizados. GOLLEY et al. (1978), na América Central, NYE (1961) e TOLOSA (2002) em florestas africanas, KLNIGE & HERRERA (1983), VIBRANS e SEVEGNANI, (2002) na Amazônia. Em outras regiões do planeta estudos semelhantes foram feitos por KAVVADIAS et al. (2001), SUNDARAPANDAN & SWAMY, (1999), CAÛTEAUX et al. (1995), BERG (1999), MARTINS & RODRIGUES (1999), FERNANDES (2005), etc.

Na Amazônia, estudos desse tipo além da produção de serapilheira incluíram também a estrutura e função dos ciclos de nutrientes. Os autores documentaram e quantificaram os fluxos de nutrientes e os mecanismos de conservação de recursos e de minimização de entropia desenvolvidos pelas comunidades. Ainda de acordo com VIBRANS & SEVEGNANI (2000) os autores revisaram resultados de outros estudos realizados na Amazônia e em outras regiões tropicais do mundo.

A acumulação de serrapilheira intercepta luz, sombreando sementes e plântulas e reduzindo a amplitude térmica do solo. Ao reduzir a temperatura do solo e ao criar uma barreira à difusão do vapor d'água, a serrapilheira reduz a evaporação do solo. Ao contrário, pode também reduzir a disponibilidade de água, retendo uma considerável proporção de água da chuva que chegaria ao solo. Pode ainda impedir a chegada de algumas sementes e dificultar o crescimento de plântulas (BARBOSA & FARIA 2006).

Quanto á Floresta de Transição em Sinop, Norte do Mato grosso, o referente á trabalhos sobre a produção e acúmulo de serapilheira sabe-se apenas da existência dos efetuados por ALMEIDA (2005) e SILVA (2006). O fato de existir poucos trabalhos desse gênero torna difícil a comparação dos dados dos trabalhos anteriores aos obtidos neste trabalho já que a produção da serapilheira varia de acordo com os fatores edafoclimáticas e estes não são constantes de um ano ao outro.

Serapilheira inclui folhas, caule, ramos, flores e outras partes de plantas, bem como restos de animais e material fecal. A produção de serapilheira na floresta

tropical chuvosa tem a sua abundância associada à estação seca (GOLLEY, 1978). A periodicidade de deposição varia entre espécies nas regiões tropicais e subtropicais, influenciada significativamente pelos fatores climáticos.

A produtividade anual das florestas é diretamente dependente dos fatores climáticos sem, no entanto, ignorar a importância da disponibilidade dos nutrientes, da altitude, da fertilidade, e da umidade do solo, principais variáveis para mudanças no ambiente, além dos fatores como a luz e temperatura que afetam o crescimento das plantas (FERNANDES, 2005).

A serapilheira sofre um processo de decomposição com a liberação eventual dos elementos minerais que compõem os tecidos orgânicos. Nas florestas tropicais úmidas as folhas podem começar o processo de desdobramento quando ainda na planta. Este mesmo comportamento e com maior velocidade de decomposição que as folhas foi verificado com as flores, enquanto que a madeira por ser mais resistente, a sua decomposição se processa apenas na superfície do solo.

2.4.1 Queda das Folhas e Liberação de Nutrientes

As folhas como um dos componentes da serapilheira participam da devolução de nutrientes em ecossistemas. A serapilheira constitui a via mais importante do ciclo biogeoquímico (fluxo de nutrientes no sistema solo-planta-solo). Este ciclo, juntamente com o bioquímico (circulação de nutrientes no interior da planta), permite que as árvores nas florestas possam sintetizar a matéria orgânica através da fotossíntese, reciclando principalmente os nutrientes em solos altamente intemperizados, onde a biomassa vegetal é o seu principal reservatório. (MELO & RESCK, 2003).

Quanto à periodicidade da deposição das folhas, estas além de variarem de espécie para espécie, dependem também de fatores bióticos e abióticos tais como: tipo de vegetação, altitude, latitude, precipitação, temperatura, regimes de luminosidade, relevo, decíduosidade, estágio sucessional, disponibilidade hídrica e características do solo. (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003). Dependendo das características de cada ecossistema um determinado fator pode prevalecer sobre os demais. Dentre esses fatores, o clima é o mais importante. De acordo com os autores ANDRADE et al. (2000) e CAMPOS et al., (2006) as temperaturas elevadas e maior quantidade de insolação constituem os fatores climáticos mais relevantes para a queda das folhas.

Dependendo da composição e da quantidade das folhas depositadas, ocorrerão diferenças no fluxo de matéria orgânica e nutriente para o solo por meio da decomposição. ADAIR (2003) em experimento com espécies decíduas, observou que as folhas coletadas, representavam de 64 a 70%, da serapilheira. Segundo o autor, as maiores taxas de deposição mensal ocorrem em período em que há diminuição da temperatura e precipitação, o que estimulou as plantas a aumentarem a queda de material senescente. Este padrão tem sido observado em florestas tropicais (ADAIR, 2003).

As diferentes épocas de máxima e mínima deposição das folhas observada entre espécies são características que podem ser usadas estrategicamente para o processo de recuperação de solos. Pode-se, por meio de reflorestamentos mistos, adicionar continuamente materiais orgânicos ao solo durante todo o ano, o que

diminui a ação da erosão em razão de uma cobertura permanente de material vegetal sobre o solo (ADAI, 2003).

A quantidade de material orgânico depositado ao longo do ano depende principalmente das condições climáticas, sendo menor nas regiões frias árticas ou alpinas, onde é produzido anualmente cerca de uma tonelada por hectare de serrapilheira, por exemplo, nas florestas temperadas frias 3,5 toneladas e nas florestas equatoriais cerca de 11 toneladas (GAMA-RODRIGUES et al., 2003 & HAAG, 1985).

Os nutrientes entram no sistema através da chuva (deposição úmida), deposição de poeira, aerossóis e serrapilheira (deposição seca), pela fixação do nitrogênio por meio de microrganismos (no caso de nitrogênio) acima e abaixo do solo e pelo intemperismo de rochas (exceto para o nitrogênio). E saem do ecossistema através da lixiviação (escoamento superficial), volatilização via combustão da biomassa e tantas outras formas de erosão e no caso de nitrogênio por meio de desnitrificação de microrganismos (CAMPOS et al., 2006).

Quando a entrada de nutrientes a partir da serrapilheira localizados na fração foliar por baixo das florestas, demonstra ser de menor conteúdo nutricional ao mesmo tempo que o solo apresenta menores estoques. Por isso, é esperado que a vegetação realize uma economia de nutrientes como medida compensatória. Ou, exporte uma serrapilheira com características de maior velocidade de decomposição sobre o solo, a fim de torná-los prontamente disponíveis, quanto mais avançado e complexo for o sistema (BARBOSA & FARIA, 2006).

A deposição seguida da decomposição da serrapilheira é o principal meio de transferência de nutrientes para o solo, possibilitando a sua reabsorção pelos vegetais vivos. Desta forma, a serrapilheira torna-se um dos mais intensos sítios de interação entre a ciclagem de elementos químicos inorgânicos e a transferência de energia. A razão destes no complexo solo/folhas condiciona a capacidade de produção do ecossistema (SCHUMACHER et al., 2004).

Com o fechamento do dossel, a ciclagem de nutrientes, pela deposição de serrapilheira desempenha papel essencial para estabilidade da floresta e para o êxito do processo de recuperação de solos. A camada de serrapilheira, juntamente com a parte aérea e parte radicular das plantas, protegem o solo de agentes erosivos e

propicia condições para restabelecimento das suas propriedades físicas, químicas e biológicas (ANDRADE et al., 2000).

2.4.2 Ciclagem de Nutrientes

A ciclagem mineral em um ecossistema compreende os processos de transferência de nutrientes entre o meio externo e o solo, de um lado, e de outro lado, os processos internos entre vegetação e solo. O primeiro constitui o ciclo geoquímico: envolve ganhos a partir do intemperismo das rochas, da deposição de partículas em suspensão na atmosfera e perdas por lixiviação, escoamento superficial e volatilização. O segundo constitui o ciclo biogeoquímico: caracteriza-se por ganhos a partir da decomposição da matéria orgânica, atividade da fauna, lavagem da copa das árvores, escorrimento de caule, uso de fertilizantes e perdas através da absorção pelos organismos e remoção pela colheita (MAFRA et al., 1998).

Em linhas gerais o estudo de ciclagem de nutrientes deve ser realizado por meio de quantificação de nutrientes que entram no ecossistema (importação) dos que saem (exportação), daqueles que permanecem estocados nos diversos compartimentos do ecossistema e dos fluxos de transferência entre compartimentos (SOUZA & DAVIDE, 2001).

A palavra nutriente se refere a todos os elementos essenciais que constituem as plantas, exceto Carbono (C), Hidrogênio (H₂) e Oxigênio (O₂). Geralmente a maior atenção é concentrada ao Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Magnésio (M) e Cálcio (Ca) porque eles são geralmente requeridos em quantidades relativamente grandes do que os outros três primeiros. A ciclagem de nutrientes na floresta envolve um complexo direto e indireto fornecimento de nutrientes em que o solo influencia a vegetação e a vegetação influencia o solo (PROCTOR, 1987).

O padrão de ciclagem de nutrientes nos trópicos úmidos é diferente do padrão da zona temperada setentrional. Nas regiões frias uma grande parcela da matéria orgânica e dos nutrientes disponíveis permanecem o tempo todo no solo ou no sedimento. Nos trópicos uma percentagem maior está na biomassa, sendo reciclada dentro da estrutura orgânica do sistema, com o auxílio de várias adaptações biológicas que conservam nutrientes, inclusive simbioses mutualísticas entre microorganismos e plantas (ODUM, 1988).

Em regiões tropicais e subtropicais, supõem-se que o intemperismo dos minerais primários contribua pouco no fornecimento de nutrientes para o ecossistema, porque os solos estão fortemente intemperizados, ácidos e pobres. Na floresta, o estoque principal de nutrientes encontra-se nos troncos das árvores e os nutrientes podem ser reciclados por diversos caminhos entre os demais componentes do ecossistema (GOLLEY et al., 1978).

Nos solos altamente intemperizados, assim como nos degradados, a serapilheira constitui-se na maior fonte de matéria orgânica, sua quantidade e natureza desempenham importante papel na formação e manutenção da fertilidade desses e, conseqüentemente, de nutrientes para a flora e fauna do solo degradado. Dada a importância da serapilheira na auto-sustentabilidade dos ecossistemas florestais, muitos pesquisadores têm conduzido trabalhos sobre a produção e decomposição dessa e o retorno de nutrientes ao solo (TOLEDO, 2003).

A degradação da serapilheira é um processo contínuo, podendo iniciar-se antes mesmo do material atingir o solo. Algumas folhas verdes abrigam ainda na própria árvore microorganismos e insetos que já dão início ao processo de decomposição (TOLEDO, 2003).

No Brasil, estudos de ciclagem de nutrientes em florestas nativas têm se concentrado na Amazônia. Estes estudos revelaram ser a floresta amazônica uma das mais oligotróficas do mundo, apresentando, por isso, mecanismos de retenção e de ciclagem de nutrientes bastante desenvolvidos. A oligotrofia dessa floresta é causada pelo elevado grau de intemperismo dos solos e intenso processo de lixiviação a que estão submetidas (BORÉM & RAMOS, 2002). A floresta consegue crescer em substratos pobres em nutrientes somente a partir da manutenção dos mesmos sob altos níveis de biomassa, através de mecanismos de conservação, produzindo um ciclo de nutrientes relativamente otimizado ou fechado com pequenas quantidades deste (BARBOSA & FARIA, 2006).

Segundo CUNHA et al, (1993), no Brasil os trabalhos de KLINGE & RODRIGUES (1968 a.b.), LUIZÃO & SCHUBART (1987) estudando a ciclagem de nutrientes via serapilheira, na Amazônia em floresta de terra firme; os de STARK (1971) e ANDRAE & KRAPPENBAUER (1983) em floresta tropical úmida, realizando inventários de nutrientes em um povoamento de araucária angustifolia no

Rio Grande do Sul, dos MEGURO et al., (1979), CARPANEZZI (1980) e POGGIANI & MONTEIRO Jr. (1990), estudando a deposição de serapilheira e nutrientes em florestas semidecíduas de São Paulo, são de grande destaque no estudo de ciclagem de nutrientes via serapilheira e principalmente, porque estes nomes estão associados com o início deste gênero de pesquisa.

A quantificação do fluxo de nutrientes associado à produção de serapilheira é importante para entender a dinâmica do ecossistema. A manutenção de sistemas naturais depende da adequada ciclagem de minerais (MORAES et al., 1999).

A necessidade de associar e entender os efeitos cinegéticos demonstrados pela complexidade dos diferentes eventos dinâmicos que atuam na ciclagem biogeoquímica da matéria orgânica do solo, em especial da serrapilheira; pode ser compreendida como base na recuperação e manutenção de ecossistemas florestais, utilizados como diferentes estratégias mitigadoras implantadas em projetos conservacionistas e ou de recuperação.

Este entendimento favorece uma resposta mais rápida frente aos potenciais problemas de degradação, que rapidamente estão destruindo os ecossistemas florestais sem um conhecimento prévio de parâmetros indispensáveis a seu adequado manejo (BARBOSA & FARIA, 2006).

2.4.2.1 Adição e Entrada de Nutrientes no Ecossistema

O estudo da dinâmica de nutrientes de um determinado ecossistema envolve medir as quantidades destes em diferentes depósitos e seus fluxos no sistema entre os respectivos depósitos. Envolve também a definição do elemento a analisar, pois esses se diferenciam em termos de velocidade, solubilidade em água, potencial eletroquímico ou reatividade química.

A taxa na qual os nutrientes são liberados depende de vários fatores, como a composição química da serapilheira, a natureza estrutural do nutriente na matriz da serapilheira e a disponibilidade de fontes de nutrientes externos. A liberação de nutrientes da serapilheira depende da qualidade da serapilheira, variáveis macro e micro climáticas e atividade biótica (CAMPOS et al., 2006).

Os principais mecanismos responsáveis pela transferência de nutrientes da biomassa de espécies arbórea para o solo, são a lavagem de vegetação pela chuva,

que desloca substâncias minerais orgânicas das estruturas da parte aérea, e a decomposição de necromassa vegetal, que inclui a serapilheira, troncos e galhos caídos e raízes mortas e no caso de nitrogênio a fixação pelos microorganismos. Além disso, deve-se considerar no esquema a participação da zoomassa (carnívoros, herbívoros e detritívoros) e as práticas de manejo (colheita e exploração) do sistema (PROCTOR, 1987).

A lixiviação de nutrientes a partir de superfícies das plantas como parte de ciclo dentro do ecossistema, depende de fatores como temperatura, chuvas, tempo de residência da água nas folhas e do índice da área das folhas. No processo de ciclagem ocorre a transferência de nutrientes de um compartimento para outro envolvendo uma série de processos dentro do ciclo natural. Os modelos que descrevem o processo de ciclagem de nutrientes são complexos e, invariavelmente, mencionam três sistemas fundamentais de movimentação de nutrientes: plantas, animais, e solos. Esses modelos são estruturados com base na indicação do tempo, da área e limites desses sistemas (PROCTOR, 1987).

As deficiências de nitrogênio e fósforo, freqüentemente, são as mais limitantes para a produção em ecossistemas florestais. Estes elementos estão disponíveis em quantidades adequadas na maioria das florestas como resultado do intemperismo de rochas e da decomposição da matéria orgânica. O fósforo liberado pelo intemperismo de uma rocha pode ser utilizado pela vegetação por muitos anos antes de ser perdido do sítio por meio da percolação da água. O movimento de nutrientes dentro de uma floresta é chamado ciclo intra-sistema e inclui a absorção de nutrientes pelas plantas e as perdas de nutrientes devido à morte e decomposição de partes de plantas (CAMPOS et al., 2006).

2. 4. 2. 2 Circulação de Macronutrientes

Os nutrientes essenciais ao crescimento das plantas e animais passam do solo às plantas, das plantas aos animais e destes ao solo novamente. Esta seqüência de transferência por meio de séries de compartimentos constitui a ciclagem de nutrientes de maneira simples (GAMA-RODRIGUES, 2003). A ciclagem de nutrientes é uma seqüência de transferências através de uma série de compartimentos, tais como:

- a) o compartimento orgânico constituído de organismos vivos e seus restos;
- b) o de nutrientes disponíveis na solução do solo ou adsorvidos ao complexo argila-húmus;
- c) o de solo inorgânico e rochas; e
- d) o compartimento atmosférico composto inteiramente de gás, incluindo o ar do solo.

O último consta de várias fases: absorção, assimilação e armazenamento na biomassa em que nutrientes retornam ao solo com a manta orgânica ou pelas chuvas, acumulação e decomposição na superfície do solo e mineralização ficando, assim, disponível no meio edáfico para a vegetação.

A atmosfera contém 80% de nitrogênio, é o maior reservatório e a principal via pela qual o nitrogênio abandona o sistema. O nitrogênio entra continuamente na atmosfera pela ação das bactérias desnitrificantes, e continuamente retorna ao ciclo pela ação das bactérias ou algas fixadoras de nitrogênio (biofixação), por meio da radiação e por outra forma de fixação física.

O nitrogênio circula entre os organismos e o ambiente, junto com os microorganismos responsáveis pelas principais etapas do ciclo, a fixação, a assimilação, a nitrificação, a desnitrificação, a decomposição e a lixiviação do nitrogênio.

O reservatório de nitrogênio não tem mudado em tempos recentes, acredita-se que as entradas e saídas do reservatório atmosférico (desnitrificação x fixação) continuam equilibradas de modo geral (ODUM, 1988).

O fósforo apresenta um ciclo simples, comparado com o do nitrogênio. O fósforo é um elemento raro e o seu ciclo ocorre em poucas formas químicas. A sua proporção para o nitrogênio em águas naturais é de cerca de 1 para 23 (ODUM, 1988).

O fósforo é um componente importante e necessário do protoplasma, tende a circular quando os compostos orgânicos se desintegram, finalmente, em fosfato (PO_4^{3-}) e passam a estarem novamente disponível às plantas. Os grandes reservatórios do fósforo são as rochas e os depósitos formados em idades geológicas passadas, por exemplo, os depósitos de guano na costa do Peru (ODUM, 1988).

O cálcio e o potássio assim como o nitrogênio e o fósforo fazem parte de dois ciclos de nutrientes: um externo chamado geoquímico que inclui as formas de transferência de nutrientes para dentro e fora do ecossistema florestal, e um interno ou biológico, que corresponde à ciclagem interna dos nutrientes no ecossistema (HAAG, 1985).

O cálcio é um componente da parede celular vegetal, sendo necessário na manutenção da estrutura, na ativação da amilase e na vitalidade das zonas meristemáticas. Ele é requerido para o funcionamento normal das membranas vegetais e foi-lhe atribuído o papel de mensageiro secundário em várias respostas da planta, tanto a sinais ambientais quanto hormonais. Por isso, na ausência interfere no funcionamento das plantas, haja visto que a necrose que resulta desta ausência nas plantas em crescimento lento pode ser precedida por uma clorose generalizada e um curvamento para baixo das folhas. (TAIZ & ZEIGER, 2004).

A absorção do cálcio está limitada aos ápices radiculares, ou locais de emergência de raízes laterais, onde as tiras de Caspary (camada impermeável, mais interna do córtex, no endoderme que regula a quantidade d'água que chega ao xilema) são incipientes ou estão interrompidas. Em condições de baixo teor de umidade do solo, a consequência pode ser a morte das raízes jovens o que, por conseguinte limitará ainda mais a absorção de cálcio (SALISBURY & ROSS, 1994).

O transporte de cálcio nas plantas dá-se no xilema. As forças motorizes responsáveis pelo transporte são: a transpiração e a pressão da raiz (fluxo de massa de água). A transpiração tenderá a conduzir o cálcio para os órgãos de respiração, folhas e frutos. É pouco móvel nos vasos condutores (imóvel no floema e relativamente móvel no xilema), resultante desta condição de mobilidade o cálcio pode existir em grande quantidade no solo e nas folhas, e em pequena quantidade no fruto (CAMPOS et al., 2006).

Por esta razão, o teor do cálcio no fruto é o indicador mais confiável para prever potenciais problemas da ausência do cálcio, embora para estudo de análise ambiental as folhas ou a serapilheira ou o solo têm sido os elementos dos quais se tem informações de mais estudos desse nutriente. O gradiente de concentração em cálcio diminui do tronco (elevado cálcio) para o cálice do fruto (baixo cálcio), onde

o “*bitter pit*” (manchas castanhas na epiderme de frutos de dimensão entre 1 a 10 mm em função da carência do cálcio) se manifesta primeiro.

A concentração do cálcio para as plantas varia de espécie para espécie. Em algumas plantas depósitos inorgânicos como oxalato de cálcio é encontrado nas folhas. Nas células, o cálcio é proeminente na estrutura de parede onde tem o papel de ligação nas funções da membrana. É também encontrado nos componentes da célula como um vacúolo no qual os armazenamentos podem ocorrer temporariamente (ALLEN, 1989).

O cálcio em solução é incorporado pelas raízes e passa a fazer parte de vegetais e mais tarde de consumidores e, por fim, retorna ao solo através da ação dos decompositores.

O Potássio é um dos elementos minerais relevante na relação planta solo. Está disponível nas plantas, é móvel, prontamente removido a partir dos solos e das copas das árvores de matéria orgânica por se encontrar em forma solúvel. Não faz parte de nenhum composto orgânico dentro da planta (HAAG, 1985). É essencial para as plantas as quais o requerem para as funções bioquímicas como ativador de enzimas, síntese de proteínas, metabolismo energético e fosforilação oxidativa (reações de redução da cadeia de transporte de elétrons e a síntese de ATP). As suas concentrações variam nos vacúolos, onde ele tem o maior papel biofísico, mantendo a turgescência das células-guardas e das células epidérmicas adjacentes, coordenando a abertura e o fechamento dos estômatos (LARCHER, 2004).

O potássio é retirado do solo pelas plantas por sistema radicular, por meio da difusão causada pelo movimento ao acaso dos íons em direção às raízes, de acordo com o gradiente de concentração gerado na superfície radicular pelo processo de absorção. O fluxo de massa está associado ao gradiente de potencial hídrico provocado pela absorção de água pelas plantas. A importância relativa do fluxo de massa no suprimento de nutrientes depende da capacidade do solo em fornecê-los, além da demanda pela planta, sendo caracterizado pelas diferenças na transpiração, morfologia de raiz e taxa de absorção de potássio, as quais variam com a espécie, idade da planta, atividade da raiz e teor de água do solo (RESOLEM et al., 2003).

Diferente do cálcio, o potássio é um elemento altamente móvel no floema e prontamente redistribuído para os órgãos novos em crescimento, sendo uma das suas

funções, proteger a planta contra doenças, além de auxiliar na manutenção dos frutos na planta, o que ocasiona a maior concentração nesta fração, apesar da pouca diferença em relação às demais (SCHUMACHER et al., 2004).

2.4.3 O Ciclo de Carbono

O carbono ocorre na natureza em formas complexas, embora as únicas rochas minerais sejam de carbonatos, de cálcio e de magnésio. O elemento ocorre como diamante e muito largamente como grafite, enquanto que os resíduos de plantas formam carvão e hidrocarbonetos, os quais se acumulam nas camadas profundas do solo como óleo ou gases.

O carbono é um dos principais elementos de tecidos vivos, por causa da sua extensiva química orgânica, envolvendo hidrogênio, oxigênio e alguns elementos minerais incluindo o nitrogênio e fósforo (ALLEN, 1989). De qualquer modo, ao contrário de elementos nutritivos, a principal fonte de carbono para as plantas é o dióxido de carbono atmosférico via fotossíntese e não o solo. Em adição, muitos organismos vivos, sobretudo algas e grupos de invertebrados possuem carbono inorgânico (carbonato de cálcio) como componente da estrutura do corpo.

A biota terrestre está em constante troca de carbono, por meio de fluxos que ligam os diferentes compartimentos de carbono existente na terra como: os rios riachos e córregos de acordo com RICHEY et al. (2002), carbonatos, combustíveis fósseis e incluindo o conjunto serapilheira-solo (Figura 3).

Qualquer alteração na biota terrestre tem grande potencial de afetar as concentrações de CO₂ na atmosfera. O carbono possui um reservatório pequeno na atmosfera, mas muito ativo que, sendo vulnerável as atividades humana, em conjunto com a água podem mudar o tempo e o clima. Durante o último século, o conteúdo de CO₂ se elevou por causa do aumento da queima dos combustíveis fósseis e uso da terra, conforme mostram as setas da sua emissão (Figura 3).

O dióxido de carbono na atmosfera é absorvido pelas plantas e convertido em açúcar, pelo processo de fotossíntese. Os animais comem as plantas e ao decomporem os açúcares liberam carbono na atmosfera, oceanos e solo. Outros organismos se decompõem, como as plantas e os animais, devolvendo carbono ao meio ambiente.

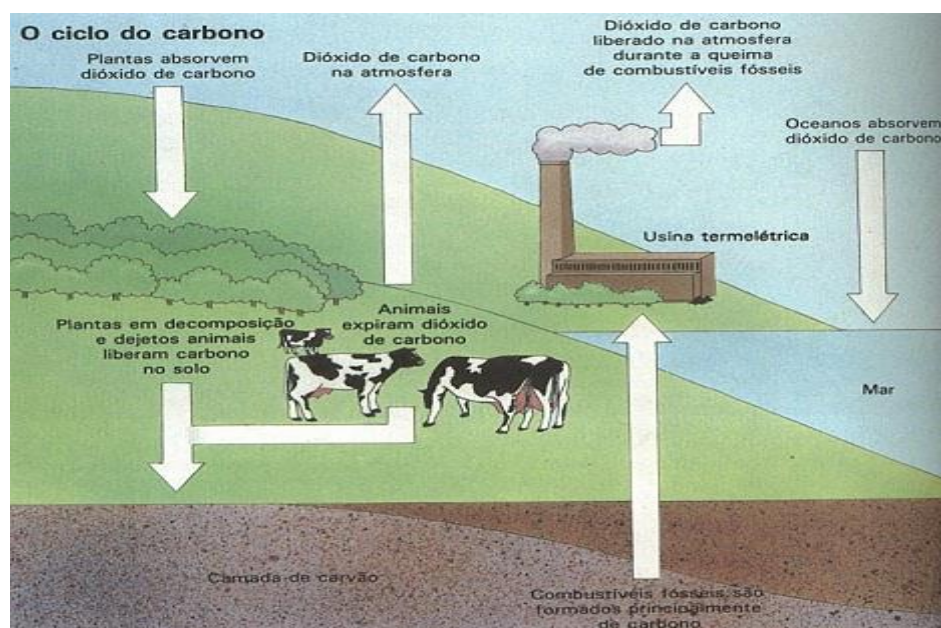


Figura 3 - Ciclo de Carbono

Fonte: Oracle Education Foundation (2006).

Vários estudos têm sido feitos para definitivamente tornar claro qual o real poder das florestas absorverem o carbono, em especial na Amazônia, principalmente devido à dinâmica das populações sobre as florestas (desmatamento e queimada) e as variações naturais que podem influir na absorção ou emissão de carbono.

O reconhecimento da Amazônia como fonte ou sumidouro de carbono da atmosfera, passa pelo entendimento dos processos de interação da floresta com os rios (SELVA, 2005).

Dentre as pesquisas atuais que envolvem a Amazônia, podem ser citadas aquelas desenvolvida pelos pesquisadores envolvidos com o Programa LBA. É um programa de pesquisa internacional, coordenado pelo Instituto de Pesquisa da Amazônia (INPA) e o Ministério da Ciência e tecnologia (MCT), tendo como objetivo principal o entendimento de como funcionam de forma integrada os ecossistemas amazônicos (e também do cerrado) do ponto de vista físico, químico e biológico (MANZI, 2005). Ainda de acordo com MANZI (2005), também é objetivo do LBA, entender como os ecossistemas interagem com a atmosfera e, outrossim, quais os impactos das mudanças do uso da terra no clima regional e global, além de como as mudanças globais vão afetar os sistemas amazônicos.

2.4.4 Remoção de Nutrientes do ecossistema

Os nutrientes são retirados do solo pelas raízes, normalmente em associações com fungos, os quais depositam os nutrientes abaixo do solo do qual são exportados para o dossel da floresta. As árvores decíduas possuem um extenso e profundo sistema radicular capaz de buscar nutrientes que foram carregados para camadas profundas do solo após a degradação da serapilheira. As raízes retiram nutrientes do solo como secreções resultado da morte e decomposição. A permanente perda de nutrientes do solo ocorre por meio de erosões, queimadas, perda nas drenagens da água e no caso de nitrogênio inorgânico, a perda ocorre também pela fixação e desnitrificação por microorganismos. Alguns nutrientes, em particular o fósforo devem efetivamente deixar o sistema converter-se em formas inorgânicas insolúveis dentro do solo (PROCTOR, 1987). Em áreas de floresta manejadas após o corte, a população do solo de bactérias nitrificantes (*Nitrosomonas* e *nitrobacter*) produz grandes quantidades de NO_3^- em razão da mineralização do nitrogênio presente na serapilheira:



3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Localização Geográfica

A área estudada está localizada entre as coordenadas $11^{\circ}24'43.4''\text{S}$: $55^{\circ}19'25.7''\text{O}$ (Figura 4), na qual esta instalada uma torre micrometeorológica equipada para coleta de dados meteorológicos.

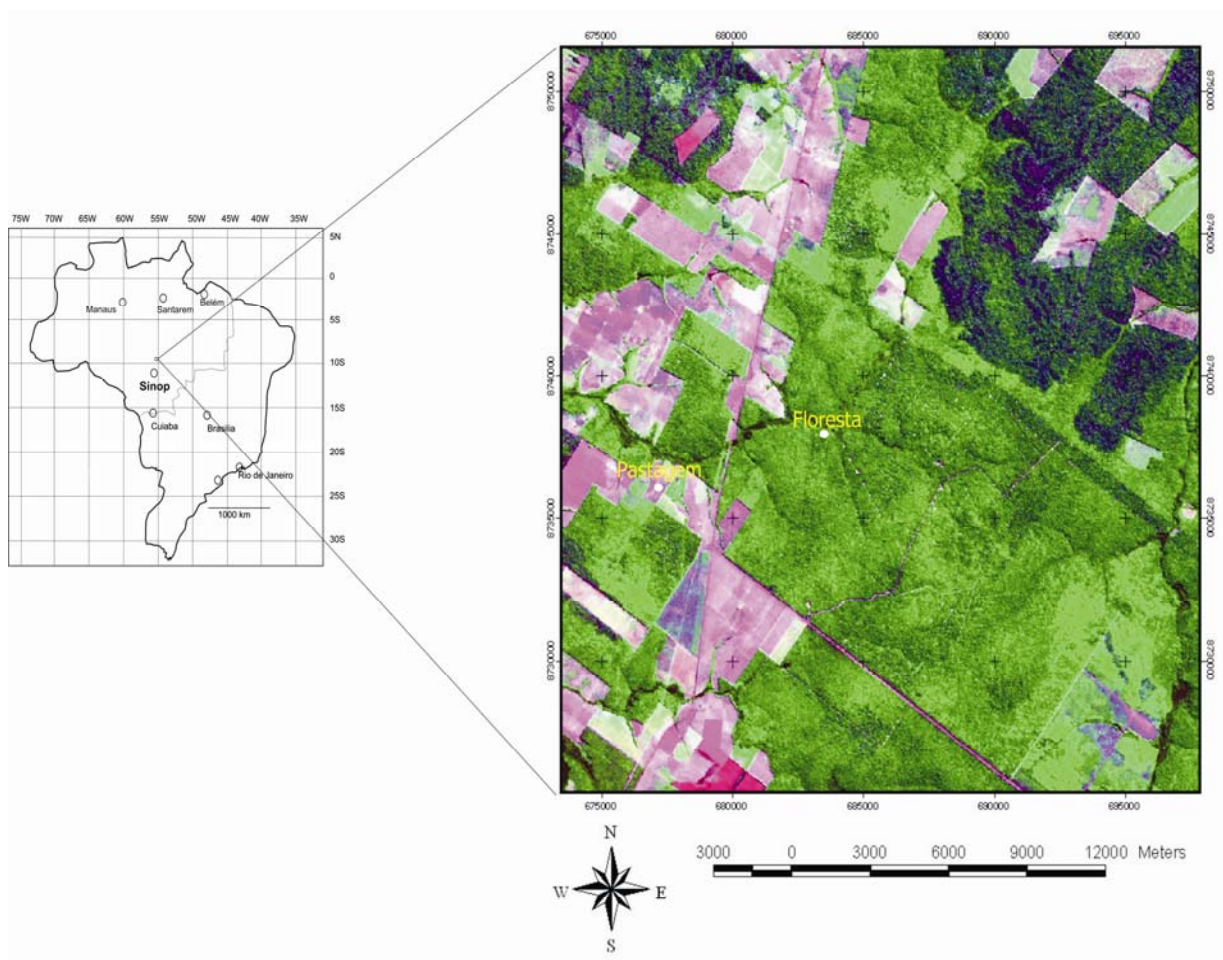


Figura 4 - Mapa de localização da área de estudo

3.1.2 Caracterização Geo-Climática

O solo da floresta estudada é arenoso, permeável, classificado como neossolo, quartzarênico, órtico do tipo A moderado e álico, assim estruturado: na profundidade de 50 cm, 83,4% corresponde à areia, 4,4% silte e 12,2% argila. É ácido, pH 4,2 a 2,5 cm de profundidade e com 2,05% de teor de CO_2 igualmente a 2,5 cm de profundidade (ALMEIDA, 2005).

A região está a 313 m acima do nível do mar e apresenta uma precipitação média anual de 2000 mm, com estações bem definidas: de junho a agosto, estação seca; de dezembro a março, estação úmida e; duas estações de transição: úmida-seca, de março a maio e seca-úmida de setembro a novembro (Figuras 12 e 13). O clima é tropical chuvoso de transição entre o clima equatorial úmido da Amazônia e a savana (Cerrado). Normalmente, a floresta de transição recebe cerca de 200 mm de chuva a menos por ano que a floresta tropical e 500 mm a mais do que o cerrado (VOURLITIS et al., 2002). A temperatura média anual (média histórica dos últimos 30 anos) situa-se em torno de 24°C.

A vegetação é constituída por vários estratos, desde arbustos e lianas de árvores de 10 a 99,50 cm de diâmetro, (inventário, 2002), na qual a copa dos maiores indivíduos atinge cerca de 32 m de altura (Figuras 1 e 5).

As espécies de árvores nesta área são típicas de floresta semidecidual da Amazônia (ACKERLY et al., 1989) que por ordem de dominância de acordo com o inventário inclui: espécies arbóreas *Tovomita schomburgkii* (Planch & Triana), *Protium sagotianum* Marchland, *Borsimum lactescens* (S.Moore), *Dialium guianense* (Aubl), *Pseudolmedia* sp, *Qualea paraensis* (Ducke). Existem aproximadamente 80 espécies e 35 famílias sendo que, 50% de indivíduos estão dentro das famílias Clusiaceae (*T. schomburgkii*), Bruserceae (*P. sagotianum*), Moraceae (*B. lactescens* e *P. pseudolmedia* sp), Cesalpiniaceae (*D. guianense*) e Volchysiaceae (*Q. paraensis*).



Figura 5 - Estratos da floresta na área de estudo: A - dossel da floresta a 32 m, janeiro de 2006, B - dossel da floresta a 32 m, junho de 2006, C - estrato intermediário da floresta a 28 m, junho 2006, D - estratos intermediários da floresta a 28 m, junho de 2006, E e F - estratos intermediários da floresta a 14 m, janeiro 2006, G - estrato inferior da floresta a 1 m, junho de 2006 e H -estratos inferior da floresta a 1 m, junho de 2006.

3.2 MEDIÇÃO E ESTIMATIVA DE VARIÁVEIS EDAFOCLIMÁTICAS QUE AFETAM O ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

A precipitação pluviométrica (P_p) foi medida pelo pluviômetro Galaxy (J.prolab, Paraná, Brasil) pertencente à Fazenda Continental. O pluviômetro era fixado em um poste a 1,5 m do solo e a uma distância de 15 m de outros obstáculos (árvore casas, construções, etc.). As leituras e as anotações do volume da água no mapa pluviométrico foram feitas todos os dias às 9 h.

Os dados da temperatura do ar (T_a) e da umidade relativa do ar (UR) foram obtidos por meio de um psicrômetro modelo HMP54AC (Campbell Scientific, Logan, UT, USA) com capacidade de medir temperatura na faixa de -40 a 80°C e a umidade na de 0 a 100%. Por problemas operacionais com alguns dos equipamentos instalado na torre, não foi possível apresentar dados de temperatura e umidade relativa referentes ao ano de 2005, apresentando-se apenas os dados dos anos de 2006, 2002 e 2003 referentes a essas variáveis.

Os dados de T_a e UR foram utilizados para estimar o potencial de vapor d'água na atmosfera (ψ_{va}), de acordo com a Equação 1.

$$\psi_{va} = \frac{R \times T_a}{\bar{V}} \times \ln\left(\frac{UR}{100}\right) + \rho_a gh \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

- ψ_{va} = potencial do vapor d'água na atmosfera (MPa),
- R = constante universal dos gases (0,008314 L MPa °K⁻¹ mol⁻¹),
- T_a = temperatura do ar (°K),
- $\bar{V}$ = volume parcial molar da água (18 mL mol⁻¹),
- UR = umidade relativa do ar (%),
- ρ_a = densidade da água (1 kg L⁻¹),
- g = aceleração da gravidade (9,8 m s⁻²),
- h = altura, em relação ao nível do mar, em que os valores da temperatura e da umidade do ar foram tomados a 354 m

Considerando a necessidade de se ter dados contínuos da variável ψ_{va} , a fim de tornar possível uma análise de correlação cruzada entre os dados do IAF e os do

Ψ_{va} , foi realizada uma análise de regressão linear empregando-se como variável dependente o Ψ_{va} e, como independente, o dia juliano.

A umidade do solo (U_s) foi obtida por meio de um sensor TDR CS615 (Campbell Scientific, Logan, UT, USA). O sensor teve a orientação horizontal na profundidade de 30 cm. As medidas de TDR foram expressas em unidade volumétrica de metro cúbico de água por metro cúbico de solo.

Assim como foi feita uma regressão linear para estimar os valores instantâneos do Ψ_{va} em função do dia juliano, também para a umidade do solo efetuou-se o mesmo procedimento, a fim de possibilitar a análise de correlação cruzada entre IAF e essa variável.

Os dados diários do fotoperíodo (F) foram estimados com base na Equação 2, que leva em consideração a duração astronômica do dia (N) (Equação 3) à qual se soma 1,2 horas. Isto porque mesmo quando o sol está abaixo da linha do plano horizontal local, ainda existe radiação difusa que interfere no fotoperíodo.

Quanto ao cálculo de N , fez-se também um acréscimo de $0,83^\circ$ ao ângulo horário do nascer ou pôr-do-sol. Essa correção deve ser feita para levar em conta o ângulo de $16'$ dos raios do disco solar que ainda se fazem presentes tanto no nascimento quanto no ocaso do sol, assim como outros $34'$ referentes à visibilidade do disco solar antes de sua aparição no nascimento e após o pôr-do-sol, devido à refração atmosférica, perfazendo um total de $50'$ pela manhã e outros $50'$ pela tarde (VAREJÃO-SILVA, 2006).

$$F = N + 1,2 \quad (\text{Equação 2})$$

$$N = 2 \times \left(\frac{H + 0,83}{15} \right) \quad (\text{Equação 3})$$

Em que: N = é a duração astronômica do dia (ou o número de horas de brilho solar teórica máxima do dia),

H = ângulo horário do nascer ou por do sol, calculado pela Equação 4.

$$H = \arccos(-\operatorname{tg}\phi \times \operatorname{tg}\delta) \quad (\text{Equação 4})$$

Em que: H = ângulo horário do nascer ou pôr-do-sol (graus),
 ϕ = latitude local (igual $-11,3792^\circ$ para este caso),
 δ = declinação solar, calculada pela Equação 5.

$$\delta = 23,45 \times \operatorname{sen}\left[360 \times \frac{(284 + D)}{365}\right] \quad (\text{Equação 5})$$

Em que: δ = declinação solar (graus),
 D = dia Juliano ($1 \leq D \leq 365$).

Todos os equipamentos estavam programados para fazerem leituras em cada 30 segundos e armazenar médias de 30 em 30 minutos pelo sistema de controle, aquisição e registro de dados. Periodicamente, os dados armazenados em módulos de memória eram coletados e transferidos para um computador para serem analisados. Além dos equipamentos acima mencionados, na torre estava também instalados um analisador de gás LI-820 (H_2O e CO_2), eddy covariância, um Anemômetro Sônico (Applied Technologies, Inc., Longmont, CO, USA), etc., todos alimentados por um sistema constituído por Painel de energia solar fotovoltaica com 10 placas solares de 75 w modelo SP75 (Siemens Ltda) e um banco de baterias de 12volts/150Ah cada.

Devido a problemas operacionais verificados nos equipamentos instalados na Torre em Sinop, área experimental, a coleta de dados por esse meio apresentou lacunas, razão pela qual foi realizada para cada variável dos dados coletados uma análise de regressão que melhor se adequasse aos dados de acordo com a análise aplicada aos mesmos a fim de se obter dados sem falhas que auxiliassem no entendimento da dinâmica do *IAF* e da produção de serapilheira. O fato de no mesmo estudo existir dados de variáveis edafoclimáticas referentes ao intervalo de tempo de 2002 a 2006 é em razão de se ter trabalhado com os dados do *IAF* coletado nos anos de 2002 e 2003 e os dados referentes á produção de serapilheira coletados no período de maio 2005 a junho de 2006.

3.2.1 Estimativa do Índice de Área Foliar

Os dados de radiação fotossinteticamente ativa utilizados neste trabalho para estimar o índice de área foliar (*IAF*) foram coletados nos anos de 2002 e 2003, correspondentes a 279 dias em face de problemas de coleta e aquisição de dados.

Os dados estudados foram armazenados a partir das leituras instantâneas, empregando o limite mínimo de radiação fotossinteticamente ativa aceitável o valor de $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. A 28 m de altura, existiam dois sensores, sendo um sensor para a radiação incidente e o outro para a radiação refletida e a 1 m existia outro sensor para capturar a radiação transmitida pelo dossel.

A determinação do *IAF* foi feita segundo o método proposto por MONSI & SAEKI (1953), que considera o decaimento exponencial da radiação que atravessa o dossel, segundo a Lei de Lambert-Beer (Equação 6).

$$I = (I_o - I_{or}) \times \exp(-k \times IAF) \quad (\text{Equação 6})$$

Em que: I = densidade de fluxo de radiação fotossinteticamente ativa que atravessa o dossel durante o dia ($\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$),
 I_o = densidade de fluxo de radiação fotossinteticamente ativa que atinge o topo do dossel durante o dia ($\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$),
 I_{or} = densidade de fluxo de radiação fotossinteticamente ativa refletida pelo topo do dossel durante o dia ($\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$),
 k = coeficiente de extinção do dossel ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$),
 IAF = índice de área foliar ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$).

Isolando-se *IAF* da Equação 6, pode-se estimar o seu valor, segundo a Equação 7.

$$IAF = \frac{\ln\left(\frac{I}{I_o - I_{or}}\right)}{-k} \quad (\text{Equação 7})$$

O coeficiente de extinção (k) empregado foi estimado a partir do ângulo de elevação do sol (BEER, 1990) de acordo com o método proposto por GOUDRIAAN

(1988) que considera uma distribuição aleatória do ângulo foliar e uma copa esférica das plantas, empregada como padrão em vários modelos (Equação 6).

O valor de k calculado usando a Equação 8 fornece valores instantâneos de acordo com a elevação do sol que varia ao longo do dia. Portanto, a média diária do valor do k usado para calcular IAF .

$$k = \frac{O}{\sin \beta} \quad (\text{Equação 8})$$

Em que: k = coeficiente de extinção instantâneo do dossel ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$),
 O = valor médio da projeção das folhas na direção dos raios solares, calculado segundo a Equação 9 ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$),
 β = altura do sol acima do horizonte, calculado segundo a Equação 13

$$O = 0,134 \times O_1 + 0,366 \times O_2 + 0,500 \times O_3 \quad (\text{Equação 9})$$

Em que: O = média da projeção das folhas na direção dos raios solares ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$);
 O_1 = variável calculada segundo a Equação 10 ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$),
 O_2 = variável calculada segundo a Equação 11 ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$),
 O_3 = variável calculada segundo a Equação 12 ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$).

$$O_1 = \text{máx}(0,26; 0,93 \times \sin \beta) \quad (\text{Equação 10})$$

Em que: O_1 = variável calculada para ser empregada na Equação 9 ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$),
 β = altura do sol acima do horizonte, calculado segundo a Equação 13.

$$O_2 = \max(0,47; 0,68 \times \sin \beta) \quad (\text{Equação 11})$$

Em que: O_2 = variável calculada para ser empregada na Equação 9 ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$),
 β = altura do sol acima do horizonte, calculado segundo a Equação 13.

$$O_3 = 1 - 0,268 \times O_1 - 0,732 \times O_2 \quad (\text{Equação 12})$$

Em que: O_3 = variável calculada para ser empregada na Equação 9 ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$),
 O_1 = variável calculada segundo a Equação 10 ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$),
 O_2 = variável calculada segundo a Equação 11 ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$).

$$\beta = 90 - Z \quad (\text{Equação 13})$$

Em que: β = altura do sol acima do horizonte (graus),
 Z = ângulo zenital, calculado segundo a Equação 14 (graus).

$$Z = \arccos(\sin \phi \times \sin \delta + \cos \phi \times \cos \delta \times \cos h) \quad (\text{Equação 14})$$

Em que: Z = ângulo zenital (graus),
 ϕ = latitude local (igual $-11,3792^\circ$ para este caso),
 δ = declinação solar, calculada segundo a Equação 5 (graus),
 h = ângulo horário, calculado segundo a Equação 15 (graus).

$$h = 15 \times (T_s - 12) \quad (\text{Equação 15})$$

Em que: h = ângulo horário (graus),
 T_s = tempo solar, calculado segundo a Equação 16.

$$T_s = T_{st} + \frac{L_{st} - L_{loc}}{15} + E \quad (\text{Equação 16})$$

Em que: T_s = tempo solar (horas),
 T_{st} = tempo padrão, horário oficial (horas),
 L_{st} = longitude padrão que estabelece o horário oficial, igual a 60°
 (para este caso).
 L_{loc} = longitude local (igual a 55,323° para este caso),
 E = equação do tempo, calculada segundo a Equação 17.

$$E = 9,87 \times \sin(2B) - 7,53 \times \cos B - 1,5 \times \sin B \quad (\text{Equação 17})$$

Em que: E = Equação do tempo (horas),
 B = variável calculada segundo a Equação 17.

$$B = \frac{360 \times (D - 81)}{364} \quad (\text{Equação 18})$$

Em que: B = variável empregada na Equação 17,
 D = dia Juliano.

Foi realizada uma análise de regressão polinomial para estimar *IAF* em função do dia juliano. A pretensão desta análise de regressão foi, exclusivamente, possibilitar a obtenção de dados contínuos (sem falhas) para serem empregados na análise de correlação cruzada entre o *IAF* e variáveis edafoclimáticas.

3.3 PRODUÇÃO DA SERAPILHEIRA NA FLORESTA DE TRANSIÇÃO

Para avaliar a produção da serapilheira, foram instaladas aleatoriamente na área experimental, 20 coletores de madeira de 1 m² (Figura 6), numerados de 1 a 20. A distância entre os coletores foi de 15 m (Figura 7).

O fundo basal dos coletores estava protegido por uma tela de náilon com malha de 2,5 mm para facilitar a drenagem da água e diminuir a decomposição dentro dos coletores. Os coletores foram colocados a 0,50 m acima do solo numa área de 1,0 ha. O material interceptado pelos coletores foi recolhido regularmente em intervalo de 30 dias, sendo acondicionado em sacos plásticos etiquetados e levado ao laboratório.



Figura 6 - Caixa de interceptação de serapilheira

As coletas foram realizadas no período de 12 meses de junho de 2005 a maio de 2006. Em cada coleta, a serapilheira retirada dos coletores foi separada manualmente nas frações folhas, frutos, flores e galhos. Após a triagem as frações foram acondicionadas em sacos de papel kraft etiquetados e levados para a secagem em estufa com circulação de ar entre 65 a 70°C durante 48 horas, atingindo o peso constante. Finalmente cada fração foi pesada separadamente em balança analítica.

Com os dados obtidos da massa mensal seca da serapilheira foi avaliada a dinâmica da produção total da serapilheira e das suas frações bem como a porcentagem de cada fração.

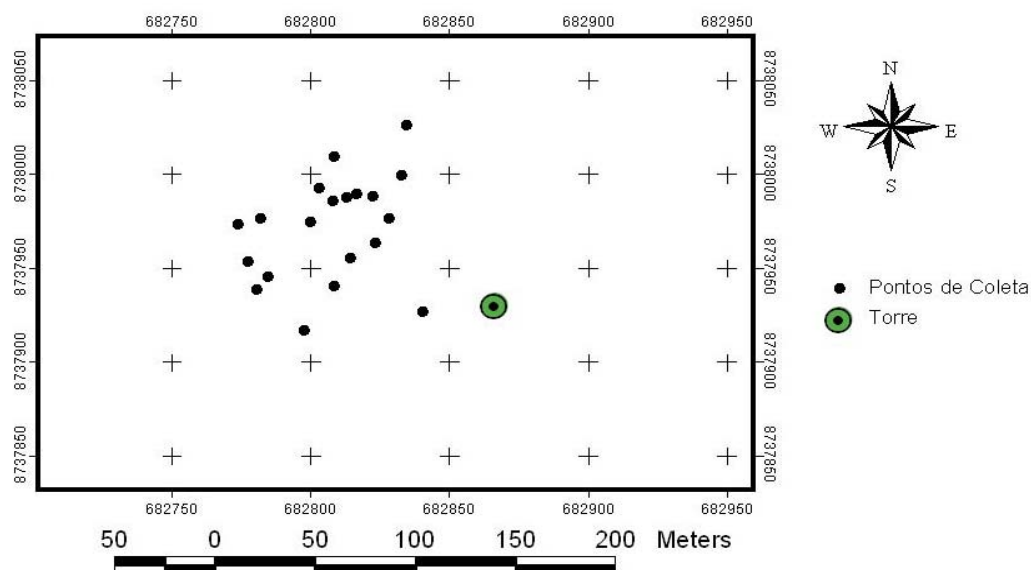


Figura 7 - Localização das caixas de interceptação de serapilheira.

Fonte: PINTO-JR (2007).

Para estimar a serapilheira acumulada no solo foi usada uma caixa de metal de 0,25 x 0,25 m (Figura 8), posicionada aleatoriamente sobre a superfície do solo nas proximidades das caixas de interceptação de serapilheira. As amostragens foram feitas mensalmente com vinte repetições em cada mês, entre junho/2005 a maio/2006. O material acumulado do solo teve o mesmo tratamento referenciado acima para a serapilheira produzida.

Para avaliar o grau de associação entre a serapilheira produzida e a acumulada foi feito uma análise de correlação e para as das variáveis, os valores médios da serapilheira produzida e os acúmulos da serapilheiras no solo, apresentados serão seguidos de seu intervalo de confiança.



Figura 8 - Coletora de serapilheira acumulada sobre o solo

3.3.1 Decomposição da Serapilheira

A taxa da decomposição da serapilheira total sobre o solo (K) para uma condição de equilíbrio dinâmico no período de junho de 2005 a maio de 2006 foi feita pela relação entre a serapilheira produzida anualmente (L) e o valor médio da serapilheira acumulada sobre o solo (X_{ss}). O K foi calculado pela equação que se segue como proposto por Olson (1963).

$$K = \frac{L}{X_{ss}} \quad (\text{Equação 17})$$

Em que:

- K = é a taxa de decomposição da serapilheira total,
- L = é a produção anual da serapilheira total,
- X_{ss} = é acúmulo da serapilheira sobre o solo.

Com a obtenção do valor de K foi possível calcular o tempo de renovação da quantidade da serapilheira acumulada no solo que nada mais que o tempo para que 95% da serapilheira seja decomposta.

$$T_{95\%} = \frac{3}{K} \quad (\text{Equação 18})$$

Em que: $T_{95\%}$ = o tempo de renovação de serapilheira total,
 K = a constante da decomposição da serapilheira total.

4 TAXA DE DECOMPOSIÇÃO E ESTIMATIVA DA PERDA DE NUTRIENTES NAS FOLHAS DE TRÊS ESPÉCIES

Para o estudo da decomposição e reciclagem de nutrientes (N_t) foram coletadas folhas senescentes (FS) e folhas verdes completamente expandidas em plena atividade biológica (FCE). A relação entre a concentração de nutrientes presentes nas folhas verdes e nas folhas senescentes permitiu avaliar a redistribuição de nutrientes das folhas na própria planta antes da abscisão foliar das espécies *Tovomita schomburgkii* (Planch & Triana), *Borsimum lactescens* (S.Moore) e *Dialium guianense* (Aubl.), calculados de acordo com a equação 19.

$$Rn_t = \frac{FS - FCE}{FS} \times 100 \quad (\text{Equação 19})$$

Em que:

Rn_t = redistribuição do nutriente mineral analisado;

FS = Concentração das folhas senescentes; e

FCE = Concentração das folhas verdes completamente expandidas.

Os espécimes empregados nesse trabalho foram alcançados a partir da torre micrometeorológica, situação que facilitou a seleção das mesmas, minimizando assim as dificuldades logísticas. Para a coleta das folhas, foi usada a técnica de escalada livre em corda, usando os equipamentos tradicionalmente empregados em arborismo (Figura 9).

O processo da decomposição das folhas das espécies selecionadas foi avaliado por meio da dinâmica da perda de massa seca, tendo em conta o peso inicial, ao passo que a taxa de retorno de nutrientes ao solo foi avaliada pela análise química a partir da perda de nutrientes presumivelmente ocasionadas durante o processo de decomposição.

A coleta das folhas senescentes foi feita entre os meses de junho a setembro de 2005, em variadas ocasiões até ter alcançado a quantidade de material correspondente a 75 g em matéria seca para cada espécie, dos quais 70 g foram utilizados para a decomposição a partir de outubro de 2005 a julho de 2006.

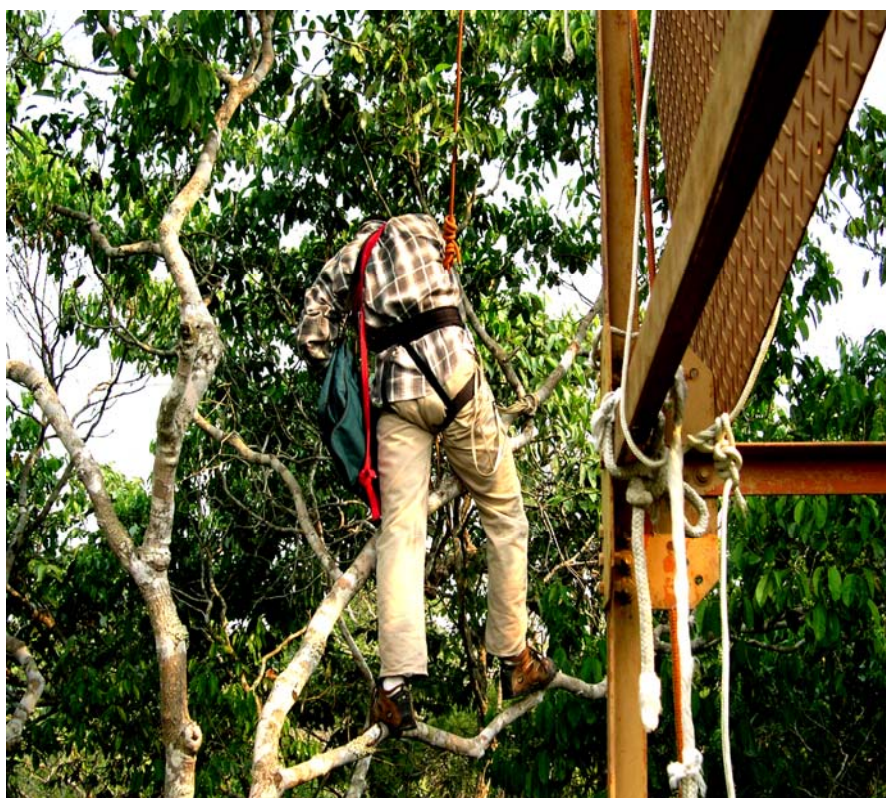


Figura 9 - Coleta de folhas senescentes da espécie *Dialium guianense* (Aubl)

As FS, depois de coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos etiquetados e levadas para o laboratório onde eram transferidas para sacos de papel kraft igualmente etiquetados. Em seguida foram secas em estufa com circulação de ar à temperatura de 65 a 70°C por 72 h e posteriormente armazenadas para a análise posterior do conteúdo de nutrientes. Em janeiro de 2006 foi feita a coleta de FCE. Estas foram transferidas em sacos plásticos e transportadas para o laboratório eu

uma bolsa térmica com gelo. No laboratório as folhas foram transferidas para sacos de papel e levadas a estufa seguindo os mesmos procedimentos para a análise de conteúdo de nutrientes nas folhas senescentes.

Para a decomposição das *FS*, foi utilizado um total de 42 bolsas de decomposição de polietileno com malha de 2,5x 2,0 mm, (Figura 10). Cada bolsa foi preenchida com 5 g de *FS*. A identificação das bolsas foi feita com placas metálicas numeradas. Para se obter uma maior variedade na decomposição, as sacolas com folhas secas foram espalhadas em 14 pontos de amostragem próximo das caixas de interceptação de serapilheira fixadas em uma árvore com uma linha de pesca 0,60 mm para evitar que fossem arrastadas por animais (Figura 7).

O mesmo intervalo de tempo da retirada das bolsas do experimento na estação chuvosa foi repetido na estação seca. As sacolas foram retiradas nos intervalos que se seguem: 14, 28, 44, 63, 87, 111, 135, 159, 189, 207, 236, e 249 dias, sendo os de 14 a 189 dias feitas na estação chuvosa e as restantes na estação seca. Em cada coleta era retirada uma bolsa de cada espécie. As primeiras amostras foram retiradas em um curto período de tempo a fim de se verificar o arranque da taxa de decomposição.

O material remanescente da decomposição, após a coleta, foi cuidadosamente lavado com água deionizada no laboratório de novos materiais, Departamento de Física, para a retirada de partículas de solo fungos, insetos e outros animais, etc. e depois foi seco em estufa com circulação de ar a 40°C durante 48 h. Finalmente foi determinada a massa seca em balança analítica. A dinâmica de decomposição foi estimada com o uso do modelo exponencial de decaimento proposto por (OLSON, 1963).

$$\frac{X_t}{X_o} = \exp(-K \cdot t) \quad (\text{Equação 20})$$

Em que:

$\frac{X_t}{X_o}$ = proporção da massa seca atual pela original, ou fração de matéria seca remanescente,

K = taxa de decomposição (d^{-1}),

t = tempo de permanência das amostras em campo (dias).



Figura 10 - Sacolas de folhas senescentes secas instaladas sobre a serapilheira da floresta.

4.1 ANÁLISE QUÍMICA DE NUTRIENTES NAS FOLHAS

A análise química de nutrientes nas folhas foi realizada no Laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMEV), UFMT. Foram analisados os teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Carbono (C) para as folhas senescentes empregadas no estudo da decomposição (*FS*) e para as folhas completamente expandidas em plena atividade biológica (*FCE*). Os teores de nutrientes foram determinados segundo metodologia proposta por MALAVOLTA et al. (1997) a partir das folhas secas moídas em moinho do tipo Wiley e peneiradas em Mach 2 mm.

As concentrações de fósforo, potássio e cálcio foram determinadas a partir do extrato resultante da digestão nítrico-perclórico. O extrato foi obtido da mistura de 0,5 g de matéria vegetal seco e moído com 6 mL do reagente HNO_3 e o $HClO_4$, na proporção de 2:1(v/v). As concentrações do nitrogênio foram determinadas por meio da digestão ácida a quente (ácido sulfúrico e sais catalisadores), método semi-micro-Kjeldahl de acordo com MALAVOLTA et al. 1997.

A análise foi feita por meio de destilador de nitrogênio Tecnal modelo TE - 036/1 transformando o nitrogênio amoniacal $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ em amônia (NH_3) , pela adição de hidróxido de sódio (NaOH) a 40%, sendo adicionada a uma mistura de indicador (vermelho de metila + verde de bromocresol) e posteriormente titulada com ácido clorídrico (HCl) 0,1N. A concentração de N nas amostras, foi determinada pela equação descrita abaixo:

$$C(\text{N}) = \frac{V(a) \times C(a) \times 14}{MS} \quad (\text{Equação 21})$$

Em que:

$C(\text{N})$ = concentração de nitrogênio na amostra (g kg^{-1}),

$V(a)$ = volume do ácido titulado (mL)

$C(a)$ = concentração do ácido usado na titulação (N),

14 = átomo grama do N (g),

MS = massa seca da amostra (g).

Os teores de fósforo foram determinados empregando-se uma curva de calibração em que foram usadas 5,0 mL das soluções padrões de fósforo nas seguintes concentrações: 0 (branco), 5, 10, 15 e 25 mg L^{-1} . A estas soluções foi agregado 2,0 mL do reativo de molibdato de amônio 5% e metavanadato de amônio a 0,25%, permanecendo por cinco minutos em repouso e posteriormente delas se tomou a transmitância com colorímetro Micronal modelo B572, comprimento de onda, $\lambda = 420 \text{ nm}$. A partir desses dados, a absorbância dos padrões foi determinada por meio da equação 22.

$$A = \log\left(\frac{100}{T}\right) \quad (\text{Equação 22})$$

Em que:

A = absorbância,

T = transmitância (%).

A concentração do fósforo foi calculada por meio de uma curva de regressão linear, a partir dos padrões de P com absorbância no eixo das ordenadas e concentração no eixo das abscissas. O procedimento usado na curva de calibração foi aplicado para o extrato nítrico-perclórico a fim de determinar a concentração de fósforo nas amostras.

A determinação dos teores do potássio nas amostras foi feita por meio da fotometria de chama de emissão Micconal modelo B462, com filtro para potássio, realizando as leituras a 766,5 nm.

A solução padrão foi preparada a partir da solução-estoque de potássio (1000 ppm de K) que resultou da dissolução de 1,907g de KCl p.a seco em 1000 mL de água destilado.

Os teores de concentração de potássio foram determinados empregando-se uma curva de calibração de referência obtida da solução estoque. Da reação de 0,8 mL de HClO_4 com 1,0, 2,0, 3,0, 5,0 mL (1000 ppm de K) foi preparada a solução-padrão.

Para preparar a curva padrão foi usado a solução-padrão de potássio em reação com 1 gota a 0,5% de fenolftaleína e de 3 a 6 gotas de hidróxido de amônia (NH_4OH 1+1) para neutralizar o meio.

A solução de fenolftaleína 0,5% resultou de 0,5 g de fenolftaleína em reação com 100 mL de álcool etílico e o hidróxido de amônia resultou da mistura de partes iguais de (NH_4O 1+1) concentrada e de água destilada.

Após a calibração do padrão 0 ppm de potássio na leitura 0 e o padrão 50 ppm de potássio na leitura de 100 e a estabilização da aparelho, procedeu-se a leitura dos demais padrões. Preparou-se uma curva padrão usando as soluções-padrão de potássio, fazendo as leituras ao comprimento de onda para o potássio, colocando no eixo das abscissas as concentrações do padrão e no eixo das ordenadas as leituras correspondentes.

A concentração do cálcio foi determinada com o auxílio de uma curva de calibração feita a partir da solução padrão de 0,5 mL do extrato nítrico-perclórico, 22 mL de água deionizada e 2,5 mL de solução de lantânio. Foram realizadas diluições da solução padrão para obter soluções com 10, 15, 20 e 25 mg L^{-1} de Ca,

tomando-se destas as leituras de absorbância em um espectrofotômetro de absorção atômica, modelo Varian Spectraa 50.

O conteúdo total de carbono presente em cada amostra foi determinado no laboratório de Limnologia. O material moído foi pesado em uma balança analítica Sartorius modelo LA3105. O peso das amostras variou entre 15 a 25 mg e a concentração foi determinada pelo método de combustão seca descrito por BUURMAN et al., (1996), utilizando temperatura de 1380°C, em analisador Mult N/C modelo HTF-540 (Analytik Jena AG, neuss, Germany).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 VARIÁVEIS EDAFOCLIMÁTICAS

A Figura 11 mostra a variação da P_p dos anos 2002 (A), 2003 (B), 2005 (C) e do ano 2006 (D). No ano 2006 são apenas mostrados dados referentes ao dia julino 1 ao dia 151, período em que foi amostrado a dinâmica da serapilheira neste ano.

No ano de 2002, o total anual da P_p foi de 1861 mm, ao passo que em 2003, de 2645 mm, indicando para esse último ano um incremento no total anual da P_p da ordem de 42,13% em relação ao ano anterior que provavelmente, foi devido à ocorrência de El Niño (fenômeno climático relacionado ao aquecimento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial) entre os dois anos, cujos efeitos são observados junto ao regime das chuvas, que passou a ser superior à média histórica e uma alteração na temperatura média, causando elevações da mesna.

Geralmente, por ocasião do El Niño é esperado um crescimento na frequência de ocorrência de fenômenos meteorológicos com chuvas intensas de curta duração e vendavais (SIMEPAR, 2003). A região em discussão, floresta de Transição tem uma precipitação pluviométrica média anual histórica de 2000 mm, superior à média anual do cerrado 1500 mm e inferior à da floresta tropical úmida, 2200 mm.

No período analisado, para os anos de 2002 e 2003, o mês mais chuvoso foi o de janeiro, com totais mensais iguais a 388 e 600 mm, respectivamente. Para o ano de 2005, foi o mês de março o mais chuvoso, com um total mensal de 575 mm. Até abril de 2006, o mês mais chuvoso havia sido fevereiro, com um total de 284 mm.

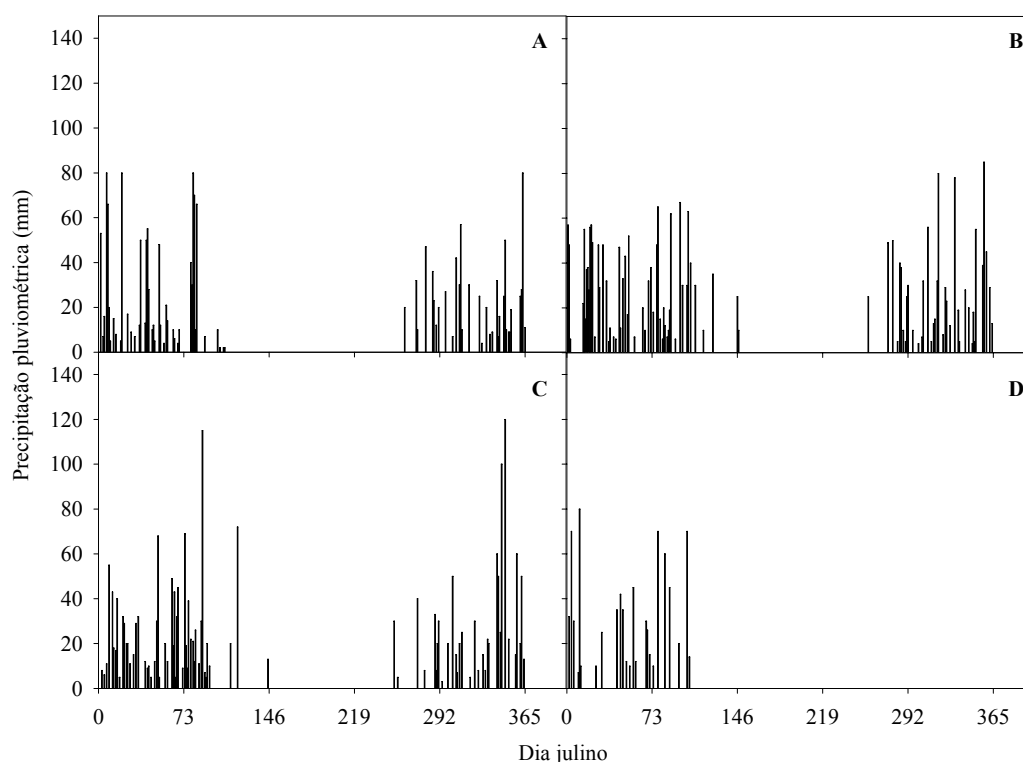


Figura 11 - Precipitação pluviométrica dos anos 2002 (A), 2003 (B), 2005 (C) e 2006 (D) medidas na Fazenda Continental, situada próxima à área experimental, na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

A Figura 12 apresenta os valores médios diários de T_a para os anos 2002 (A), 2003 (B) e 2006 (C).

Para o ano de 2002, o mês mais quente foi o de novembro, com um valor médio de T_a mensal igual a 26,5°C. E para o ano de 2003, isso aconteceu em abril, com igual valor da T_a mensal ao valor da temperatura verificada em 2002. Por outro lado, o mês mais frio em 2002 foi o de junho, com T_a mensal igual a 23,6°C e em 2003, o mês de julho foi o mais frio com T_a mensal igual a 23,1°C. Em 2006, por causa dos problemas operacionais nos equipamentos instalados na torre micrometeorológica, como mencionado no item material e método, apenas se dispõe de dados relativos ao período do dia juliano 101, 11 de abril ao dia juliano 151, 31 de maio fim do experimento. No intervalo de tempo cujos dados estão disponíveis em 2006, a maior T_a média diária foi de 26,02°C verificada no dia juliano 115, 25 de abril e a menor de 20,44°C no dia juliano 132, 12 de maio. Enquanto que para 2005 não se dispõe de qualquer informação referente a essa variável.

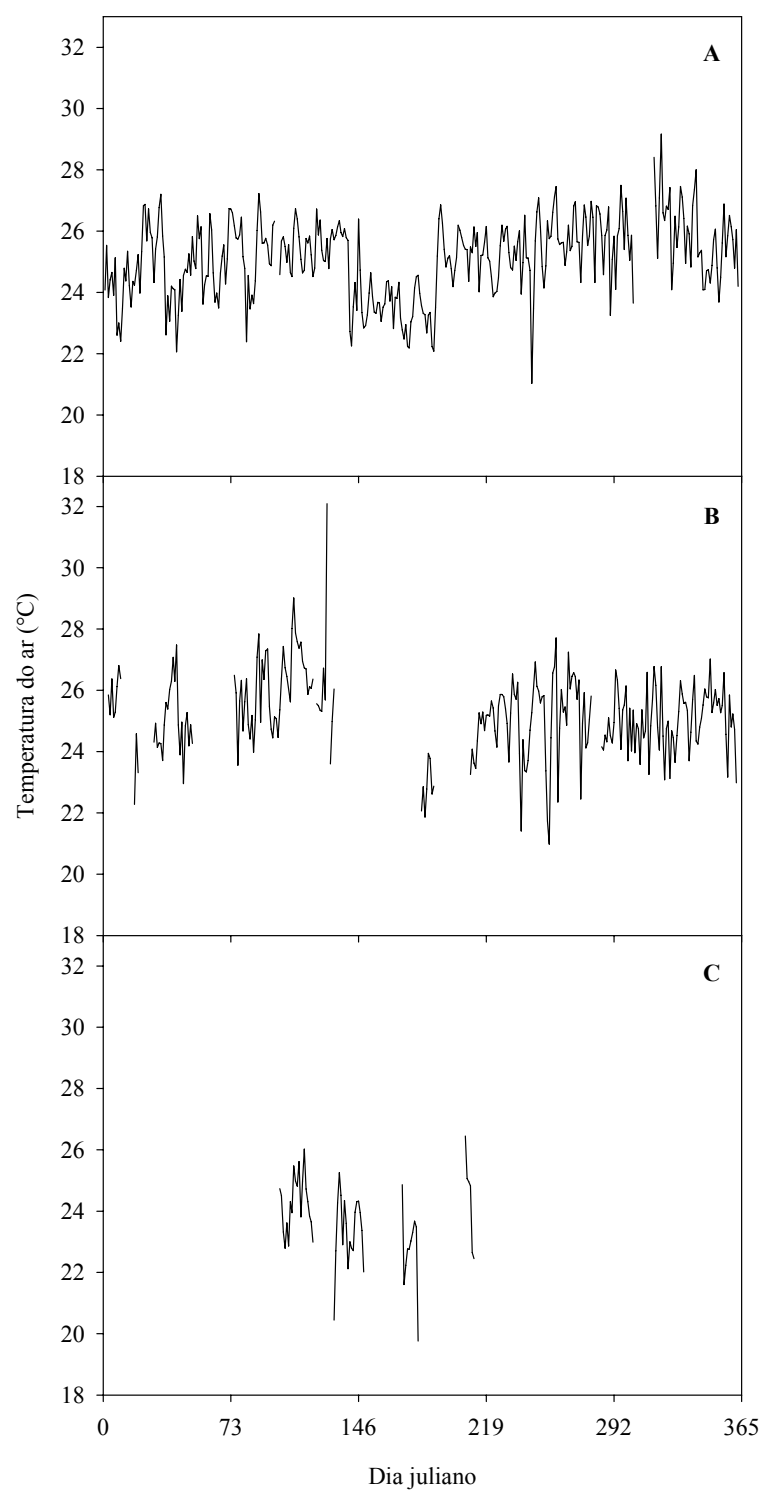


Figura 12 - Temperatura média do ar no ano de 2002 (A), 2003 (B) e de 2006 (C) da área experimental, na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

A Figura 13 é referente à umidade relativa do ar dos anos 2002 (A), 2003 (B) e 2006 (C). Em 2006 os dados apresentados são apenas relativos ao período que vai desde o dia juliano 101, 11 de abril ao dia juliano 151, 31 de maio, fim do experimento. Tal como nas outras variáveis edafoclimáticas, por razões de problemas operacionais nos equipamentos de coleta destas variáveis, também não se dispõe de dados da umidade a partir do dia juliano 1, 1 de janeiro ao dia juliano 100, 10 de abril. Salienta-se que ainda por mesmas razões, não se dispõe de qualquer informação referente à umidade relativa do ar em 2005.

Em 2002, a maior umidade do ar (*UR*), Figura 13 (A) foi verificada em fevereiro, com um valor médio diário de 86,6%, enquanto que em 2003 (B), o mês mais úmido foi de janeiro, com valor médio diário de 85,9%. Já o mês mais seco para ambos os anos foi o de agosto, com 65,9% em 2002 e 64,9% em 2003. Em 2006 figura 13 (C), a *UR* registrou o máximo de 92,88% no dia juliano 132, 12 maio e a mínimo de 77,25% no dia juliano 134, 14 de maio. Observando os resultados das figuras 12 e 13 pode-se constatar que, a região em estudo não teve variações extremas nas variáveis representadas por essas figuras.

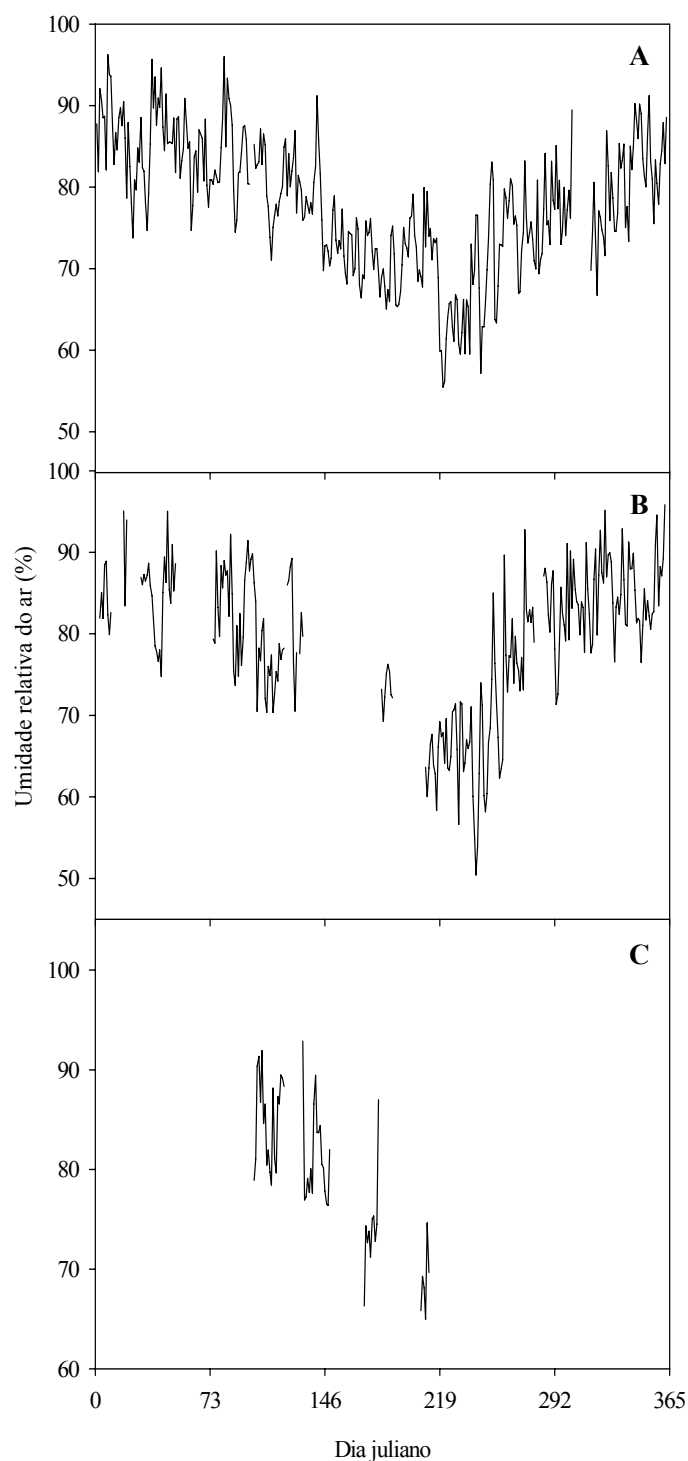


Figura 13 - Umidade média relativa do ar no ano de 2002 (A), 2003 (B) e 2006 (C) da área experimental, na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

Tanto a temperatura do ar quanto a umidade relativa do ar, Figuras 12 e 13 acompanharam o regime das chuvas (Figura 12), revelando uma relação

inversamente proporcional. Por isso, se pode observar nos dados que em 2003, ano em que houve mais chuva houve menor temperatura e maior umidade relativa. E em 2002, ano em que houve menos chuva, ter havido maior temperatura e conseqüentemente menor umidade relativa.

A Figura 14 apresenta dados relativos ao potencial da água na atmosfera para os anos de 2002 (A) e de 2003 (B) e a Tabela 1 o resultado do modelo aplicado na análise desses dados. Para ambos os anos, os valores baixos do ψ_{va} foram observados entre os dias juliano 146, 26 de maio a 292, 19 de outubro. Este período é referente ao começo e fim da estação seca que dá lugar à estação chuvosa, geralmente a partir do dia juliano 295, 22 de outubro (Figura 11). Este foi o período em que a UR e a U_s também alcançam seus valores mínimos (Figuras 13 e 15). A baixa UR e a U_s estão diretamente ligadas à queda das chuvas, porque na região estudada o período que vai da segunda quinzena de maio a segunda de outubro geralmente não há precipitação pluviométrica.

De acordo com os resultados das Figuras 13 (UR), 14 (ψ_{va}) e 15 (U_s), nos períodos de baixos valores, as plantas ficam submetidas entre duas grandes diferenças de valores baixos, de um lado os da umidade do U_s e do outro os do ψ_{va} . Os valores baixos do ψ_{va} desencadeiam um movimento de fluxo de água no interior das plantas em direção a atmosfera ocasionada pelo gradiente do potencial hídrico no sistema solo-planta-atmosfera.

Devido ao déficit de pressão de vapor d'água entre a parte aérea das plantas e a atmosfera, a perda d'água seria completa, mas como as plantas estão dotadas de resistência epidérmica para a difusão d'água e adaptações fisiológicas como fechamento e abertura dos poros estomáticos em período de pouca abundância da água no solo e intensa radiação incidente, a desidratação completa por evapotranspiração não ocorre (LARCHER, 2004).

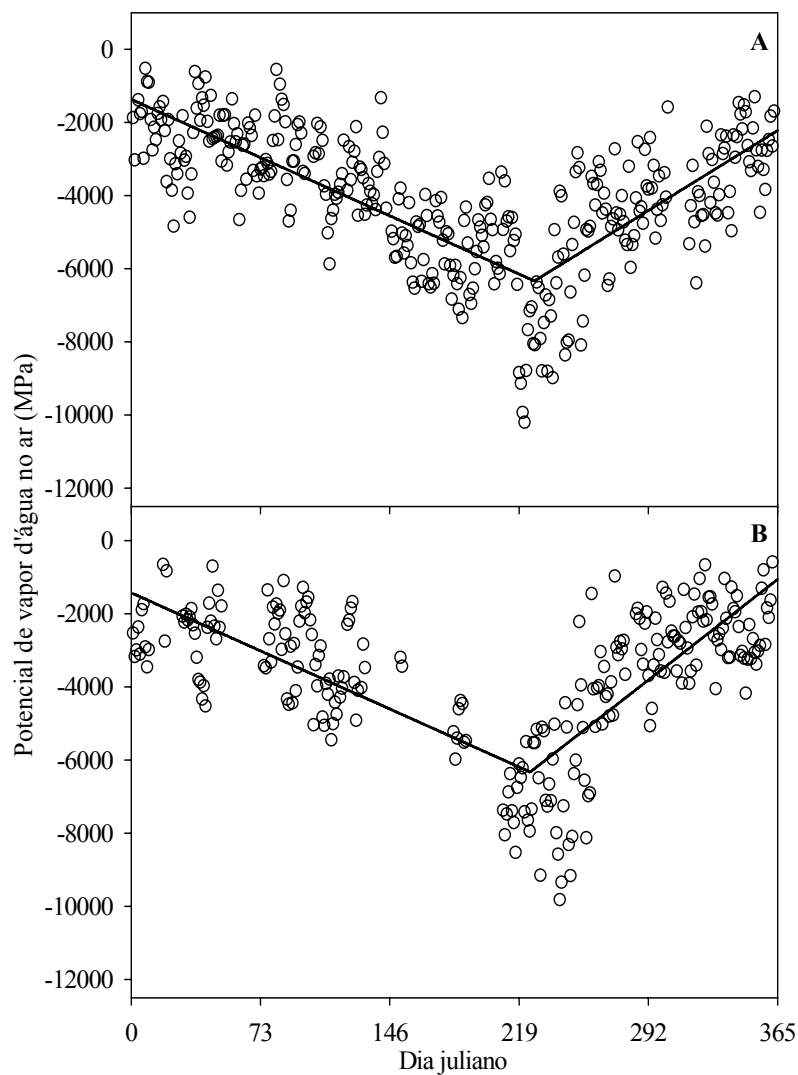


Figura 14 - Potencial de vapor d'água na atmosfera no ano de 2002 (A) e 2003 (B) da área experimental, na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

Tabela 1 - Valores de coeficientes da análise de regressão linear do potencial do vapor d'água na atmosfera na área experimental, floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

Modelo de regressão		Coeficientes de regressão		R ²
Ano	Tempo estimado (dias)	Linear	Angular	
2002 a	$\leq 227,7$	$-1367,06 \pm 304,18 \text{ a}$	$-21,82 \pm 2,30 \text{ a}$	0,5758
	$> 227,7$	$-13156,85 \pm 1638,45 \text{ a}$	$29,96 \pm 5,51 \text{ a}$	
2003 b	$\leq 225,3$	$-1425,96 \pm 391,76 \text{ a}$	$-21,76 \pm 3,24 \text{ a}$	0,5583
	$> 225,3$	$-14825,17 \pm 1841,364 \text{ a}$	$37,72 \pm 6,20 \text{ b}$	

Nota: modelos gerais diferem entre si ($p = 0,0000$) e os coeficientes angulares da segunda parte da curva diferem entre si ($p = 0,0930$) pelo teste de desigualdade de modelos e parâmetros.

A Figura 15 mostra a variação do conteúdo d'água no solo, umidade do solo, nos anos de 2002 (A), 2005 (B) 2006 (C). O ano 2005 e o 2006 até o dia juliano 151, 30 de maio, corresponde ao período de estudo no qual foram avaliadas as dinâmicas de produção, acúmulo, decomposição da serapilheira e dinâmica de nutrientes das folhas de três espécies dominantes da área de estudo, um dos estudos deste trabalho. E os dados do ano de 2002 foram incluídos neste estudo para auxiliarem o entendimento da variação dos dados do IAF coletados nos anos de 2002 e 2003. Tal como referenciado nos itens anteriores referentes às variáveis edafoclimáticas, cujos dados foram coletados por intermédio da torre meteorológica, em 2003 também não se dispõe de dados referentes ao conteúdo d'água no solo por problemas operacionais em alguns dos equipamentos instalados na torre.

De acordo com a Figura 15 no ano de 2005 (B), o solo teve maior umidade comparada com a umidade no ano de 2002. Em 2005 a maior umidade no solo foi de $0,173 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ dia juliano 91, 1 de abril e em 2002 a maior foi de $0,136 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ dia juliano 82, 23 de janeiro. A diferença da umidade no solo para os dois anos se deve a precipitação pluviométrica registrada nos dois anos que foi de 1861 mm e 2253 mm em 2002 e 2005, respectivamente. Ainda para os mesmos anos, a menor umidade foi de $0,0822 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ dia juliano 244, 1 de setembro e de $0,0481 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ dia juliano 240, 28 de agosto, respectivamente. No período em que o ano 2002 e 2005 registraram a maior umidade, o ano de 2006 registrou a umidade de $0,153 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ no dia juliano 82

e $158 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ no dia juliano 94, a maior umidade do ano e a menor foi de $0,0800 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ no dia juliano 231, 19 de agosto.

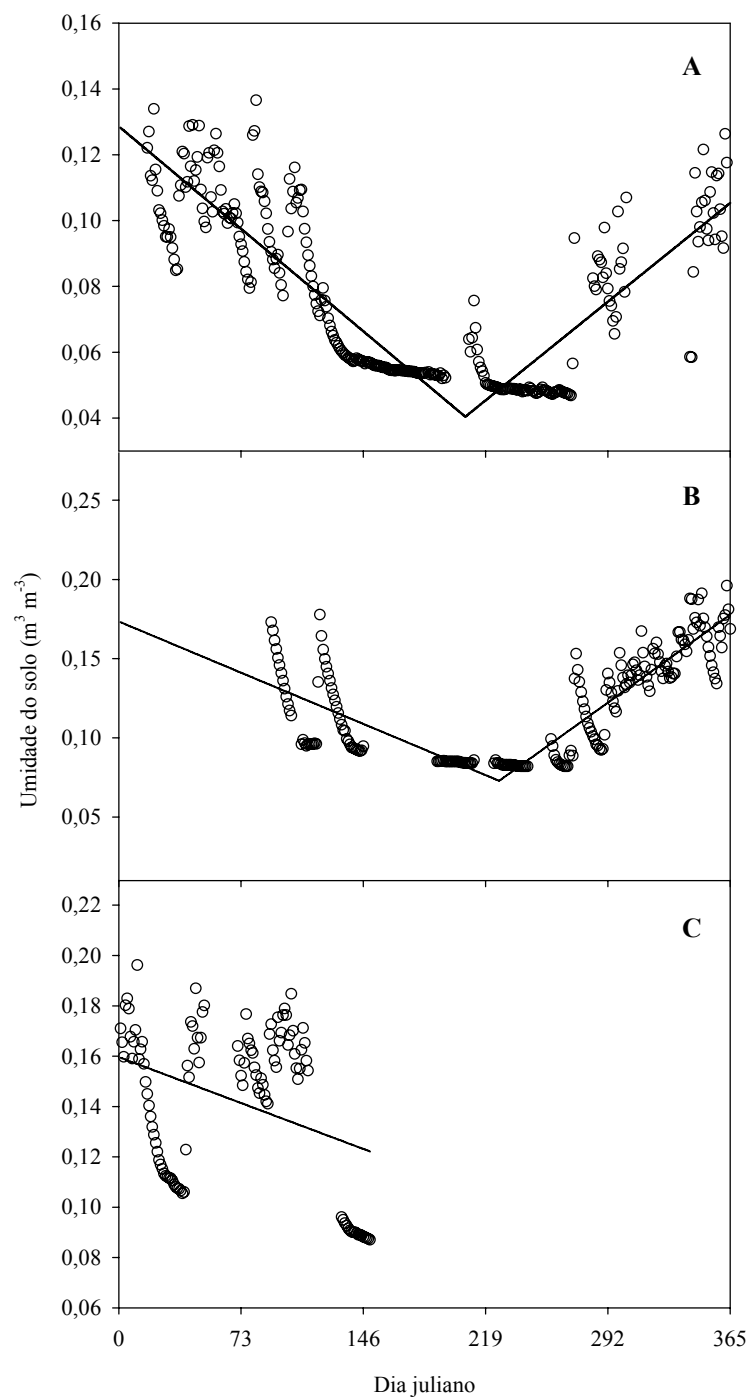


Figura 15 - Umidade do solo a 30 cm de profundidade no ano de 2002 (A), 2005 (B) e 2006 (C) da área experimental, floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

Tabela 2 - Valores de coeficientes de regressão da umidade do solo na área experimental, floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

Modelo de regressão		Coeficientes de regressão		R ²
Ano	Tempo estimado (dias)	Linear	Angular	
2002 a	$\leq 206,9$	$0,12867 \pm 0,00415$	$-0,00427 \pm 0,00089$	0,7596
	$> 206,9$	$-0,04536 \pm 0,01491$	$0,00041 \pm 0,00005$	
2005 b	$\leq 227,1$	$0,17345 \pm 0,01515$	$-0,00044 \pm 0,00003$	0,7493
	$> 227,1$	$-0,09968 \pm 0,02063$	$0,00076 \pm 0,00007$	
2006 c		$0,15962 \pm 0,01002$	$-0,00025 \pm 0,00012$	0,1344

Nota: a primeira parte das curvas de regressão dos anos 2002 (com tempo menor ou igual a 206,9) e 2005 (com tempo menor ou igual a 227,1) e do ano 2006 diferem entre si da seguinte forma: os anos 2002 e 2005 têm o modelo geral diferindo com $p = 0,0000$ e têm seus coeficientes lineares diferindo com $p = 0,0000$ e angulares não diferindo com $p = 0,7890$; os anos 2002 e 2006 têm o modelo geral diferindo com $p = 0,0000$ e têm seus coeficientes lineares diferindo com $p = 0,0000$ e angulares diferindo com $p = 0,0010$; os anos 2005 e 2006 têm o modelo geral diferindo com $p = 0,0020$ e têm seus coeficientes lineares não diferindo com $p = 0,0950$ e angulares diferindo com $p = 0,0000$. A segunda parte das curvas de regressão dos anos 2002 (com tempo maior que 206,9) e 2005 (com tempo maior que 227,1) diferem entre si da seguinte forma: os anos 2002 e 2005 têm o modelo geral diferindo com $p = 0,0020$ e têm seus coeficientes lineares diferindo com $p = 0,0150$ e angulares diferindo com $p = 0,0020$.

Em 2003 verificou-se incremento do *IAF* em relação o ano de 2002, por causa de ter havido mais precipitação em 2003 comparado com o ano de 2002. Enquanto isso a diferença da umidade do solo entre o ano de 2005 e o de 2002 também esteve relacionado à diferença de queda de chuva entre os dois anos. De acordo com esse entendimento pode-se concluir que o *IAF* também contribuiu na manutenção do conteúdo da água no solo em 2005, haja vista que o *IAF* diminui as clareiras do dossel e a incidência de raios solares no solo.

Isto leva à diminuição da temperatura do solo e como consequência a diminuição da evaporação, embora o aumento do *IAF* aumente a área de exposição das plantas pela qual ocorre a evaporação. Um outro fator que teria participado da diferença da umidade do solo entre 2002 e 2005 além de queda de chuva de 392 mm a mais em 2005 que em 2002 pode ser o acúmulo da serapilheira que no período de maior estresse hídrico reduz a evaporação, mantendo o solo mais úmido e as menores oscilações de temperatura e umidade do solo (TORRES et al., 2006).

A Figura 16 mostra a variação do fotoperíodo estimado para a latitude local da área experimental.

O comprimento do dia mais longo aconteceu nos períodos entre o dia juliano 1, 1 de janeiro ao dia 148, 28 de maio e o dia 196, 15 de julho ao dia 365, 31 de dezembro e o mais curto foi verificado no período do dia juliano 196, 15 de julho ao dia 149, 22 de agosto.

Segundo MARQUES et al. (2004), quando a interferência do F na fenologia das plantas, em locais onde não há restrição hídrica durante o ano, o comprimento do dia e a temperatura parecem ser fatores mais importantes. Estes dois fatores são tão fortemente relacionados que é impossível separar o efeito de cada um. E na região ecotonal (transição) tropical e subtropical, as relações da fenologia das plantas com F e T_a parecem ser mais fortes que a $23^{\circ} 27'$ norte e a $23^{\circ} 27'$ sul.

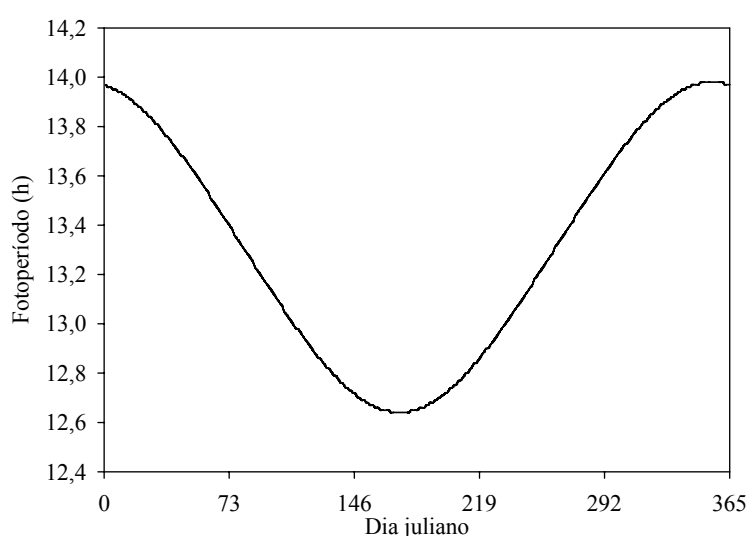


Figura 16 - Fotoperíodo estimado para a latitude local da área experimental, na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

5.2 VARIAÇÃO SAZONAL DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

Para os anos de 2002 e 2003, um polinômio do quarto grau foi o modelo com o qual se obteve o melhor ajuste aos dados originais para descrever a dinâmica anual do IAF . A comparação dos modelos obtidos nestes anos revela haver diferença significativa entre eles (Tabela 3), o que significa dizer que a dinâmica do índice de área foliar seguiu o mesmo padrão de variação entre os dois anos não obstante ter

havido um incremento médio da ordem de 28,46% no ano de 2003 em relação o ano de 2002. É possível que essa diferença seja devido ao incremento anual total da precipitação pluviométrica verificada entre os dois anos, principalmente, superior a média anual histórica da região (2000 mm) em 2003 relacionado à decorrência do El Nino neste ano.

Tabela 3 - Comparação dos modelos e dos coeficientes de regressão do índice de área foliar em função do dia juliano para os anos de 2002 e 2003 na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

Modelo Geral da Regres- são	Coeficientes da Regressão					R ²
	Coeficiente de X ⁴	Coeficiente de X ³	Coeficiente de X ²	Coeficiente de X	Termo Independente	
Ano 2002 a	-0,000000003 a	0,000002307 a	-0,000432015 a	0,016888703 a	3,127441827 a	0,85508
Ano 2003 b	-0,000000004 a	0,000002909 a	-0,000543070 a	0,021060248 a	3,913898198 b	0,83720

Nota: modelos gerais e médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelos testes de desigualdade de modelos e parâmetros no intervalo de confiança de 0,05.

A Figura 17 apresenta a dinâmica do *IAF* para os anos de 2002 e 2003, onde se pode visualizar os dados originais e os ajustes das curvas de regressão.

As variações do *IAF* foram influenciadas pelas variações das variáveis edafoclimáticas de acordo com a Tabela 4, valores dos coeficientes de correlação cruzada entre o índice de área foliar (*IAF*) e as variáveis edafoclimáticas como a precipitação pluviométrica (P_p), a umidade do solo (U_s), o potencial do vapor d'água na atmosfera (Ψ_{va}) e o fotoperíodo (F) que podem afetar na dinâmica do funcionamento de um ecossistema.

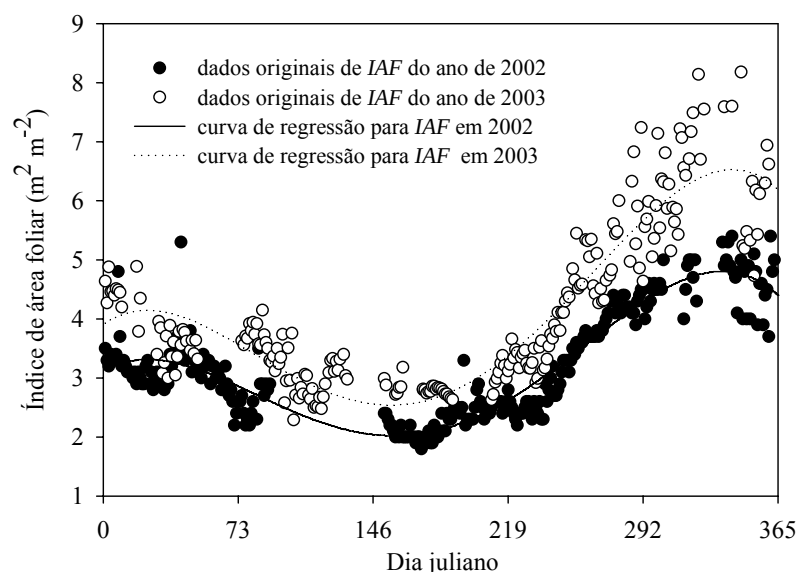


Figura 17 - Estimativas do índice de área foliar por meio de polinômios do quarto grau para os anos de 2002 e 2003 na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

Embora existisse variação do *IAF* nos dois anos de coleta, geralmente essas variações não são fenotipicamente visíveis, porque a floresta de Transição não apresenta caducifolia para a maioria das espécies, como se observa na (Figura 5), mantendo-se verde durante quase todo o ano possivelmente pela ausência de extremos climáticos (períodos prolongados de frio intenso e seco).

A diminuição do *IAF* a partir do dia juliano 73, 14 de março e o aumento verificado a partir do dia 292, 19 de outubro (Figura 17) caracterizam a variação sazonal do *IAF* em estudo. De acordo com os resultados da dinâmica da produção da serapilheira (Figura 18), ocorre um comportamento inverso ao da variação sazonal do *IAF* no mesmo período, incremento da produção da serapilheira. Isto pode ser explicado pelas figuras 11 (P_p) e 15 (U_s). O período no qual há o incremento da serapilheira se refere à estação seca e à diminuição, à estação chuvosa. O incremento na produção da serapilheira se acentua na estação seca, período em que as variáveis U_s , T_a alcançam valores baixos. Nesse mesmo período o *IAF* declina-se acompanhando incremento da produção de serapilheira

O *IAF* regula um número variável de processos ecofisiológicos, como evapotranspiração e a fotossíntese, daí visto como elemento fundamental da

produtividade de uma floresta. O sucesso desses processos requer condições ambientais como: radiação e a umidade do solo, favoráveis para que os vegetais aumentem a sua área de exposição à radiação solar e como consequência aumentarem a produção da matéria orgânica. Na estação seca, as condições ambientais que propiciam o crescimento das plantas escasseiam e para que as plantas suportem o estresse ambiental, principalmente o hídrico, elas diminuem a área de exposição (queda das folhas) reduzindo assim a transpiração (MOREIRA, 2004).

5.2 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CRUZADA ENTRE O ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E AS VARIÁVEIS EDAFOCLIMÁTICAS

As Figuras 11, 15, 16, 18 e 19, apresentam coincidência temporal nos valores extremos que elas representam, no período compreendido entre o dia juliano 73, 14 de março e o dia 292, 19 de outubro, marcando a diminuição e o incremento dos mesmos índices. Entretanto, é importante realçar que na floresta de Transição, o F foi o fator que teve o seu efeito manifestado em menor prazo de tempo, seguido pela P_p . O Ψ_{va} e a U_s tiveram a manifestação de seus efeitos em um prazo de tempo mais longo que os dois anteriores.

Embora alguns fatores ambientais sejam sentidos mais rapidamente pelas plantas que outros geralmente, quanto a P_p apresenta seus valores baixos a U_s e Ψ_{va} também o são e como consequência diminui a evapotranspiração causada pelo déficit da água no solo, fazendo com que as plantas reduzam a sua produtividade.

As análises de correlação cruzada entre o IAF e as variáveis edafoclimáticas P_p , U_s , Ψ_{va} e F revelaram que o maior grau de associação ocorre entre IAF e F (Tabela 4), com atraso de aproximadamente uma semana de resposta do IAF em relação à F .

Tabela 4 - Valores dos coeficientes de correlação cruzada entre o índice de área foliar (*IAF*) e as variáveis edafoclimáticas precipitação pluviométrica (P_p), umidade do solo (U_s), potencial do vapor d'água na atmosfera (Ψ_{va}) e fotoperíodo (F).

Ano	Variáveis correlacionadas com <i>IAF</i>	Tempo de defasagem (dias)	Coefficiente de correlação (r)
2002	P_p	25	0,2226
	U_s	40	0,5702
	Ψ_{va}	40	0,5729
	F	7	0,8625
2003	P_p	34	0,2199
	U_s	-	-
	Ψ_{va}	33	0,6647
	F	6	0,8322

5.3 DINÂMICA ANUAL DA PRODUÇÃO DA SERAPILHEIRA NA

5.3.1 FLORESTA DE TRANSIÇÃO

Na Figura 18 estão os resultados da produção anual da serapilheira e na 19 as frações componentes da serapilheira no períodos de junho de 2005 a maio de 2006.

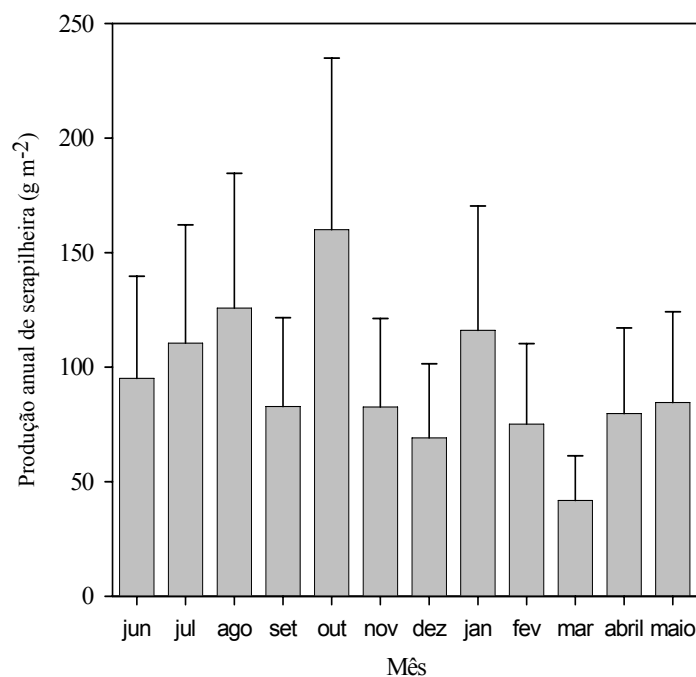


Figura 18 - Produção anual da serapilheira na floresta de Transição no ano de 2005/2006.

A produção média mensal da serapilheira no período de estudo, junho de 2005 a maio de 2006, foi estimada em $93,59 \pm 43,80 \text{ g m}^{-2}$, chegando um total anual de $1123,10 \pm 525,63 \text{ g m}^{-2}$. Deste total, a contribuição relativa às frações componentes da serapilheira, em ordem crescente foi de: fração foliar ($737,65 \pm 345,23 \text{ g m}^{-2}$), galho ($234,75 \pm 109,87 \text{ g m}^{-2}$), Flores ($90,90 \pm 42,543 \text{ g m}^{-2}$) e frutos ($59,80 \pm 27,987 \text{ g m}^{-2}$), correspondendo a 65,78; 20,90; 8,09 e 5,23 % da produção total respectivamente.

De acordo com as Figuras 18 e 19, a produção da serapilheira teve um comportamento sazonal. A deposição máxima foi de $160 \pm 74,88 \text{ g m}^{-2}$ em outubro e a mínima de $41,75 \pm 19,54 \text{ g m}^{-2}$ em março. A produção de serapilheira por fração, também teve sazonalidade. A maior produção da fração folhas foi de $109,00 \pm 51,01 \text{ g m}^{-2}$ em agosto e a menor de $29,40 \pm 13,76 \text{ g m}^{-2}$ em dezembro.

As outras frações, flores, frutos e galho embora tenham apresentado uma produção sazonal, esta foi inversa a sazonalidade verificada na fração de folhas, tendo em vista que a fração folhas teve a maior produção na estação seca e a menor na estação chuvosa. Enquanto isto, as restantes frações, flores, frutos e galhos tiveram seus valores máximos de produção na estação chuvosa $24,70 \pm 11,56$, $22,75 \pm 10,65$ e $63,25 \pm 29,61 \text{ g m}^{-2}$, em outubro, novembro e janeiro respectivamente. Na estação seca, as mesmas frações registraram os seus menores valores, tal como se segue: flores ($0,85 \pm 0,40 \text{ g m}^{-2}$), frutos ($0,40 \pm 0,19 \text{ g m}^{-2}$) e galhos ($3,95 \pm 1,85 \text{ g m}^{-2}$). Ainda salienta-se que no mês de fevereiro não foi registrada a fração flor ($0,00 \text{ g m}^{-2}$). De acordo com as observações feitas por AGUIAR (2001) as plantas nativas do cerrados e nas zonas ecotonais (zonas de transição), a floração e frutificação ocorrem normalmente no início e durante o período chuvoso.

Ainda de acordo com AGUIAR (2001), a seca que ocorre entre maio e agosto e a oscilação de temperatura, proporcionada pela mínima desse período e pela elevação que se observa no período de setembro a outubro, podem ter influência na floração. Portanto, dependendo da diversidade da flora de cada região é comum observar-se a floração máxima no final da estação seca e início da estação chuvosa, entre setembro e outubro e a frutificação na estação chuvosa, entre novembro e dezembro.

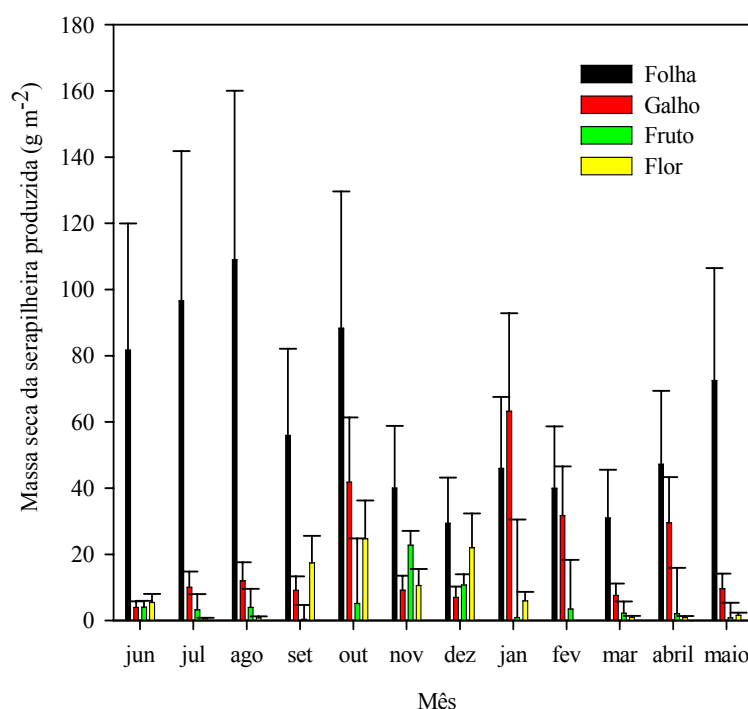


Figura 19 - Frações de serapilheira produzida na floresta de Transição, Amazônia-Cerrado no ano de 2005/2006.

Estudos semelhantes, referentes à produção de serapilheira realizados na floresta de Transição por SILVA (2006), ALMEIDA (2005) e VALENTINI (2005) na mesma região, em Sinop e nas outras regiões por FERNANDES (2005) em capoeira e floresta nativa, MARTINS & RODRIGUES (1999) na floresta estacional e LUIZÃO & SCHUBART (1986) na Amazônia central, todos no Brasil e SUNDARAPANDIAN & SWAMY (1999) em florestal tropical da Índia, tiveram de forma geral o mesmo comportamento sazonal, porque em todos foram verificados picos no período entre julho e outubro com exceção da fração galho que neste estudo teve em janeiro uma produção incomum ($41,80 \pm 29,60 \text{ g m}^{-2}$), enquanto que a produção média mensal durante a amostragem foi de $19,56 \pm 9,16 \text{ g m}^{-2}$. Este resultado foi causado por queda de galhos secos de árvores, comum na região e na estação chuvosa em virtude de alta ventilação, fazendo com que a produção máxima da serapilheira por estação fosse registrada no período chuvoso, 27 de outubro (Figura 22). Isto contraria aos resultados encontrados para o cerrado por MELO &

RESCK (2003) e LAWRENCE & FOSTER (2002) para a floresta do sul do México em que a queda de galhos teve aumento na estação seca.

O padrão de queda da serapilheira nas florestas tropicais, assim como em outros tipos de ecossistemas florestais é determinado por uma variedade de fatores como a composição das espécies, estágio sucessional do desenvolvimento do ecossistema e as condições climáticas e região (SUNDARAPANDIAN & SWAMY, 1999). Deste modo, apesar dos estudos acima mencionados apresentarem picos de produção no mesmo período do ano, eles são, assim mesmo, diferentes deste trabalho quanto à magnitude e os meses em que estes foram obtidos. O maior período de produção da serapilheira é frequentemente relacionado com épocas de maior déficit hídrico como estratégia de resistência de plantas a fatores de tensão ambiental e aproveitamento máximo dos recursos ambientais.

Neste trabalho foi observada a queda contínua de folhas e galhos. A ausência de extremos climáticos aliada à diversidade morfofisiológica florística desta região, permite que a floresta possa produzir estas frações o ano todo ao passo que, as frações fruto e flor durante o ano tiveram sua ausência notável em alguns meses e em outros com baixos resultados (Figura 19). Estas frações além de serem alvo de macrodecompositores por causa do perfume que exalam no ambiente, também são facilmente decompostas pela micro-fauna pela qualidade desse substrato.

5.3.1 Dinâmica da Serapilheira Acumulada no Solo na Floresta de Transição

O maior acúmulo da serapilheira no período de junho de 2005 a 2006 foi verificado em agosto com o valor de $696,80 \pm 326,112 \text{ g m}^{-2}$ e o menor verificado em março com o valor de $344,00 \pm 161 \text{ g m}^{-2}$ (Figura 20). Tal como foi verificado na serapilheira produzida, a serapilheira acumulada no solo também teve maiores resultados na estação seca. Resultados semelhantes a estes foram igualmente encontrados por SILVA (2006) e ALMEIDA (2005), ambos na Floresta de Transição.

Embora tivesse existido coincidência de resultados em relação às estações, entre os estudos dos dois autores mencionados acima, o estudo em título registrou maiores valores do que os obtidos por outros para as duas estações (seca e chuvosa).

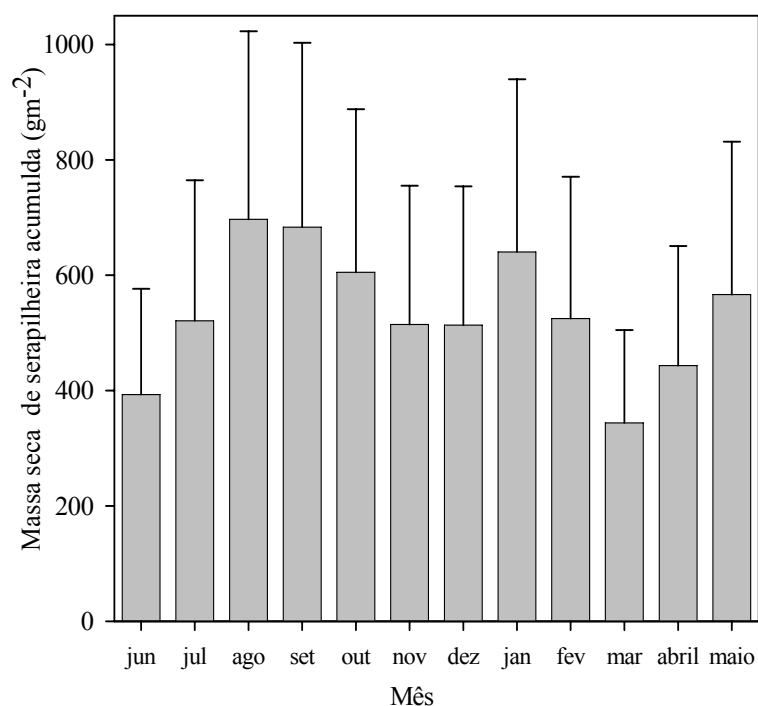


Figura 20 - Acúmulo da serapilheira no solo na floresta de Transição, Amazônia-Cerrado no ano de 2005/2006.

Quanto às frações, o maior acúmulo foi de folhas, perfazendo 72,77% do total seguida pela fração galhos com 24,32%, fruto 1,87% e por último a fração flores com apenas 1,04% do total. Diferente da serapilheira produzida, na qual foi verificada a presença de frutos o ano todo com algumas reduções em alguns meses (Figura 19), na serapilheira acumulada não foram observados a presença de frutos no mês de maio (Figura 21). Nos outros meses houve acúmulo de frutos, embora valores desse acúmulo fossem reduzidos, se comparados aos resultados obtidos na serapilheira produzida.

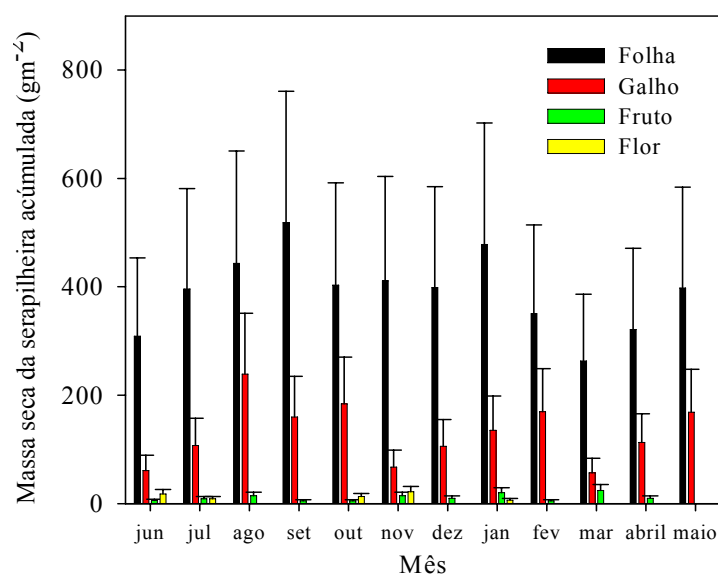


Figura 21 - Frações da serapilheira acumulada no solo na floresta de Transição, Amazônia-Cerrado no ano de 2005/2006.

Tanto a ausência da fração frutos, em maio quanto da fração flores durante sete meses do ano, deve provavelmente estar relacionada à qualidade do substrato dos mesmos e por causa da atração visual e olfativa que caracteriza as duas frações, facilitando a localização por macrodecompositores, como por exemplo, Insetos (formigas) ou alguns Diplópodes (piolho-de-cobra) que fazem delas a dieta preferida.

A fração galhos, depois da fração folhas é a que apresentou mais contribuição na conformação da serapilheira total, tanto para a produzida quanto para a acumulada, totalizando 45,24%. SILVA (2006) na floresta de Transição, em Sinop, RIBEIRO (2001) e COSTA (2005) ambos em estudo efetuado no Pantanal, encontraram representação da fração galhos inferior a 30%.

A camada da serapilheira sobre o solo depende além da produção, da velocidade de decomposição da matéria orgânica, que varia conforme a composição do substrato, atividade dos decompositores e das condições ambientais, particularmente, temperatura, umidade e propriedades físicas do solo (COSTA et al., 2001).

A Figura 22 mostra o comportamento da serapilheira acumulada em relação à produção da mesma no período de estudo. Nela está evidente o aumento de acúmulo

da serapilheira sem que a sua produção justifique esse acúmulo. E a Figura 23 mostra a correlação obtida entre as duas variáveis. A análise de correlação entre a serapilheira produzida e a acumulada não foi significativa ($r = 0,0930$, $P = 0,1518$). Não há uma relação direta entre tais variáveis.

Vários fatores estão na base da ausência de tal correlação. Um entendimento inicial é referente à fraca decomposição, já que esta transforma em acúmulo qualquer componente de serapilheira que seja produzido sem ser decomposto. A taxa de decomposição da serapilheira afeta a correlação porque ela varia no tempo, aumentando no período chuvoso e reduzindo no seco, de outra forma, os períodos de maior decomposição e o de maior queda de serapilheira não são coincidentes temporalmente. No momento de maior queda dos materiais vegetais componentes da serapilheira (época seca) a taxa de decomposição é reduzida e no período do ano em que ocorre a maior produção de serapilheira a atividade decompositora por sua vez também é reduzida por fraca U_s .

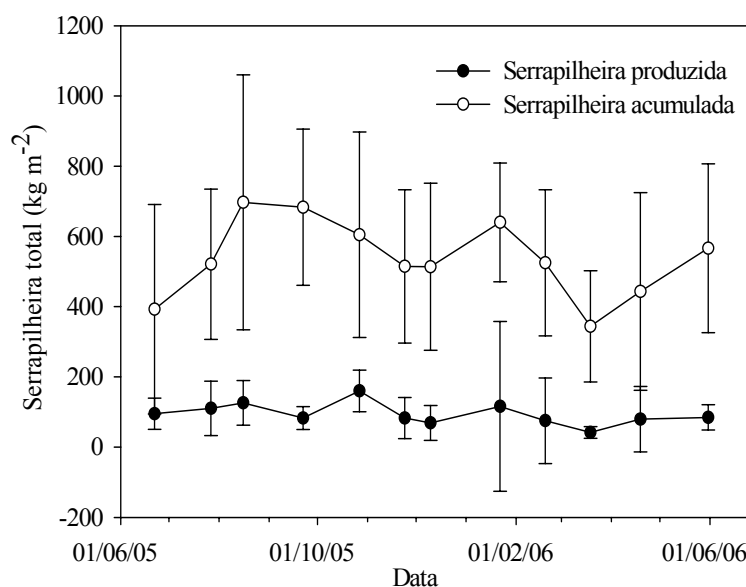


Figura 22 - Produção e acúmulo da serapilheira na floresta de Transição, mazônia-Cerrado no ano de 2005/2006.

Vários trabalhos mencionados pela literatura registraram aumento da queda de folhas na estação seca, aumentando desta feita a serapilheira acumulada no solo que, de acordo com as condições climáticas e bióticas e abióticas é decomposta com maior ou menor velocidade, mantendo a serapilheira acumulada estável se a porção

de serapilheira produzida for decomposta, e o contrário leva a um acúmulo de serapilheira no solo. Outrossim, é referente ao estágio do desenvolvimento do ecossistema, que de acordo com OLSON (1963), dependendo do estágio deste, a serapilheira acumulada não sofre variação pela decomposição, esta apenas confere a estabilidade ao sistema. A serapilheira acumulada e o solo controlam vários processos fundamentais na dinâmica do ecossistema, como produção primária e liberação de nutrientes (PIRES et al, 2005).

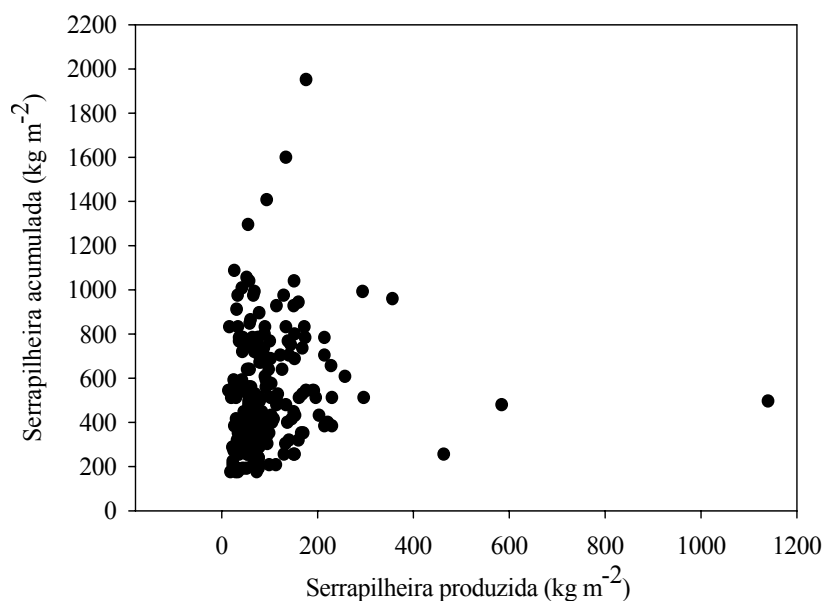


Figura 23 - Correlação obtida entre a serapilheira acumulada e a produzida da floresta de Transição, Amazônia-Cerrado no ano de 2005/2006.

5.4 ESTIMATIVA DA TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA ACUMULADA NO SOLO

O crescimento e a produtividade de ecossistemas florestais dependem principalmente da natureza e da taxa da decomposição da serapilheira na floresta. A decomposição é a maior via para o fornecimento de elementos orgânico e inorgânico para o processo de ciclagem de nutrientes. De acordo com (KAVVADIAS, et al., 2001), as condições climáticas, o declive do terreno, a diversidade de espécies (espécies diferentes têm diferentes padrões de liberação de nutrientes), a rotatividade da serapilheira, pH e fertilidade do solo, a qualidade da serapilheira e atividade biológica, são fatores que contribuem para a decomposição da serapilheira de uma floresta.

Neste estudo, no período entre junho de 2005 a maio de 2006, a taxa de decomposição da serapilheira (K) que mede a efetividade dos organismos decompositores como fungos, bactérias e certos animais em decompor a matéria orgânica dos quais depende a diminuição do acúmulo da serapilheira do solo foi estimada a $2,09 \text{ ano}^{-1}$. Segundo Olson (1963), taxa de decomposição (K) com valores altos próximos de 4 ano^{-1} e valores baixo até 1 ano^{-1} foram estimados, respectivamente, nas florestas africanas e em duas florestas da Colômbia.

Na floresta de Transição, SILVA (2006) registrou $K = 1,75 \text{ ano}^{-1}$ e ALMEIDA (2005) $1,67 \text{ ano}^{-1}$. Portanto, o resultado deste estudo está dentro dos padrões previstos se for considerado que além dos estudos já mencionados acima, nas florestas nativas e capoeiras foram estimados $K = 0,53 \text{ ano}^{-1}$ e $K = 0,73 \text{ ano}^{-1}$ respectivamente (FERNANDES (2005), enquanto que em um sistema agroflorestal implantado para a recuperação de área degradada foi estimado $K = 1,17 \text{ anos}^{-1}$ (ARATO et al. 2003). Deste modo, sistemas com taxa de decomposição muito baixa dentro dos padrões previstos para cada ecossistema ainda não atingiram o seu estado de equilíbrio dinâmico.

Os valores mais altos de K foram estimados para as frações flor e frutos $16,23$ e $5,94 \text{ ano}^{-1}$, respectivamente. Estes resultados vão de encontro daqueles apresentados na (Figura 21) na qual em 6 meses do período de estudo não foram observadas flores que provavelmente eram decompostas antes da coleta da serapilheira acumulada.

O tempo médio ($T_{95\%}$) de renovação para que ocorra decomposição de 95% da serapilheira na floresta de Transição foi determinado em 1,44 anos aproximadamente 527 dias. FERNANDES (2005) estimou para a capoeira e floresta nativa o tempo de 496 dias e 689 dias. Por outro lado ARATO (2003) e SILVEIRA (2007) estimaram respectivamente 215 e 219 dias e SCHLITTLER et al. (1993) estimaram 352 dias, todos em floresta estacional semidecidual. Esta variação no tempo de renovação da serapilheira deve estar relacionada às condições ambientais de local de estudo e variação destas, condições ambientais no período de estudo, que de uma forma geral pode ser resumido a capacidade de produção da floresta em relação à decomposição e à qualidade (orgânica e, ou química) do material produzido, determinando seu menor ou maior índice de degradação.

Os resultados encontrados na floresta de Transição, embora estejam dentro do padrão do tempo médio de decomposição de outros ecossistemas florestais, eles indicam menor rapidez na decomposição do material vegetal que às encontradas por outros autores nos outros ecossistemas.

5.5 DECOMPOSIÇÃO DAS FOLHAS DE TRÊS ESPÉCIES DOMINANTES NA FLORESTA DE TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO

De acordo com o LUIZÃO & SCHUBART (1986) a decomposição é mais intensa na estação chuvosa que na estação seca, acelerada pela ação de cupins e outros invertebrados do solo e pelo desenvolvimento das raízes finas que penetram nas sacolas de decomposição (Figura 24).

A curva de decomposição de folhas sob as mesmas condições edafoclimáticas e interações de fatores físico-químicos, dependendo da mesma biota decompositora das três espécies florestais: *Brosimum lactescens*; *Dialium guianensis* e *Tovomita schomburgkii* Plant e Triana pode ser verificada na Figura 26.



Figura 24 - Sacola de decomposição mostrando a penetração de raízes no processo de decomposição.

Os resultados da perda de peso do folheto por causa da decomposição comprovam que na estação chuvosa a decomposição se intensifica 60 dias após a queda das folhas e a diminuição do peso é influenciada pelo microclima e varia de espécie para espécie.

Nota-se que para as espécies *Dialium guianensis* e *Brosimum lactescens* as curvas de decomposição se sobrepõem, indicando não haver diferença nas suas taxas de decomposição. Mesmo que *T. schomburgkii*, não se sobreponha às outras, ela segue a mesma tendência de inclinação que as outras (Figura 25 e Tabela 5).

Tabela 5 - Dinâmica estimada e tempo de decomposição de folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, por meio de modelos de decaimento exponencial.

Espécies	Coefficientes de Regressão (K)	R ²	T _{r100%}
<i>D. guianensis</i>	0,0048 ± 0,0005a	0,7900a	14,4
<i>T. schomburgkii</i>	0,0059 ± 0,0007a	0,8077a	11,7
<i>B. lactescens</i>	0,0049 ± 0,0005a	0,8667a	14,2

Nota: Coeficientes de regressão seguidos de mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelos testes de desigualdade de coeficientes e parâmetros no intervalo de confiança de 0.05.

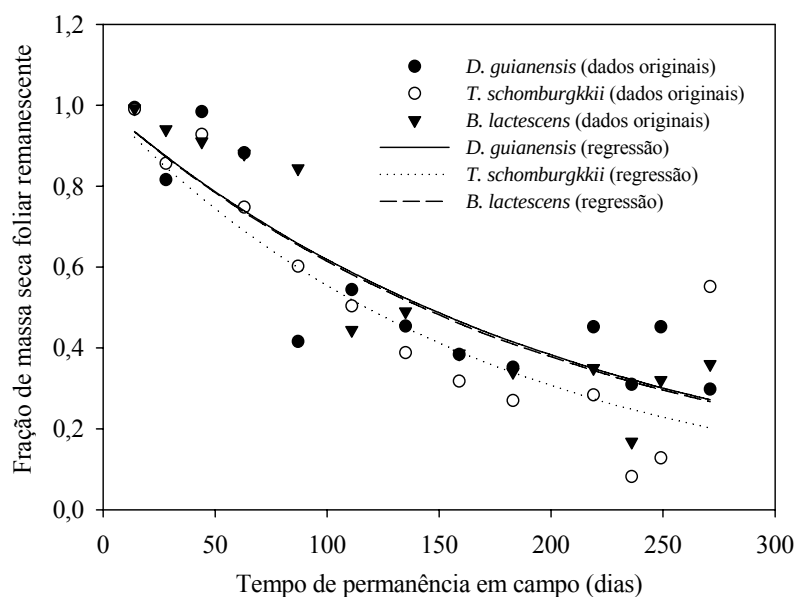


Figura 25 - Curva de decomposição da massa seca de folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

SILVA (2006) em um trabalho semelhante comparou as curvas de decomposição das folhas das espécies *B. lactescens* e *T. schomburgkii* e verificou maior taxa de decomposição para a espécie *B. lactescens* na estação seca ($K = 0,0050 \pm 0,0017 \text{ d}^{-1}$) em relação a *T. schomburgkii* ($K = 0,0013 \pm 0,0003 \text{ d}^{-1}$) na mesma estação, ao passo que na estação chuvosa as taxas foram de ($K = 0,00102 \pm 0,0010 \text{ d}^{-1}$) e ($K = 0,0119 \pm 0,0025 \text{ d}^{-1}$) para *B. lactescens* e *T. schomburgkii*, respectivamente.

Neste estudo a maior taxa da decomposição coube a *T. schomburgkii*, seguida pela espécie *B. lactescens* e finalmente a espécie *D. guianensis*, não estudada por SILVA (2006), (Tabela 5).

Tendo em conta a variedade de microclimas em uma floresta e considerando que em cada ponto foram depositadas três espécies em estudo para a decomposição, a superioridade relativa verificada na taxa de decomposição da espécie *T. schomburgkii* em relação às outras, pode estar provavelmente relacionada com a sua maior palatabilidade ou qualidade do seu substrato para as comunidades de macro e microorganismos de cada microambiente envolvidos na decomposição e possivelmente a *T. schomburgkii* possua menor concentração do teor de lignina. Isto reforça a idéia de que as interações dos fatores abióticos e bióticos, que regulam a

funcionalidade dos ecossistemas florestais, atuaram positivamente ou negativamente na velocidade do processo de decomposição das folhas de espécies florestais, mostrando que o processo não é apenas influenciado pela qualidade do substrato, mas também pela qualidade do microambiente e natureza da comunidade decompositora (macro e microrganismos) (GAMA-RODRIGUES et al, 2003). Isto é confirmado pelos resultados da perda de peso seco das folhas obtidos no último mês de amostragem após 271 dias de decomposição, que foram: *D. guianensis* (70,2%), *Brosimum lactescens* (64%) e a *T. schomburgkii* (44%).

5.6 VARIAÇÕES TEMPORAIS NA CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES E CARBONO DAS FOLHAS

Na Tabela 6 estão expostos os teores de concentrações de nutrientes originalmente encontrados nas folhas em plena atividade biológicas e da matéria orgânica das folhas senescentes antes do início do processo de decomposição, ao passo que na Tabela 7 está a ordem da redistribuição desses nutrientes em percentagens, valores negativos.

Tabela 6 - Teores de Nutriente e de Carbono (g kg^{-1}) de folhas completamente expandidas e senescentes antes do processo da decomposição.

Espécies	Folhas Completamente expandidas					Folhas Senescentes				
	N	P	K	Ca	C	N	P	K	Ca	C
<i>D.guianensis</i>	11,2	0,63	3,5	131,02	459,7	9,1	0,52	6,62	156,75	451,9
<i>T.schomburgkii</i>	16,8	1,13	9,6	153,24	487,0	14	0,79	1,53	130,31	487,9
<i>B. lactescens</i>	23,1	1,22	6,6	163,12	438,1	14	0,66	12,22	157,15	422,9

O nitrogênio e o fósforo foram os elementos que para as três espécies estudadas tiveram redistribuição de nutrientes a partir das partes mais velha da planta para as partes mais novas. Os elementos restantes, a redistribuição não aconteceu para *D.guianensis* e *B. lactescens* com o elemento K, enquanto que com o Ca apenas a espécie *D.guianensis* não apresentou redistribuição e o C só teve redistribuição na espécie *B. lactescens* (Tabelas 6 e 7).

Tabela 7 - Percentagens de reciclagem interna de nutrientes das folhas antes do processo da abscisão no período de estudo na floresta de Transição, Amazônia – Cerrado.

Espécies	Redistribuição interna de nutrientes				
	(%)				
	N	P	K	Ca	C
<i>D.guianensis</i>	-18,75	-17,46	89,14	19,64	-1,70
<i>T.schomburgkii</i>	-16,67	-30,09	-84,06	-14,96	0,18
<i>B. lactescens</i>	-39,39	-45,90	85,15	-3,66	-3,47

Os resultados contidos na Figura 26 (concentração de nitrogênio), foram obtidos a partir da análise química das folhas utilizadas no experimento de decomposição, após algum período de permanência sobre o solo.

Do ponto de vista das variações temporais na concentração de nutrientes das folhas, verificou-se que houve uma eutrofização significativa com nitrogênio no material foliar em decomposição (Figura 26 e Tabela 8), fenômeno observado para as três espécies e que pode ser associada à qualidade da água das chuvas, à lavagem da copa e troncos das árvores pela mesma antes de cair na superfície do solo que muitas vezes estão cheias de fezes de morcegos e aves (LUIZÃO & SCHUBART, 1986) e (OLVEIRA, 2004).

Ainda de acordo com LUIZÃO & SCHUBART (1986) há um aporte de minerais para o solo por meio de uma quantidade ainda desconhecida de troncos mortos, que se decompõem muito lentamente e pela lavagem de folhas e troncos em pé da vegetação, que acabam por influenciar nos teores de nutrientes da matéria vegetal em decomposição.

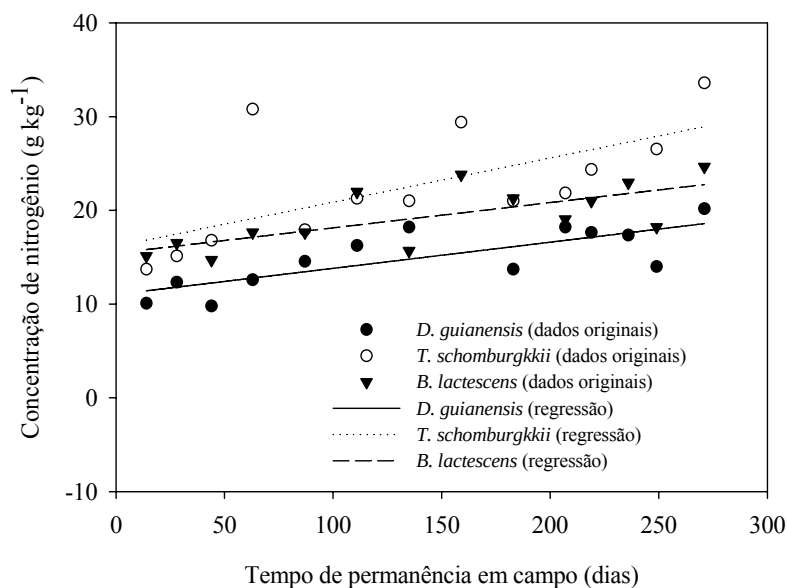


Figura 26 - Curvas de variação na concentração de nitrogênio nas folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

Tabela 8 - Dinâmica da variação temporal nos teores de nitrogênio em folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, por meio de modelos lineares do primeiro grau.

Espécies	Coeficientes da Regressão		R ²
	Linear	Angular	
<i>D. guianensis</i>	11,0234 ± 5,395 a	0,0279 ± 0,0153 a	0,5961
<i>T. schomburgkii</i>	16,1555 ± 6,406 b	0,0471 ± 0,0354 b	0,4379
<i>B. lactescens</i>	15,4308 ± 7,998 a	0,0270 ± 0,0169 a	0,5033

Nota: Coeficientes de regressão seguidos de mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelos testes de desigualdade de coeficientes e parâmetros no intervalo de confiança de 0,05.

Com relação ao fósforo, não se verificou qualquer tendência significativa de alteração das concentrações originais do elemento no material durante o processo de decomposição (Figura 27 e Tabela 6, 7 e 9). Para as espécies *D. guianensis*, *T. schomburgkii* e *B. lactescens*, os valores médios das concentrações de fósforo ao longo do período de estudo se mantiveram iguais a 1,32; 0,85; e 0,65 g kg⁻¹, respectivamente. Nestas mesmas espécies, a observação dos teores de fósforo nas folhas fotossinteticamente ativas e totalmente expandidas indicaram valores iguais a 0,63; 1,13 e 1,22 g kg⁻¹ e nas senescentes, iguais a 0,52; 0,79 e 0,66 g kg⁻¹, revelando

um processo de redistribuição interno desse elemento da ordem de 17,46%,30,8% e 45,9%, respectivamente (Tabela 7).

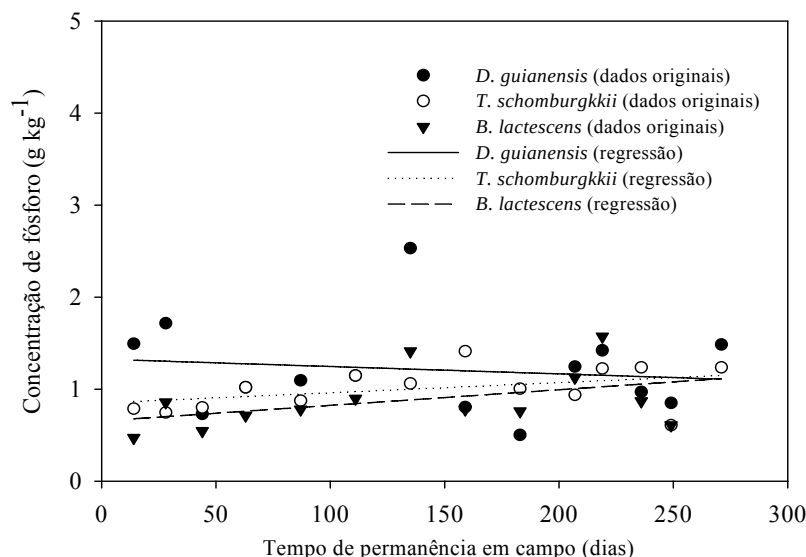


Figura 27 - Curvas de variação na concentração de fósforo nas folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

De acordo com LARCHER (2004), as plantas terrestres acumulam em sua fitomassa (matéria seca) concentração fosfatada de 0,1 a 10 g kg⁻¹ mínima e máxima respectivamente, e suas necessidades oscilam entre 1,5 a 3 g kg⁻¹. Portanto, as concentrações de fósforo registradas nas folhas senescente estão dentro das concentrações mínimas das plantas terrestres.

SILVA (2006) e RIBEIRO (2001) evidenciaram em suas pesquisas eutrofização na concentração do teor do fósforo, enquanto que ADAIR & JOLY (2003) encontraram um comportamento complexo de difícil compreensão, não caracterizando decaimento. Comportamentos ambíguos são comuns nos estudos como fósforo. SILVA (2006) atribui esse comportamento a ação de micorrizas.

Ao estudar a dinâmica de nutrientes de um Landi (canal de escoamento de água no período de inundação) no Pantanal de MT, RIBEIRO (2001) ao mesmo comportamento ambíguo do fósforo, atribuiu à falta de translocação dos nutrientes (fósforo) das partes velhas para as partes mais jovens da planta, os quais tornam a serapilheira que forma o piso da floresta mais concentrada em fósforo. Além disso, RIBEIRO (2001) considerou também o aumento da concentração de fósforo no

material em decomposição associado à sua adsorção nas partículas de argila que se aderem ao material e ainda a matéria orgânica que possui uma capacidade de troca iônica que lhe confere a propriedade de reter quantidades substanciais de íons.

Tabela 9 - Dinâmica da variação temporal nos teores de fósforo em folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, por meio de modelos lineares do primeiro grau.

Espécie	Coeficientes da Regressão		R ²
	Linear	Angular	
<i>D. guianensis</i>	1,3265 ± 0,6030 b	-0,0008 ± 0,036 b	0,0178
<i>T. schomburgkii</i>	0,8509 ± 0,2494 a	0,0011 ± 0,0015 a	0,1717
<i>B. lactescens</i>	0,6541 ± 0,3645 a	0,0017 ± 0,0024 a	0,1812

Nota: Coeficientes de regressão seguidos de mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelos testes de desigualdade de coeficientes e parâmetros no intervalo de confiança de 0,05.

O potássio apresentou um comportamento diferente para as três espécies, *D. guianensis*, *T. schomburgkii* e *B. lactescens*, (Tabelas 7, e 10). Quanto às variações temporais na concentração de nutrientes das folhas senescentes, isto após cada período de permanência sobre o solo, mostrou transferência em apenas uma espécie (Figura 30 e Tabelas 7 e 10). Isto ocorre porque o elemento é muito sujeito à lixiviação, desaparecendo ou baixando os níveis mínimos no material em pouco tempo, principalmente na estação chuvosa o que é facilitado por ele se encontrar livre na planta, não fazendo parte de nenhum composto orgânico, bem como por apresentar grande mobilidade. 80% do K do tecido vegetal seria passível de lavagem, pelo fato de tal elemento encontrar-se quase que totalmente na forma solúvel. Este comportamento faz do potássio o elemento de mais rápida liberação do material vegetal seco em todos os ecossistemas BERTÉ et al. (2006), GAMA-RODRIGUES (1997) e LUIZÃO & SCHUBART (1986).

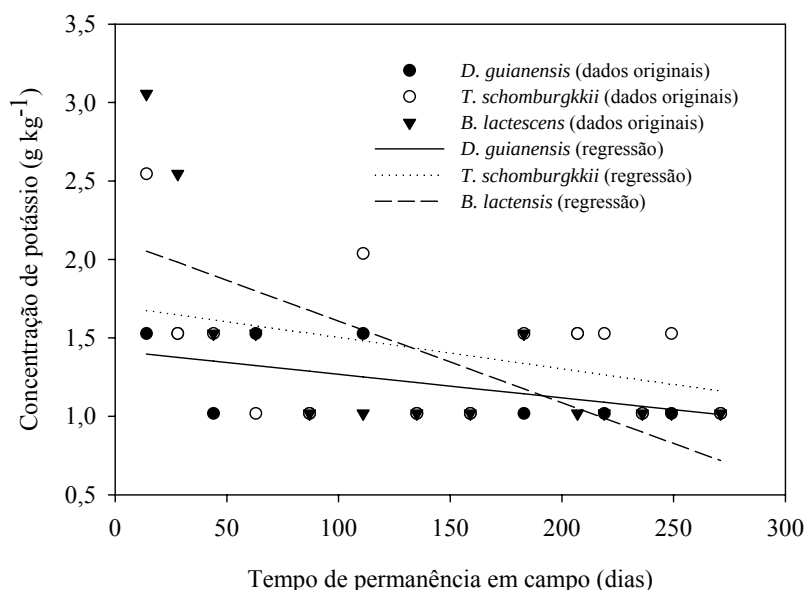


Figura 28 - Curvas de variação na concentração de Potássio nas folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

Tabela 10 - Dinâmica da variação temporal nos teores de Potássio em folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, por meio de modelos lineares do primeiro grau.

Espécies	Coeficientes da Regressão		R ²
	Linear	Angular	
<i>D. guianensis</i>	1,4718±0,2593 a	-0,00152± 0,016 a	0,2725
<i>T. schomburgkii</i>	1,7020±0,5050 b	-0,0198±0,0033 b	0,1435
<i>B. lactescens</i>	2,1264±0,5527 c	-0,0052±0,0033 c	0,4906

Nota: Coeficientes de regressão seguidos de mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelos testes de desigualdade de coeficientes e parâmetros no intervalo de confiança de 0,05.

O Cálcio foi o elemento que maior concentração apresentou entre os minerais estudados (Figura 31). Segundo SCHUMACHER et al., (2004), é o que maior concentração apresenta nas folhas. As folhas verdes em plena atividade biológica e as folhas senescentes antes do início do processo da decomposição, resultados contidos na Tabela 7 não revelam ter havido reciclagem interna antes do processo da abscisão foliar para a *D. guianensis*. Enquanto isto, para *T. schomburgkii* e *B. lactescens* houve uma tímida redistribuição de nutrientes (Figura 31 e Tabelas 7 e 11). A fraca ou ausência de redistribuição do Ca para as partes

novas da planta se deve ao fato deste ser um elemento de baixa mobilidade e também porque está associado à lignificação das paredes celulares (CALDEIRA, 1999).

Tabela 11 - Dinâmica da variação temporal nos teores de Cálcio em folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, por meio de modelos lineares do primeiro grau.

Espécies	Coeficientes da Regressão		R ²
	Linear	Angular	
<i>D. guianensis</i>	147,890±110,5483 a	-0,0291±0,1352 a	0,00018
<i>T. chomburgkii</i>	138 3546±21,4582 b	0,0316±0,1292 b	0,0230
<i>B. lactescens</i>	152,586±36,1174 c	-0,989±0,2176 c	0,2749

Nota: Coeficientes de regressão seguidos de mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelos testes de desigualdade de coeficientes e parâmetros no intervalo de confiança de 0,05.

LUIZÃO & SCHUBART (1986) e COSTA et al., (2005) encontraram para o cálcio variação sazonal. Na estação seca, o Ca sofreu uma elevação no conteúdo, seguida por uma substancial e irregular perda na estação chuvosa, que às vezes era superior à perda do material em decomposição no final do experimento. A irregularidade na concentração do Ca foi explicada pelos autores acima citados como relacionada ao fato de o elemento ser de estrutura e, por isso, pouco ou nada afetada pela lixiviação e pelo ataque dos micro-decompositores, que têm predominância na estação seca. Já na estação chuvosa, em face da grande atividade dos macro-decompositores, como cupins, que removem indistintamente lâmina e nervuras das folhas, a elevação do conteúdo do cálcio não ocorre.

Enquanto isso GOLLEY et al., (1978) considera a elevação nas concentrações do Ca, geralmente relacionada à sua ocorrência no solo em quantidades relativamente elevadas, o que sugere movimento deste do solo para a serapilheira ou a contaminação do experimento de decomposição.

De uma forma geral GOLLEY et al (1978) considera ainda ser óbvio encontrar na floresta tropical menor concentração de minerais na serapilheira que nas folhas, pois a primeira sofre decomposição e lavagem. Entretanto, encontrou concentrações de N, P, K e Ca semelhantes ou maiores aos obtidos neste trabalho. Ele explica que, as altas concentrações de minerais na serapilheira que sofre

decomposição só são possíveis porque elas podem sofrer contaminação de minerais procedente do solo através da atividade de microrganismos e borrifos de chuva ou ainda devido ao processo de coleta.

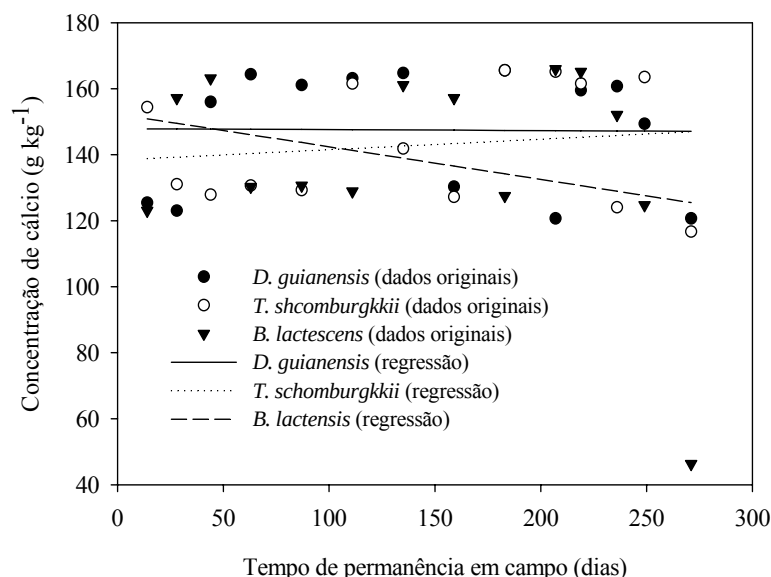


Figura 29 - Curvas de variação na concentração de cálcio nas folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

Os resultados da concentração do carbono das folhas verdes em plena atividade biológica e as folhas senescentes antes do início do processo da decomposição estão na Tabela 6. As variações temporais das folhas senescente e das completamente expandidas na concentração do carbono, na Tabela 7. É evidente a ausência da transferência do carbono das partes velhas para as folhas da planta em desenvolvimento (Figura 32 e Tabelas 7 e 12). As concentrações dos compostos de carbono não variaram de acordo com a perda do peso do material pela decomposição.

Após 271 dias de decomposição, a concentração do teor de carbono se manteve em uma média de $407,96 \pm 34,17$; $434,94 \pm 34,87$; $365,29 \pm 50,29$ g kg⁻¹, respectivamente, para *D. guianensis*, *T. schomburgkii* e *B. lactescens*. Estudo realizado por HOLTZ (1995) foi verificado aumento do teor médio de carbono na palhada de milho (429 g.kg⁻¹) durante o processo da decomposição e diminuição do mesmo teor na última amostragem (após 149 dias). Enquanto isso, para a palhada de aveia-preta, HOLTZ (1995) constatou também diminuição (415 g.kg⁻¹) na

concentração do C no final da amostragem. O autor acima citado considerou a heterogeneidade do material avaliado como ter sido responsável pelo aumento da concentração do C e a diminuição, a razão atribuída foi a mineralização do material.

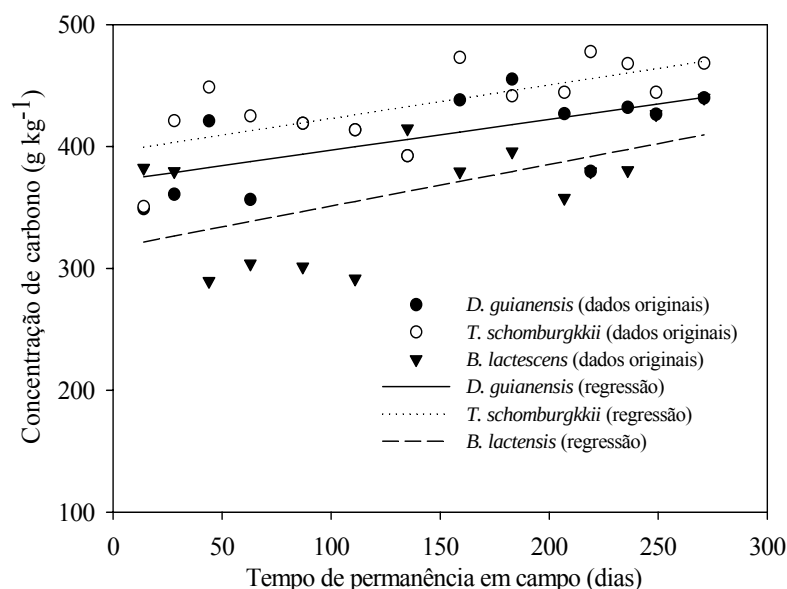


Figura 30 - Curvas de variação na concentração de carbono nas folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso.

SELVA (2005) ao analisar o movimento lateral da serapilheira e carbono observou aumento do conteúdo médio da serapilheira transportada para o vale, enquanto o teor médio de carbono diminuía, isto é, quando mais particulado se tornava a serapilheira mais chegava ao córrego e consigo menor teor de carbono na serapilheira, sugerindo a transferência ou incorporação do carbono em forma de matéria orgânica de serapilheira para o solo ao longo do percurso até chegar ao córrego.

TOLEDO (2003) ao caracterizar a fertilidade do solo, observou aumento na concentração do carbono orgânico no solo o que segundo ele, se deu por elevada adição da serapilheira no solo.

O comportamento observado por SELVA (2005) e por TOLEDO (2003) não se assemelha às tendências observadas neste trabalho. Embora existisse semelhança entre os resultados deste estudo aos encontrados por HOLTZ (1995), a decomposição do material deste trabalho ocorreu no ambiente natural, sem homogeneidade do

material em decomposição o que torna os dois trabalhos diferentes quando ao ambiente em que a decomposição se efetuou e ao material submetido à decomposição.

Tabela 12 - Dinâmica da variação temporal nos teores de Carbono em folhas de três espécies dominantes na floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, por meio de modelos lineares do primeiro grau.

Espécies	Coeficientes da Regressão		R ²
	Linear	Angular	
<i>D. guianensis</i>	371,6485 ± 31,362 a	0,2534 ± 0,1889 a	0,6447
<i>T. chomburgkii</i>	-255,95 ± 14157,0 a	43,991 ± 85,290 a	0,30857
<i>B. lactescens</i>	316,996 ± 48,7388 b	22,3694 ± 0,294 b	0,5904

Nota: Coeficientes de regressão seguidos de mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelos testes de desigualdade de coeficientes e parâmetros no intervalo de confiança de 0,05.

6 CONCLUSÕES

- ♦ As variações do *IAF* ocorrem segundo as variáveis edafoclimáticas, com o fotoperíodo apresentando maior magnitude na influência dessas variações com uma defasagem de aproximadamente 6 dias.
- ♦ A produção média anual da serapilheira foi de 1123,10 g m⁻².
- ♦ A produção da serapilheira foi sazonal com a fração folhas predominante no material formador da serapilheira de 72,77% do total, seguida pela fração galho (24,32%).
- ♦ O maior acúmulo instantâneo da serapilheira foi de 696,80 ± 363,02 g m⁻².
- ♦ não existe uma correlação direta entre a produção da serapilheira e a serapilheira acumulada no solo.
- ♦ A taxa de decomposição da serapilheira acumulada foi estimada em 2,09 ano⁻¹.
- ♦ O tempo para que a serapilheira atinja o valor final de acúmulo (T_{95%}) ou 95% da serapilheira na floresta de Transição seja decomposta foi estimada em 1,44 anos e varia de um ano para outro de acordo com as variáveis edafoclimáticas.
- ♦ A maior parte das folhas produzidas na estação seca são quase terminalmente decomposta na estação chuvosa. O maior incremento da decomposição acontece após 60 dias da queda.
- ♦ As folhas constituem uma das mais importantes vias de ciclagem de nutrientes devido à sua grande produção e são fundamentais para a manutenção da produtividade e proteção do solo na floresta.
- ♦ Ocorre redistribuição de nutriente a partir das partes velhas da planta para as partes em desenvolvimento.
- ♦ A regularidade e a porcentagem de redistribuição de nutrientes varia de espécie para espécie e do nutriente para nutriente.

- ♦ O Nitrogênio e Fósforo apresentaram redistribuição completa para as 3 espécie (-23, -20, e -65% e -21,2, -30,08 e -84%, respectivamente).
- ♦ A velocidade da perda de nutrientes das folhas para o solo por causa do processo da decomposição é errática e depende do elemento e sua disposição na planta.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERLY, D. D.; THOMAS, W.; FERREIRA, C. A.C.; PIRANI, J. R. **The forest-cerrado transition zone in southern Amazônia: results of the 1985 Projeto Flora Amazonia Expedition to Mato grosso.** *Brittonia*. 41, v. 2 p. 13-128. 1989.

ADAIR, M. P.; JOLY, C. A. Dinâmica da produção e decomposição da serapilheira da arraibá (*centrolabium tomentosum* Guill. Ex beneth-Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio de Jacaré-Pipeira, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 26, p. 193-202, 2003.

AGUIAR, F. F. A fenologia do Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam) em Moji-Guaçu, SP. *Revista Ecossistema*. São Paulo, v., p. 107-112, 2001.

ANDRADE, A. B.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpiiifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em Planossolo. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 24, p. 777-785, 2000.

ANDRAE, F. H. KRAPFENBAUER, A. Inventario de um reflorestamento de araucária de 17 anos em Passos Fundo-RS. Parte II: Inventários de nutrientes. In: **Pesquisa Austríaco-brasileiras**. Ed. Única. Áustria. p. 30-35. 1983.

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

ALMEIDA, E. D. de **Nitrogênio e fósforo no solo de uma floresta de transição Amazônia-Cerrado**. Cuiabá, 2005. 77p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente)-UFMT, Instituto de Ciências Exatas e da terra, Cuiabá, MT, 2005.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. de. Produção da serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para a recuperação de área degradada em Viçosa-MG. Viçosa, *Revista Árvore*, v. 27, p. 715-721, 2003.

BARBOSA, J. H. C.; FARIA, S. M. Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na reserva biológica de poço das Antas, rio de janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57 p. 461-476. 2006.

BARCELOS. D. M.; GARCIAS, A.; JUNIOR, V. A. M. Análise de crescimento da cultura da batata submetida ao parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura, em um latossolo vermelho-amarelo. **Ciências Agrotécnica**, Lavras, v. 31, p. 21-27, 2007.

BEER, T. Applied environmetrics meteorological tables. **Applied Environmetrics**. Victoria, Australia. 1990.

BERTÉ, L.; MARQUES, R.; PIZZA, G; SCHWARZBACH, J. Contribuição de floresta atlântica em regeneração para a deposição de nitrogênio e potássio através da água da chuva. p.19-35. **Disponível em:** <http://www.sobrade.com.br/2003/seminário/trabalho/004>. Acesso em 28 de agosto 2006.

BORÉM, R. A. T.; RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfico de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata Atlântica. **Cerne**. v. 8, p. 42-59, 2002.

BUURMAN, P.; LAGEN, V. B.; VELTHORST, E. J. **Manual for soil and water analysis**. 1996. Leiden the Netherlands: Backhuys publichers, 1996: 314p.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M, V.; SANTOS E. M. dos; TEDESCO, N.; PEREIRA, J. C. Estimativa de conteúdo de nutrientes em povoamento novo de *Acacia mearnsii* De Willd. estabelecido na região sul do Brasil. **Floresta**. v. 29, p. 53-65, 1999..

CAMPOS, M. L. LIMA, M. D. M. de; SILVA, C. A. Ciclagem de nutrientes em florestas e pastagens. Lavras-MG. **Boletim Agropecuário** - n.º 65 - p. 1-61. Disponível http://www.geocities.com/giuliano_marchi/ciclagem.pdf Acesso aos 27 de agosto de 2006.

CARPANEZZI, A. A. **Decomposição de material orgânico e nutriente em uma floresta natural e em uma plantação de eucalipto no interior do estado de São**

Paulo. 1980. 107p. Dissertação (Mestrado, ESA) - Universidade de São Paulo, Piracicaba. SP. 1980.

CARVALHO, C.G. **Mato Grosso: Terra e Povo**. Cuiabá: Ed. Verde Pantanal. 2001: 208.

CASTRO, A. H. F., ALVARENCA, A. A. de Influência do fotoperíodo no crescimento inicial de plantas de confrei (*Symphytum officinale* L.). **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.26, 1, p.77-86. 2002.

CAÛTEAUX, M. M.; BOTTNER, P.; BJÖRN, B. Litter decomposition, climate and litter quality. **Tree**. v. 3, 1995.

CHASON, J.W.; BALDOCCHI, D. D.; HUSTON, M. A comparison of direct and indirect methods for estimating forest canopy leaf area. **Agricultural and Forest Meteorology**. Amsterdam. v. 107, p. 107-128. 1991.

COSTA, G. S; GAMA-RODRIGUES, A. C. dos; CUNHAG. De M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamento de *Eucalyptus grandis* no norte Fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, p. 563-570, 2005.

COSTA, S. C. DA C.; LEÔNIDAS F. DAS C.; SANTOS, J. C. F. Influência da cobertura do solo na concentração de nutrientes nas folhas do café ‘Canilon’ em Ouro Preto do Oeste, Rondônia, **Ministério da Agricultura e Abastecimento**, v. 204, p. 1-5. 2001.

COUTINHO, L. M., O Cerrado e a ecologia de fogo. **Ciência Hoje**. São Paulo, v.12, p. 22-30. 1990.

CUNHA, G. C. da; GRENDENE, L. A.; DOURLO, M. A.; BRESSAN, D. D. A. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciências Florestais**. Santa Maria. v. 3, p. 35-64. 1993.

CUTINI, A. Litterfall and leaf area index in the CONECOFOR permanent monitoring plots. **J. Limnol.** Arezzo, Italy, v. 61, p. 62-68. 2002.

CUTINI, A.; MATTEUCCI, G.; MUGNOZZA, G. S. Estimation of leaf area index with the Li-Cor 2000 in deciduous forests. **Forest Ecology and Management** Arezzo, Italy. v. 105, p. 55-65. 1998.

ESTRADA, J. A. E. Area foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. **Terra**, Montecillo, México. v. 17, p. 149-157. 1999.

Embrapa. Mapa de vegetação e uso das terras do estado do Mato Grosso. **Monitoramento por satélite 2003.** Disponível: <http://www.qmdmt.cnpm.embrapa.br/73.htm> Acesso aos 27 de agosto de 2007.

FAGUNDES, J. L.; SILVA, S. C. da; PEDREIRA, C. G. S.; CARNEVALLI, R. A.; CARVALHO, C. A. B. de ; SBRISSIAA, F.; PINTO, L. F. de M. Índice de área foliar, coeficiente de extinção luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob lotação contínua. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 187-195. 2001.

FERNANDES, F.C. S. **Produção de liteira, concentração e estoques de nutrientes na floresta nativa e capoeira.** 2005. 83p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2005.

FAVRIN, J. L. ; NETO, D. D.; GARCIA, A. G.; NOVA, N. A. V.; FAVARIN, M. da G. G. V. Equação de estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 769-773. 2002.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G. F.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila mista localizada no Sul do estado do Paraná. **Ciência florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003.

FRAZER, G. W., TROFYMOW, J. A. & LETZMAN, K. P. **Method for estimating canopy openness, effective leaf areas index, and photosynthetically**

active photon flux density using hemispherical photography and computerized image analysis techniques. Canadá, Natural Resources. 1997: 65 p.

GAMA-RODRIGUES, A. C. dos. **Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoamentos puros e mistos, em solo de tabuleiro da Bahia, Brasil.** 1997.109p. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 1997.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; SANTO, M. L. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Ciências de Solos.** v 27, p. 1021-1031. 2003.

GARNER, W.W.; ALLARD, H.A. Effect of relative length of day and night and others factors of the environment on growth and reproduction in plants. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.18, p. 553-606, 1920.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, T. J.; CLEMENTS, G. R.; DUEVER, G. I. C. M. J. **Ciclagem de minerais em ecossistemas de florestas tropicais úmida;** tradução de Eurípides Malavolta. São Paulo: EPU. Universidade de São Paulo, 1978: 256p.

GOUDRIAAN, J.T. The bare bones of leaf-angle distribution in radiation models for canopy photosynthesis and energy exchange. **Agricultural and Forest Meteorology.** v. 43, p.155-169, 1988.

GOWER. S. T.; KUCHARIK, C. J.; NORMAN, J. M. Direct and indirect estimation o leaf area index, $fAPAR$, net primary production of terrestrial ecosystems. New York. **Remote Science Environment.** 70, p. 29-59, 1999.

HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em floretas tropicais.** 1985. Fundação Cargill, Campinas, SP. 147p. 1985.

HOFFMANN, W. A.; MACHADO, E. R. da S. Jr. G. C.; SCHOLZ, S. J. B. F. G.; MEINZER, G. G. F. C. Seasonal leaf dynamics across a tree density gradient in Brazilian savanna. **Oecologia.** n. 145, p. 307-316. 2005.

HOLTZ, G. P. **Dinâmica da Decomposição da Palhada e da Distribuição do Carbono, Nitrogênio e Fósforo Numa rotação de Culturas Sob Plantio Direto na Região de Carambeí.** 1995, 129p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

HUTCHINSON, G. E. Nitrogen and biogeochemistry of the atmosphere. **Am. Sci.** 32: p.178-195. 1944.

IVANAUSKAS, N. M. **Estudo da vegetação presente na área de contato entre formações florestais em Gaúcha do Norte-MT.** 2002. 184f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

JONES, H. G. **Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology.** 2^a ed. Great Britain. Cambridge. 1992: 427p.

JONCKHEERE, I., FLECK, S. NACKAERTS, K, MUYS B., COPPIN, P. WEISS, M., BARET, F. Review of methods for in situ leaf area index determination part I. Theories, and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology.** v. 121, p. 19-35, 2004.

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

KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A. Litter production in an area of Amazonia n terra-firme forest. Part I. Litter organic Carbon and total Nitrogen contents. **Amazoniana.** v. 1 p.287-302. 1968^a

KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A. Litter production in an area of Amazonia n terra-firme forest. Part I. Litter organic Carbon and total Nitrogen contents. **Amazoniana.** v. 4 p.303-310. 1968^b.

KLINGE, H.; HERRERA, R. Phytomass structure of natural plant communities on spodosols in southern Venezuela: The tall Amazon Caatinga forest. **Vegetatio**, The Hague, v.53, p.65-87. 1983.

KÖNIG, F. G.; SCUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; SELING, I. Avaliação sazonal da produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Marta, RS. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 26, 2002.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Ed. Rima. São Carlos. 2000, 2004: 531p.

LAWRENCE, D; FOREST, D. Changes in forest biomass, litter dynamics and soil following shifting in southern Mexico: an overview. **Interciencia**, Caracas, v.27, n. 8, p. 400-408, 2002.

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

LUIZÃO, F. G.; SCHUBART H. O. R. Produção e decomposição de liteira em floresta de terra firme Amazônia central. **Acta Limnológica**, v. 1, p. 575-600, 1986.

LUIZÃO, F.G.; SCHUBART H. O. R. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of central Amazonia. **Experientia**. v. 43, p. 259-64. 1987.

MAFRA, L. A.; VOCURCA, A. A. de W. H. L.; HARKALY, A. H.; Mendoza, E. Adição de nutrientes ao solo em sistema agroflorestal do tipo cultivo em aléias e em cerrado na região de Botucatu, SP **SCIENTIA FORESTALIS**, v. 54, p. 41-54, 1998.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba, Potafos. 1997: 319p.

MANZI, A. CO₂ engorda árvores: programa internacional verifica fenômeno na Amazônia. **Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente**. Caderno Especial. 2005.

MARQUES, M C. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.27, p.713-723, 2004.

MARTINS, S. V. & RODRIGUES, R. R., Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 405-412, 1999.

MEGURO, M.; VINUEZA, G. N.; DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária. São Paulo. I Produção e conteúdo mineral de folheto. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, São Paulo.v. 7, p. 11-31. 1979.

MELO, J. T. de; RESCK D. V. S. Retorno ao solo de nutrientes de serapilheira de *Eucaliyptus cloziana* no cerrado do Distrito Federal. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Planaltina. DF: Embrapa Cerrados. p. 16, 2003.

MONSI, M.; SEAKI, T. Über den lichtfaktor in den pflanzengesellschaften, seine Bedeutung für die Stoffproduckion. **Japanese Journal of Botany**, n. 14, p. 22-52, 1953.

MOREIRA, P. R.; SILVA O. A. da. Produção de serapilheira em área reflorestada **Revista Árvore**. Viçosa, v. 28, p. 49-59, 2004.

MOREIRA, M. F.; VIEIRA, C. C. J.; ZAIDAN, L. B. P. Efeito do fotoperíodo no crescimento e no padrão de acúmulo de frutanos em plantas aclimatizadas de *Gomphrena macrocephala* St.-Hil. (Amaranthaceae) **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, n. 22, p. 397-403, 1999.

NYE, P. H. organic matter and nutrients cycles under moist tropical forest. **Plant and soil**, v. 13, p. 333-346. 1961.

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

OLIVEIRA, R. R. de. Importância das bromélias na ciclagen de nutrientes da Floresta Atlântica. **Acta Botânica Brasileira**. v.10, p. 793-799., 2004.

OLSON, J. L. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44, p. 322-331, 1963.

Oracle Education Foundation. O Ciclo de Carbono na natureza. **Disponível em: library.thinkquest.org/C0126481/efest.html**. Acessado em 25 de fevereiro de 2006.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L. R; e SENTLHAS, P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas**. Agropecuária, 2002: 478p.

PIERCE. L. L.; RUNNINGS. W. Rapid estimation of coniferous forest leaf area index using a portable integrating radiometer. **Ecology**, Montana, USA. v. 69, p. 1762-1767, 1988.

PINTO-JR, O. B. **Efluxo de CO₂ do Solo em Floresta de Transição Amazônica Cerrado e em Área de Pastagem**. Cuiabá, 2007. 79p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso. 2007.

PIRES, L. A.; BRITZ, R. M. de; MARTEL, G.; PAGNO, N. S. produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta Botânica**, v. 20, p. 173-184, 2005.

POGGIANI, F.; MONTEIRO Jr., E. S. Deposição de folheto e retorno de nutrientes ao solo numa Floresta Estacional Semidecídua em Piracicaba, **Anais... 6º Congresso Florestal Brasileiro**. Campos de Jordão, São Paulo, 22 a 27 de setembro de 1990, p. 596-602.

PROCTOR, J. Nutrient cycling in primary and old secondary rainforest. **Applied Geography**, v. 7, p.135-152. 1987.

RESOLEM, C. A.; MATEUS, G. P.; GODOY, L. J. G.; FELTRAN, J. C.; BRANCALIANO, S. R. Morfologia radicular e suprimento de potássio às raízes de milho de acordo com a disponibilidade de água e potássio. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v. 27, p. 875-884, 2003.

REZENDE S. D. P. **Avaliação de dois Métodos para Estimativa do Índice de Área Foliar na Floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, Brasil**, Cuiabá, 2006. 20p. Monografia (Monografia em Engenharia Florestal) – UFMT, Faculdade de Engenharia Florestal.

RIBEIRO, L. **O papel da serapilheira na dinâmica de nutrientes do Landi da Moranga, Pantanal Matogrossense, Brasil**. 2001 58p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade), UFMT, Cuiabá. 2001.

RICHEY, B. J. E.; MELACK, J. M.; AUFDENKAMPE, A.K.; BALLESTER, V. M; HESS, L. L. Outgassing from Amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO₂. **Nature**, v. 416, p. 617-620, 2002.

RÖHRIG, M.; STÜZEL, H; ALT, C. A three-dimensional approach to modeling light interception in heterogeneous canopies. **Agronomy Journal**, v. 91, 1024-1032, 1999.

ROSOLEM, C. A.; MATEUS, G. P. GODOY, L. J. G.; FELTRAN, J. C.; BRANCALÃO, S. R. Morfologia radicular e suprimento de potássio às raízes de milho de acordo com a disponibilidade de água e potássio. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 27, p.875-884, 2003.

RONCANCIO, V. J. F.; PERES, L. E. P.; ZAIDAN; L. B. P. PREIRA, M. F. A. Influência do fotoperíodo em interação com a temperatura no desenvolvimento de Plantas de *solidaster luteus*l. **Revista Brasileira Fisiologia Vegetal**, v. 8, p.131-138, 1996.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiología Vegetal**. Iberoamérica. México. 1994. 759p.

SCHLITTLER. T. H. M.; DE MARTINS, G.; CÉSAR. O. Decomposição da serapilheira produzida na floresta de Morro do Diabo (região do pontal do Paranapanema, estado de São Paulo). **Naturalia**, v. 18. p. 149-156, 1993.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J., RODRIGUES, L. M.; SANTOS, E. M. dos. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-

negra (*acacia mearnsii* de wild.) no estado do rio grande do sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, p. 791-798, 2003.

SELVA E. C. **Produção e Exportação de Carbono Via Liteira em Microbacias na Região Sul da Amazônia** Cuiabá, 2005. 74p Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - UFMT, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária.

SILVA, C. J. **Contribuição de Folhas na Formação de Serapilheira e no Retorno de Nutrientes em Floresta de Transição no Norte do Mato grosso**. Cuiabá, 2006. 64p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente)-UFMT, Instituto de Ciências Exatas e da terra, Cuiabá, MT. 2006.

SIMEPAR. **Tecnologia e informações ambientais**. 2003. Disponível http://www.simepar.br/tempo/clima/avisos_elnino10.jsp. Acesso aos 15 de agosto de 2007.

SLIVERIA, N. D.; PEREIRA, M. G.; POLIDORO, J. C.; TAVARES, S. R. de L.; MELLO, R. B. Aporte de nutrientes e biomassa via serrapilheira em sistemas agroflorestais em Paraty (RJ). **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 17, p. 129-136, 2007.

SOUZA, J. A. de; DAVIDE, A. C. Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **CERNE**, v. 7, p.101-113, 2001.

SOUZA, J. R. S.; PINHEIRO, F. M. A.; ARAUJO, R. L. C.; PINHEIRO Jr., H. S.; HODNETT, M. G. Temperature and moisture profiles in soil beneath Forest and pasture areas in eastern Amazonian. **Amazonian Deforestation and Climate**. In: J. C. H. Gash, C. A. Nobre, J. M. Roberts and R. Victória (Eds). John Wiley and Sons, Chichester, UK, p. 125-137, 1996.

SULI, G. S. **Comparações Empíricas Entre Medições Multiespectrais de Sistemas Sensores e Índice de Área Foliar Verde em Floresta Amazônica de**

Transição. Cuiabá, 2004. 77p Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente)-UFMT, Instituto de Ciências Exatas e da Terra.

SUNDARAPANDIAN, S. M.; SWAMY, P. S. Litter production and leaf-litter decomposition of selected tree species in tropical forest at Kodayar in the Western Ghats, Índia. **Forest Ecology and Managment.** v. 123, p. 231-244, 1999.

STARK, N. Nutrient cycling. In: nutrient distribution in Amazonian vegetation. **Int. J. Trop. Ecol.** v. 12 p. 177-201. 1971.

STEVEN, M. D.; BISCOE, P. V.; JAGGARD, K. W.; PARUNTU, J. Foliage cover and radiation interception. **Elsevier science.** Amsterdam v.. 13, p. 75-87, 1986.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 3ª ed. Artmed, Porto Alegre. 2004: 719p.

TOLEDO, L. de O. **Aporte de Serapilheira, Fauna Edáfica e Taxa de Decomposição em Área de Floretas Secundarias no Município de Pinheiral,** Rio de Janeiro. 2003, 80p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais)-UFRRJ, Instituto de florestas, Rio de Janeiro, 2003.

TORRES, J. L. R.; FABIN, A. J.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, T. Influência de plantas de cobertura na temperatura e umidade do solo na rotação milho-soja em plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência,** v. 12. p. 107-113, 2006.

VALENTINI, C. M. A. **Efluxo de CO₂ do solo de uma área de floresta de transição no noroeste de Mato Grosso.** 2005. 81p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2005.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia.** Versão digital 2ª ed., Recife, 2006: 463p.

VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L. Deposição de nutrientes através da queda da serapilheira em dois remanescentes de floresta ombrófila densa em Blumenau-SC. **Revista de Estudos Ambientais.** v. 2, p. 41-55, 2000.

VOSE, J. M.; SULLIVAN, N. H. ; CLITON, B. D. ; BOSTAD, P. V. Vertical Leaf area distribution, light transmittance, application of the Beer-Lambert Law in four nature hardwood stands in the Southern Appalachians, **Can. J. For Res.** v. Canada. 25, p. 1036-1043, 1995.

VOURLITIS, G. L.; PRIANTE FILHO, N.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. DE S.; CASEIRO, F. T.; CAMPELO JUNIOR, J. H). Seazonal variation in evapotranspiration of a transitional tropical forest of Mato Grosso, Brazil. **Water Resources Research.** v. 38, p. 1-11, 2002.

WEISS, M.; BARET, F.; SMITH, G. J.; JONCKHEERE, I.; COPPIN, P. Review of methods for in situ leaf area index (LAI) determination part II. Estimation of lai and Sampling. **Agricultural and Forest Meteorology.** v. 121, p. 37-53, 2004.