

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA - CCMN
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IGEO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGG

DINÂMICA DE SERAPILHEIRA EM ENCOSTA ÍNGREME NO PARNATIJUCA (RJ): A POSIÇÃO NA ENCOSTA E DECLIVIDADE COMO FATORES CONDICIONANTES À FORMAÇÃO DOS ESTOQUES



Felipe Soter de Mariz e Miranda

Dissertação de Mestrado submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia na Área de Concentração de Planejamento e Gestão Ambiental

Orientador: Dr. Evaristo de Castro Júnior

Rio de Janeiro

2013

DINÂMICA DE SERAPILHEIRA EM ENCOSTA ÍNGREME NO PARNA-TIJUCA (RJ):
A POSIÇÃO NA ENCOSTA E DECLIVIDADE COMO FATORES CONDICIONANTES
À FORMAÇÃO DOS ESTOQUES

Felipe Soter de Mariz e Miranda
Orientador: Dr. Evaristo de Castro Júnior

Dissertação de Mestrado submetida ao corpo docente
do Programa de Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal do Rio de Janeiro como
requisito parcial à obtenção do título de Mestre em
Geografia na Área de Concentração de Planejamento e
Gestão Ambiental

Aprovada em ___/___/___

Orientador
Dr. Evaristo de Castro Júnior

Dr. André de Souza Avelar – UFRJ

Dr. Achilles A. Chirol - UERJ

Miranda, Felipe Soter de Mariz e

Dinâmica de serapilheira em encosta íngreme no Parna-Tijuca (Rj): A posição na encosta e declividade como fatores condicionantes à formação dos estoques, Felipe Soter de Mariz e Miranda – Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG, 2013.

xi, 76f: il.; 29,7 cm.

Orientador: Dr. Evaristo de Castro Júnior

Dissertação (mestrado) – UFRJ/IGEO/PPGG, 2013.

Referências bibliográficas: f. 73-76

1. Serapilheira. 2. Serrapilheira. 3. Topografia. 4. Declividade – Dissertação. I. Evaristo de Castro Júnior. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, PPGG. IV. Título.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho só pôde ser realizado por uma especial confluência de energia daqueles que gostam de mim e/ou acreditaram no meu trabalho. Cito alguns que especialmente contribuíram para a sua realização, porém quaisquer amigos, mesmo não citados, têm méritos para que este trabalho fosse concluído.

À minha mãe Eunice Miranda, pelo apoio indescritível que só uma mãe pode dar ao filho.

Ao meu falecido pai Carlos Miranda, por todo esforço incondicional para que atingisse meus objetivos, sempre.

À minha companheira Ana Brasil Machado, por seu companheirismo e afeto.

À minha filha Flora Soter, inspiração infinita e razão da minha vida.

Ao meu irmão Leandro Miranda, professor do Instituto de Química da UFRJ, pelo incentivo e pela experiência e apoio técnico, sempre quando solicitado, e ao meu irmão Gustavo Miranda pelo incentivo, mesmo à distância.

Ao meu orientador Dr. Evaristo de Castro Jr. a quem devo toda minha trajetória acadêmica, e à quem repasso todos os méritos que eu possa vir à colher como fruto de meu trabalho acadêmico. Se me apresento como candidato à Mestre, é em virtude dos 8 anos de orientação e convívio com esta pessoa magnífica.

Ao professor Dr. André de Souza Avelar, quem se demonstrou companheiro em todas as dificuldades encontradas.

Ao Dr. Rogério Oliveira por sua contribuição na formulação do trabalho.

Aos colegas Fenado Pessoa e Fernando Cesário pelo apoio técnico e nos campos.

A todos os estagiários do NESAG, especialmente ao Felipe Jordão, Tainá Figueiredo e Fátima Aguiar, que além de estagiários, se apresentaram como companheiros incansáveis nesta jornada.

Aos colegas Marcelo Bueno e Rafael pela ajuda no georrefenciamento e questões de geoprocessamento.

Aos Doutores Thiago Pereira e André Negreiros, que participaram de uma forma ou de outra de toda minha trajetória acadêmica.

À administração do PARNA-Tijuca, principalmente à Katyucha Silva, responsável pela área de pesquisa.

À CAPES, pelo apoio financeiro concedido.

À Inês Maria, que sempre acolheu minhas necessidades em seu comércio, mesmo em momentos de infortúnio financeiro, sendo fundamental à minha frequência ao Fundão.

A todos os alunos do Centro Acadêmico de Geografia.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo entender a acumulação diferenciada de serapilheira em encosta íngreme, condicionada por fatores topográficos: declividade e posição na encosta. Foi escolhida a Floresta da Tijuca, RJ, como área de estudos, mais precisamente a Bacia do Alto Curso do Rio Cachoeira. A encosta em foco foi a vertente sul do Morro do Archer. Foram avaliadas características da estrutura da vegetação, a produção de serapilheira, o deslocamento encosta abaixo da serapilheira, seu estoque sobre o solo, seu teor de umidade, assim como parâmetros físicos e químicos do topo do solo. As coletas foram realizadas semanalmente por 16 semanas, na Alta, Média e Baixa encosta. Cada posição na encosta continha duas parcelas, uma Plana ($<10^\circ$) e uma Íngreme ($30-40^\circ$). A Alta encosta apresentou menor produção de serapilheira do que as porções Média e Baixa. A deposição de serapilheira semanal apresentou similaridades com as características pluviométricas, demonstrando influência da ação mecânica de condições atmosféricas tempestuosas sobre a queda folhas senis. O deslocamento encosta abaixo foi significativamente maior nas áreas íngremes. Inferiu-se que a maior parte deste deslocamento é oriunda da produção, considerando-se que, nestas áreas íngremes, os detritos recém-produzidos podem encontrar dificuldade de deposição, percorrendo trajeto encosta abaixo. Através de um experimento observou-se que parte do material já depositado sobre o solo também pode deslocar-se no sentido encosta abaixo. A Alta encosta apresentou os maiores estoques. Foi constatado que esta porção apresenta microambiente menos favorável à decomposição em razão de menores teores de umidade na serapilheira, que tendeu a aumentar encosta abaixo, sendo este o fato que possivelmente explicaria os maiores estoques. As áreas íngremes também apresentaram menores teores de umidade relação às áreas planas, todavia, foram constatados menores estoques nas áreas íngremes. Isto demonstra que a acumulação diferenciada entre estas áreas reflete melhor à dinâmica de deslocamento lateral do que à dinâmica de decomposição. A estrutura de agregados não refletiu estas dinâmicas, não diferindo entre as parcelas. O teor de matéria orgânica nos agregados de 4 a 2mm foi maior na alta encosta e para as parcelas planas, provavelmente associado ao maior acúmulo de matéria orgânica. O pH apresentou maior acidez na alta encosta, provavelmente, também em função do maior acúmulo de ácidos húmicos como reflexo da cinética mais lenta de decomposição.

Palavras-Chave: Serapilheira; Serrapilheira; Topografia; Declividade.

ABSTRACT

The objective of the present work was the understanding of the litter differential accumulation on steep hillslope, which is conditioned by topographic factors such as slope and hillslope position. The Upper Cachoeira River Catchment in the Tijuca Urban Forest was chosen as the study area. The hillslope under study was the southern slope of the Archer Hill. Characteristics of the vegetation structure, moisture content, soil physicochemical properties and litter production, downslope movement and over soil content were evaluated. Sampling was done on weekly basis on Upper, median e lower slopes. Each position on hillslope contained a steep (30-40°) and a flat plot (<10°). The Upper slope presented lower litter production when compared to the median and lower slopes. The weekly litter production presented similarities with the rainfall characteristics, suggesting that the rainfall related atmospheric conditions increase debris production, acting mechanically in the fall of senile leaves. The litter downslope movement was significantly larger in the steep areas. It was inferred that such movement is due to production, considering that in these steep areas, the newly produced debris cannot deposit due to the downslope movement. It was preliminary observed that the already deposited material over the soil is also bound to downslope movement. The high hillslope presented larger stocks. It was observed that this portion presents the least favorable microenvironment to decomposition due to less litter moisture content which tends to increase downslope, which could explain the bigger stocks. The steep areas also presented smaller moisture content compared to the flat areas, however smaller stocks were observed in the steep areas, demonstrating that the accumulation in these is more responsive to the lateral movement dynamics than to the decomposition dynamics. The aggregate structure did not reflect these dynamics between the plots. The organic matter content within the 4 to 2 mm aggregates was bigger in the upper hillslope and the flat plots. The pH presented higher acidity in the upper hillslope, probably due to the bigger accumulation of humic acids as reflex of the slower decomposition kinetics.

Key words: Litter; Topography; Slope.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS.....	4
2.1-OBJETIVO GERAL	4
2.2-OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3 - REFERENCIAL TEÓRICO	5
3.1 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA	5
3.2 ESTRUTURA DA SERAPILHEIRA	6
3.3 A DECOMPOSIÇÃO E SEUS FATORES DETERMINANTES	7
3.4-DESLOCAMENTO LATERAL DA SERAPILHEIRA.....	9
3.5-RETENÇÃO DE ÁGUA NA SERAPILHEIRA.....	10
3.6-MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO E AGREGAÇÃO.....	12
4-CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	13
4.1-DESCRIÇÃO FÍSICA	16
5-MATERIAIS E MÉTODOS	18
5.1-PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA	21
5.2-DESLOCAMENTO ENCOSTA ABAIXO DA SERAPILHEIRA	22
5.3-ESTOQUE DE SERAPILHEIRA.....	25
5.4-UMIDADE NA SERAPILHEIRA.....	26
5.6-ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO	27
5.7- SOLO	28
5.8-TRATAMENTO ESTATÍSTICO	28
5.9 -EXPERIMENTO FOLHAS MARCADAS.....	30
6–RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
6.1- ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO.....	31
6.2 - PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA	35
6.3-DESLOCAMENTO LATERAL DA SERAPILHEIRA.....	42
6.3.1- <i>Experimento folhas marcadas</i>	52
6.4- ESTOQUE DE SERAPILHEIRA	54
6.4.1- <i>Umidade na serapilheira</i>	61

6.4.2 – <i>Estoque de raízes finas</i>	64
6.5-ESTRUTURA DO SOLO	65
6.6-MATÉRIA ORGÂNICA DOS AGREGADOS.....	67
6.7-CARBONO TOTAL NO SOLO	69
6.8 - PH DO SOLO.....	69
7- CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES	72
8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXO 1.....	80
ANEXO 2.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localização e setores do PARNA-Tijuca, Município do Rio de Janeiro, RJ....	15
Figura 2: Declividades na bacia do alto curso do Rio Cachoeira e a sub-bacia do Rio Cascatinha. Detalhe da encosta com a localização das parcelas na vertente sul do morro do Archer.....	15
Figura 3 Modelo de elevação da vertente Sul do Morro do Archer, PARNA-Tijuca, RJ, com a localização das parcelas.	19
Figura 4: Georreferenciamento com DGPS em parcela íngreme (MI).....	20
Figura 5: Medidas da declividade das parcelas, exemplo em AI.	20
Figura 6: Coletor de produção de serapilheira (a) e trabalho de amarração dos coletores (b).....	22
Figura 7: Proposta de coletor para mensuração de movimento encosta-abaxo da serapilheira retirado de Elosegí e Pozo (op. Cit.).....	23
Figura 8: Esquema da localização dos coletores na parcela.....	24
Figura 9: Trabalho de retirada da serapilheira do coletor de deslocamento lateral (a), detalhe da grade do fundo da armadinha (b).	24
Figura 10: Material de coleta e trígem de serapilheira.....	26
Figura 11: Etapas da preparação do experimento: a) Separação de folhas; b) Materiais para pintura; c) Folhas preparadas; d) folha depositada a 1 metro da parcela; e) folha depositada marcada com indicação da distância da parcela.	30
Figura 12: Distribuição do número de indivíduos de cada parcela em função das classes de DAP (cm).	33
Figura 13: Distribuição do número de indivíduos de cada classe de DAP (cm) em cada parcela de estudo.....	34

Figura 14: Contribuição percentual do número de indivíduos de cada classe de DAP (cm) para cada parcela de estudo.....	34
Figura 15: Médias e desvios padrão da produção de serapilheira nas diferentes parcelas de estudo. Populações de dados significativamente variantes ($p < 0,05$).....	37
Figura 16: Médias de produção total em função da declividade (esquerda) e da posição na encosta (direita). Significância da variação do efeito da declividade (tratamento) e da posição na encosta (bloco) em ANOVA em Blocos (significativa a $p < 0,05$).	37
Figura 17: Produção dos diferentes tecidos que compõem a serapilheira produzida. Populações de dados significativamente variantes para cada tipo de tecido ($p < 0,05$). ..	38
Figura 18: Médias de produção de folhas (a), galhos (b) e sementes (c) em função da declividade (esquerda) e da posição na encosta (direita). Significância da variação do efeito da declividade e da posição na encosta para ANOVA em Blocos ($p < 0,05$).	39
Figura 19: contribuição percentual dos diferentes tecidos que compõe a serapilheira produzida.	40
Figura 20: Produção nas diferentes posições da encosta (Alta, Média e Baixa) e pluviosidade (o tom mais escuro representa a presença de evento de intensidade $> 20\text{mm}/1\text{h}$ e/ou $> 40\text{mm}/24\text{h}$) em cada semana. Média da produção semanal (MA, MM, MB) e desvio padrão da variaç variação temporal (DPA, DPM, DPB).....	43
Figura 21: Médias e desvio padrão do deslocamento lateral da serapilheira em cada parcela e teste Tukey para análise das populações variantes.	45
Figura 22: Médias do deslocamento lateral de serapilheira em função da declividade (esquerda) e da posição na encosta (direita). Significância ($p < 0,05$) da variação do efeito da declividade e da posição na encosta.	45
Figura 23: Contribuição dos diferentes tecidos na serapilheira deslocada lateralmente.	46
Figura 24: Médias de atravessamento de folhas (a), galhos (b) e sementes (c) em função da declividade (esquerda) e da posição na encosta (direita). Significância da	

variação do efeito da declividade e da posição na encosta para ANOVA em Blocos (p < 0,05).....	47
Figura 25: folhas em diferentes estágios de decomposição retiradas dos coletores de deslocamento na 9ª semana de coletas.	49
Figura 26: médias de deslocamento lateral semanal: a) por parcela; b) parcelas íngremes e parcelas planas, mais precipitação.	50
Figura 27: Precipitação, deslocamento lateral médio entre as parcelas íngremes (g.m-1) e produção média entre as parcelas planas íngremes (t.ha-1).	51
Figura 28: fragmentos de folhas marcadas encontradas espalhadas pelas parcelas ou à jusante destas.	53
Figura 29: Média geral, médias e desvio padrão do estoque de serapilheira sobre o piso florestal para cada parcela, e teste ANOVA-Tukey.	55
Figura 30: Médias e desvio padrão do estoque de serapilheira sobre o piso florestal, com significância da variância em função da declividade (esquerda) e da posição na encosta (direita).	56
Figura 31: Panorâmica da cobertura descontínua da serapilheira na parcela MI.	57
Figura 32: Componentes estruturais do estoque de serapilheira para cada parcela.	58
Figura 33: Médias e desvio padrão da fração foliar do estoque. Camadas L (a) e F (b), com significância da variância em função da declividade (esquerda) e da posição na encosta (direita).	58
Figura 34: Médias e desvio padrão do estoque de galhos (a), material reprodutivo (b) e do MFO (c) sobre o piso florestal, com significância da variância em função da declividade (esquerda) e da posição na encosta (direita).	60
Figura 35: Contribuição média em massa (esquerda) e percentual (direita) das frações estruturais que compõem o estoque de serapilheira para parcelas planas e íngremes	61
Figura 36: Contribuição média em massa (esquerda) e percentual (direita) das frações estruturais que compõem o estoque de serapilheira em relação à posição na encosta.	61

Figura 37: Contribuição em massa das diferentes camadas estruturais que compõem o estoque de serapilheira, acompanhada das médias de produção, para cada parcela.	62
Figura 38: Umidade gravimétrica por parcelas (a) e pela declividade e posição na encosta (b). Os valores expostos acima das barras representam o quanto o valor é menor em relação a condição de declividade na mesma porção da encosta (a), a média da condição de declividade e posições na encosta (b).....	64
Figura 39: Médias e desvios padrão da presença de malha de raízes finas sob a serapilheira, por parcela.	65
Figura 40: Médias e desvios padrão da densidade de raízes finas sob a serapilheira, por condição de declividade (esquerda) e pela posição na encosta (direita).....	65
Figura 41: Contribuição percentual das diferentes classes de agregados.	66
Figura 42: Contribuição percentual da matéria orgânica nos agregados de 4-2mm por parcela.	68
Figura 43: Contribuição percentual da matéria orgânica nos agregados de 4-2mm para a condição de declividade e posição na encosta.	68
Figura 44: Carbono total por parcela.	70
Figura 45: PH do solo por parcela.	71

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição vertical das propriedades físicas e hidráulicas em uma trincheira na Bacia do Archer, adaptado de Castro Jr. (1991).....	16
Tabela 2: Máxima, Média e desvio padrão da declividade das parcelas, em graus.	21
Tabela 3: quantidades de amostras (n) que compõe as médias e os desvios padrão em função dos dados e da análise espacial.	29
Tabela 4: DAP médio, densidade de indivíduos, área basal e DAP máximo, para todas as parcelas, posições na encosta e condições de declividade.	32
Tabela 5: Cobertura do dossel.	35
Tabela 6: Comparação dos percentuais de contribuição de tecidos na produção e no deslocamento lateral da serapilheira.	48
Tabela 7: Umidade gravimétrica média contida na serapilheira e desvio padrão para cada parcela, posições na encosta e declividade.	63
Tabela 8: Contribuição percentual do peso das classes de agregados para todas as parcelas.	66
Tabela 9: Carbono total (g.kg-1), material fino orgânico (MFO) e estoque total de serapilheira (t.ha-1), correlação linear de Pearson (r) em relação ao carbono total.	70

1 – INTRODUÇÃO

A substituição da cobertura original por outras formas de uso e ocupação do solo tem demonstrado consequências, provocando constantes prejuízos financeiros e à qualidade de vida da sociedade. Tomando como exemplo as florestas tropicais, estas, além da capacidade de fixar carbono na biomassa influenciando a temperatura na atmosfera, também exercem proteção contra processos erosivos e são, muitas vezes, fundamentais para a manutenção dos recursos hídricos. Ao conjunto de funções exercidas por ambientes naturais, assistentes ao equilíbrio ambiental, dá-se o nome de serviços ambientais.

Neste contexto, a ciência volta parte de sua atenção para temas que auxiliem a manutenção destes serviços e que possam contribuir para a recuperação de áreas degradadas. A partir da década de 70 ocorre o resgate da ecologia amparada pela emergência da abordagem sistêmica, que traz a ideia de conectividade entre elementos e processos. Suertegaray e Nunes (2001) ressaltam que esta época é marcada também pela emergência de análises de processos atuantes em escalas espaciais e temporais reduzidas, como forma de a ciência corresponder à ascensão das questões ambientais e sua influência na dinâmica social.

A manutenção de áreas naturais, assim como a recuperação de áreas degradadas, depende do conhecimento acumulado sobre os processos, e da unidade e conectividade dos elementos que a compõe na paisagem (CHRISTOFOLETTI, 1999). No âmbito das florestas tropicais, a nutrição dos componentes da vegetação depende diretamente da dinâmica de reaproveitamento dos nutrientes liberados sobre o solo, em um compartimento conhecido como serrapilheira, serapilheira, liteira ou litter (GOLLEY, 1978; SWIFT *et al.* 1979). Adota-se aqui o termo serapilheira, simplesmente por este parecer ser o termo mais utilizado na literatura nacional recente.

Define-se como serapilheira, o conjunto de detritos orgânicos depositados sobre o solo, sendo formada por restos vegetais e animais, incluindo-se seus dejetos, ocorrendo em diferentes estágios de decomposição (GOLLEY, 1978). É através da decomposição da serapilheira que os nutrientes são disponibilizados no solo para serem absorvidos pela comunidade vegetal. A importância ecológica deste compartimento tem atraído a atenção de cientistas desde o final do século XIX. Atualmente, os estoques de serapilheira têm sido gabaritados como indicadores

funcionais sobre a integridade ecológica de ecossistemas florestais (GARAY e SILVA, 1995). Na Mata Atlântica, são comuns estudos que comparam os estoques de serapilheira entre fragmentos em diferentes estágios sucessionais, ou entre condição de borda e interior de fragmentos (FIGUEIRÓ, 2005; NORONHA, 2006; CHIROL, 2009; ACCIOLY, 2011).

No âmbito da hidrologia, destacam-se os estudos de Coelho Netto (1975), sobre a dinâmica de infiltração da água sobre este compartimento. A capacidade de retenção hídrica da serapilheira motivou estudos como os de Coelho Netto (op. cit.), Vallejo (1982) e Sato (2008).

A diversidade de saprófagos, artrópodes e insetos no solo demonstram associação à serapilheira, tanto pelas quantidades como pelas qualidades nutricionais desta (CASTRO JR, 2002, CHIROL, 2009). À serapilheira também têm sido associadas a melhoria da estrutura física do topo do solo, principalmente em solos arenosos, auxiliando a formação de micro e macroagregados (PILLON *et al.*, 2002). Válio e Santos (2002) ressaltam a influência, direta e indireta, da serapilheira na germinação de plântulas. Dessa forma, acredita-se que a importância da serapilheira nos processos ecológicos e, conseqüentemente, como objeto de estudo, tem base bastante sólida na bibliografia científica.

O compartimento de serapilheira é *locus* da interação vegetação/solo, sendo o principal campo de estudos sobre a ciclagem de nutrientes. As taxas de retorno ao solo dos elementos são variáveis da taxa de decomposição da serapilheira. Olson (1963) apresenta como parâmetro para a taxa de decomposição a razão entre a serapilheira produzida em um ano, e seu estoque sobre o solo.

Ordoff e Lang (1981) talvez tenham sido uns dos primeiros autores a criticarem o caráter vertical dos estudos sobre serapilheira, percebendo que ambientes montanhosos acrescentam vetor lateral ao seu movimento, ressaltando que estes movimentos são sistematicamente ignorados na grande maioria dos estudos sobre seus estoques.

Estando a Mata Atlântica em estado de extrema fragmentação, com seus remanescentes basicamente restritos a áreas de relevo acentuado, dinâmicas singulares típicas de ambientes montanhosos podem ser interessantes à comunidade científica focada no tema. Neste contexto, o presente trabalho se ocupou em compreender de que forma os estoques de serapilheira podem ser condicionados pela topografia acidentada,

em uma encosta florestada do PARNA-Tijuca. Define-se como fatores topográficos condicionantes a posição na encosta e a condição de declividade.

O presente trabalho baseou-se em duas hipóteses centrais que nortearam as observações e mensurações:

- A topografia pode influenciar diretamente a deposição de detritos pela ação da gravidade, de forma que áreas íngremes podem ceder constantemente detritos recém produzidos, ou mesmo detritos já depositados no solo, para áreas à jusante (deslocamento encosta abaixo/redistribuição da serapilheira).
- A topografia pode condicionar os microambientes de decomposição, uma vez que condicionam os fluxos hídricos, gerando cinéticas diferenciadas de desaparecimento dos detritos (decomposição diferenciada).

A sugestão destas hipóteses não pressupõe que estes fatos não tenham sido observados ainda, pelo contrário, baseiam-se em observações anteriores. Acredita-se que o deslocamento encosta abaixo seja uma observação menos comum, assim como a análise dos estoques pela perspectiva da declividade. Propõe-se a analisar os estoques como resultados da interação entre produção, redistribuição espacial e decomposição.

Por fim, o presente trabalho foi desenvolvido no Núcleo de Ecologia dos Solos Aplicada à Geografia-NESAG, Departamento de Geografia da UFRJ, e pretendeu aprofundar o conhecimento sobre dinâmica da matéria orgânica em encostas, e dessa forma, contribuir para a recuperação da vegetação e das propriedades estruturais do solo nestas. Isto lhe insere no âmbito do INCT/REAGEO, o qual apoiou financeiramente este trabalho através do GEOHECO/UFRJ.

2 - OBJETIVOS

2.1-Objetivo geral

Entender de que maneira a posição topográfica e diferentes declividades em uma encosta afetam o processo de acúmulo de serapilheira, considerando a disposição de estoques espacialmente heterogêneos como resultante.

2.2-Objetivos específicos

- Caracterizar e comparar atributos da estrutura da vegetação entre as áreas estudadas.
- Mensurar e comparar a produção de detritos entre as áreas, avaliando sua dinâmica temporal em relação à precipitação.
- Mensurar e comparar o deslocamento encosta abaixo da serapilheira, identificando possíveis mecanismos e fatores atuantes.
- Comparar as massas estocadas de serapilheira e suas características estruturais, discutindo os possíveis fatores que condicionam sua heterogeneidade com base na produção, deslocamento lateral e ambiente de decomposição.
- Avaliar o ambiente de decomposição através da variação dos teores de umidade contidos na serapilheira.
- Analisar características físicas e químicas do solo, como possível reflexo da dinâmica da serapilheira.

3 - REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Produção de serapilheira

A quantidade de serapilheira depositada em um ambiente é reflexo, primeiramente, das taxas de produção primária deste. As taxas de produção primária dependem dos fatores climáticos, principalmente das condições de temperatura e pluviosidade. Dessa forma, as taxas de produção de serapilheira também se relacionam a estes fatores, que são os grandes responsáveis por sua variação espacial em escala global (WOODWELL e WHITTAKER, 1968; SWIFT *et al.*, 1979).

Se as condições de pluviosidade correlacionam-se diretamente com a produção de detritos vegetais ao longo do espaço, um determinado ambiente, como recorte espacial, vê a produção de serapilheira variar temporalmente em uma relação inversa aos regimes pluviométricos, ao longo dos ciclos sazonais (OLIVEIRA, 1987; OLIVEIRA e LACERDA, 1988; SANCHES *et. al.*, 2009). Isto ocorre, porque a perda de folhas é uma estratégia de adaptação a períodos de estiagem, uma vez que as folhas são a principal via de perda de água dos vegetais, por poros conhecidos como estômatos. Os estômatos são estruturas celulares porosas existentes na epiderme das folhas, que regulam as trocas gasosas e de água entre planta e atmosfera. Quando a água disponível para as raízes é insuficiente, os estômatos se fecham para evitar perdas por transpiração. Entretanto, maiores períodos de estiagem podem necessitar na dispensa de parte, ou da totalidade, das folhas para a manutenção de um recurso mais valioso, a água (TURNER, 2004).

A serapilheira florestal é constituída de todos os tipos de tecidos orgânicos, porém há uma grande predominância de tecidos vegetais, principalmente de folhas. Em florestas tropicais, as folhas representam cerca de 70% da massa de serapilheira produzida (GOLLEY, 1978). Grandes quantidades de nutrientes contidos em tecidos lenhosos e nas raízes se movimentam de forma relativamente lenta pelo sistema, enquanto uma menor parte associada às folhas é reciclada rapidamente entre o solo e as plantas, o que caracteriza a fração foliar como a mais importante do ponto de vista da ciclagem de nutrientes (GOLLEY, *op. cit.*).

3.2 Estrutura da serapilheira

Como a serapilheira está em constante estado de decomposição e sob aporte sucessivo, nela se encontra materiais em diferentes estágios de decomposição. A proporção da acumulação de diferentes tecidos (os mais comuns são as folhas, os galhos e os tecidos reprodutivos como flores, frutos e sementes), em diferentes estágios de decomposição, caracteriza a estrutura da serapilheira.

Nas abordagens científicas mais comuns, os detritos de folhas são geralmente classificados em função de seu estágio de decomposição, sendo mais usual a distinção em duas camadas. Será adotada neste projeto a classificação sugerida por Garay *et. al.* (1995): Camada L (lavagem): Camada mais superficial da serapilheira, formada por folhas recém-caídas, com pouco ou nenhum sinal de decomposição, onde se inicia o processo de lixiviação; Camada F (fragmentado): Logo abaixo da camada L, formada por fragmentos de folhas, com considerável perda dos nutrientes mais solúveis e sinais de ataque fúngico. Parte desta camada F pode encontrar-se já misturada ao horizonte mineral.

Além destas duas camadas, estudos mais recentes sobre a serapilheira têm costumado separar o material menor do que 2 milímetros em uma outra classe: Material Orgânico Fino (MFO). Neste estágio de fragmentação, torna-se muito difícil a identificação do tipo de tecido. Esta é a fração que mais se mistura ao horizonte mineral (GARAY *et. al.*, *op. cit.*).

Como a velocidade de decomposição dos galhos é muito mais lenta do que a das folhas, as análises de estoque de serapilheira não tem por costume detalhar a presença desta fração por estágios de decomposição. Na verdade, a maioria dos estudos nem consideram em suas mensurações os galhos maiores que 2cm de diâmetro, pois estes têm importância bem reduzida do ponto de vista da ciclagem, abordagem mais comum aos estudos da serapilheira (GOLLEY, 1978).

Nas florestas tropicais, em função das condições favoráveis à decomposição, as raízes finas podem sobrepor-se ao solo, formando uma malha entre o horizonte mineral e a serapilheira. Trata-se de uma estratégia para a rápida reabsorção dos nutrientes disponibilizados pela decomposição, caracterizada pela associação simbiótica entre as raízes finas e fungos micorrízicos (TURNER, 2004). Esta malha, acima do solo, costuma apresentar espessura variável mesmo em escalas espaciais reduzidas, podendo ocorrer ou não (TONHASCA, 2005).

Muitas vezes o estoque de serapilheira é analisado como o balanço entre o que é produzido e o que é decomposto, em uma análise que considera apenas o movimento vertical da queda de detritos. Poucos autores têm se ocupado de estudar os movimentos horizontais de serapilheira, em decorrência da ação de ventos, dinâmica de geleiras ou em declividades acentuadas (ORDOFF e LANG, 1981). Podemos considerar que o estoque de serapilheira reflete o balanço entre o que é depositado (em detrimento à ideia de o que produzido) sobre o solo e o ambiente de decomposição (OLSON, 1963; SWIFT *et. al.*, 1979). Variações climáticas sazonais, muitas vezes são capazes de afetar o subsistema de decomposição variando suas taxas com reflexos perceptíveis nos estoques (PORTELA e SANTOS, 2007).

3.3 A decomposição e seus fatores determinantes

Como já foi mencionado, a quantidade e a estrutura do estoque de serapilheira variam em função das taxas de decomposição do material. A decomposição da serapilheira se dá através de processos físicos, químicos e biológicos sobre a serapilheira, sendo eles: lixiviação, fragmentação e catabolismo. Os dois primeiros consistem, respectivamente, na perda dos materiais mais solúveis pela ação dos fluxos d'água e na ruptura dos detritos em função, tanto de fatores físicos da natureza atmosférica, quanto pela ação biológica (SWIFT *et al*, 1979; KINDEL, 2001; CASTRO JUNIOR, 2002; PEREIRA, 2005). Canellas e Santos (2005) ressaltam que estas etapas iniciais são caracterizadas por rápidas perdas de carboidratos.

O terceiro pode ser considerado a etapa mais importante da decomposição e se dá pela da ação de microorganismos decompositores, principalmente fungos e bactérias, através da oxidação dos detritos iniciando os processos de mineralização e humificação (SWIFT *et al.*, 1979; ADL, 2003). Embora seja comum se tratar a fragmentação e a lixiviação como processos iniciais, todos os processos ocorrem de forma concomitante.

A mineralização é o processo de quebra das moléculas orgânicas com a formação de compostos inorgânicos mais simples. Esta é considerada a etapa final da decomposição, ou muitas vezes, a decomposição propriamente dita, onde os nutrientes são liberados para serem reabsorvidos pelos organismos vegetais da biosfera (SWIFT *et al.*, 1979; TAN, 2003).

Já a humificação é um processo de reagrupamento de elementos mineralizados com outros mineralizados ou não, onde se constituem novas moléculas de natureza coloidal que serão agregadas ao solo. Acumulam-se neste material os biopolímeros de alta resistência à mineralização. Este processo libera ao solo ácidos húmicos que favorecem a formação e estabilidade de agregados nas camadas mais superficiais do solo (CANELLAS e SANTOS, 2009, MORENO, 2009).

Segundo Lavelle e colaboradores (2008), a mineralização e a humificação representam dois subprocessos contrastantes, porém ambos são fundamentais a manutenção dos ecossistemas florestais. A mineralização libera nutrientes para as plantas, sendo o processo básico do ponto de vista da ciclagem. A humificação, por sua vez, favorece a formação dos agregados e, conseqüentemente, permite os fluxos líquidos, de solutos e de gases dentro do solo. O húmus possui carga eletrostática líquida negativa, e por isso auxilia na retenção de cátions trocáveis, especialmente em níveis pH ácido, sendo parceiro do processo de mineralização na ciclagem ajudando contra a ação da lixiviação.

Segundo Swift e colaboradores (1979), os processos da decomposição são afetado diretamente por fatores biótico e abióticos. Suas taxas, segundo este autor, são diretamente influenciadas, principalmente, por 5 fatores: temperatura; umidade disponível no solo e na serapilheira; qualidade química do material; granulometria e fertilidade do solo; e comunidade decompositora disponível. Estes fatores influenciam diretamente o equilíbrio dinâmico entre os processos de mineralização e humificação.

Os teores de umidade afetam diretamente a comunidade decompositora uma vez que, tanto as bactérias quanto os fungos são capazes de ajustar as respectivas pressões osmóticas internas, mantendo a umidade em torno de 80%, sendo essa característica de grande importância para os seus crescimentos, principalmente para os fungos (SWIFT *et al.*, 1979). Quando o potencial matricial do solo é maior que a capacidade de sucção dos microorganismos seu crescimento é limitado. Experimentos de laboratório mostraram que o potencial ótimo para o crescimento de fungos está entre -50 e -100bar, e o maior crescimento de bactérias corresponde a -75bar (SWIFT *et al.*, *op cit*).

Em florestas de encosta, a topografia pode influenciar os fluxos hídricos gerando um gradiente de umidade. Essa característica confere a topografia uma influência considerável sobre as taxas de decomposição e de retorno de nutrientes ao solo, assim como podem afetar a sua estruturação. Este fato tem sido foco de pesquisas

científicas pela importância que esse processo representa aos ecossistemas. A seguir, alguns trabalhos que consideram a topografia como um fator condicionante à decomposição.

Borém e Ramos (2002) encontraram diferenças consideráveis entre as taxas de produção e decomposição da serapilheira relacionadas às quantidades de umidade, tanto referentes à topografia, quanto às condições sazonais. Contudo as diferenças entre as estações secas e chuvosas tendem a diminuir com o avanço sucessional da floresta, enquanto diferenças relacionadas à declividade são menos afetadas.

Clevelário Júnior (1988) avaliou se haviam diferenças nas taxas de decomposição da serapilheira entre o topo, a encosta e o fundo de vale em um perfil topográfico no PARNA-Tijuca, encontrando taxas mais altas no fundo de vale, intermediárias na encosta e mais baixas no topo, relacionando este fato às maiores concentrações de umidade no fundo de vale, condicionadas pela topografia.

Silva e colaboradores (2007), em estudo sobre as relações entre carbono do solo e topografia, encontraram uma forte correlação entre os teores de carbono e também entre as concentrações de radicais livres do tipo semiquinona quando relacionados com as situações topográficas.

Em linhas gerais, variações na velocidade de decomposição se refletem em diferenças estruturais nos estoques, onde taxas menores favorecem o acúmulo de materiais em diferentes estágios de decomposição, com a maior presença de materiais fragmentados (BABEL, 1975, citado por KINDEL, 2001).

3.4-Deslocamento lateral da serapilheira

Áreas de maior declividade podem apresentar dificuldade de retenção de detritos, cedendo-os às áreas à jusante. Tal fato foi observado por Ordoff e Lang (1981) em condição de declividade acentuada, onde parte da serapilheira que é produzida não se depositava próxima à sua fonte de origem, seguindo encosta abaixo até onde a declividade permitia sua deposição. Somando-se este fato ao efeito do derretimento de pequenas quantidades de neve acumulada, estes autores encontraram redistribuição massiva da serapilheira, que se acumulou de forma muito mais expressiva em áreas onde a declividade era mais amena. Para eles, a declividade por si só impunha menores

estoques em áreas íngremes, mas com a ajuda de um agente de transporte, essa redistribuição despontava como principal fator a explicar sua distribuição.

Brown e Hill (2003) encontraram padrão de distribuição de serapilheira associado aos fluxos de escoamento superficial em região semi-árida do Sul da Austrália. Abe e colaboradores (2009), simularam o movimento encosta abaixo de folhas com o uso de folhas artificiais, indicando a associação dos ventos que ocorrem até 1m de altura, com a declividade, como fatores condicionantes à formação dos estoques de superfície. Em relação à ação dos ventos, Ordoff e Lang (1981) observaram movimento encosta acima de folhas, porém as distâncias dificilmente ultrapassavam poucos metros (2 ou 3m).

Alguns trabalhos sobre transporte de serapilheira por riachos têm destacado este fenômeno, considerando a quantidade de serapilheira que entra no canal pelas margens, denominando o processo como “input” lateral (MAGANA, 2001; SELVA et al., 2007; HART et al., 2012).

Ordoff e Lang (1981) ressaltam que produção e decomposição não são os únicos fatores que explicam a disposição dos estoques, alertando que a bibliografia de forma geral insiste em ignorar os movimentos laterais da serapilheira neste processo.

É fato que ambientes montanhosos possuem peculiaridades fundamentais em relação à dinâmica de fluxos que podem distingui-las de áreas planas. Entender que a dinâmica da serapilheira pode responder ao gradiente e às condições de declividade é entender que se deve ter cuidado ao aplicar cálculos ou fazer extrapolações historicamente desenvolvidas para florestas planas, que não levem em consideração estas dinâmicas diferenciadas.

3.5-Retenção de água na serapilheira

A cobertura de serapilheira fornece ao solo proteção ao impacto direto das gotas de chuva. Vallejo (1982) evidenciou maior ruptura de agregados grandes com a retirada da cobertura de serapilheira, evidenciando também, a diminuição da infiltração e o aumento do escoamento superficial. Esta ação como camada protetora também têm sido bem vista na agricultura pelo seu poder de manter a umidade por mais tempo no solo em áreas de intensa insolação. Estas características têm levado agricultores do sertão brasileiro a optar pelo método de plantio direto para o cultivo de soja, mesmo em

solos adubados quimicamente. Vallejo (*op.cit.*) também evidenciou diminuição nos valores de umidade no solo florestal, em função da retirada da camada de serapilheira.

A camada de serapilheira também é capaz de reter consideráveis quantidades de água da chuva que atravessa a copa das árvores. Esta capacidade é comumente citada em bibliografia como a principal função hidrológica da serapilheira (VALLEJO, 1982; COELHO NETTO, 1987; COELHO NETTO, 2007). Diversos autores (VALLEJO, 1982; COELHO NETTO, 1987; OLIVEIRA, 1988) observaram que a serapilheira é capaz de reter entre 200 e 300 por cento do seu peso seco, na Floresta da Tijuca.

Coelho Netto (1987) e Vallejo (1982) observaram que a camada F tem maior capacidade de retenção em razão de disponibilizar maior superfície de contato. Este fato demonstra a capacidade de retenção da serapilheira varia de acordo com a estrutura do estoque. Lembramos então, que o aumento do acúmulo deste tipo de fração pode ser fruto de uma decomposição menos eficiente (BABEL, 1975 citado por KINDEL, 2001).

Em relação a um evento de chuva, a quantidade de água retida pela serapilheira é função, também, de sua umidade antecedente, como observado por Vallejo (1982).

A água retida na serapilheira é liberada gradualmente, favorecendo a infiltração. Vallejo (*op. cit.*) e Coelho Netto (1987) observaram grãos de quartzo lavados na superfície de contato da serapilheira com o solo, levantando a possibilidade da ação da serapilheira na movimentação vertical das partículas de argila, fruto da liberação gradual da água que favorece a infiltração vertical.

Coelho Netto (1987) simulou em campo o efeito da chuva, observando o deslocamento da água após a saturação da serapilheira. Esta autora observou que a água infiltra a serapilheira à medida que as partes mais superficiais saturam. A água pode fluir descontinuamente sobre e por entre a camada L e pelo interior da malha de raízes finas. Não há fluxo lateral entre as camadas L e F, provavelmente, em função da maior capacidade de retenção da água nesta segunda. Esta autora também notou que o movimento da água sobre e por entre a serapilheira, varia também em função da declividade do terreno. Desta forma, a declividade influencia diretamente na acumulação de detritos que formam o estoque de serapilheira, assim como no comportamento da água em contato com este estoque.

3.6-Matéria orgânica do solo e agregação

A formação dos agregados e sua estabilidade à água estão intimamente ligados à presença de matéria orgânica no solo, principalmente pela fração húmus. Este fato pôde ser comprovado por inúmeros trabalhos.

Zornoza *et al.* (2007), estudando as propriedades do solo em ambiente florestal na Espanha, encontraram com o uso de regressões fortes correlações entre os teores de matéria orgânica e as propriedades físico-químicas do solo, indicando o uso do teor de carbono orgânico como indicador de qualidade do solo.

No mesmo caminho, relacionando a agregação do solo com a decomposição da matéria orgânica, Puget *et al* (1998) encontraram maiores quantidades de carbono orgânico nos macroagregados mais resistentes à água, sendo a incorporação de matéria orgânica e carboidratos maior nos macroagregados do que no microagregados, destacando a melhor associação da matéria orgânica aos siltes e argilas, e a menor agregação com a diminuição de matéria orgânica e a produção de biopolímeros.

Moreno (2009) relacionou tanto o melhoramento da estrutura física do solo, quanto a estabilização dos agregados e o melhoramento na ativação das bases, ao incremento de matéria orgânica no solo em sítios de mineração no centro-leste da Espanha. O autor também destaca que diferenças significativas na estrutura da vegetação condicionaram variações nos processos de desenvolvimento dos solos, onde a diminuição da produção primária e a simplificação da cobertura vegetal favoreceram a erosão.

A maior contribuição da matéria orgânica na formação de agregados está associada à sua fração semi-decomposta (TAN, 2003). Os ácidos húmicos, ricos em cadeias aromáticas, são os principais componentes orgânicos dos agregados. A atuação decompositora contínua faz com que só as frações mais resistentes permaneçam dentro dos agregados, como partículas oclusas. Tanto os resíduos orgânicos, quanto à própria biomassa decompositora adsorvem-se às partículas minerais (PILLON, 2002)

4-CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Os estudos foram conduzidos no PARNA-Tijuca. Esta Unidade de Conservação possui 3.972 ha, localizada no Maciço da Tijuca, cidade do Rio de Janeiro, RJ. Segundo Asmus e Ferrari (*apud* COELHO NETO, 2005) a formação do ambiente montanhoso do Maciço da Tijuca tem origem em falhamentos paralelos à costa associados à abertura do oceano Atlântico, há aproximadamente 65 milhões de anos (Terciário Inferior). Esses falhamentos seriam os principais responsáveis pela origem de um conjunto de ambientes montanhosos na região sudeste do Brasil, formando as Serras do Mar e da Mantiqueira, os maciços costeiros e as ilhas costeiras. O Maciço da Tijuca está inserido no âmbito dos maciços costeiros, os quais representam um degrau intermediário desses falhamentos.

Atualmente, os maciços costeiros e as Serras do Mar e da Mantiqueira representam os principais refúgios para os fragmentos de Mata Atlântica. Segundo o caderno do Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (2007), as Regiões Serranas do Bocaina, da Mantiqueira e do Norte Fluminense formam um grande corredor ecológico conhecido como Corredor Central da Serra do Mar. Embora, segundo este caderno, o PARNA-Tijuca não se inclua no Mosaico de Unidades de conservação Norte Fluminense, esta Unidade representa um importante refúgio da vida silvestre, inserido totalmente em uma matriz altamente urbanizada. A vegetação do Maciço da Tijuca é conhecida atualmente como Floresta da Tijuca, e constitui uma das principais opções de lazer para população da cidade do Rio de Janeiro, e de seus visitantes. Um resumo histórico desta área ressalta sua importância histórica para a cidade.

Segundo Drumond (1988), os primeiros usos da floresta de altitude do litoral carioca foram extrativistas. Primeiro pelos Tupinambás, que apesar de não ocuparem fixamente as encostas, realizavam incursões para caça e coleta de plantas. Posteriormente, já pelo século XVII, portugueses e franceses iniciaram a extração de pau-brasil, e a floresta também passou a servir de fonte de lenha para a crescente cidade do Rio de Janeiro e para as atividades econômicas que ali se instalavam, principalmente, o plantio de cana-de açúcar.

Entre 1790 e 1830, mais ou menos, uma curiosa coalizão de fazendeiros locais, nobres portugueses, nobres franceses exilados, militares ingleses e diplomatas estrangeiros, fazem fortunas com o plantio de café. O café se expandiu rapidamente

chegando às encostas que rodeavam a cidade. Ao tempo que o café se expandia e tomava espaço da vegetação nativa, a cidade arcava com problemas de abastecimento de água potável, uma vez que os principais rios e riachos que abasteciam a cidade foram secando, ao ponto que, em anos menos chuvosos só eram capazes de fornecer cerca de 15% da demanda de água da cidade.

Coube a Dom João VI, rei de Portugal, mas vivendo ainda no Brasil mesmo com Napoleão já derrotado, ordenar a interrupção da devastação florestal e o plantio de árvores junto às nascentes de rios. Após alguns contratemplos relacionados a desapropriações na área e a criação da Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, o processo de reflorestamento se iniciou sob a administração do Major Manuel Gomes Archer. Foram plantadas neste momento 61.852 mudas.

Posteriormente, com o plantio de mais 30.000 mudas, e o processo de sucessão natural que se espalhou rapidamente, a vegetação nativa retornou aos domínios do Maciço da Tijuca, configurando hoje em uma floresta secundária tardia que recobre quase todo o Maciço (COELHO NETTO, 2005; DRUMOND, 1988). Segundo o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-ICMBio (www.icmbio.gov.br), que atualmente administra o Parque, o Diploma Legal de Criação deste se dá por sucessivos decretos de lei: Decreto nº 50.923 de 06 de julho de 1961, Decreto nº 60.183 de 28 de fevereiro de 1967 e Decreto nº 70.186 de 23 de fevereiro de 1972.

Hoje, o PARNA-Tijuca encontra-se dividido fisicamente em quatro setores: à Noroeste encontra-se o Setor Pretos Forros/Covanca; logo ao Sul deste encontra-se o Setor Floresta da Tijuca; ainda mais ao Sul, beirando o litoral, está o Setor Pedra Bonita/Pedra da Gávea; e à Leste o Setor Serra da Carioca (figura 1).

Os estudos deste projeto se concentram, exclusivamente, no Setor Floresta da Tijuca, mais precisamente na área conhecida como Morro do Archer, em sua vertente Sul. Esta elevação (Morro do Archer) divide as sub-bacias do Rio Tijuca e do Rio Cascatinha, ambas inseridas na bacia do alto curso do Rio Cachoeira (Figura 2). Esta encosta foi escolhida para o presente estudo por apresentar rupturas de declive com a formação de degraus estruturais interessantes à pesquisa, além de ser uma área bem representativa em relação ao restante da Floresta da Tijuca quanto às condições de orientação das encostas, fisionomia da vegetação e à presença de afloramentos e blocos de rocha (CASTRO JR. 1991).

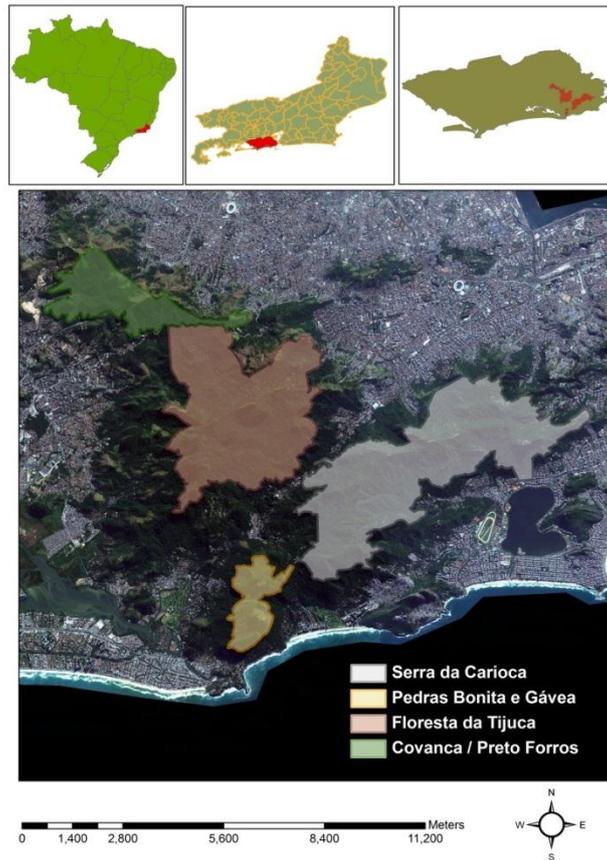


Figura 1: Localização e setores do PARNA-Tijuca, Município do Rio de Janeiro, RJ.

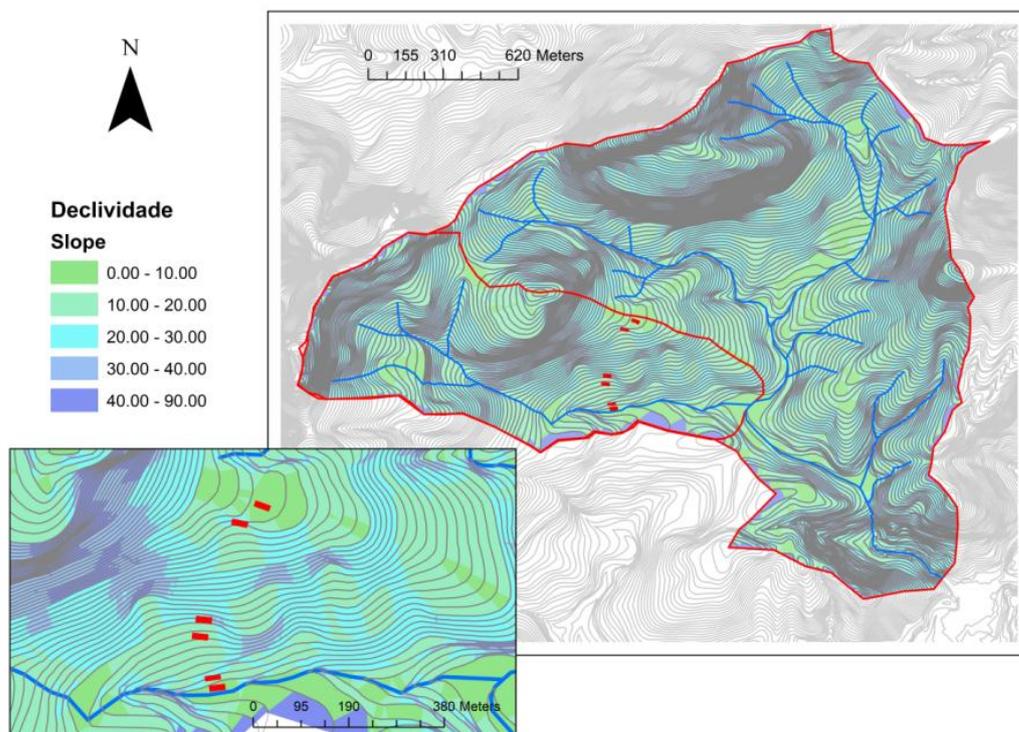


Figura 2: Declividades na bacia do alto curso do Rio Cachoeira e a sub-bacia do Rio Cascatinha. Detalhe da encosta com a localização das parcelas na vertente sul do morro do Archer.

4.1-Descrição física

O Maciço da Tijuca está inserido na zona climática Montanhosa do Rio de Janeiro, cf. pela classificação de Koppen (OLIVEIRA, 1987; OLIVEIRA *et al.*, 1995). O índice de umidade relativa do ar dificilmente se encontra abaixo dos 80%, com pluviosidade média anual de 2280mm, e temperaturas médias que variam de 22°C em fevereiro à 19°C em junho (COELHO NETO, 1987).

Geologicamente, O Maciço da Tijuca é descrito por Coelho Neto (2005) como uma formação Pré-Cambriana, com mais de 570 milhões de anos. Prevaecem gnaisses diversos com algumas intrusões de granitos em sua porção Leste.

O Morro do Archer é formado por um ortognaisse (Gnaisse Archer), onde a espessura dos regolitos é variável e parece altamente relacionada com as feições topográficas. Predominam no Maciço os latossolos, no caso do Archer, os vermelhos- amarelos, com algumas intrusões de cambissolo (CASTRO JR.,1991).

Castro Jr. (*op. cit.*), apresenta em tabela as características físicas e hidráulicas do solo em um perfil dos 120cm superficiais da Bacia do Archer (tabela 1).

Tabela 1: Distribuição vertical das propriedades físicas e hidráulicas em uma trincheira na Bacia do Archer, adaptado de Castro Jr. (1991).

Profundidade Cm	Porosidade Total	Microporosidade Relativa%	Macroporosidade Relativa%	ρ ap. g/cm ³	ksat cm/seg	% Argila (Rosas,1991)
10	56,0	80,0	40,0	0,87	8 . 10 ⁻⁴	33,6
20	45,1	70,0	30,0	1,24	4 . 10 ⁻⁴	35,2
40	43,3	82,0	18,0	1,30	3 . 10 ⁻⁴	37,2
80	51,3	60,0	40,0	1,09	5 . 10 ⁻⁴	29,6
120	44,2	82,0	18,0	1,52	3 . 10 ⁻⁴	35,2

Miranda (1992), sobre esta tabela, ressalta o decréscimo da porosidade total e condutividade hidráulica a partir de 10cm, relacionada principalmente à diminuição da macroporosidade. Este fato pode estimular os fluxos rasos horizontais em encostas (Harr, 1977).

Segundo Rizzini, sua vegetação caracteriza uma floresta Pluvial Baixo-montana (Oliveira, 1987). Para Oliveira (1995), o Maciço da Tijuca é marcado por diferenças microclimáticas substanciais relacionadas às diferentes orientações das vertentes Sul e

Norte, (“noruegas” e “soalheiras” respectivamente). Estas diferenças ocorrem, basicamente, pelo maior tempo de insolação na Vertente Norte que ocorre em todo o Hemisfério Sul. Soma-se a isso um regime pluviométrico mais intenso associado a chuvas orográficas na Vertente Sul. Segundo este autor, essa diferença afeta, entre outros, a composição florística e o subsistema de decomposição, ao ponto que a serapilheira da Vertente Sul chega a apresentar 40% a mais de umidade.

O Morro do Archer representa uma parcela da vegetação em estágio sucessional avançado caracterizando floresta secundária tardia multi-estratificada, principalmente na sua porção sul-sudoeste, onde devem se concentrar os estudos.

5-MATERIAIS E MÉTODOS

A aquisição de dados ocorreu através do estabelecimento de 6 parcelas de 10 x 5m (50m²). A distribuição destas parcelas foi escolhida em função do objetivo da pesquisa em comparar áreas com diferentes declividades, em diferentes porções do perfil de uma encosta. Como porções do perfil têm-se aqui: Divisor/Alta Encosta; Meia Encosta; e Baixa Encosta/Fundo de Vale. Na porção Divisor/Alta Encosta, o divisor configura a área considerada plana (declividade média < 10°), e a Alta Encosta a área onde a declividade aumenta atingindo mais de 30°, tendo-se assim duas parcelas (plana e íngreme, respectivamente) para a comparação do efeito da declividade. O mesmo se repete na Baixa Encosta/ Fundo de Vale, representando a área íngreme e a plana, respectivamente. Na Meia Encosta, procurou-se a ocorrência de um degrau estrutural com declividade < 10°, onde estabeleceu-se a parcela plana, e a íngreme na sua adjacência à montante, onde a declividade alcançou mais de 30°. Na melhor situação encontrada na vertente sul do Archer, a porção Meia Encosta não representou um ponto mediano no perfil, estando em uma porção um pouco mais baixa, mais próxima do fundo de vale do que do divisor (figura 3).

Por conveniência da escrita e das ilustrações, as parcelas serão denominadas ao longo do trabalho de: Alto Plano (AP); Alto Íngreme (AI); Médio Plano (MP); Médio Íngreme (MI); Baixo Plano (BP); e Baixo Íngreme (BI). As posições na encosta serão tratadas como: Alta, Média e Baixa encostas, e a condição de declividade como: Plana e Íngreme. As parcelas foram georreferenciadas com o uso de GPS Diferencial (DGPS) para que fosse possível conhecer sua posição no contexto da encosta com considerável precisão (figura 4).

Considerou-se como declividade média da parcela, a média aritmética de 9 amostragens de declividade com o uso de um clinômetro. A declividade foi homogeneizada para 1,5 metros, com o uso de uma estaca de madeira . Formou-se três linhas paralelas ao declive onde foram medidas as declividades três vezes, cada medição adjacente à outra (figura 5). Com esse método foi possível observar a variação interna da declividade nas parcelas (tabela 2). Os dados das medições da declividade em cada parcela se encontram no Anexo 1.

As comparações foram realizadas considerando-se os dados de porção (ou posição) na encosta como um conjunto formado por uma parcela plana e uma íngreme, e que a variação de declividade se repete nas três posições.

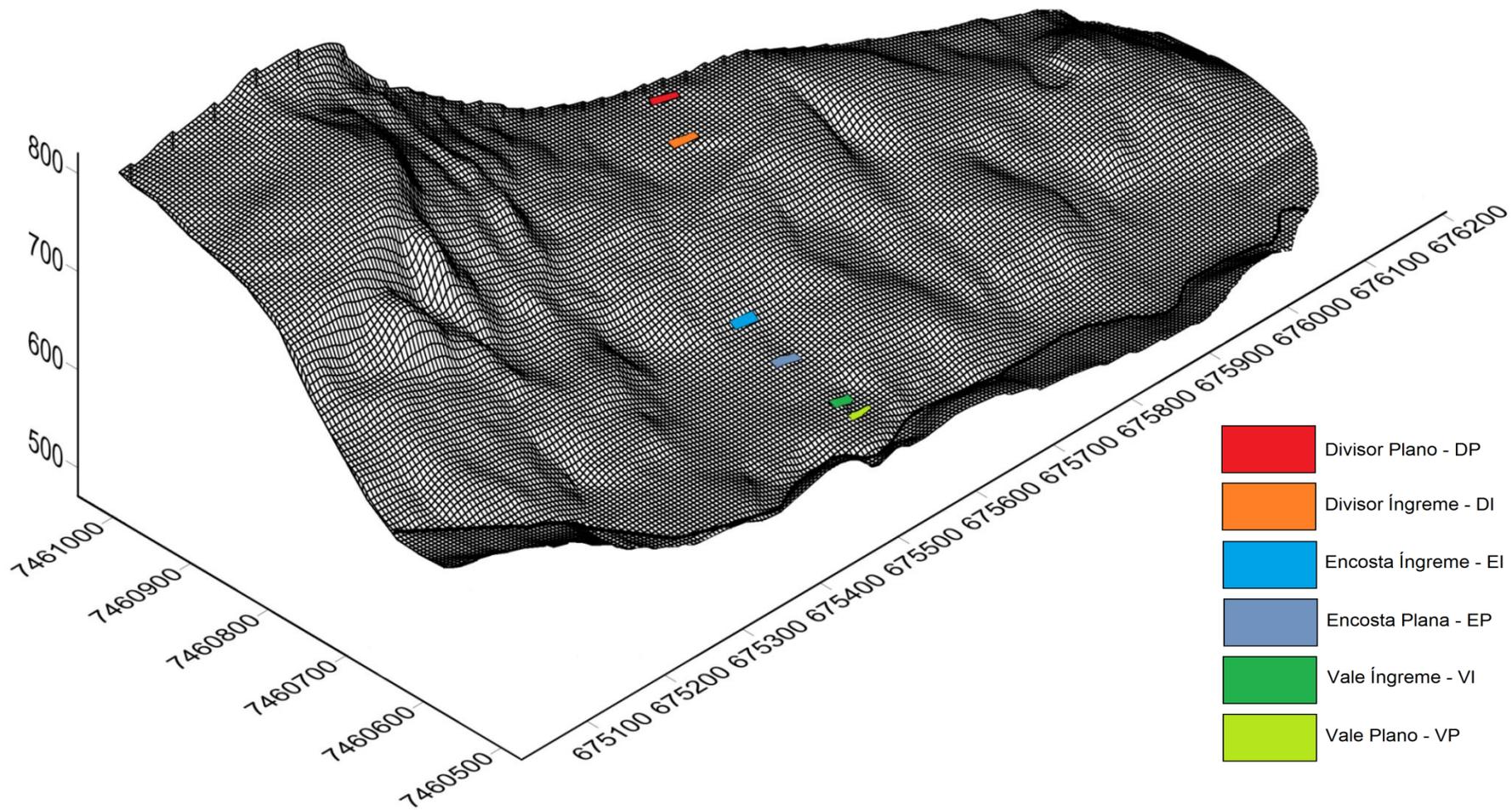


Figura 3: Modelo de elevação da vertente Sul do Morro do Archer, PARNA-Tijuca, RJ, com a localização das parcelas.



Figura 4: Georreferenciamento com DGPS em parcela íngreme (MI).

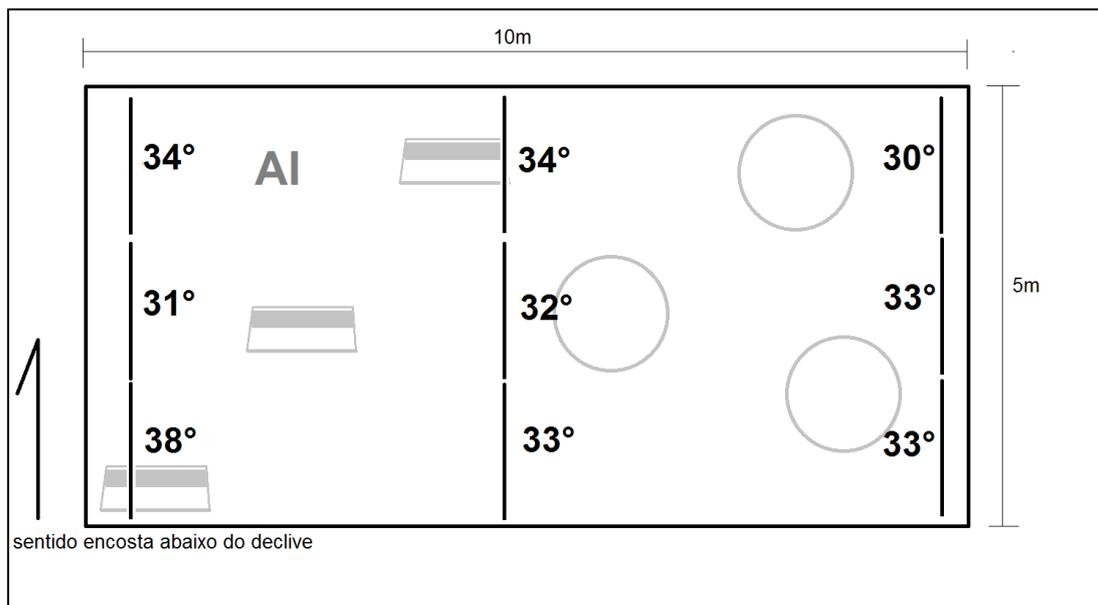


Figura 5: Medidas da declividade das parcelas, exemplo em AI.

Tabela 2: Máxima, Média e desvio padrão da declividade das parcelas, em graus.

Declividade (°)	AP	AI	MP	MI	BP	BI
Média	7.22 ± 1.79	33.11 ± 2.26	4.67 ± 2.74	33.33 ± 3.84	8.67 ± 4.74	32.89 ± 4.45
Máxima	10	38	9	38	17	38

5.1-Produção de serapilheira

Em cada parcela foram instalados 3 coletores circulares para a serapilheira que é produzida. A forma circular foi escolhida por distribuir melhor a área evitando-se cantos (OLIVEIRA, 1987). Cada coletor possui aproximadamente 0,265m² de área e foram confeccionados com o uso de tubos de plástico (bambolês) e tela de nylon (figura 6).

O material foi coletado semanalmente por 16 semanas. Justifica-se o curto período amostral tendo em mente que a produção anual na Floresta da Tijuca, assim como sua dinâmica sazonal, já foram bem tratadas na bibliografia (OLIVEIRA, 1987, 1985, entre outros), e que poucos estudos tiveram a oportunidade de acompanhar a produção semanal, observando as flutuações em função da pluviosidade em outra perspectiva temporal, como é proposto aqui.

O tratamento em laboratório consistiu na secagem do material a 60° até que atingissem peso constante, sua triagem em folhas, galhos e material reprodutivo (sementes e frutos), e pesagem em balança de precisão de três casas decimais (0,001g). Os valores obtidos na passagem foram extrapolados para t.ha⁻¹ com o uso de fórmula já simplificada em função da área do coletor (0,265m²):

$$Pt = Pg * 0,0378$$

Onde:

Pt = Peso em t.ha⁻¹.

Pg = Peso em gramas retirado de cada coletor.

Os coletores foram instalados de forma aleatória, porém com ocorrência restrita à metade da parcela, para que não interferissem nos dados dos coletores de deslocamento encosta abaixo.



Figura 6: Coletor de produção de serapilheira (a) e trabalho de amarração dos coletores (b).

5.2-Deslocamento encosta abaixo da serapilheira

Para que fosse possível avaliar se há deslocamento da serapilheira encosta abaixo, foi mensurado o seu atravessamento linear. Para esta mensuração foram confeccionados em laboratório 18 coletores retangulares como o indicado por Elosegí e Pozo (2005) (figura 7). Estes eram fechados na parte de cima pra evitar a entrada vertical de detritos, ficando aberta somente a lateral. Estes autores indicam este coletor como opção à mensuração do *input* lateral de serapilheira em canais fluviais, porém algumas adaptações foram feitas.

O tamanho foi duplicado de 0,5 metros para 1,0 metros, mantendo-se a altura de 0,3 metros. O material foi substituído de ferro e madeira como o indicado, para canos de PVC, mais baratos e fáceis de montar. Foi retirada apenas a aresta que fica em contato horizontal com o solo, para que não formasse nenhum obstáculo ao movimento da serapilheira. Ao invés disso, o ponto de atravessamento foi delineado cavando-se uma pequena cova ao longo e abaixo do coletor, funcionando como uma espécie de armadilha para a queda da serapilheira.

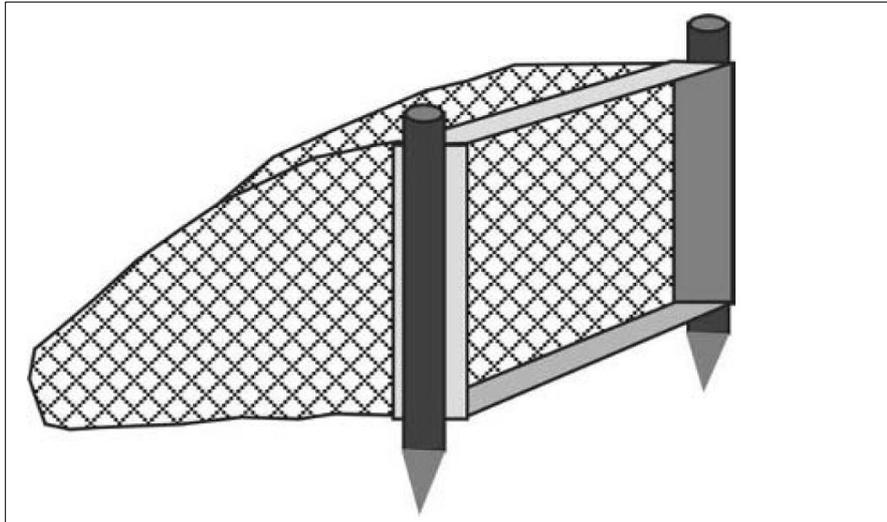


Figura 7: Proposta de coletor para mensuração de movimento encosta-abaixo da serapilheira retirado de Elozegi e Pozo (op. Cit.).

Outra adaptação diz respeito ao contato da serapilheira com o solo. Inúmeros artigos sobre a decomposição da serapilheira em florestas tropicais utilizando os *litter bags*, indicam uma rápida perda de massa nas primeiras duas semanas de contato com o solo, referentes ao início do processo de decomposição. Como as coletas foram feitas semanalmente, optou-se por não deixar a serapilheira em contato com o solo acreditando-se que este fato minimizaria este efeito. Para isso, as covas foram cobertas, em sua meia altura, com tela de arame de 1cm de abertura, ficando a pelo menos 10cm do solo. Mesmo que ocorra certa perda de massa por lixiviação, todos os coletores estarão em condições similares, permitindo assim a comparação entre as parcelas. A abertura da grade dificultou que fosse contabilizado o deslocamento de material bastante fragmentado.

Estes coletores foram instalados em posições previamente determinadas dentro das parcelas, alinhados na diagonal, de forma a não influenciarem uns aos outros (figura 8). Os coletores foram esvaziados semanalmente, simultaneamente às coletas de produção da serapilheira.

O tratamento de laboratório foi exatamente o mesmo realizado para a produção: secagem, triagem e pesagem. Por não se tratar de massa por área, mas sim de atravessamento linear, os valores da pesagem não precisaram ser extrapolados uma vez que o coletor possuía 1 metro, sendo apresentados em g.m^{-1} como sugere alguns autores sobre que estudaram o *in put* lateral de serapilheira em canais (MAGANA, 2001; ELOSEGI e POZO, 2005; SELVA, 2007).

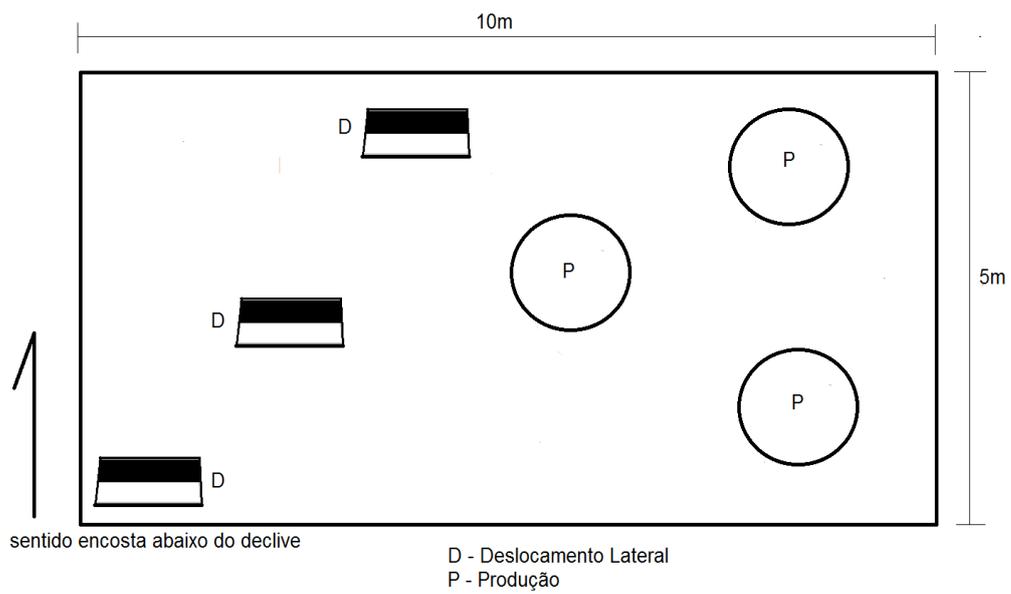


Figura 8: Esquema da localização dos coletores na parcela.



Figura 9: Trabalho de retirada da serapilheira do coletor de deslocamento lateral (a), detalhe da grade do fundo da armadilha (b).

5.3-Estoque de serapilheira

Foram coletadas 6 amostras do estoque de serapilheira para cada parcela. Para tal, foi utilizado um quadrado de madeira de 0,25 x 0,25m (0,0625m²) (figura 10). Todo o material perceptivelmente orgânico foi retirado desta área e colocado em sacos plásticos para serem transportados ao laboratório.

O material coletado foi triado em laboratório como o proposto em Garay & Silva (1995). Esta triagem consiste na separação em:

- **Camada L** - Folhas recém caídas, não fragmentadas e sem sinais aparentes ou com pouca alteração e/ou descoloração.
- **Camada F** – Folhas com diferentes graus de fragmentação
- **Galhos** – Material lenhoso com menos de 2 cm de diâmetro.
- **Raízes finas** –Malha de raízes finas entre a serapilheira e o horizonte mineral
- **Material Fino Bruto (MFB)**– todo material menor que 2mm, sendo composto tanto de material orgânico, quanto de partículas minerais.
- **Material fino Orgânico (MFO)**- obtido pela queima em mufla do MFB, consistindo na massa perdida na queima.

Cada camada foi pesada separadamente em balança de precisão após a secagem em estufa a 60°C até peso constante. O Material Fino Bruto (MFB) foi queimado em mufla, a 375° C por 16 horas, para quantificação do Material Fino Orgânico (MFO) através da queima da matéria orgânica, de acordo a diferença de peso, dada a fórmula:

$$PMFO = PMFB - PMFBq$$

Onde:

PMFO = Peso do MFO

PMFB = Peso do MFB

PMFBq= Peso da amostra queimada.

Todas as amostras foram pesadas em gramas, porém com o conhecimento da área amostrada, foram extrapolados e tratados em $t.ha^{-1}$. O estoque total de serapilheira foi considerado como a soma das frações foliares (camadas L e F), galhos, material reprodutivo e MFO. A camada de raízes finas também foi retirada quando ocorreu, e foi analisada separadamente.



Figura 10: Material de coleta e tragem de serapilheira.

5.4-Umididade na serapilheira

Foram coletadas amostras de serapilheira para que fossem mensurados seus teores de umidade pelo método gravimétrico. Esta análise foi feita de forma similar ao sugerido por Oliveira (1995), com a coleta de uma amostra em cada parcela semanalmente. A intenção desta análise é verificar a recorrência de umidade nas parcelas. Foram coletadas um total de 11 amostras por parcelas. Em razão do grande número de amostras e o impacto de suas coletas, estas foram coletadas no perímetro externo das parcelas.

O material foi coletado e colocado em sacos térmicos especiais para que não perdessem a umidade. Os teores foram calculados após secagem em estufa a 60°C até peso constante, dados pela diferença entre os pesos. Assim o percentual de umidade foi calculado em função de seu peso seco, pela fórmula:

$$Um (\%) = \frac{MU - MS}{MS} \cdot 100$$

Onde:

Um = percentual de umidade gravimétrica

MU = peso da amostra úmida

MS = peso da amostra seca.

5.6-Estrutura da vegetação

Foi realizado levantamento sobre a estrutura da vegetação nas parcelas e em seus entornos. Mediu-se o Perímetro à Altura do Peito (PAP), que foi transformado em Diâmetro à Altura do Peito (DAP), das espécies arbóreas com PAP > 10 cm em uma total de 300m² para cada parcela (30 x 10m).

A parcela para a estrutura da vegetação englobou, necessariamente, a parcela onde eram coletadas produção, deslocamento e as amostras do estoque. Com base nos dados levantados foram calculados o DAP médio (cm), a densidade de indivíduos (ind.ha⁻¹), área basal (m².ha⁻¹). Todas as medições seguiram o recomendado por Silva e Neto (1979).

Foi medida a abertura do dossel segundo o método sugerido por Accioly (2011), o qual consiste na captura fotográfica do dossel, de baixo para cima. As fotografias são trabalhadas para escala de cinza e reclassificadas em duas cores (preto e branco) no software ArcGis 9.3. A porcentagem de cobertura é calculada segundo a amostragem de pixel indicada na tabela de atributos (preto=cobertura e branco=abertura). Foram tiradas duas fotos em cada parcela, sendo realizada uma média aritmética entre estas para a cobertura de cada parcela.

5.7- Solo

À medida que a serapilheira foi retirada nos quadrados, o solo exposto foi coletado em sua camada mais superficial, friável e de coloração mais escura, facilmente reconhecível, conhecido como sub-horizonte A_{11} ou A_i (A de interface) que atinge profundidades entre 3 e 5 cm.

A análise da estrutura do solo visou esclarecer o nível de agregação das partículas que compõem o solo. Utilizou-se o método por via seca, seguindo o procedimento sugerido em EMBRAPA (1997). Este procedimento contou com um conjunto de peneiras de 4, 2, 1, 0.5, 0.25mm. A percentagem é dada pela razão do peso seco (a 105°) da classe com o peso seco da amostra, multiplicado por 100.

Parte dos agregados 4 a 2mm (3 amostras de 10g para cada parcela) foi destorroada e queimada em forno Mufla a 375°, por 16h, para a obtenção de seus percentuais de matéria orgânica.

Foram realizadas análises de PH em água e do conteúdo de Carbono total do topo do solo pela EMBRAPA – Solos, sede do Jardim Botânico, Rio de Janeiro. As análises foram realizadas por técnicos da EMBRAPA, e o detalhamento do procedimento pode ser consultado em EMBRAPA (1997). As amostras foram coletadas secas ao ar e peneiradas em malha de 4mm, sendo enviadas à EMBRAPA como Terra Fina Seca ao AR (TFSA).

5.8-Tratamento Estatístico

O tratamento estatístico dos dados consistiu no cálculo de média e desvio padrão para cada parcela, para cada situação de declividade (plana e íngreme) e cada posição na encosta. O valor de repetições para cada dado (n) em função do tipo de análise, que formam as médias apresentadas nos gráficos pode ser visto na tabela 3.

A análise de significância de variância com o uso de ANOVA, foi escolhida de acordo com o delineamento do experimento, o qual se objetivou em analisar o efeito de dois fatores sobre os dados: o da declividade e o da posição na encosta. Foi escolhida a ANOVA em Blocos Casualizados, pois esta permite a análise conjunta dos dois fatores, tendo-se a declividade como fator tratamento, e a posição na encosta como fator Bloco. Dessa forma, cada bloco possui os dois tratamentos (plano e íngreme), e os tratamentos são replicados em cada bloco (posição na encosta). Caso fossem utilizados o conjunto

de dados do fator tratamento, a variação entre os blocos incrementaria o desvio padrão deste conjunto de dados, mascarando possíveis variações entre os tratamentos. Este tipo de delineamento em blocos, permite que a variação de um fator, não só não mascare, como aumente o nível de precisão na análise do segundo fator (GOTELLI e ELLISON, 2011).

Tabela 3: quantidades de amostras (n) que compõe as médias e os desvios padrão em função dos dados e da análise espacial.

n	Parcelas	Declividade	Posição na encosta
Produção	3	9	6
Deslocamento	3	9	6
Estoque	6	18	12
Umidade	11	33	22
Agregação	3	9	6
MO dos agregados	3	9	6

Como as posições na encosta são três, necessita-se de um teste *a posteriori* para a identificação das populações variantes. O teste escolhido foi o Tukey, por ser considerado um teste mais rigoroso para variações do que o teste t-Student, por exemplo (GOTELLI e ELLISON, 2011). Parece estranho o uso de um teste mais rigoroso em um estudo que possui escala extremamente pontual, observando variações que podem ser mais sutis do que as observadas em escalas espaciais maiores. Entretanto, argumenta-se que é justamente a pontualidade da escala e a sutileza esperada nas variações que norteiam esta escolha, uma vez que será possível focar-se somente onde as diferenças se mostrarem realmente consistentes. Em suma, o teste Tukey foi escolhido para garantir a consistência no que se considerar variante. Entretanto, os testes foram realizados com base nas médias gerais dos blocos, onde a presença dos dois tratamentos pode mascarar as variações. Dessa forma, serão consideradas também possíveis tendências apontadas pelas médias puras.

Para a diferenciação das médias de cada parcela foi realizado o teste Tukey pelos mesmos motivos supra expostos. As médias e desvios padrão foram calculados no Excel 2010, enquanto as análises de variância foram realizadas no software Bioestat. 5.0.

5.9 -Experimento folhas marcadas

Com a intenção verificar se há possibilidade de transporte de material já depositado sobre o solo, foram marcadas 36 folhas, escolhidas aleatoriamente da produção das respectivas parcelas onde foram utilizadas (este experimento ocorreu só nas parcelas íngremes). As folhas (12 para cada parcela) foram pintadas e marcadas com um número referente à distância em que estas foram deixadas da parcela, em metros (figura 11).

As folhas foram depositadas sobre o solo a distancias de 1, 3, 5 e 10 metros (3 folhas cada), nas três parcelas íngremes, no dia 17/06/2012. A intenção não era procurar as folhas a cada saída semanal a campo, mas sim de identificá-las caso alguma entrasse nos coletores de deslocamento. Assim, saber-se-ia não só que estas folhas já estavam depositadas sobre o solo, mas também de qual distância vieram.



Figura 11: Etapas da preparação do experimento: a) Separação de folhas; b) Materiais para pintura; c) Folhas preparadas; d) folha depositada a 1 metro da parcela; e) folha depositada marcada com indicação da distância da parcela.

6–RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1- Estrutura da vegetação

A caracterização da estrutura da vegetação contou com dados de diâmetro à altura do peito (DAP) nas 6 áreas (parcelas), lembrando-se que foram coletados de indivíduos do estrato adulto, com perímetro à altura do peito (PAP) maior ou igual a 10cm (DAP= 3,18) e altura maior que 3 metros (a altura foi estimada apenas para a inclusão ou não dos indivíduos, não constando nos dados). Isto dificulta comparações com outros dados, pois muitos destes incluem indivíduos de menor DAP. Accioly (2011) adotou o mesmo valor de DAP o que permitirá comparações com seus dados, levantados no mesmo fragmento (Floresta da Tijuca). Um bom panorama sobre levantamentos da estrutura da vegetação na Floresta da Tijuca e adjacências encontra-se em Figueiró (2005).

Foram contabilizados 405 indivíduos, em 1800m² amostrados (300m² x 6), configurando densidade geral de 2250 ind.ha⁻¹. O DAP médio encontrado para toda a amostragem foi de 10.54 cm. Este valor está na faixa comumente encontrada em estudos na Floresta da Tijuca, entre 8 e 13 cm (Figueiró, 2005).

A área basal total foi 36,39 m².ha⁻¹. O levantamento de estudos anteriores na Floresta da Tijuca realizado por Figueiró (*op. cit.*) demonstra que os valores obtidos para a área basal costumam estar entre 30 e 60 m².ha⁻¹, com exceção do alto valor encontrado para a Mata do Pai Ricardo (97,3 m².ha⁻¹). Lembra-se que a não inclusão de indivíduos entre 8 e 10cm de PAP no presente estudo tende a subestimar os dados de área basal e densidade de indivíduos, e superestimar um pouco o DAP médio, em relação aos estudos que incluíram esses indivíduos em sua contabilidade.

O DAP máximo encontrado foi de 58,89 cm. Este valor está próximo ao geralmente encontrado na Floresta da Tijuca, porém valores maiores ocorrem com certa frequência, principalmente em florestas mais próximas de uma situação climática. Segundo Jansen (2001, citado por Accioly, 2011), a presença de indivíduos com DAP > 40cm caracteriza uma floresta madura, pois dificilmente se encontra este valor em florestas jovens.

Apreciando-se os dados da tabela 4, nota-se que o DAP médio foi maior na parcela íngreme em todas as porções da encosta, e sua média geral foi superior a das áreas planas. É possível observar também, tendência do aumento do DAP médio no sentido

encosta abaixo, porém deve ter-se cautela ao fazer quaisquer afirmações neste sentido, uma vez que a parcela de menor DAP médio foi observada na Média encosta (na parcela MP) e não na Alta encosta.

Tabela 4: DAP médio, densidade de indivíduos, área basal e DAP máximo, para todas as parcelas, posições na encosta e condições de declividade.

	DAP médio (cm)	Dens. (ind.ha ⁻¹)	AB (m ² .ha ⁻¹)	Maior DAP
AP	9.360	2966.664	41.828	53.794
AI	10.292	2033.331	34.859	57.773
MP	8.066	2499.998	25.034	47.746
MI	12.325	1699.998	33.504	49.975
BP	9.431	2166.665	61.268	58.887
BI	13.746	2099.998	21.835	32.117
Alta	9.826	2499.990	38.344	57.773
Média	10.195	2099.992	29.270	49.975
Baixa	11.589	2133.331	41.552	58.887
Plana	8.952	2544.442	42.710	58.887
Íngreme	12.121	1944.443	30.066	57.773
Geral	10.537	2250.000	36.388	58.887

Nota-se também que o oposto ocorreu para a densidade de indivíduos, que foi sempre maior nas parcelas planas em relação à íngreme na mesma porção da encosta. A porção de Meia encosta teve o valor de densidade mais baixo do que nas Alta e Baixa encostas, o que não caracterizou mudança gradual ao longo do perfil. Novamente, a variação induzida pela declividade foi mais evidente.

A área basal foi consideravelmente maior em BP, porém o menor valor foi encontrado na mesma porção da encosta, em BI. Valores menores nas áreas íngremes foram encontrados na Alta e na Baixa encosta, entretanto na Média encosta ocorreu o oposto, com valor maior em MI do que em MP. De forma geral, a área basal foi maior na Baixa encosta, seguida pela Alta, sendo menor na Média encosta. O valor foi maior para as áreas planas em relação às íngremes, porém este fato não se apresentou como comum para todas as porções da encosta, como no caso do DAP médio e da densidade de indivíduos. Oliveira (1987) encontrou área basal maior em condição menos declivosa, comparando duas parcelas, uma com declividade de 16° e outra com 32°.

Dessa forma, sugere-se que a condição de declividade acentuada apresentou tendência à diminuição do número de indivíduos, mas com o aumento do DAP médio. Este quadro pode sugerir uma condição de menor recrutamento para as áreas íngremes, porém, tal afirmação necessitaria de uma observação mais detalhada, como a inclusão de plântulas e dos indivíduos de sub-bosque no estudo.

As classes de DAP foram condensadas como o apresentado em Accioly (2011), com supressão de detalhamento, principalmente nas classes menores que 20cm, sendo apresentadas como também se observa em Oliveira (1987).

O número de indivíduos com DAP <10cm foi maior nas duas parcelas na Alta encosta (AP e AI) e em MP (figuras 12 e 13). Nas outras parcelas, ambas da Baixa encosta (BP e BI) e em MI percebe-se a menor presença desta classe e a ascensão da classe de 10 a 20cm, o que pode indicar a possível contribuição da posição na encosta na estrutura da vegetação. Nota-se também que em BI, não ocorreu nenhum indivíduo com DAP > 40cm, enquanto em ambas as parcelas da Alta encosta (AP e AI) e em MP, não ocorreram indivíduos entre 30 e 40cm de DAP. A única parcela a apresentar indivíduos de todas as classes foi BP.

Nesta mesma Bacia, Oliveira (1987) encontrou número similar de indivíduos com DAP > 50cm, observando que o valor foi baixo quando comparado à floresta primária.

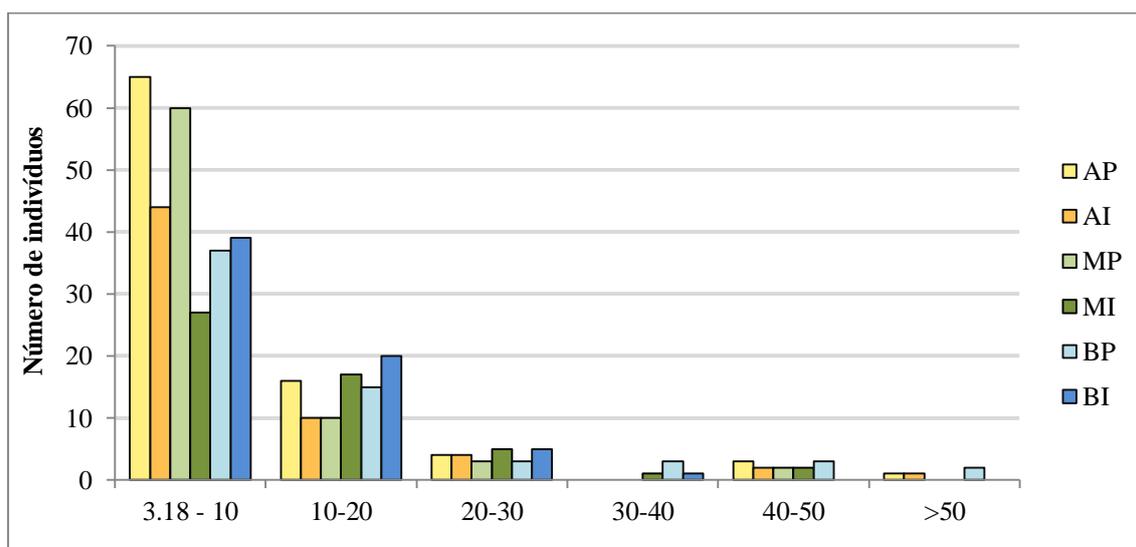


Figura 12: Distribuição do número de indivíduos de cada parcela em função das classes de DAP (cm).

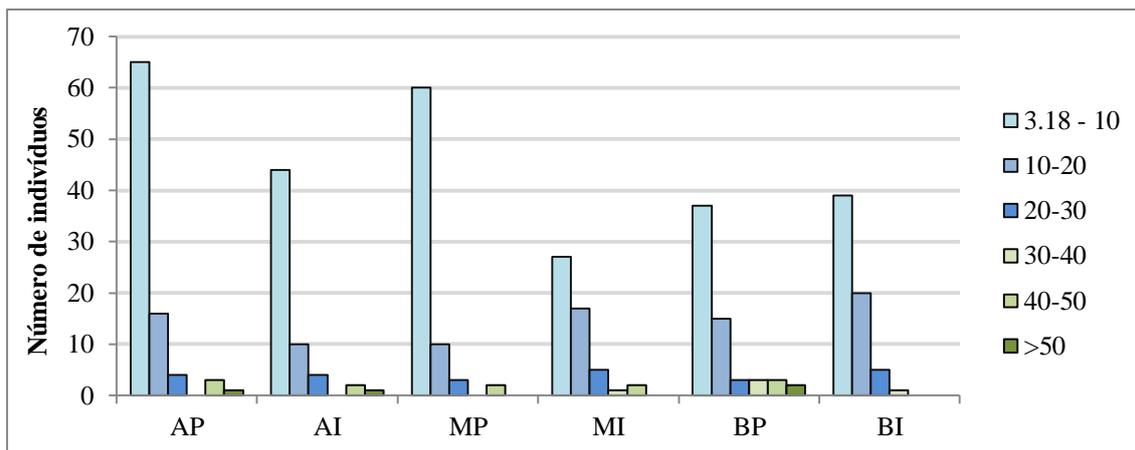


Figura 13: Distribuição do número de indivíduos de cada classe de DAP (cm) em cada parcela de estudo.

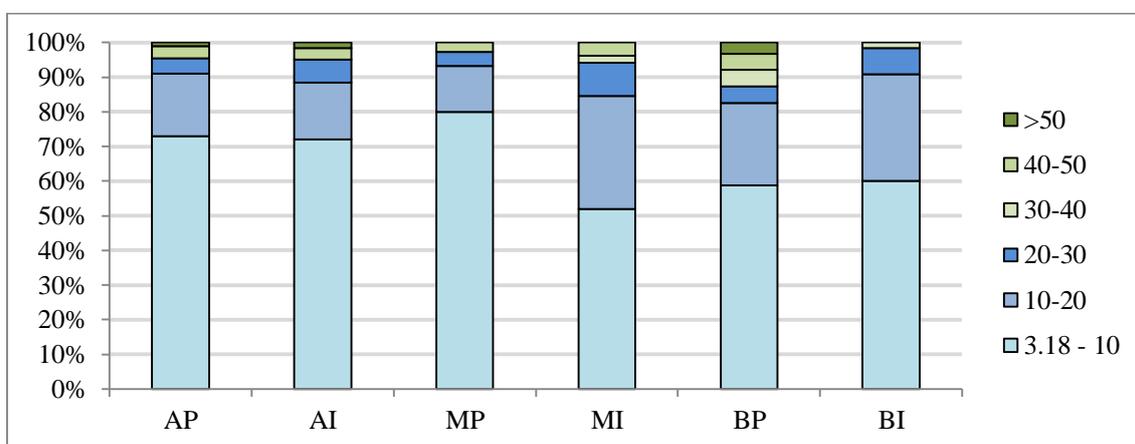


Figura 14: Contribuição percentual do número de indivíduos de cada classe de DAP (cm) para cada parcela de estudo.

Em relação à cobertura do dossel, todos os valores encontrados parecem altos. Os valores próximos foram encontrados por Accioly (92%) para mata de interior (em detrimento à borda dos fragmentos). Houve certa tendência de maior fechamento do dossel no sentido encosta abaixo, porém o destaque é para o menor valor encontrado na Alta encosta, já que os valores da Média e da Baixa são bem próximos (tabela 5). Percebe-se que MI, BP e BI possuem valores maiores. São essas as parcelas onde foi destacada a menor contribuição de indivíduos com DAP < 10cm e a ascensão da contribuição da classe 10-20cm. Este um possível fator que venha a explicar o aumento do fechamento de cobertura nestas parcelas, já que este, muitas vezes, está associado a presença de indivíduos de maior porte, que tendem a dosséis com maior área de cobertura (GUEDES-BRUNI *et al.*, 2006).

Tabela 5: Cobertura do dossel.

Cobertura do Dossel (%)	
AP	92.82
AI	93.71
MP	93.05
MI	96.96
BP	94.97
BI	96.58
Alta	93.26
Média	95.01
Baixa	95.78
Plano	93.61
Íngreme	95.75

6.2 - Produção de serapilheira

A produção acumulada no período de 16 semanas foi de 1.69 t.ha^{-1} ($\pm 0,63$). Embora comparações com outros estudos sejam difíceis frente ao período amostral, este valor parece baixo quando apreciada a dinâmica temporal de deposição em outros estudos. Considerando-se a produção dos meses de abril, maio, junho e julho, Oliveira (1987) encontrou produção média de $3,13 \text{ t.ha}^{-1}$, no mesmo fragmento, em áreas muito próximas às aqui estudadas. Proctor (1983, citado por Oliveira, *op. cit.*) recomenda que a produção de serapilheira seja mensurada por pelo menos dois anos, sendo preferível três, pois esta apresenta flutuações que podem diferir consideravelmente a produção de um ano para outro. É provável que esta discrepância encontrada entre a produção de áreas tão próximas seja reflexo destas flutuações. Cabe ressaltar que a produção de serapilheira no PARNA-Tijuca já foi bem caracterizada por alguns autores (OLIVEIRA, 1985, 1987) e posicionada frente a outros ambientes, e que o foco deste estudo recai sobre a diferença entre as áreas (parcelas), em busca da dinâmica dos detritos no sistema de encosta, principalmente no efeito da declividade.

Todavia, valores próximos foram encontrados para a Mata Atlântica por Portela e Santos em pequenos e médios fragmentos (cerca de 1.8 t.ha^{-1} , para o período de Abril à Julho). A ideia de produção anual em torno de 9.2 t.ha^{-1} para o PARNA-Tijuca obtido por Oliveira (1985), e que se tornou referência para citações na literatura

internacional como o encontrado em Coelho Netto (1987), reforça a possibilidade dos valores encontrados estarem abaixo do esperado.

Entre as parcelas, houve diferença significativa da produção com destaque para a menor produção em AP, e a maior em BP (figura 15). Apenas os valores encontrados na Alta-Encosta (AP e AI) encontraram-se abaixo da média geral, tendência confirmada com a identificação do efeito da posição na encosta, com menor produção em sua porção Alta (figura 16). Condição similar foi encontrada por Accioly (2011) no mesmo fragmento. Esta autora encontrou maior produção em fundo de vale do que no divisor, apontando que a diferença na produção entre estas duas porções da encosta tende a aumentar no período chuvoso.

Alguns autores explicaram a maior produção nos fundos de vale em função da ocorrência de ventos canalizados ou flutuações no lençol freático (XIONG e NILSSON, 1997; LAURANCE e CURRAN, 2008, citados por ACCIOLY, 2011). Entretanto, ressaltam-se os resultados aqui encontrados em relação ao menor DAP médio e a menor densidade de dossel na alta encosta, apontando para a influência da estrutura da vegetação nesta variação na produção. Sato (2007) encontrou resultado oposto, com maior produção no divisor do que na encosta, em cultura de eucalipto (híbrido de *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis*, com idade e estrutura homogênea). Para o autor, o maior estresse hídrico em razão da menor área de contribuição nos divisores foi a razão desta diferença, que foi maior nos primeiros meses de menor pluviosidade.

Embora a observação das médias puras aponte o possível aumento gradativo da produção no sentido encosta abaixo, a variação entre a produção na Média e Baixa encosta não foi significativa (figura 16). A influência da declividade na produção também não foi significativa.

Analisando o tipo de tecido produzido, observa-se que a produção de folhas variou entre as parcelas, sendo menor em AP (figura 17). Os valores mais altos foram encontrados em MI, BP e BI. Ambas as parcelas na Média-Encosta apresentaram maiores desvios padrão em relação às folhas, indicando a possibilidade de uma maior heterogeneidade espacial na produção nesta porção da encosta. A produção de folhas variou em função da posição na encosta, sendo maior na sua porção Baixa, intermediária na Média e menor na Alta-Encosta, não apresentando efeito da declividade, embora com média pouco maior para as parcelas íngremes (figura 18, a).

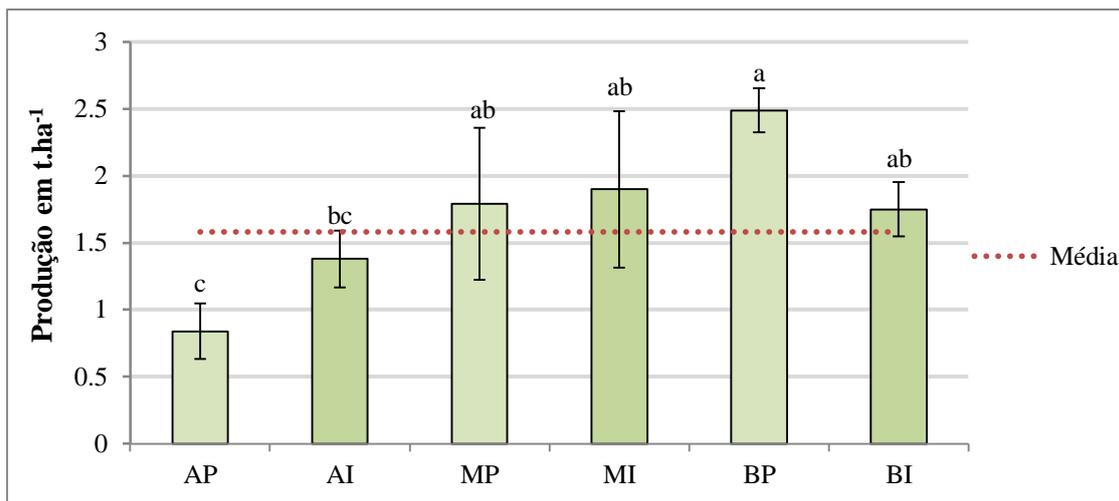


Figura 15: Médias e desvios padrão da produção de serapilheira nas diferentes parcelas de estudo. Populações de dados significativamente variantes ($p < 0,05$).

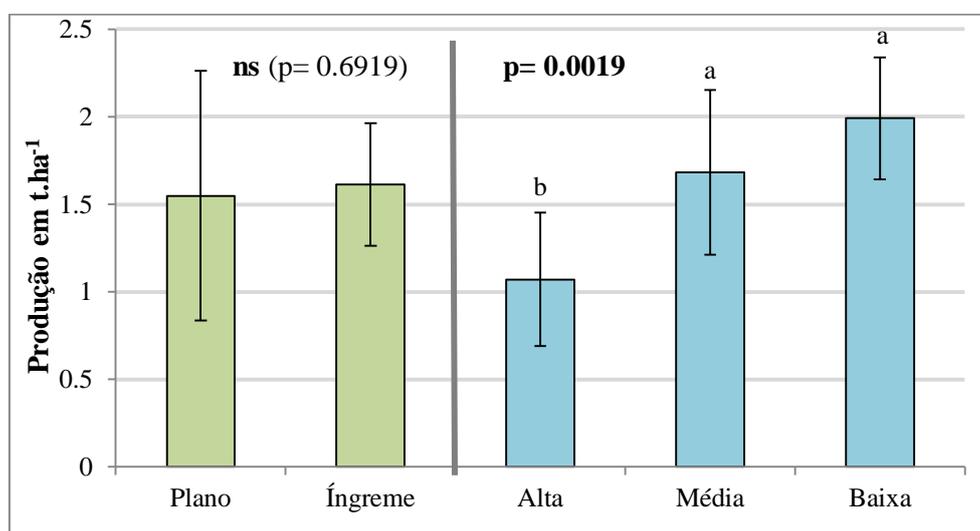


Figura 16: Médias de produção total em função da declividade (esquerda) e da posição na encosta (direita). Significância da variação do efeito da declividade (tratamento) e da posição na encosta (bloco) em ANOVA em Blocos (significativa a $p < 0,05$).

É esperado encontrar um comportamento similar entre os dados da produção total e da produção folhas já que as folhas representam a fração mais significativa da produção.

A produção de galhos não variou significativamente entre as parcelas e também não apresentou influência da posição na encosta ou da declividade (figura 18,b). Para Figueiró (2005), o aumento na produção de galhos é, geralmente, consequência de um processo de perturbação ao sistema florestal. Comparando os dados com o levantamento de estudos realizado por este autor, os baixos valores encontrados aqui se enquadram na faixa dos valores encontrados em florestas bem preservadas, com

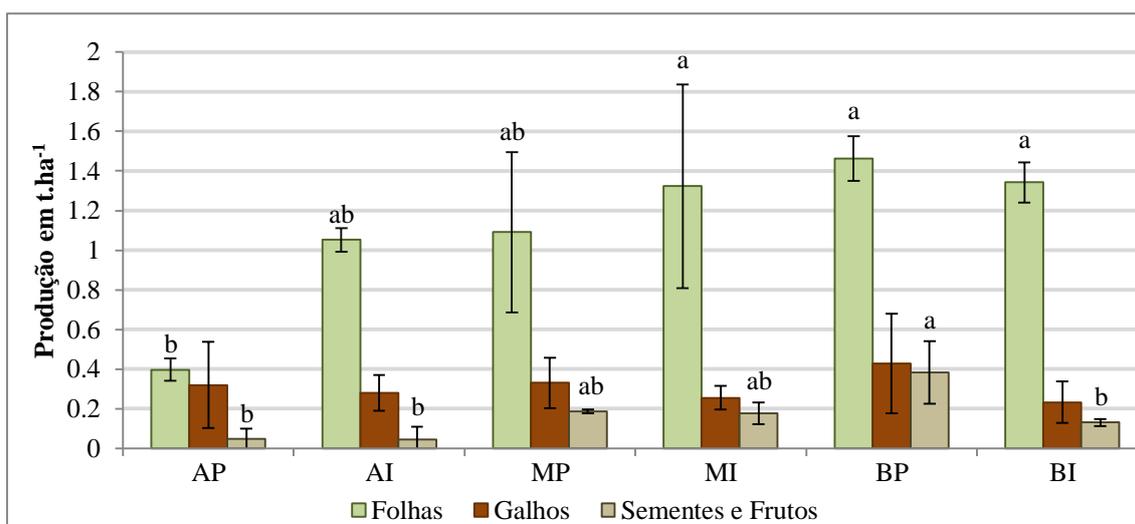


Figura 17: Produção dos diferentes tecidos que compõem a serapilheira produzida. Populações de dados significativamente variantes para cada tipo de tecido ($p < 0,05$).

estágio sucessional avançado. Chirol (2009) encontrou, em clareiras em recolonização no mesmo fragmento, aumento na produção de galhos no período de Maio à Agosto, período similar ao das coletas do presente trabalho (de Abril a Julho), o que pode indicar que a média anual possa ser ainda menor.

A produção de sementes foi maior em BP e menor em ambas as parcelas da Alta-Encosta (AP e AI) assim como em BI, e variou significativamente tanto em função da posição na encosta, quanto em função da declividade (figura 18,c). Em função da posição na encosta, a produção de sementes apresentou comportamento semelhante à produção de folhas, sendo maior na Baixa encosta e menor na Alta, sendo encontrados valores intermediários na Média. Em função da declividade, a produção de sementes foi maior nas áreas planas.

Com a menor produção de folhas e a não diferença na produção de galhos, observa-se uma grande queda no percentual de contribuição de folhas em AP, onde apresentou-se em torno de 50% (figura 19). Embora não sejam comuns, valores em torno de 50% na contribuição de folhas já foram verificados em fragmentos de Floresta Amazônica (SELVA *et al.*). Para as outras parcelas, a contribuição percentual de folhas se manteve próximo ao esperado para florestas tropicais, cerca de 70% (GOLLEY, 1978).

Repara-se então que a maior contribuição de galhos em AP não se origina em uma maior produção de galhos, mas sim em uma menor produção de folhas. Com uma

menor produção de sementes constatada e uma média ligeiramente maior (não significativa estatisticamente) na produção de folhas, as três áreas íngremes apresentaram-se como as três áreas de maior contribuição de folhas na produção, as únicas com valores acima de 70%.

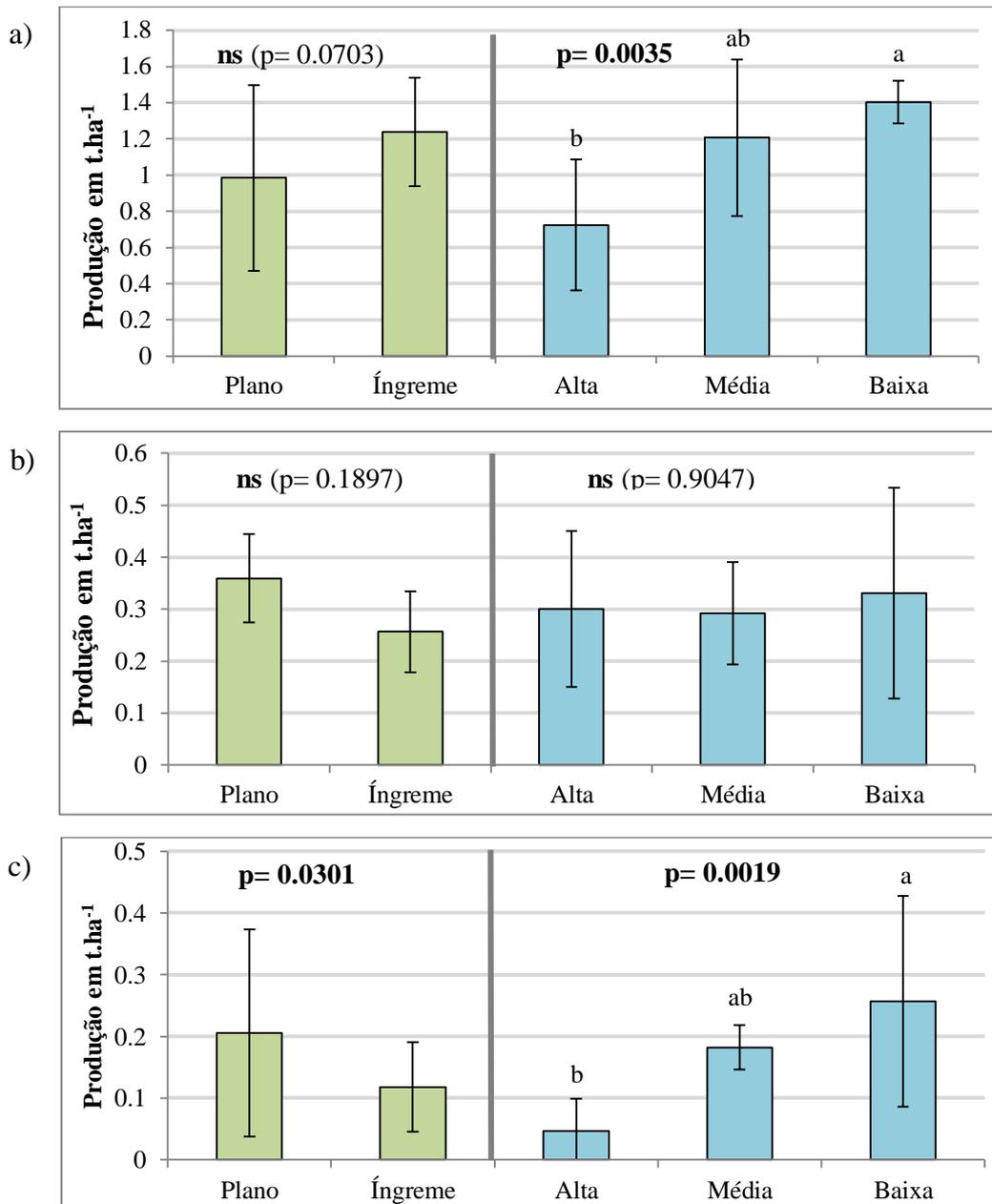


Figura 18: Médias de produção de folhas (a), galhos (b) e sementes (c) em função da declividade (esquerda) e da posição na encosta (direita). Significância da variação do efeito da declividade e da posição na encosta para ANOVA em Blocos ($p < 0,05$).

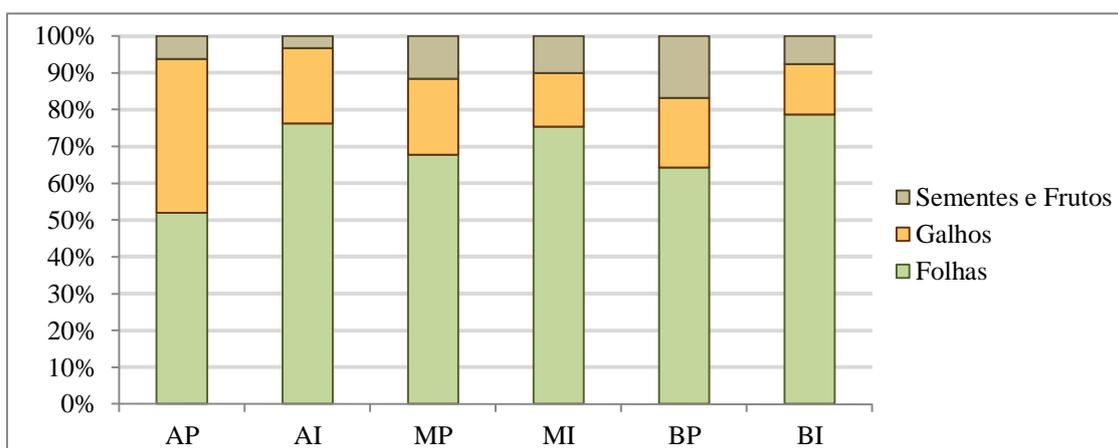


Figura 19: contribuição percentual dos diferentes tecidos que compõe a serapilheira produzida.

Analisando-se a dinâmica temporal da deposição de detritos ao longo destas 16 semanas observou-se que a produção se manteve maior na Baixa encosta em praticamente em todas as semanas (figura 20). A produção na Média encosta superou a da Baixa na 9ª semana (03 – 10 de Junho), sendo consideravelmente maior do que nas demais porções da encosta. Em outras ocasiões, a produção na Baixa encosta foi superada de forma muito tênue (quase empatadas), estando sempre entre as porções de maior produção, considerando-se a exceção da 9ª semana já citada.

A produção na Alta encosta, de menor média, não se apresentou menor em todas as semanas. Na 14ª semana (08 a 15 de Julho), a produção da Alta encosta supera por pouco a produção da Baixa. O que parece caracterizar a produção na Alta encosta é sua menor variação, principalmente quando há tendência de aumento na produção de forma geral, onde esse aumento se apresenta com capacidade reduzida em relação às demais porções da encosta. Parece ser por esta razão que a produção na Alta encosta foi substancialmente menor.

A principal ideia desta análise temporal foi a de verificar a relação da deposição com a pluviosidade. É fato conhecido o aspecto sazonal da deposição, de forma que a produção tende a aumentar com diminuição da pluviosidade na escala dos ciclos anuais (geralmente é observada a produção mensal de serapilheira). A tendência sazonal da serapilheira já é bastante conhecida, e sua intensidade já foi bastante ressaltada na literatura. Cabe salientar que a dinâmica sazonal é resultado da resposta biológica da planta ao estresse hídrico, formando mais ou menos folhas senis ao longo do ano, e que, na perspectiva aqui tratada, observa-se a ação mecânica das forças

atmosféricas sobre estas folhas senis, não se tratando de uma resposta metabólica da planta. Com isso, optou-se neste estudo por diminuir o período total de amostragem para criar uma condição logística favorável a uma análise temporal mais detalhada (produção semanal), com intuito de verificar como a pluviosidade influencia mecanicamente a deposição de detritos em uma perspectiva temporal mais pontual.

Observando-se a produção nas diferentes porções da encosta conjuntamente aos dados de chuva, observa-se certa similaridade entre estes dois tipos de dados em diversas semanas. É perceptível a uma análise visual da figura 20, que a produção aumenta correlata ao aumento da pluviosidade em três semanas (3^a, 9^a, e 14^a semanas), e que as três semanas de pluviosidade zero foram as semanas de menor produção geral (7^a, 13^a e 16^a semanas). Observado este fato, acredita-se que a tendência da produção em relação à pluviosidade possa se inverter à observada nos ciclos sazonais, de modo que o contexto de chuva pode incrementar a produção por ação mecânica sobre as folhas senis, principalmente pelos ventos que podem acompanhar as precipitações. Entretanto, para que se possa ter mais segurança nesta inferência é necessário observar com mais cuidado as semanas onde esta tendência não se confirmou: Diminuição da produção com o aumento da pluviosidade da 3^a para a 4^a e da 5^a para a 6^a semanas (22-28/04 para 29/04-05/05 e 06-13/05, respectivamente); e o aumento da produção com diminuição da pluviosidade da 11^a para a 12^a semana (17-24/06 para 24/06-01/07).

Para isso, foi feito uma análise rápida do comportamento da pluviosidade em relação à intensidade das precipitações, considerando-se a hipótese de que eventos de chuva com maior intensidade podem ter maior capacidade de incrementar a produção do que eventos com precipitação temporalmente melhor distribuída. Nesta análise, foram destacados eventos que atingiram precipitação maior do que 20mm em 1 hora e maior do que 40mm em 24 horas. Essas classes foram escolhidas arbitrariamente em meio à observação dos dados de chuva, como eventos que se destacaram frente aos demais, carecendo de uma análise mais profunda sobre a dinâmica dos regimes pluviométricos (essa classificação surge apenas como ferramenta para comparar as semanas e não pretende ser, de fato, uma análise dos regimes pluviométricos). Assim, destaque-se na figura 20 o tom escurecido do azul para as semanas que tiveram eventos de chuva que se enquadraram nestas classes. Assim, foi possível observar que a 3^a semana foi marcada por um único evento (dia 27 e 28 de Abril) que precipitou 20.2mm/1h e 66mm/24h, enquanto a pluviosidade na 4^a semana foi melhor distribuída, onde a intensidade não atingiu as classes estabelecidas. De forma semelhante, a 11^a semana

apresentou precipitação bem distribuída ao longo de 6 dias com chuvas brandas, enquanto a 12ª semana foi marcada por um evento único de chuva que atingiu precipitação de 20.1mm/1h e 46.2mm/24h, entre os dias 21 e 22.

Dessa forma, com uma produção substancialmente maior na 3ª semana em relação à 4ª, e na 12ª em relação à 11ª semana, é possível supor que a intensidade dos eventos possa ter tido maior influência sobre a produção do que a precipitação acumulada.

Por fim, destaca-se que os três principais “picos” de produção foram marcados por eventos com precipitação acima de 20mm/24h, e que as três semanas sem chuva (7ª, 13ª e 16ª semanas) foram marcadas não só pela baixa produção, mas também pela diminuição da diferença na produção entre as diferentes porções da encosta: Alta, Média e Baixa. Entretanto, parece imprescindível uma análise temporalmente ainda mais detalhada (produção diária ou em função de eventos climáticos) para que a relação entre precipitação e produção se demonstre mais intensa, no contexto da correlação direta entre estes fatores para uma escala temporal reduzida.

Acredita-se que nesta análise foram apresentados apenas subsídios para que se desperte o interesse por esta relação, a fim de incrementar considerações sobre as condições atmosféricas que antecedem as coletas e sua influência sobre os resultados.

6.3-Deslocamento lateral da serapilheira

Os dados aqui apresentados, diferentemente dos dados de produção e estoque de serapilheira, não se referem às quantidades em massa de serapilheira em uma determinada área, mas sim das quantidades que atravessam uma linha perpendicular ao declive, e são considerados como atravessamento linear, levando-se em conta que não se conhece o local de origem e nem onde este se depositaria, salvo a exceção (do local de origem) do que será apresentado no subcapítulo Experimento folhas marcadas. Os valores apresentados referem-se ao total acumulado nas 16 semanas de coletas, com média entre os três coletores posicionados na parcela. Em razão da importância da declividade neste processo (de atravessamento linear), optou-se por não apresentar uma média geral para encosta (de todas as parcelas incluindo as consideradas planas), por acreditar-se que seria um dado de pouca ou nenhuma relevância.

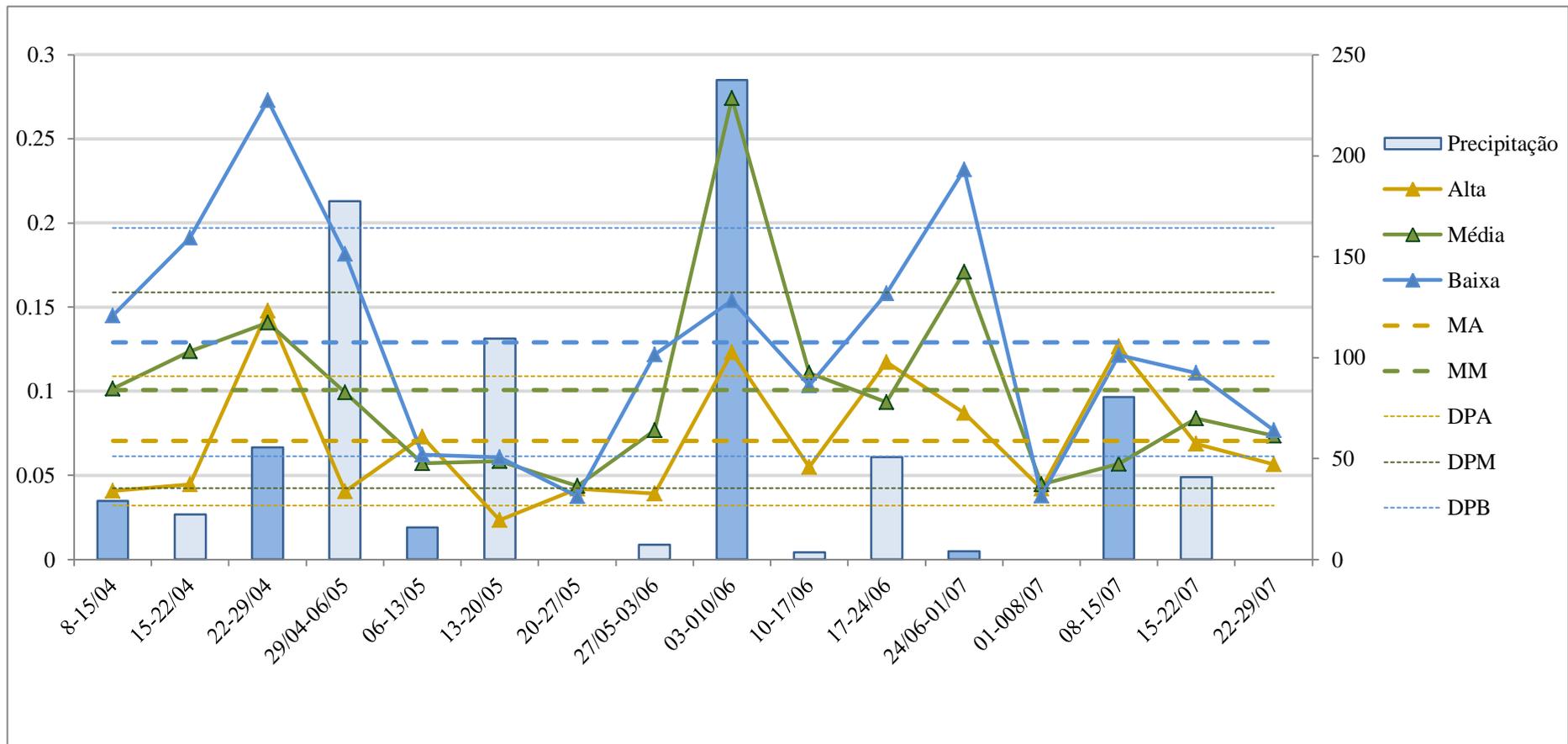


Figura 20: Produção nas diferentes posições da encosta (Alta, Média e Baixa) e pluviosidade (o tom mais escuro representa a presença de evento de intensidade > 20mm/1h e/ou > 40mm/24h) em cada semana. Média da produção semanal (MA, MM, MB) e desvio padrão da variação temporal (DPA, DPM, DPB).

Na análise do deslocamento lateral em cada parcela, observa-se que os valores são bem maiores para as parcelas íngremes, com destaque para o maior atravessamento em MI, seguidos por BI e AI, e com valores menores para as três parcelas consideradas planas: AP, MP e BP (figura 21). É possível que o maior atravessamento em MI ocorra em função de sua maior rampa (área à montante que mantém declividade íngreme similar a da parcela).

Os resultados obtidos para as áreas íngremes parecem um pouco abaixo daqueles encontrados por Magana (2001), sobre o aporte lateral de serapilheira em um riacho no Quênia. Este autor encontrou aporte de 1006 g.m^{-1} para área de dossel fechado, no período entre janeiro e Junho, em declividade de 24.6° . Os menores valores encontrados aqui ($107,75 \text{ g.m}^{-1}$ em 16 semanas) podem indicar que a Floresta da Tijuca seja um ambiente relativamente bem protegido da ação de escoamento superficial e de ventos, principais fatores associados ao deslocamento lateral (ORDOFF e LANG, 1981; MAGANA, 2001), porém não se deve conformar-se em ignorar este processo na formação dos estoques em encosta íngreme.

Selva e colaboradores (2007) encontraram valores mais próximos aos expostos aqui, para entrada lateral de serapilheira em um riacho na Amazônia (254 e 150 g.m^{-1} , nos períodos seco e chuvoso, respectivamente), em condição similar de declividade. Considerando-se que o período amostral foi de 6 meses para cada período, os dados do presente estudo parecem superar os encontrados por este autor.

Evidenciou-se o efeito bastante significativo da declividade e também variação entre as porções da encosta no deslocamento lateral da serapilheira. Entretanto, a alta variação do efeito da declividade mascara a variação entre as porções da encosta quando sua variância é testada por suas médias gerais, para diferenciação de grupos (teste Tukey, *a posteriori*). Isso ocorre, pois o efeito da declividade incrementa o desvio padrão das médias gerais. Dessa forma, os testes que visavam dar a variação das populações nas diferentes porções da encosta não foram significativos, sendo necessário utilizar-se apenas das médias para saber em quais posições na encosta os dados foram maiores ou menores (figura 22).

A contribuição dos diferentes tecidos (folhas, galhos e sementes) pode ser visualizada na figura 23. A contribuição de folhas foi maior em MI, seguida BI e AI.

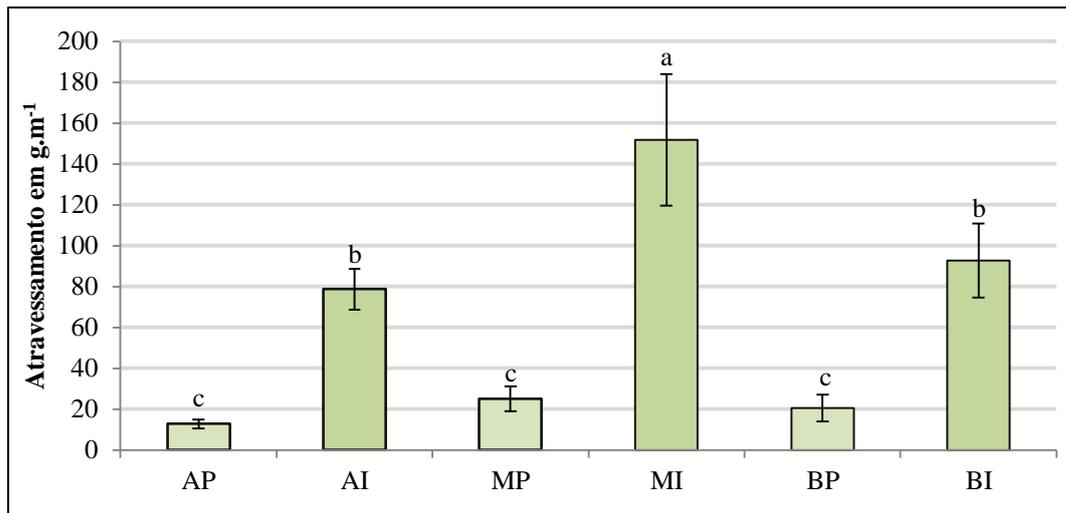


Figura 21: Médias e desvio padrão do deslocamento lateral da serapilheira em cada parcela e teste Tukey para análise das populações variantes.

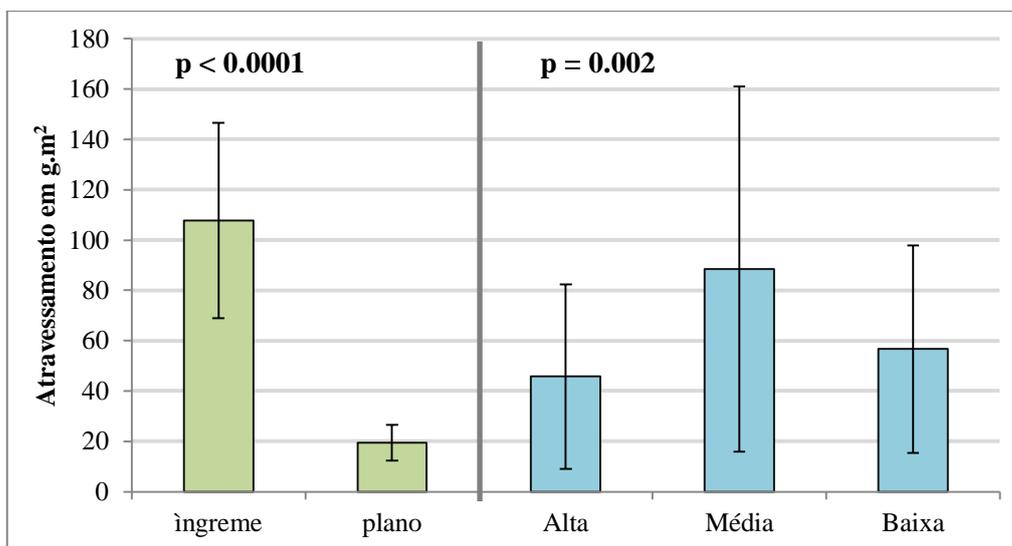


Figura 22: Médias do deslocamento lateral de serapilheira em função da declividade (esquerda) e da posição na encosta (direita). Significância ($p < 0,05$) da variação do efeito da declividade e da posição na encosta.

Entre as parcelas consideradas planas, sua contribuição foi maior em MP, intermediária em BP (diferença não significativa em relação à MP e AP) e menor em AP. A menor contribuição em AP era esperada, uma vez que foi constatada menor produção de folhas nesta parcela. A variação em função da declividade se manteve tão significativa para as folhas quanto foi para o estoque total, porém a variação entre as porções da encosta se acentuou para as folhas, com a manutenção dos maiores valores para a Média encosta (figura 24, a).

A variação da contribuição de galhos configurou apenas duas populações distintas para as parcelas: maiores valores nas áreas íngremes, e menores nas áreas planas. Dessa forma, manteve-se a significância do efeito da declividade, porém a variação entre as porções da encosta não foi significativa (figura 24, b). Mais uma vez se demonstra certa similaridade entre o deslocamento e os dados da produção, onde a fração galhos não variou significativamente entre as parcelas. Entretanto a imposição de declividade garantiu a presença de galhos no deslocamento lateral.

A presença de sementes foi maior em BI, seguida por AI e MI. Entre as parcelas consideradas planas, sua presença foi maior em BP, a ponto de se equiparar (variação não significativa) aos valores encontrados em AI e MI. Valores mais baixos foram encontrados em AP e MP. Sendo assim, além da influência da declividade, a presença de sementes também apresentou variação em função da posição na encosta, porém, diferentemente das folhas, a presença de sementes no deslocamento lateral foi maior na Baixa encosta (figura 24, c). A maior presença de sementes em BP do que o esperado (único valor que chegou a se igualar estatisticamente aos dados de parcelas íngremes) deve-se, provavelmente, à maior produção de sementes que ocorreu na porção Baixa encosta, principalmente em BP.

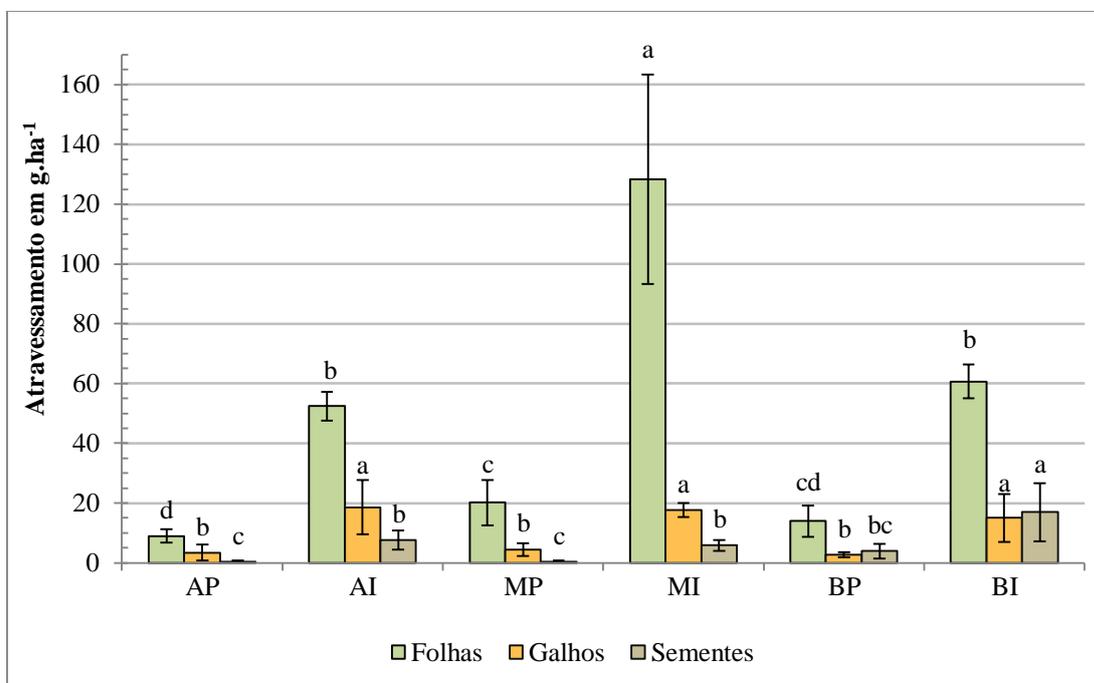


Figura 23: Contribuição dos diferentes tecidos na serapilheira deslocada lateralmente.

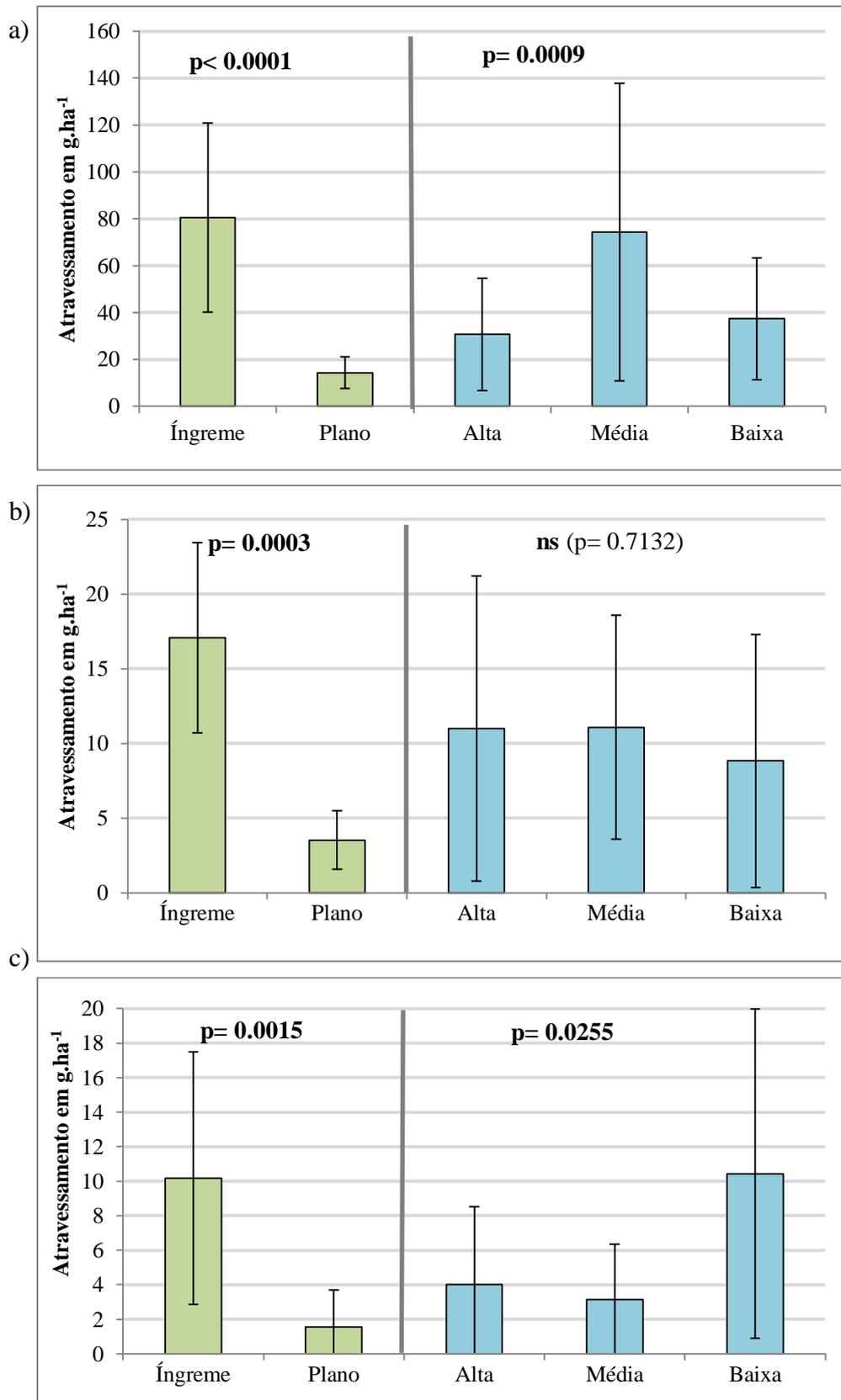


Figura 24: Médias de atravessamento de folhas (a), galhos (b) e sementes (c) em função da declividade (esquerda) e da posição na encosta (direita). Significância da variação do efeito da declividade e da posição na encosta para ANOVA em Blocos ($p < 0,05$).

Comparando-se os percentuais de contribuição dos tecidos entre a produção e o deslocamento lateral, nota-se que em todas as parcelas planas (AP, MP e BP) há o aumento da contribuição de folhas no material deslocado lateralmente, com a diminuição da contribuição de galhos e material reprodutivo (tabela 6). Em MI o comportamento foi similar. Entretanto, em AP e BP, observa-se o decréscimo da contribuição de folhas e o aumento da contribuição de galhos e, principalmente, de material reprodutivo. É provável que isto ocorra em função da forma esférica que algumas sementes possuem, além do maior peso específico conferindo-lhes mais energia na queda, fazendo que a fração sementes possua melhor condição de deslocamento encosta abaixo.

As similaridades entre o deslocamento e a produção vão ficando cada vez mais evidentes como era de se esperar, uma vez que a produção é potencial fonte de material para o deslocamento. Todavia, a análise temporal deste deslocamento dará melhores indícios sobre uma questão importante: os materiais que se deslocam lateralmente acabaram de ser produzidos e procuram uma área de deposição, ou existe alguma força capaz de transportar parte da serapilheira já depositada?

Tabela 6: Comparação dos percentuais de contribuição de tecidos na produção e no deslocamento lateral da serapilheira.

(%)	Folhas		Galhos		Mat. Reprodutivo	
	Produção	Desloc. Lat.	Produção	Desloc. Lat.	Produção	Desloc. Lat.
AP	47.31	70.37	38.07	26.96	5.69	2.67
AI	76.31	66.61	20.40	23.61	3.29	9.78
MP	60.94	80.40	18.45	17.87	10.46	1.73
MI	69.66	84.50	13.42	11.64	9.33	3.86
BP	58.81	67.91	17.22	13.06	15.36	19.02
BI	76.71	65.51	13.32	16.19	7.50	18.30

O deslocamento lateral da serapilheira semanal ao longo das 16 semanas de coleta está exposto na figura 26. Observa-se que o deslocamento em MI foi maior em 11 das 16 semanas estudadas. O deslocamento foi maior em BI em 4 semanas, e maior em AI em uma semana. Chama a atenção este maior deslocamento em AI na 9ª semana (03-10/06), pois esta parcela apresentou segunda menor produção geral e foi a de menor produção nesta exata semana. Observações em laboratório

evidenciaram a presença de folhas em diferentes estágios de decomposição e com resquícios de lama, nas amostras e deslocamento em AI, nesta 9ª semana, o que pode ajudar a explicar este fato (figura 25).

Associando-se que as folhas apresentavam diferentes estágios de decomposição (geralmente eram encontradas folhas íntegras nas amostras de deslocamento) e resquícios de lama, ao fato de que a 9ª semana foi a semana de maior precipitação, e que a parcela AI encontra-se sob a provável influência (controle) hidrológica do paredão rochoso do Archer (CASTRO JR., 1991), é plausível supor que folhas depositadas sobre o solo sofreram trabalho de transporte pela ação, provavelmente, de fluxos de escoamento superficial, o que explicaria o maior deslocamento em uma parcela que teve menor produção

Assim como foi observado na produção, parece haver certa similaridade entre os dados de deslocamento e a pluviosidade, mesmo constatadas correlações matemáticas moderadas entre estes dados ($r= 0,37$ e $r= 0,49$ para parcelas planas e íngremes, respectivamente). Nota-se que em várias semanas a diminuição da pluviosidade ocasionou a aproximação entre os dados das parcelas planas e íngremes, demonstrando resposta mais intensa à pluviosidade nestas segundas (figura 26). Os “picos” de deslocamento nas áreas íngremes coincidem com “picos” de pluviosidade ou onde essa ocorreu com maior intensidade (a figura 24 segue o mesmo padrão apresentado na produção, com tom azul mais escuro para semanas onde a pluviosidade atingiu 20mm/1h ou 40mm/24h).



Figura 25: folhas em diferentes estágios de decomposição retiradas dos coletores de deslocamento em AI na 9ª semana de coletas.

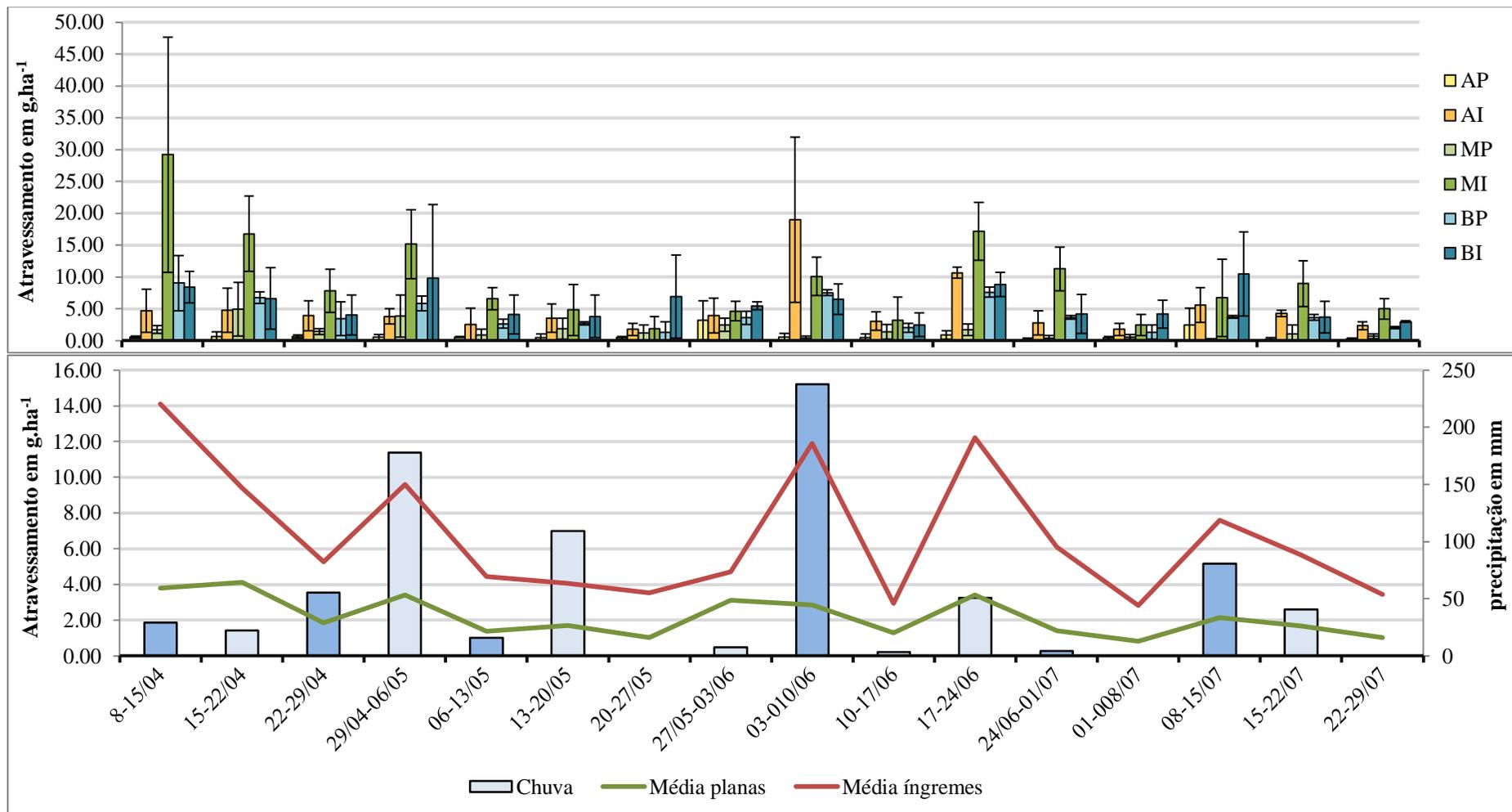


Figura 26: médias de deslocamento lateral semanal: a) por parcela; b) parcelas íngremes e parcelas planas, mais precipitação.

Como, tanto o deslocamento, quanto a produção, apresentaram similaridades com a pluviosidade, deve-se ter cuidado com afirmações de causalidade, já que não fica claro se, e o quanto, a pluviosidade influencia diretamente o deslocamento (via transporte de material já depositado) ou indiretamente via incremento na produção, que pode deslocar-se lateralmente em busca de uma área para deposição no contexto íngreme.

Observando-se conjuntamente os dados de pluviosidade, de produção e de deslocamento nas parcelas íngremes, destaque-se a semelhança entre produção e deslocamento (figura 27). Esta semelhança parece indicar que o deslocamento se comporta em um padrão de resposta à produção. A ideia de causalidade pode ser sustentada uma vez que a produção é a fonte de detritos que possam vir a se deslocarem lateralmente, enquanto não há base nenhuma para se crer, e até mesmo parece insensato, que o incremento do deslocamento possa influenciar a produção. A pluviosidade poderia influenciar independentemente os dois (produção e deslocamento), todavia, é plausível crer que a produção tem maior capacidade de influenciar o deslocamento, disponibilizando mais material, do que a pluviosidade isoladamente. No contexto desta discussão, note-se que na 3ª e 4ª semanas (semanas onde produção e deslocamento tiveram menor similaridade) há um ajuste melhor do deslocamento em relação à

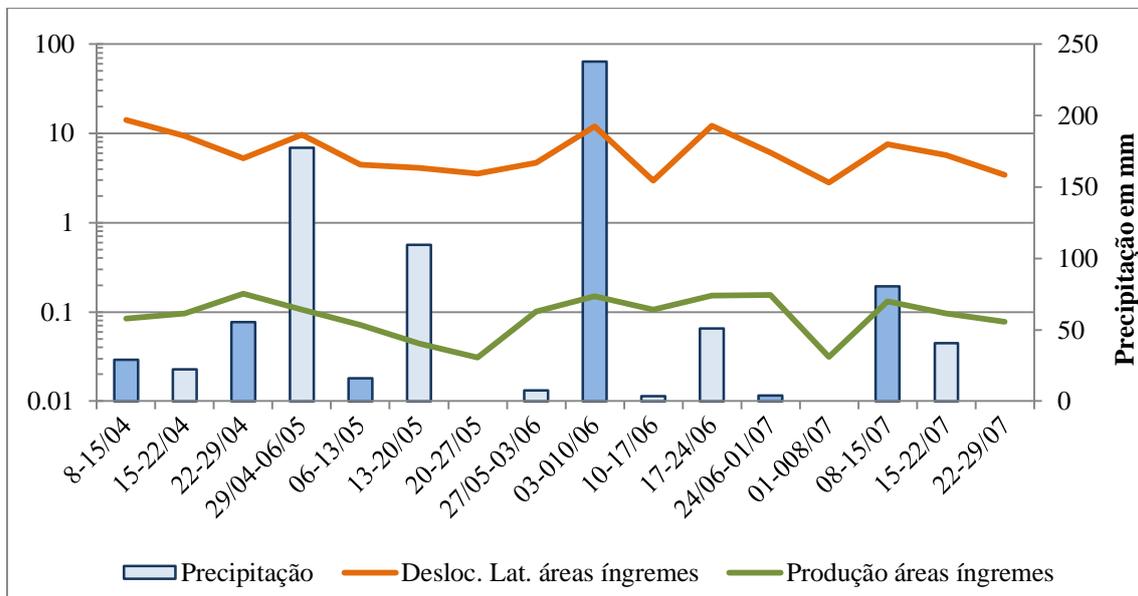


Figura 27: Precipitação, deslocamento lateral médio entre as parcelas íngremes (g.m-1) e produção média entre as parcelas planas íngremes (t.ha-1).

pluviosidade acumulada, enquanto a produção se ajustou à intensidade dos eventos chuvosos. A diminuição do deslocamento da 11^a para a 12^a semana (17-24/06 e 24/06 e 01/07, respectivamente), juntamente com a diminuição da pluviosidade acumulada, em detrimento ao aumento da produção em razão da presença de evento chuvoso mais intenso para esta 12^a semana, reforça a ideia de que o deslocamento refletiu melhor a pluviosidade acumulada, enquanto a produção refletiu melhor a intensidade dos eventos, mas que esta diferença de comportamento é menos evidente do que as similaridades entre os dois.

Ao que parece, o deslocamento reflete a produção que encontra dificuldade de deposição em áreas íngremes, porém há certo reajuste do deslocamento em relação à produção, provavelmente, por conta da pluviosidade. Desta forma, não restam muitas hipóteses em relação a este reajuste, além daquela que parte do material já depositado pode sofrer transporte encosta abaixo. Esta possibilidade já foi evidenciada na 9^a semana em AI, sob controle hidrológico do paredão rochoso, porém uma observação concreta necessita de um experimento específico para este fim.

6.3.1-Experimento folhas marcadas

O experimento foi iniciado no dia 17/06/2012, com a deposição das folhas nas determinadas distâncias das parcela íngremes. Era conhecido o curto tempo de vida do experimento em razão do curto tempo de vida das folhas como unidade íntegra. Nas duas coletas seguintes ao início do experimento, a maioria das folhas foi facilmente identificada no piso florestal, sem sinal de deslocamento.

Na terceira semana já não foi encontrada nenhuma folha, indicando a possibilidade do fim da vida útil do experimento. Entretanto, na quarta semana de experimento, no dia 15/07/2012, foi retirada do coletor de deslocamento, praticamente inteira, porém com algum sinal de degradação, uma folha que estava distante 1 metro da parcela, em AI.

Nas semanas seguintes, foram avistados vários pequenos fragmentos das folhas pintadas espalhados pelas parcelas, ou à jusante delas, principalmente em AI e MI. Foram encontrados fragmentos marcados a até 10 metros encosta abaixo da parcela AI (figura 28).



Figura 28: fragmentos de folhas marcadas encontradas espalhadas pelas parcelas ou à jusante destas.

Pelo o observado ao longo do experimento, comprovou-se, mesmo que de maneira preliminar, a ideia de que o material já depositado possa ser translocado encosta abaixo. Surge a hipótese de que o material já fragmentado possa ser deslocado mais facilmente, o que caracterizaria o translocamento preferencial da camada F ou de material fino. Coelho Netto (1987) observou o movimento da água através da serapilheira com o uso de um simulador de chuva, observando a existência de fluxos laterais internos ao estoque. É possível que estes fluxos laterais intra-serapilheira transportem as partículas finas de forma lenta e gradual, no sentido encosta abaixo. Todavia, essa hipótese necessita de novos experimentos para sua confirmação ou refutação, assim como para o conhecimento de seus mecanismos e de suas taxas.

6.4- Estoque de serapilheira

O estoque de serapilheira depositado sobre o solo foi mensurado com o intuito de se observar sua possível variabilidade em função da posição na encosta e da declividade.

O estoque médio para toda a encosta foi de 6,44 t.ha⁻¹. Miranda e colaboradores (2008) encontraram valores entre 5 e 13 t.ha⁻¹, enquanto Figueiró (2005) encontrou valores superiores, cerca de 12 t.ha⁻¹, ambos também na Floresta da Tijuca. Os valores encontrados para Mata Atlântica, geralmente, situam-se na faixa de 5 à 10 t.ha⁻¹ (OILVEIRA *et. al.*, 2003; BOREM e RAMOS, 2002; BARBOSA e FARIA, 2006).

Observando-se a variação do estoque entre as parcelas, destaca-se o maior estoque na parcela AP (10,34 ± 0,99 t.ha⁻¹) (figura 29). Em BP encontra-se um valor intermediário entre AP e MP. Estas três parcelas (AP, BP e MP) foram as de maior estoque. Em BI, apresentou-se o menor estoque (3,93 ± 3,16 t.ha⁻¹). MI e AI apresentaram valores intermediários entre BI e MP. A tabela com os valores numéricos para todas as parcelas encontra-se no anexo 2. Nota-se que as três parcelas planas apresentaram os maiores estoques, e que, conseqüentemente, nas três posições da encosta o estoque foi maior na parcela plana. Entretanto, na porção Meia encosta, não foi significativa a variação entre as parcelas plana e íngreme. Na média geral, o estoques nas áreas íngremes foi 43% menor do que nas áreas planas (figura 30).

Entretanto, nas outras porções da encosta, Alta e Baixa, as parcelas planas apresentaram estoques praticamente duas vezes maiores do que nas respectivas parcelas íngremes (Alta: 10,34 e 5,45 t.ha⁻¹, e Baixa: 8,21 e 3,93 t.ha⁻¹, para planas e íngremes, respectivamente).

Chama a atenção o maior estoque em AP, já que esta parcela apresentou produção substancialmente menor do que as demais. Considerando-se a menor produção e este maior estoque em AP, pode-se afirmar, com algum grau de certeza, que esta parcela apresenta velocidade de decomposição da serapilheira consideravelmente mais lenta do que nas demais parcelas (Olson, 1968). Os fatores que explicariam este fato, provavelmente, seriam a maior presença de espécies pioneiras ou características de estágios sucessionais mais iniciais (espécies pioneiras tendem a apresentar maior grau de esclerofilia das folhas), e/ou um microambiente menos favorável à decomposição, como por exemplo, menores teores de umidade disponível na serapilheira (Swift *et. al.*, 1979).

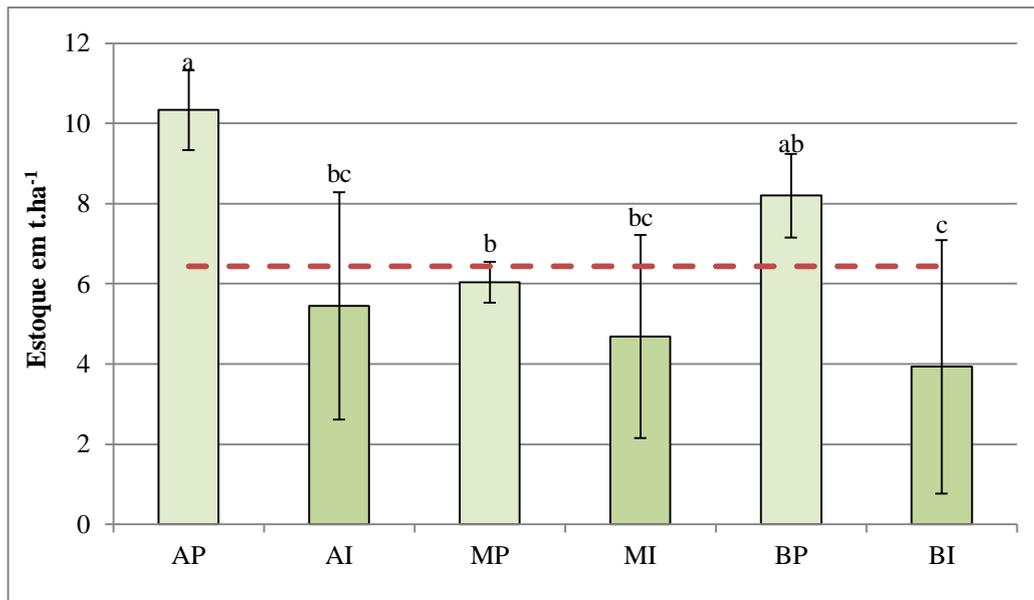


Figura 29: Média geral, médias e desvio padrão do estoque de serapilheira sobre o piso florestal para cada parcela, e teste ANOVA-Tukey.

Clevelário (1988) encontrou condição similar, com menores estoques nos fundos de vale, associando o fato a maior taxa de decomposição, condicionada pela maior disponibilidade de umidade, para o mesmo fragmento em estudo. Não foi realizado um levantamento taxonômico nas parcelas para que fossem avaliadas as espécies presentes, mas tem-se, de fato, que a Alta encosta apresenta menos umidade na serapilheira, e a parcela AP, a média de umidade mais baixa dentre as demais parcelas planas, como será apresentado posteriormente.

Os menores estoques observados nas parcelas íngremes constataram a influência da declividade na formação dos estoques, sendo sua significância confirmada estatisticamente (figura 30). Dessa forma, os resultados demonstraram que áreas consideradas planas tenderam a maiores estoques do que as áreas íngremes, lembrando-se que em duas das três porções da encosta, as parcelas planas tiveram estoques praticamente duas vezes maiores, porém a distância espacial entre elas (da parcela plana à íngreme) não excedeu 30 metros (cerca de 25m na Alta encosta e menos de 10m na Baixa). As médias gerais, para todas as parcelas planas e para todas as parcelas íngremes, apresentaram diferença com grandeza próxima ao dobro ($8,19 \pm 2,01$ e $4,68 \pm 2,89 \text{ t.ha}^{-1}$, para planas e íngremes, respectivamente).

Em provável associação a esta diferença, em campo foi constatada a ocorrência de cobertura descontínua da serapilheira em AI e MI (figura 31). Vallejo também o constatou, em condições similares de declividade, em área bem próxima às parcelas da

Alta encosta. Este autor destacou ainda que obstáculos (troncos caídos transversalmente ao declive, por exemplo) podem funcionar como agentes represadores de serapilheira, acumulando grandes quantidades de material à montante destes. Esta suposição parece corroborada aqui quando observados os maiores desvios padrão para as parcelas íngremes, indicando maior heterogeneidade na cobertura, que pode variar, desde áreas com solo exposto, a camadas profundas de serapilheira associadas aos obstáculos. Convém lembrar que a ideia de represamento da serapilheira traz à tona, necessariamente, a ideia de movimento (deslocamento lateral) desta. Não foi constatada significância na variação em função da posição na encosta, apesar da maior média em sua porção Alta.

A composição estrutural dos estoques de serapilheira está exposta na figura 31. A camada L (de folhas íntegras) não variou significativamente entre as parcelas, e também não apresentou efeito da declividade ou da posição na encosta (figura 32, a).

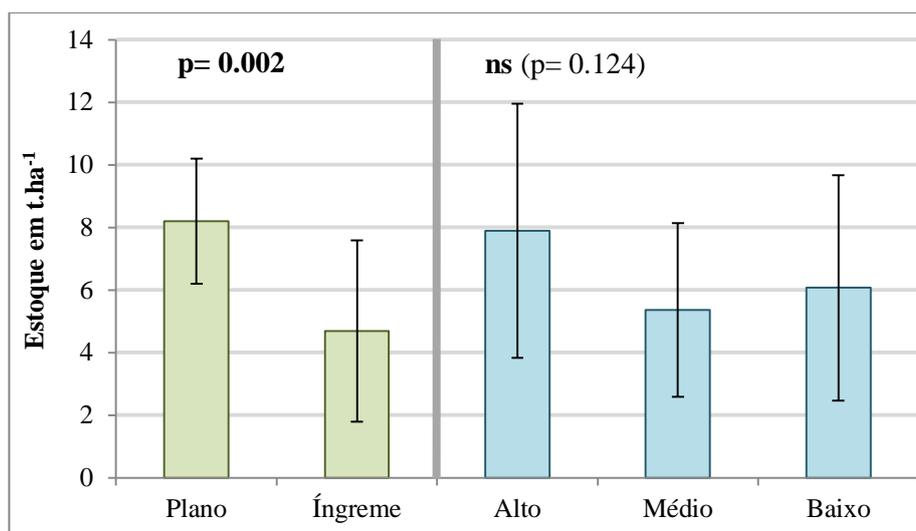


Figura 30: Médias e desvio padrão do estoque de serapilheira sobre o piso florestal, com significância da variância em função da declividade (esquerda) e da posição na encosta (direita).

A camada de F (de folhas fragmentadas) variou de forma parecida à encontrada para os estoques totais. Entretanto, o valor encontrado em MI superou o encontrado em MP, mas não há significância estatística para a variação entre estas parcelas em ambos os casos (estoque total e camada F) (figura 32). Para a camada F, mantém-se o maior estoque em AP e o menor para BI, além do efeito significativo da declividade, com maior presença nas parcelas planas (figura 33, b). Não houve efeito significativo para a posição na encosta para a camada F.



Figura 31: Panorâmica da cobertura descontínua da serapilheira na parcela MI.

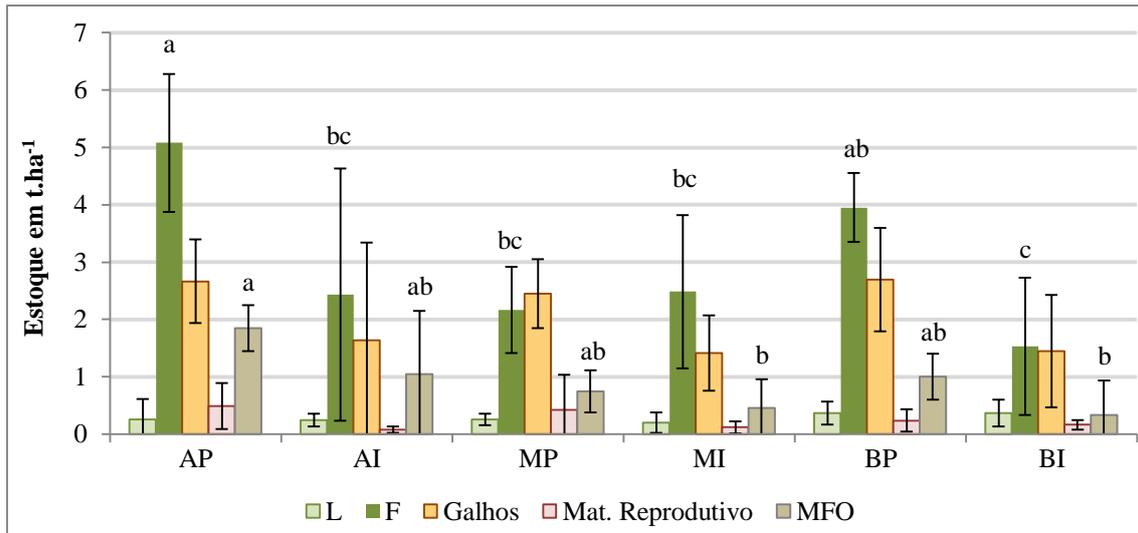


Figura 32: Componentes estruturais do estoque de serapilheira para cada parcela.

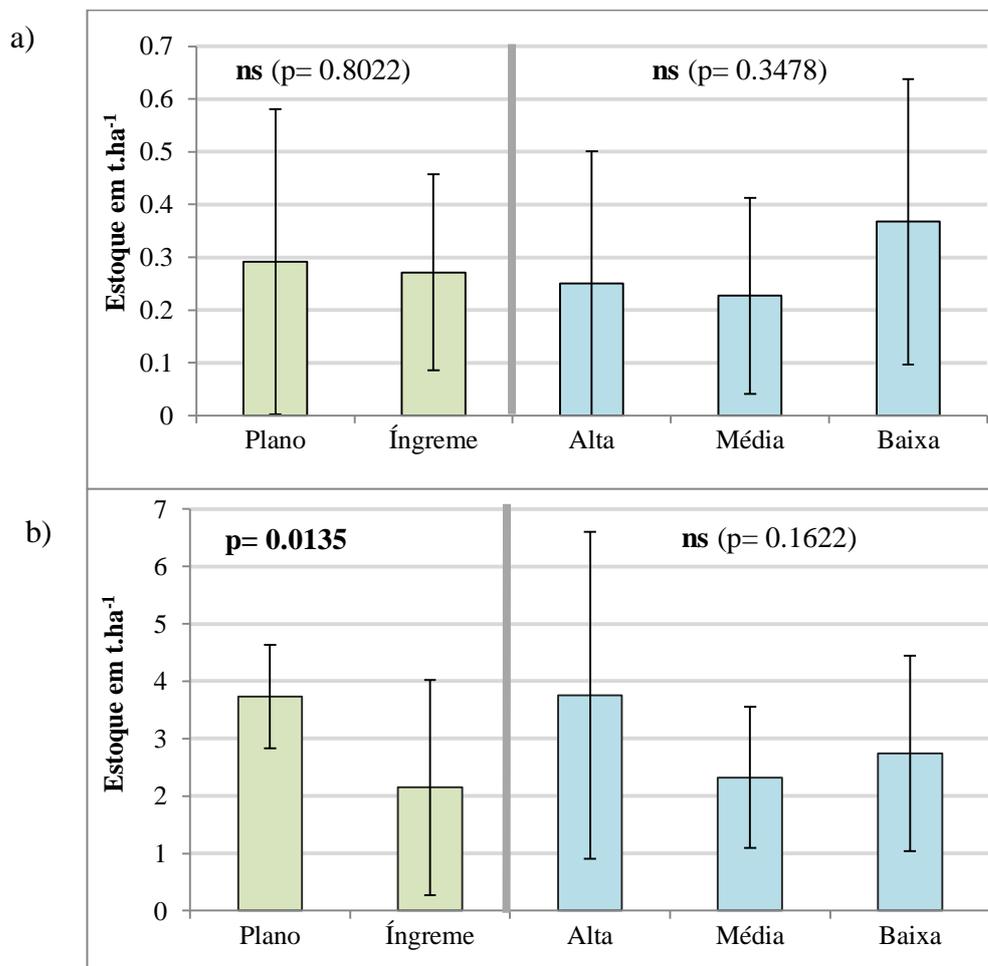


Figura 33: Médias e desvio padrão da fração foliar do estoque. Camadas L (a) e F (b), com significância da variância em função da declividade (esquerda) e da posição na encosta (direita).

Os galhos e o material reprodutivo também não variaram significativamente entre as parcelas (figura 32), entretanto, em ambos os casos, foi constatada a significância estatística do efeito da declividade, apontando para a tendência de maior presença nas áreas planas (figuras 34, a e b).

O material fino orgânico (MFO) variou significativamente entre as parcelas, com maior acúmulo em AP, e menor em MI e BI. As demais parcelas (AI, MP e BP) apresentaram valores intermediários (figura 32). Foi constatada a variação significativa de MFO, tanto em função da declividade com maior acúmulo nas áreas planas, quanto para a posição da encosta, identificado o maior acúmulo para em sua porção Alta (figura 34, c). Vale ressaltar que o maior acúmulo desta fração é característica de ambientes com menor velocidade de decomposição, o que corrobora a ideia de decomposição mais lenta na Alta encosta.

Apesar da diferença significativa entre o estoque médio das parcelas planas em relação às íngremes, verifica-se que composição estrutural proporcional dos estoques se mantém bem parecidas para as duas situações de declividade (figura 35). A fração que parece variar mais é o material reprodutivo, que demonstrou, como já foi citado, ser mais significativa no deslocamento encosta abaixo do que na produção, aparecendo em proporção um pouco maior no estoque das áreas planas. Como o valor em massa da camada L não variou entre as parcelas planas e íngremes, o menor estoque nas íngremes incrementou, de forma bem sutil, sua contribuição percentual.

Ao contrário do observado em relação à declividade, os estoques não variaram em função da posição da encosta, com exceção do MFO. Entretanto, a composição estrutural parece ter variado mais em relação à posição da encosta do que o encontrado para as declividades (figura 36). O principal responsável por esta variação foi o MFO (único variante em função da posição da encosta), que apresentou maior presença e contribuição percentual na porção Alta encosta.

Partindo-se da ideia de que o estoque de serapilheira é reflexo do balanço entre o que é produzido e o que é decomposto, a qual norteia o cálculo da taxa de decomposição proposta por Olson (1963), sendo amplamente utilizada até hoje, verifica-se a tendência de aumento na velocidade da decomposição no sentido encosta abaixo, fato já verificado na literatura no próprio PARNA-Tijuca (Clevelário, 1988), e já explicitado anteriormente neste trabalho. Entretanto, nota-se também que a mesma tendência pode ser observada entre as parcelas planas e íngremes, onde os menores

estoques nestas segundas induzem à ideia de decomposição mais eficiente, já que não foram acompanhados, necessariamente, de uma menor produção. Em suma, nota-se o alargamento da distância entre o estoque e a produção para as parcelas íngremes em relação às planas, na figura 37.

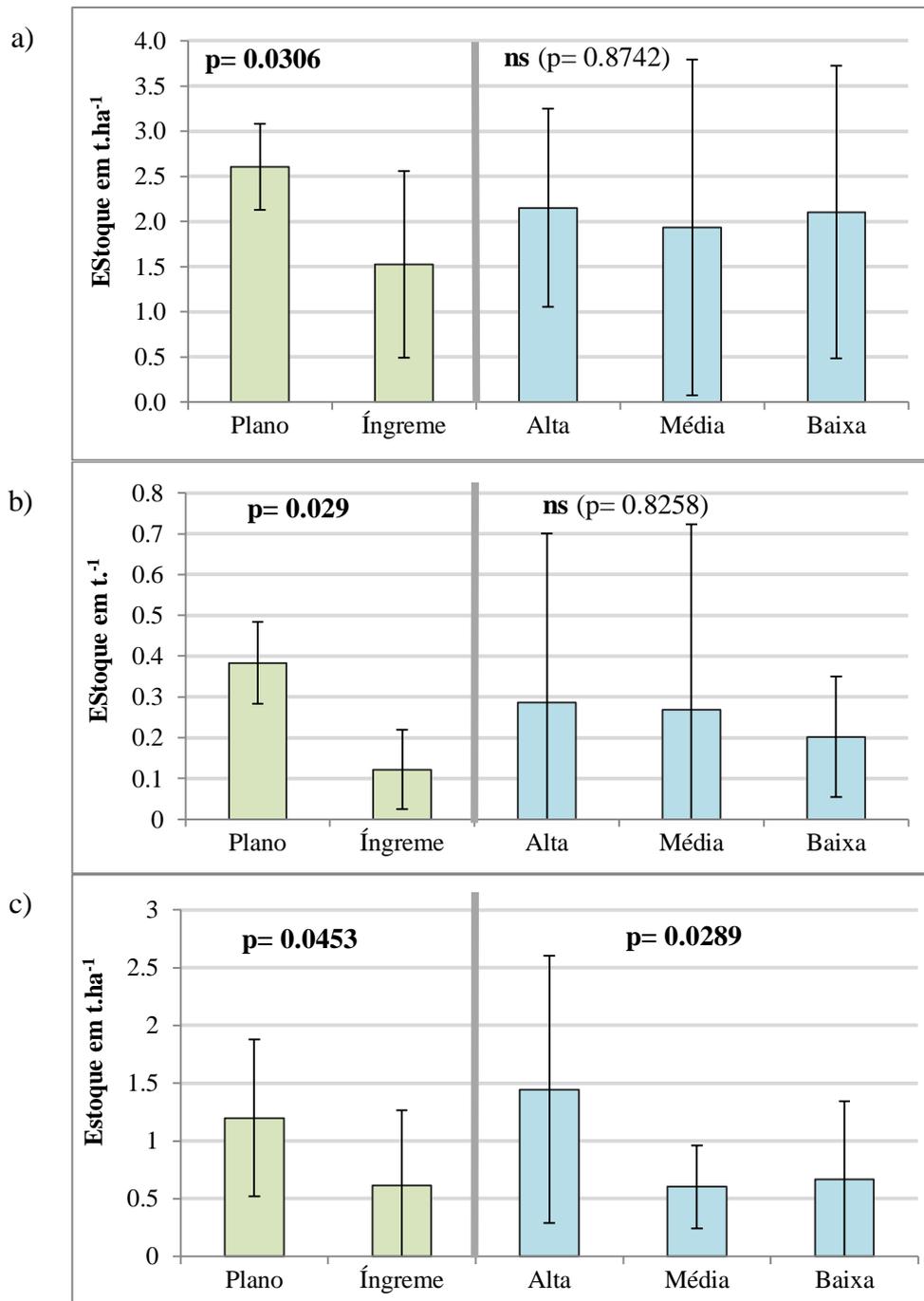


Figura 34: Médias e desvio padrão do estoque de galhos (a), material reprodutivo (b) e do MFO (c) sobre o piso florestal, com significância da variância em função da declividade (esquerda) e da posição na encosta (direita).

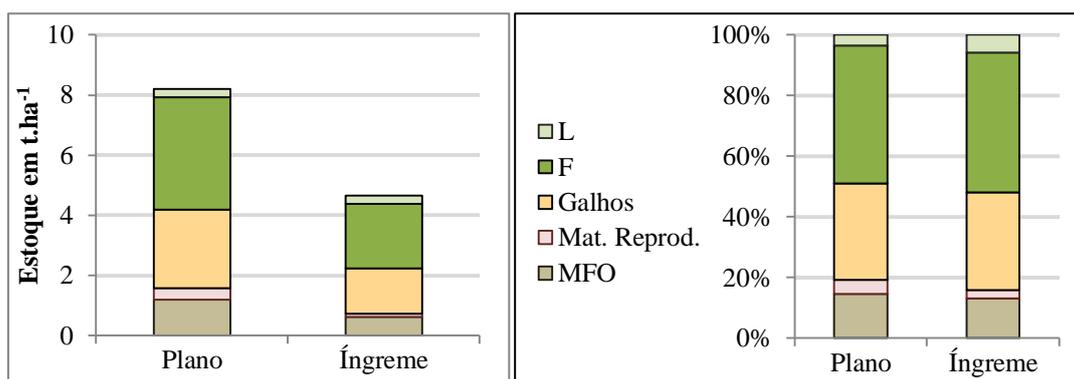


Figura 35: Contribuição média em massa (esquerda) e percentual (direita) das frações estruturais que compõem o estoque de serapilheira para parcelas planas e íngremes

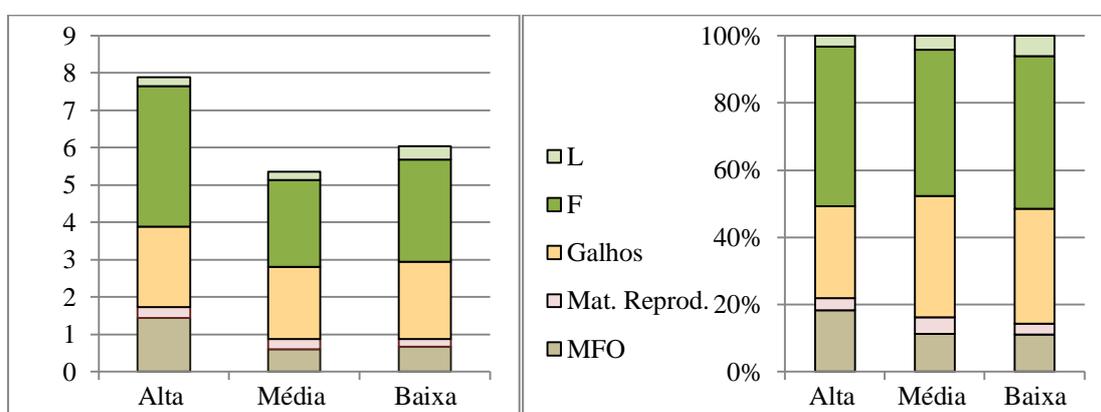


Figura 36: Contribuição média em massa (esquerda) e percentual (direita) das frações estruturais que compõem o estoque de serapilheira em relação à posição na encosta.

Não foram realizados cálculos de taxa de decomposição segundo Olson (1963), pois estes necessitam da mensuração de, ao menos, um ano de produção. Porém, pôde ser avaliado o ambiente de decomposição de forma comparativa, através da variável umidade contida na serapilheira. A umidade é fator fundamental e, muitas vezes, limitante ao desenvolvimento microbótico responsável pela decomposição (SWIFT *et al.*, 1979), e foi apontada como fator determinante às diferenças no estoque na Floresta da Tijuca, por Clevelário (1988).

6.4.1-Umididade na serapilheira

A umidade contida na serapilheira foi avaliada com a realização de 11 coletas (momentos diferentes), que não obedeceram uma relação com eventos de chuva. Ou

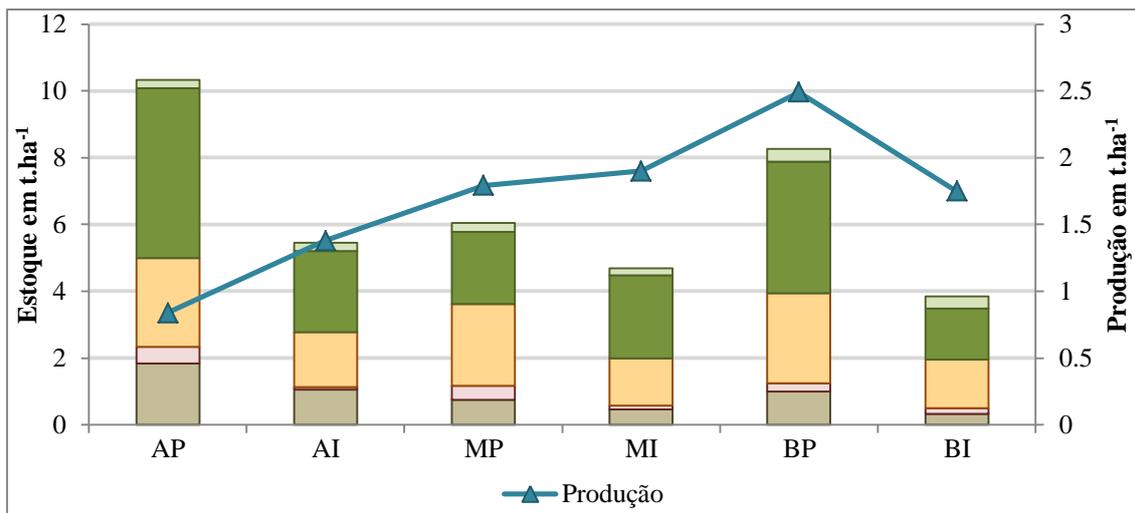


Figura 37: Contribuição em massa das diferentes camadas estruturais que compõem o estoque de serapilheira, acompanhada das médias de produção, para cada parcela.

seja, estas foram coletadas independentemente se havia chovido ou não, ou da intensidade das chuvas que, por ventura, antecederam as coletas. Dessa forma, a presente análise não se compromete a avaliar relações com os eventos, ou mesmo de oferecer um quadro sobre o tempo de permanência da umidade na serapilheira em condição de estiagem. Esta análise configura apenas o interesse sobre um quadro geral da recorrência de umidade nas diferentes áreas, sob condições de chuva semelhantes.

Todas as amostras foram coletadas no mesmo dia para todas as parcelas, com o tempo mínimo possível de intervalo entre elas, para que fosse possível sua comparação. Como os valores obtidos diferiam muito de uma coleta da outra em função da condição pluviométrica antecedente, optou-se por não apresentar os desvios padrão no gráfico (tabela 7), e pelo mesmo motivo, não foram realizados testes estatísticos de significância de variância.

A umidade contida na serapilheira se apresentou maior no sentido encosta abaixo, confirmando que este gradiente fornece um melhora na condição microambiental para a decomposição. Esta observação corrobora as outras realizadas no presente trabalho, sobre a decomposição mais lenta na Alta encosta (maior acúmulo de serapilheira em meio à menor produção, e de MFO). Em relação à Baixa encosta, de maior umidade, a umidade na Alta encosta foi 40,99% menor, e na Média 28,45%, (tabela 7 e figura 38).

Tabela 7: Umidade gravimétrica média contida na serapilheira e desvio padrão para cada parcela, posições na encosta e declividade.

	Umidade Gravimétrica (%)	Desvio Padrão
AP	72.66975	48.44133
AI	52.04168	29.22011
MP	83.27639	43.51188
MI	67.82834	36.31643
BP	126.6214	68.25143
BI	84.56978	31.55756
Alta	62.35572	40.34782
Média	75.55237	39.80393
Baixa	105.5956	56.06806
Plano	94.18918	57.66227
Íngreme	68.1466	34.14427

Foram observados menores valores de umidade para as parcelas íngremes em relação à parcela plana na respectiva porção na encosta. Na Alta encosta a umidade foi 28,39% menor em AI do que em AP. Na Média encosta, 18,55% menor em MI do que em MP, e na Baixa encosta obteve-se a maior diferença, 33, 21% a menos de umidade em BI do que em BP (menos de 10m de distância entre as parcelas) (figura 38, a). Estas diferenças podem ser ocasionadas por um maior tempo de permanência da umidade em áreas planas, ocasionada pelos fluxos subsuperficiais rasos, que ocorrem em contextos íngremes. Quando diminuída a declividade, o fluxo de infiltração vertical volta a ser o único componente vetorial do movimento (HARR, 1977).

Considerando-se que o ambiente um pouco menos favorável à decomposição com a imposição de declividade, fortalece-se a ideia da colaboração dos deslocamentos laterais de serapilheira na formação dos estoques, já que estes se apresentaram menores na condição declivosa.

O menor acúmulo de MFO nas parcelas íngremes, corrobora a hipótese sugerida de que a fração fragmentada é deslocada de forma mais eficiente, porém como esta hipótese surgiu com a observação dos dados, e não anteriormente, o método de mensuração do deslocamento não foi apropriado à observação desta fração (fundo do coletor com grade de 1cm de abertura).

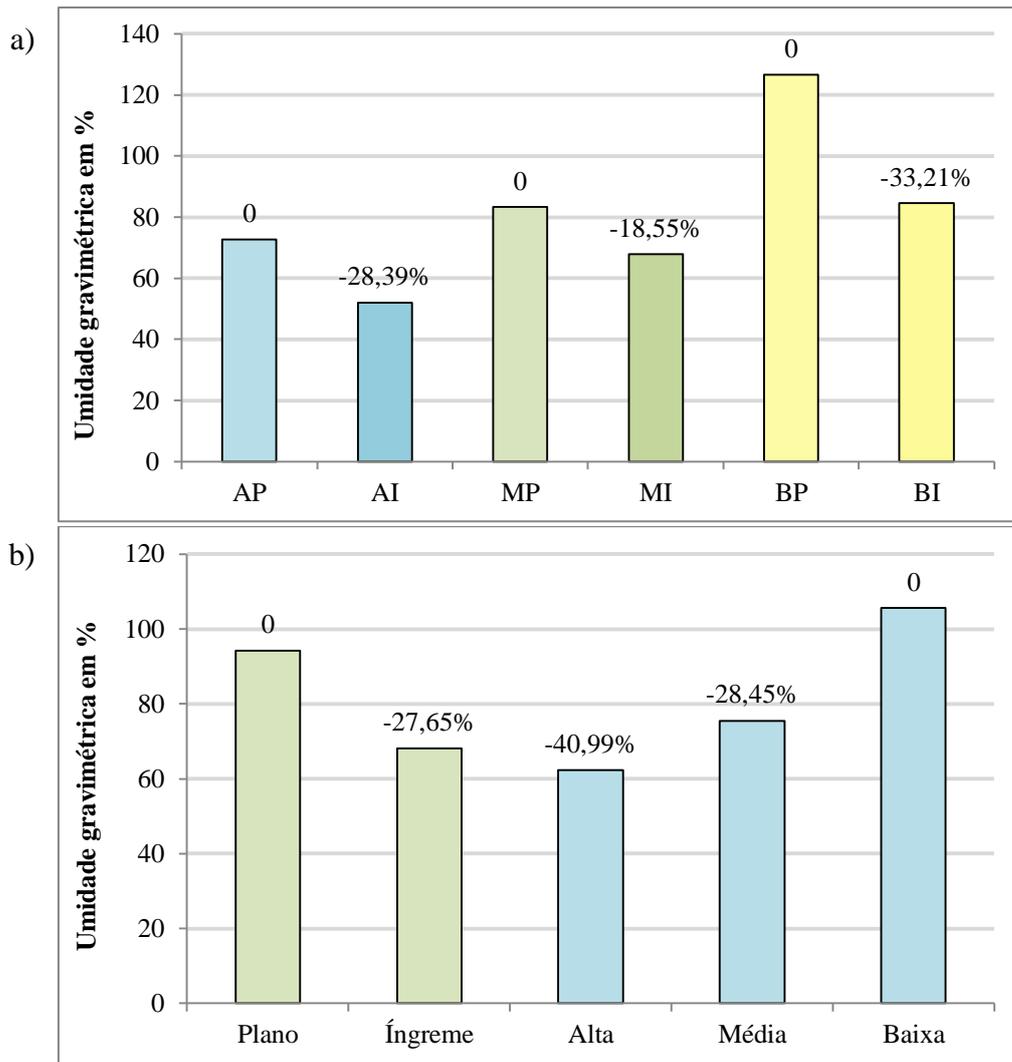


Figura 38: Umidade gravimétrica por parcelas (a) e pela declividade e posição na encosta (b). Os valores expostos acima das barras representam o quanto o valor é menor em relação a condição de declividade na mesma porção da encosta (a), a média da condição de declividade e posições na encosta (b).

6.4.2 – Estoque de raízes finas

A massa da malha de raízes finas sob a serapilheira não variou significativamente entre as parcelas, mesmo apresentando médias bem maiores em AP, AI e BP. Isto se deve ao fato de sua presença variar muito dentro das parcelas, o que ocasiona o alto desvio padrão dos valores, e contribui para que, estatisticamente, as populações de dados não configurem populações distintas (figura 39). Sua presença também não demonstrou variação estatisticamente significativa sob influência da declividade ou da posição na encosta (figura 40).

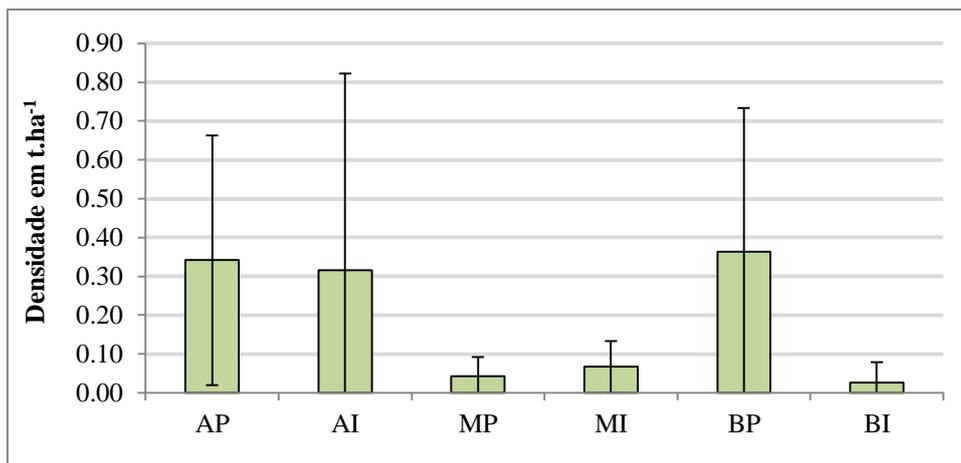


Figura 39: Médias e desvios padrão da presença de malha de raízes finas sob a serapilheira, por parcela.

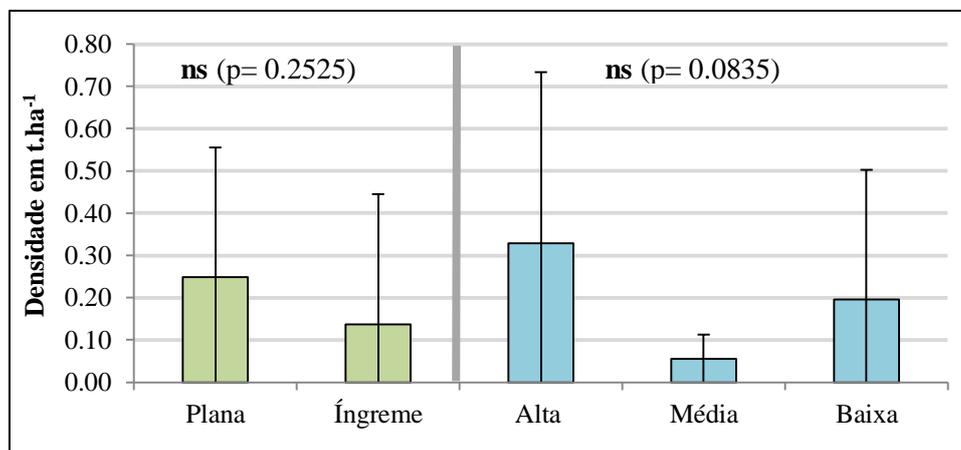


Figura 40: Médias e desvios padrão da densidade de raízes finas sob a serapilheira, por condição de declividade (esquerda) e pela posição na encosta (direita).

6.5-Estrutura do solo

Foram coletadas amostras do topo do solo (primeiros 5cm) para avaliar a contribuição das diferentes classes de agregados segundo o método por via seca sugerido em EMBRAPA (1997). A atenção recai basicamente sobre a classe de agregados maiores (4 – 2 mm), pois estes tendem a possuir maiores teores de matéria orgânica, sendo a classe que reflete melhor a contribuição da dinâmica da serapilheira na estrutura do solo (PUGET, 1998; PRIMAVESI, 1987).

A contribuição dos agregados maiores (4 – 2 mm) foi superior ao normalmente referido na literatura, ficando em torno de 78.62 % ($\pm 12,76$) para a encosta como um

todo (figura 41). Na própria Floresta da Tijuca, Figueiró (2005) encontrou valores bem abaixo deste, entre 22 e 15 % para a contribuição desta classe. Pereira e Castro Jr. (2006) encontraram valores entre 13 e 19 % em fragmento secundário inicial de Mata Atlântica. Entretanto, Accioly (2011) encontrou valores próximos, cerca de 70%, também na Floresta da Tijuca.

A variação entre as parcelas não foi significativa para quaisquer classes de agregado, o que significa que a estruturação do solo não variou entre as parcelas. Foi testado o efeito da declividade e da posição na encosta para os agregados maiores (4 – 2 mm), e também não foi constatada variação significativa.

Pode se afirmar então, que a predominância de agregados > 2mm aponta para uma condição de boa estruturação, típica de ambientes florestais onde a matéria orgânica atua como agente agregador, no entanto, a estrutura do topo do solo na área estudada não reflete as variações encontradas nos estoques de serapilheira. A contribuição da matéria orgânica nos agregados também foi avaliada.

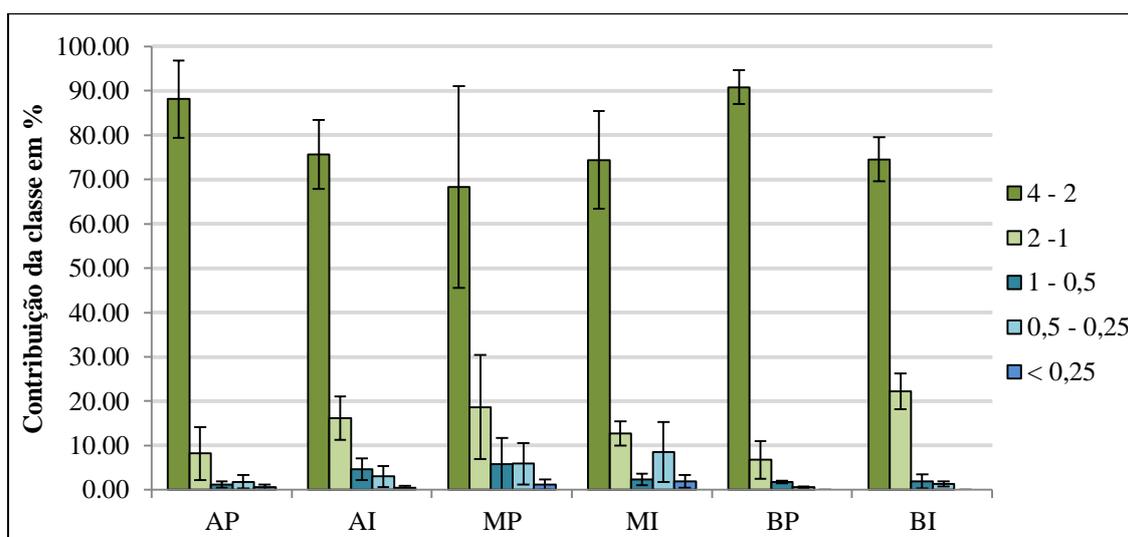


Figura 41: Contribuição percentual das diferentes classes de agregados.

Tabela 8: Contribuição percentual do peso das classes de agregados para todas as parcelas.

%	4 - 2 mm	2 - 1 mm	1 - 0,5 mm	0,5 - 0,25 mm	< 0,25 mm
AP	88.1 ± 8.67	8.21 ± 5.98	1.22 ± 0.74	1.85 ± 1.49	0.61 ± 0.53
AI	75.64 ± 7.82	16.18 ± 4.90	4.62 ± 2.47	3.037 ± 2.41	0.52 ± 0.45
MP	68.31 ± 22.74	18.7 ± 11.75	5.81 ± 5.94	5.91 ± 4.72	1.27 ± 1.16
MI	74.38 ± 11.03	12.78 ± 2.73	2.39 ± 1.26	8.55 ± 6.77	1.9 ± 1.41
BP	90.8 ± 3.77	6.77 ± 4.23	1.82 ± 0.30	0.61 ± 0.22	0 ± 0
BI	74.5 ± 4.95	22.24 ± 3.97	1.9 ± 1.57	1.37 ± 0.59	0 ± 0

6.6-Matéria orgânica dos agregados

Ainda no intuito de contemplar a contribuição da serapilheira na estrutura do solo, foi mensurado o percentual de matéria orgânica contido nos agregados maiores (4 – 2 mm).

O valor médio de contribuição em massa da matéria orgânica nesta classe de agregados foi de 9.07% (± 3.04). Pereira e Castro Jr. encontraram valores entre 7 e 12% de matéria orgânica nesta mesma classe de agregados, em fragmento secundário de Mata Atlântica.

Apesar da distribuição das classes de agregados não ter variado, como já foi citado, a contribuição percentual da matéria orgânica nos agregados de 4 a 2mm variou significativamente entre as parcelas (figura 42). Destaca-se a maior contribuição em AP ($14,43 \pm 2,00$). Com a segunda maior contribuição têm-se as parcelas MP e BP ($10,03 \pm 0,31$ e $9,7 \pm 0,2$, respectivamente). Nota-se então, que as três parcelas de maior contribuição foram as três parcelas consideradas planas. As menores contribuições foram observadas em AI e BI ($7,03 \pm 0,55$ e $5,5 \pm 0,66$, respectivamente), e os valores encontrados em MI ($7,7 \pm 0,36$) não foram significativamente diferentes do que os encontrados em MP e BP. Dessa forma, a Média encosta foi a única a não apresentar diferença significativa entre a parcela Plana e a Íngreme.

A tendência de diferença entre as condições de declividade foi confirmada estatisticamente, com a maior contribuição nas parcelas planas (figura 43). Também foi identificada variação em função da posição na encosta, com tendência de diminuição da contribuição no sentido encosta abaixo, Entretanto, à exemplo do ocorrido no deslocamento da serapilheira, não foi possível identificar as populações (posições na encosta) variantes com o teste *a posteriori*, em razão da variação associada às condições de declividade.

Segundo Pillon e colaboradores (2002), e Tan (2003), a fração da matéria orgânica que mais atua sobre a formação de agregados é a de material semi-decomposto, que compõem os ácidos húmicos. Segundo estes autores, a formação do húmus é inversamente proporcional à atividade decompositora microbiana (mineralização), pois a eficiência na decomposição tende a diminuir o acúmulo destas frações, formadas pelos compostos mais resistentes. Sendo assim, parece simples entender a menor contribuição da matéria orgânica no sentido encosta abaixo, pois foi identificada a melhoria das condições de umidade para a decomposição neste mesmo

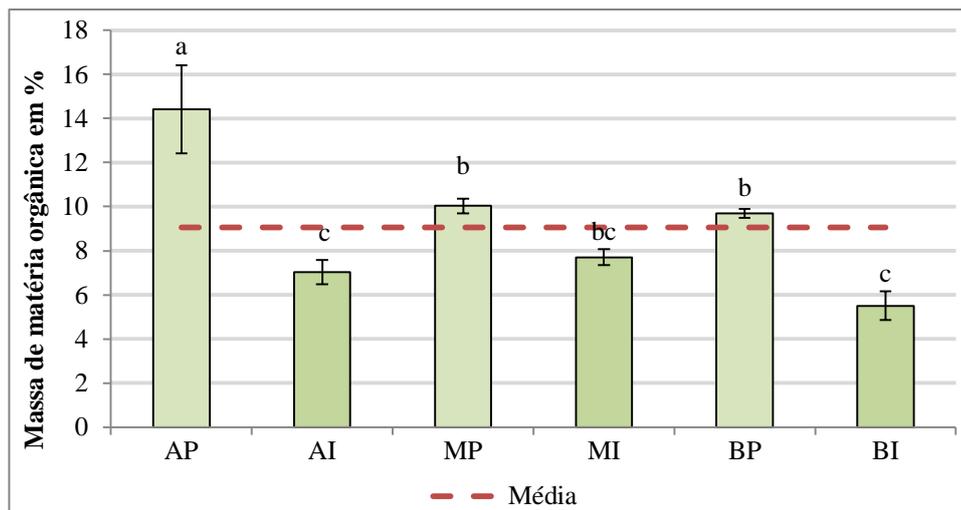


Figura 42: Contribuição percentual da matéria orgânica nos agregados de 4-2mm por parcela.

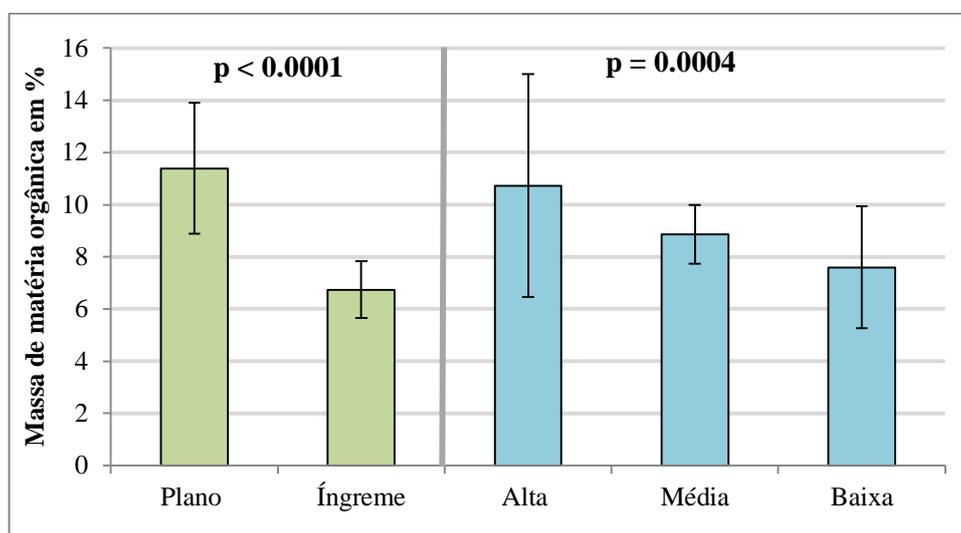


Figura 43: Contribuição percentual da matéria orgânica nos agregados de 4-2mm para a condição de declividade e posição na encosta.

gradiente. Lembra-se que em AP foi identificada como a parcela com maior acúmulo de serapilheira e uma menor produção, indicando decomposição menos eficiente. Todavia, lembra-se também que as parcelas íngremes apresentaram teores de umidade menores em relação às planas, onde a grandeza das diferenças entre as posições na encosta foi próxima às encontradas entre as parcelas Planas e Íngremes. Dessa forma, partindo-se da ideia supracitada de que a contribuição da matéria orgânica nos agregados tende a aumentar com a diminuição da eficiência da decomposição, seria esperada a maior contribuição nas parcelas íngremes, ao contrário do observado.

Resgata-se a hipótese sugerida no subcapítulo 6.3.1 (Experimento folhas marcadas), de que as frações fragmentadas da serapilheira poderiam deslocar-se mais facilmente encosta abaixo. A perda desse material que, provavelmente, já sofreu a lavagem dos elementos mais solúveis e já foi bastante fragmentado, estando em uma fase avançada na cinética de decomposição, caracterizando potencial fonte material ao húmus, poderia ser um possível fator à menor contribuição de matéria orgânica nos agregados nas parcelas íngremes.

6.7-Carbono total no solo

Foram realizadas análises do conteúdo de carbono total no solo. Em virtude de terem sido utilizadas amostras compostas (por 9 sub-amostras) não foram realizados testes estatísticos na comparação destes dados.

A maior concentração de Carbono foi observada em AP e a segunda maior em BP (figura 44). Lembra-se que em AP a produção foi a menor entre todas as parcelas, porém esta apresentou maior estoque associado a um ambiente menos favorável à decomposição, e que em BP encontrou-se o segundo maior estoque, porém este associado à produção mais intensa. A semelhança dos resultados de carbono total com os de estoque, assim como os da fração MFO, estimularam a utilização de correlação linear (r de Pearson) para que fosse avaliado a qual destas duas variáveis a presença de carbono no solo responde melhor. Notou-se que a presença de carbono no solo corresponde-se melhor ao estoque total de serapilheira do à sua fração de material fino (MFO).

6.8 - PH do Solo

O pH (H_2O) do solo foi avaliado com o intuito de se identificar sua variação no perfil topográfico, baseando-se na ideia de que os produtos da decomposição incompleta têm pH ácido (ácidos húmicos), sendo este um dos principais fatores que impõe a acidez ao solos tropicais (Tonhasca, 2005).

Analisando-se os dados de pH, nota-se que este torna-se menos ácidos no sentido encosta abaixo (figura 45). Resultado semelhante foi encontrado por Accioly

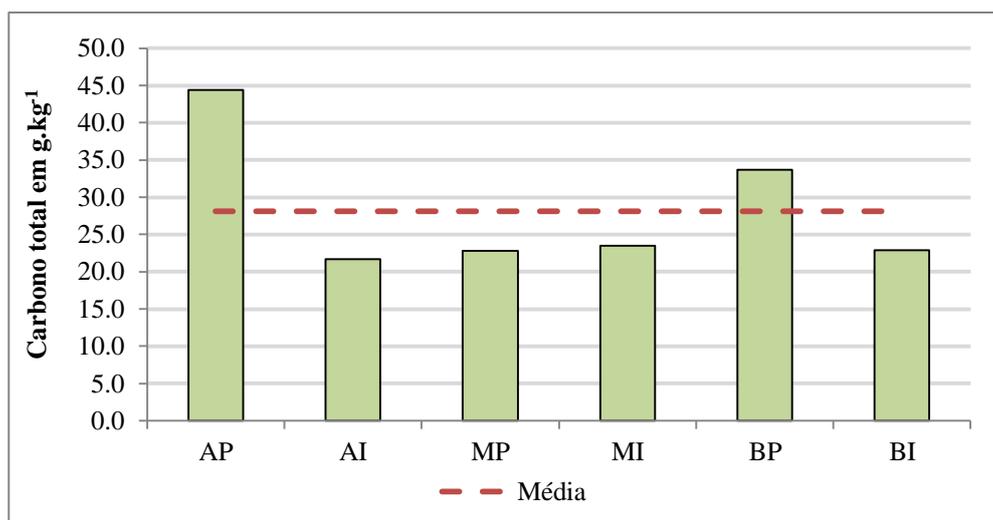


Figura 44: Carbono total por parcela.

Tabela 9: Carbono total (g.kg⁻¹), material fino orgânico (MFO) e estoque total de serapilheira (t.ha⁻¹), correlação linear de Pearson (r) em relação ao carbono total.

	Carbono Total	MFO	Estoque Total de Serapilheira.
AP	44.4	1.85	10.34
AI	21.7	1.05	5.45
MP	22.8	0.75	6.04
MI	23.5	0.46	4.68
BP	33.7	1.00	8.21
BI	22.9	0.34	3.93
r		0.85	0.94

(2011) e Zueng-Sang Chen (1997, citado por Accioly, *op. cit.*). Embora o debate sobre as variações de pH possam ser complexas, envolvendo a dinâmica de diversos elementos e processos, como a presença de alumínio, por exemplo, infere-se aqui, apenas, sobre o possível maior acúmulo de ácidos húmicos no solo no sentido encosta acima. Este seria ditado pelo gradiente de umidade, configurando uma relação inversa entre estes fatores, através do condicionamento da umidade à atividade decompositora. Um melhor desenvolvimento deste debate pode ser encontrado em Accioly (2011), porém suas inferências vão de encontro ao aqui exposto.

A influência que a dinâmica da serapilheira é capaz de exercer sobre as características químicas do solo vai muito além dos parâmetros aqui tratados. Torna-se fundamental o aprofundamento das análises químicas para o melhor entendimento de

como o acúmulo de serapilheira condiciona os atributos do solo em diferentes escalas espaciais.

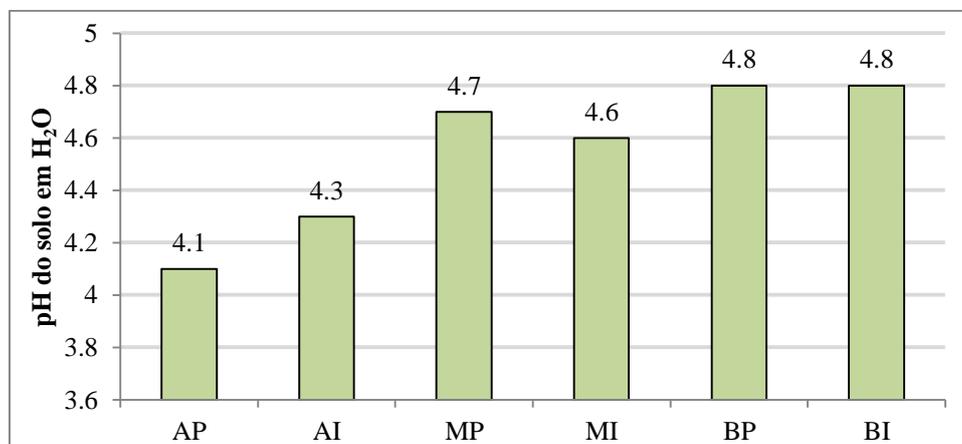


Figura 45: PH do solo por parcela.

7- CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

Espera-se que tenha ficado claro o objetivo deste trabalho de avaliar a capacidade da topografia (posições na encosta) e microtopografia (declividades) de condicionarem, conjuntamente, a formação de estoques de serapilheira espacialmente heterogêneos. Este capítulo tem o objetivo de fazer uma breve releitura dos resultados mais expressivos, conectando-os em uma cadeia lógica de raciocínio para que seja alcançado este objetivo.

A produção de serapilheira apresentou tendência de aumento no sentido encosta abaixo, não apresentando qualquer influência da declividade. Destaca-se a menor produção no divisor (AP). É possível que esta variação esteja associada à estrutura da vegetação, onde se encontrou tendência de aumento do DAP médio neste mesmo gradiente. É provável que as áreas de divisor sejam mais susceptíveis a escassez de água em períodos de estiagem, o que pode condicionar a formação de uma vegetação com maior número de indivíduos, porém de pequeno porte e um sub-bosque mais denso.

Embora seja conhecido o fato de que a produção de detritos responde inversamente à pluviosidade ao longo dos ciclos sazonais como resposta fisiológica da comunidade vegetal, ao observar a dinâmica temporal de deposição de forma temporalmente mais pontual foi possível notar que os eventos de chuva incrementam a deposição de detritos, provavelmente, por conta da ação mecânica das dinâmicas atmosféricas (aumento da velocidade dos ventos e etc.), sobre as folhas senis. É possível que eventos de maior intensidade possam apresentar resultados mais expressivos neste sentido do que chuvas mais distribuídas ao longo do tempo. Esta observação atenta a possíveis interferências das condições atmosféricas antecedentes à coleta sobre os resultados.

O estoque de serapilheira sobre o solo variou consideravelmente em função da declividade, enquanto sua variação em função da posição na encosta não foi significativa. Na média geral, o estoque foi 43% menor nas áreas íngremes em relação às áreas planas. A parcela AP apresentou maior estoque mesmo com a produção menor, o que se explica por uma tendência de cinética mais lenta de decomposição do material, em virtude da menor recorrência de umidade na serapilheira. Como já foi dito, a imposição de declividade acarretou em menores estoques. Todavia, é provável que estes

menores estoques não reflitam decomposição mais eficiente, pois os teores de umidade também foram menores para as áreas íngremes. Os menores estoques nas áreas íngremes parecem refletir às dinâmicas de deslocamento lateral da serapilheira.

O deslocamento lateral da serapilheira foi muito mais intenso nas áreas íngremes, e demonstrou afinidade temporal com a produção, o que aponta para o fato de que parte do material produzido pode encontrar dificuldade de se depositar verticalmente à sua fonte, percorrendo o caminho encosta abaixo até o ponto que a diminuição da declividade permita sua deposição. Soma-se a isto, que parte do material depositado em áreas íngremes pode ser translocado encosta abaixo pela ação transportadora da água, onde surge a hipótese de que as camadas F (folhas fragmentadas) e MFO (Material orgânico < 2mm) poderiam ser translocadas mais facilmente, de forma lenta e gradual.

Apesar das áreas planas tenderem a maiores estoques, a estrutura da serapilheira se manteve bem parecida entre áreas planas e íngremes. Todavia, apreciou-se a tendência de mudança estrutural da serapilheira em função da posição da encosta, com maior contribuição de MFO na Alta encosta. Este fato corrobora a ideia de decomposição mais lenta para esta porção da encosta.

Em relação ao solo, a comparação da contribuição das diferentes classes de tamanho de agregados não apresentou variação, porém o conteúdo de matéria orgânica nos agregados maiores (4 – 2 mm) foi significativamente maior na alta encosta e para as áreas planas.

O conteúdo de carbono total no solo apresentou forte afinidade às massas de estoque de serapilheira sobre ele, apresentando-se maior na porção Alta encosta. A incorporação de carbono costuma ser maior em ambientes de baixa decomposição, como já foi sugerido que é a condição apresentada na Alta encosta. O pH tornou-se menos ácido no sentido encosta abaixo. A acidez na Alta encosta também deve ser reflexo desta condição, em função da maior acumulação de ácidos húmicos.

Desta forma, conclui-se que o estoque de serapilheira apresentou heterogeneidade significativa ao longo de um perfil de aproximadamente 550m de encosta, e que pôde ser associada à ação conjunta da topografia e declividades. Ambas as hipóteses sugeridas puderam ser confirmadas. Verificou-se que a posição na encosta influenciou: a produção de detritos, que aumentou encosta abaixo; e o ambiente de decomposição, que se tornou favorável gradualmente encosta abaixo. A imposição de declividade influenciou: o estoque de serapilheira, com maiores estoques em áreas

planas, caracterizando perda de detritos para jusante em áreas íngremes; e o ambiente de decomposição, que se apresentou mais favorável nas áreas planas, com maior umidade na serapilheira do que nas áreas íngremes.

Por fim, salienta-se que os estoques de serapilheira são reflexos da interação de diversos fatores bióticos e abióticos, e que, neste trabalho, foi criado um desenho amostral que favorecesse o reconhecimento das diferenças associadas à topografia e à microtopografia.

Não há nenhuma intenção de se afirmar que estes fatores se sobrepõem a outros. Pelo contrário, acredita-se que a influência direta destes fatores, como aqui apresentados, emergem à medida que se homogeneiza outros, como os associados às condições climáticas e características florísticas. Buscou-se com a pontualidade da escala espacial essa homogeneização, para fazer emergir a ideia de que a dinâmica da serapilheira em encostas pode ter peculiaridades não encontradas em florestas planas.

Finaliza-se a presente dissertação ressaltando-se que estudos sobre serapilheira que priorizem áreas planas, o que ocorre muitas vezes por conta da logística complicada em áreas íngremes, podem acabar por superestimar seus estoques, e, por conseguinte, as taxas de retorno de nutrientes e a retenção hídrica deste compartimento, quando feita as extrapolações. A heterogeneidade espacial da declividade deve ser abarcada pelo delineamento das coletas em áreas de encosta, sob risco desta superestimativa. Ao mesmo tempo, a aplicação de razões entre produção e estoque (k') também deve se precaver em abarcar esta heterogeneidade nas coletas, sob o risco de subestimar as taxas de decomposição quando as coletas se concentrarem em áreas planas, com o oposto acontecendo quando das coletas concentradas em altas declividades. Assim espera-se ter sido possível dar uma pequena contribuição à ciência e aos cientistas interessados nos temas que envolvem a serapilheira.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, T.; SAKAMOTO, T.; TANAKA, H.; KABEYA, N.; NOBUHIRO, T.; HAGINO, H. (2009) Estimate downslope leaf-litter on a forest floor using artificial leaves. **J. Japanese For. Soc.** v.91, p.104-110.
- ACCIOLY, M. D. (2011) Influência da topografia na dinâmica de bordas floresta-gramínea em um relevo montanhoso, maciço da Tijuca - RJ. Dissertação de Mestrado PPGG-UFRJ. 123p.
- ADL, S.M. (2003) The Ecology of Soil Decomposition. CABI Publishing. 335p.
- BORÉM, R. A., RAMOS, D. P. (2002) Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica. **CERNE**, V. 8, N. 2, p. 042-059.
- BROWN, A.D. e HILL, S.M. (2003) Litter dams: a new method of mapping surface dispersion vectors at the white dam prospect, curnamona craton, AS. **Advances in Regolith**, (sn), p.24-28.
- CANELLAS, L. P. e SANTOS G. A. (2009) Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. UENF, Campos dos Goytacazes, 309p.
- CASTRO JÚNIOR, E. (1991) O papel da fauna endopendônica na estruturação física do solo e seu significado para a hidrologia de superfície. Dissertação de mestrado PGG/ UFRJ. 150p.
- CASTRO JUNIOR, E. (2002) Valor indicador da fauna de macroartrópodes edáficos em fragmentos primários e secundários do ecossistema de floresta de tabuleiros, ES. Tese de Doutorado, PGG/UFRJ.
- CHIROL, A. A. (2009). Reabilitação funcional de clareiras associadas a deslizamentos em encostas íngremes sob a floresta atlântica – uma abordagem geohidroecológica. Tese de Doutorado PGG/UFRJ, 156p.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1999) Modelagem de Sistemas Ambientais. São Paulo: Edgard Blucher, 236p.
- CLEVELARIO JUNIOR, J. (1988) Quantificação da massa e do reservatório de nutrientes na serapilheira da bacia do Alto rio Cachoeira, Parque Nacional da Tijuca e avaliação da sua participação na ciclagem de nutrientes. UFF, Tese de Doutorado.
- COELHO NETTO, A. L. (1987) Overlandflow production in a tropical rainforest catchment: the role of litter cover. **Catena**, v 14, p. 213-231.
- COELHO NETTO, A. L. (2005) A interface florestal-urbana e os desastres naturais relacionados à água no Maciço da Tijuca: desafios ao planejamento urbano numa perspectiva sócio-ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, 16, p. 46-60.

- COELHO NETTO, A. L. (2007) Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. Geomorfologia: Uma atualização de Bases e Conceitos – 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA (2007) Mosaico de Unidades de Conservação do Corredor da Serra do Mar. Caderno 32 in: Série de Conservação de Áreas Protegidas.
- DRUMOND, J. A. (1988) O jardim dentro da máquina: breve história ambiental da Floresta da Tijuca. **Estudos Históricos**, Rio de Janeiro, v 1, p. 276-298.
- EMBRAPA (1997) Manual de métodos de análise do solo. 2ª Ed. Rio de Janeiro, 212p.
- FERNANDES, N. F. (1990) Hidrologia subsuperficial e propriedades físico-mecânicas dos “complexos de rampa” – Bananal (SP). Rio de Janeiro, UFRJ, IGEO, trabalho de Dissertação.
- FIGUEIRÓ, A.S. (2005) Mudanças ambientais na interface floresta-cidade e propagação de efeito de borda no Maciço da Tijuca - Rio de Janeiro, RJ. Tese de doutorado - IGEO-UFRJ, 380p.
- GARAY, I. & SILVA, B. A. (1995) O.Húmus florestais: síntese e diagnóstico das interrelações vegetação/solo. In: ESTEVES, F., ed **Oecologia Brasiliensis**: Simpósio Sobre Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas. Rio de Janeiro, p.19-46.
- GARAY, I.; KINDEL, A.; CALLIPO, A.; BARROS, M.E.O. & JESUS, R.M. (1995) Formas de húmus em ecossistemas de Floresta Costeira Intertropical. I. A Mata Atlântica de Tabuleiros. In: ESTEVES, F., ed. **Oecologia Brasiliensis**: estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas. p.1-18.
- GOLLEY, F. B. (1978) Ciclagem de nutrientes em um ecossistema de floresta tropical úmida. São Paulo: EDUSP, 256p..
- GOTELLI, N. J. e ELLISON, A. M. (2011) Princípios de estatística em ecologia. Ed. Artmed, RS, 527p..
- HARR, R. D. (1977) Water flux in soil and subsoil on steep forested slope. **Journal of Hydrology**, v 33, p. 37-58.
- HART, S. K.; HIBBS, D. E. e PERAKIS, S. S. (2013) Riparian litter inputs to streams in the central Oregon Coast Range. *Freshwater Science*, v.32(1), p.343-358.
- JORDAN, C. F. & HERRERA, R. (1981) Tropical rain forests: are nutrients really critical? **American Naturalist** 117: 167-180.
- KINDEL, A. (2001) Fragmentação real: heterogeneidade de remanescentes florestais e valor indicador das formas de húmus. Tese de Doutorado, UFRJ/IGEO.

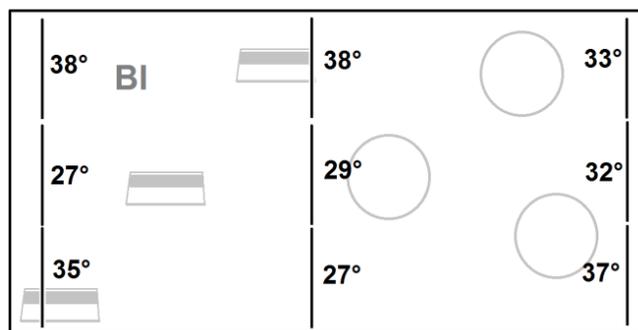
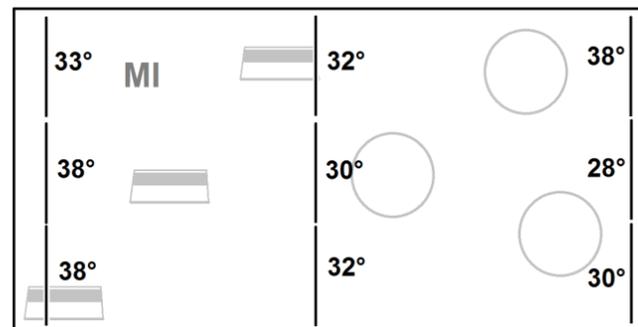
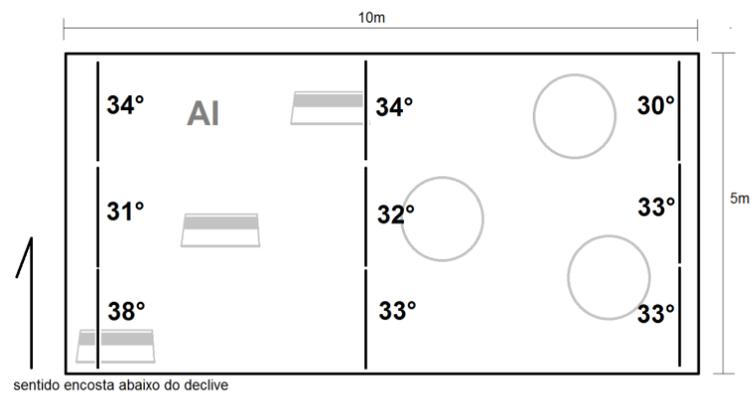
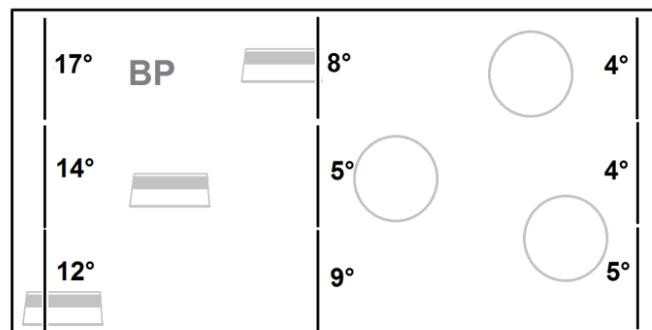
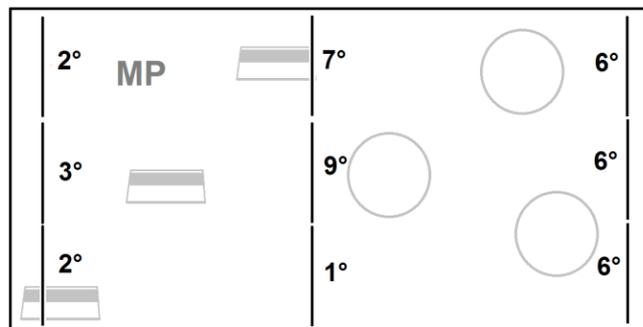
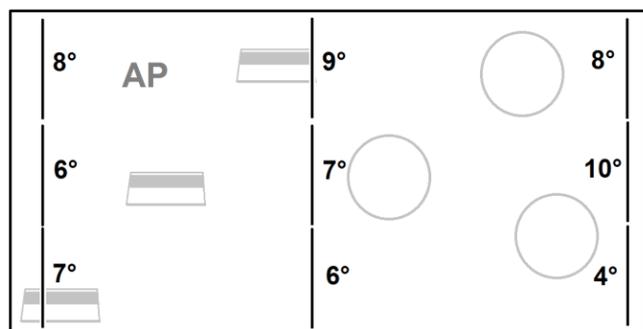
- LAVELLE, P., BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S., SPAIN, A. (1993) A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. **Biotropica**, v 25(2), p. 130-150.
- LIMA, W. P. (2008) hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas. Piracicaba, USP, Edição própria do autor, 128p.
- MAGANA, A. E. M. (2001) Litter input from riparian vegetation to streams: a case study of the Njoro River, Kenya. *Hydrobiologia*, v.458, p.141-149.
- MIRANDA, F. S. M.; D'ARROCHELLA, M. L. G. e CASTRO Jr, E. (2009a) Relações entre microtopografia e estoque de matéria orgânica de superfície em vertentes retilíneas no Parque nacional da Tijuca, RJ. Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço – MG.
- MIRANDA, F. S. M.; D'Arrochella, M.L.G.; ARAUJO, R. S.; Castro Jr, E. (2009b) A influência da topografia na variabilidade espacial do estoque de matéria orgânica de superfície no Parque Nacional da Tijuca-RJ. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.
- MIRANDA, J. C. (1992) Intercepção das chuvas pela vegetação florestal e serapilheira nas encostas do Maciço da Tijuca: Parque Nacional da Tijuca, RJ, UFRJ, IGEO, dissertação de mestrado, 1992.
- MORENO, M. H. (2009) Development of soil physical structure and biological functionality in mining soils affect by soil erosion in a Mediterranean-Continental environment. **Geoderma**, v.149, p249-256.
- NORONHA, F. (2006) Avaliação da heterogeneidade das formas de humus em distintas escalas numa paisagem fragmentada de Floresta Atlântica de Tabuleiros, Sooretam, ES. Dissertação de Mestrado, PGG/UFRJ.
- ORNDORFF, K. A.; LANG, G. E. Leaf litter redistribution in a West Virginia Hardwood Forest. **Journal of Ecology**, v 69 (1), p 225-235, 1981.
- OLIVEIRA, P. C.; CARVALHO, C. J. R. (2009) Fósforo, nitrogênio, lignina, celulose e polifenóis em amostras de serapilheira foliar de *Neea macrophylla*, *Cecropia palmata*, *Casearia arbórea* no Nordeste do Estado do Pará. **Ver. Bras. de Agroecologia**, v 4(3), p. 20-28.
- OLIVEIRA, R. R. (1987) Produção e decomposição de serapilheira no Parque Nacional da Tijuca. Dissertação de Mestrado, UFRJ/IGEO.
- OLIVEIRA, R. R.; LACERDA, L. D. (1988) Contaminação por chumbo na serapilheira do Parque Nacional da Tijuca – RJ. *Act. Bot. Bras.* V. 2, p. 165-169.
- OLIVEIRA, R. R.; ZAÚ, A. S.; SILVA, D. F.; VIANNA, M. C.; SODRÉ, D. O.; SAMPAIO, P. D. (1995) Significado ecológico da orientação de encostas do Maciço da Tijuca, rio de Janeiro. **Oecologia Brasilienses**, v 1, p. 523-541.
- OLSON, J.S. (1963) Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 4 (2), p. 322-331.

- RIBEIRO, M.; METZGER, J. P. ; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. ; HIROTA, M. (2009) Brazilian Atlantic forest: how much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141-1153.
- PEREIRA, T.F.P.D. (2005) Uso de indicadores funcionais globais do diagnóstico geobiofísico de casos de fragmentação da floresta atlântica na bacia do rio Macacú (RJ). Dissertação de Mestrado, UFRJ/IGEO.
- PEREIRA, T.F.P.D. e CASTRO JUNIOR, E. (2006) Análises físicas e químicas do topo do solo (horizonte a) em um fragmento florestal de Mata Atlântica submetido a eventos de fogo recorrentes na Bacia do Rio Macacu (RJ). Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology, p.1-11.
- PILLON, C. N.; MIELNICZUK, J.; MARTIN NETO, L. (2002) Dinâmica da matéria orgânica no ambiente. EMBRAPA, RS. 41p.
- PORTELA, R. C. Q. e SANTOS, F. A. M. (2007) Produção e espessura da serrapilheira na borda e no interior de fragmentos florestais de Mata Atlântica de diferentes tamanhos. **Rev. Brasil. Bot.**, v. 30, n. 2, p. 271-280.
- PRIMAVESI, A. (1987) O manejo ecológico do solo. São Paulo, Nobel, 541p.
- PUGET, P.; CHENU, C.; ANGERS, D. A.; BALESSENT, J. (1998) Relation of soil aggregation dynamics to soil organic matter decomposition. 16^o Congresso Mundial de Ciências do Solo, Montpellier, SICS. link: <http://natres.psu.ac.th/Link/SoilCongress/bdd/symp41/601-t.pdf>.
- SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; BIULDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S. (2009) Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.13, n.2, p.183–189.
- SANTOS, L. S.; VÁLIO, I. F. M. (2002) Litter accumulation and its effect on seedling recruitment in southeast brazilian tropical forest. **Revista Brasil. Bot.**, v.25 (1), p.89-92.
- SATO, A. M. (2008) Resposta geo-hidroecológicas à substituição de pastagens por plantações de eucalipto no médio vale do Rio Paraíba do Sul: a interface solo-biota-água. Dissertação de Mestrado, UFRJ/IGEO.
- SELVA, E. C.; COUTO, E. G.; JOHNSON, M. S. e LEHMANN, J. (2007) Litterfall production and fluvial export in headwater catchments of the southern Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, v.23, p.329–335.
- SILVA, C. A., TORRADO, P. V., PÉREZ, M. G., NETO, M. L., VASQUEZ, F. M. (2007) Relações entre matéria orgânica do solo e declividade de vertentes em topossequência de latossolos no sul de Minas Gerais. **R. Bras. Ci. Solo**, 31 : p. 1059-1068.
- SILVA, J. A. A. e NETO, F. P. (1979) Princípios básicos de dendrometria. Imprensa Universitária da UFRPE, 191p..

- SOS MATA ATLÂNTICA & IMPE (2006) <http://www.sosmatatlantica.org.br/> (Portal).
- SUERTEGARAY, D. M. A. e NUNES, J. O. R.(2001) A natureza da geografia física na Geografia. **Terra Livre**, n. 17, p. 11-24.
- SWIFT, M. J., HEAL, O.W. & ANDESON, J. M. (1979) Decomposition in Terrestrial Ecosystems. University of California Press, Berkley, Los Angeles, 327p.
- TAN, K. H. (2003) Humic matter in soil and environment: principles and controversies, Nova York: Headquarters.
- TONHASCA JUNIOR, A. (2005) Ecologia e história natural da Mata Atlântica. Rio de Janeiro, Interciência.
- TURNER, I. M. (2004) The ecology of trees in the tropical rain forest. Cambridge U. P., 298p.
- VALLEJO, L. R. (1982) A influência do litter na distribuição das águas pluviais. Dissertação de Mestrado, PGG/UFRJ.
- VITAL, A.R.T.; GUERRINI, I.A.; FRANKEN, W.K.; FONSECA, R.C.B. (2004) Produção de Serapilheira e Ciclagem de Nutrientes de uma Floresta Estacional Semidecidual em Zona Ripária. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.793-800.
- WOODWELL, G. M.; WIHTTAKER, R. H. (1968) Primary Production in Terrestrial Ecosystems. **American Zoologist**, v.8 (1), p.19-30.
- ZAÚ, A. S. (2004) Cobertura vegetal: transformações e resultantes microclimáticas e hidrológicas superficiais na vertente norte do Morro do Sumaré, Parque Nacional da Tijuca. Dissertação de Mestrado, UFRJ/IGEO.
- ZORNOZA, R.; MATAIX-SOLERA, J.; GUERRERO, C.; ARCENEGUI, V.; MAYORAL, A. M.; MORALES, J.; MATAIX-BENEYTO (2007) J. Soil properties under natural forest in the Alicante Province of Spain. **Geoderma**, v.142, p.334-341.

Anexo 1

Medições de declividade em cada parcela.



Anexo 2

Tabela do estoque de serapilheira em t.ha⁻¹.

	L	F	Galhos	Mat. Reprodutivo	Raízes	MFO
AP	0.25 ± 0.35	5.08 ± 1.2	2.66 ± 0.73	0.49 ± 0.4	0.34 ± 0.32	1.85 ± 0.4
AI	0.25 ± 0.11	2.43 ± 2.2	1.64 ± 0.06	0.08 ± 0.06	0.32 ± 0.51	1.05 ± 1.1
MP	0.25 ± 0.1	2.16 ± 0.75	2.45 ± 0.6	0.42 ± 0.62	0.04 ± 0.05	0.75 ± 0.37
MI	0.20 ± 0.18	2.48 ± 1.34	1.42 ± 0.66	0.12 ± 0.11	0.07 ± 0.07	0.46 ± 0.5
BP	0.37 ± 0.2	3.95 ± 0.6	2.69 ± 0.9	0.24 ± 0.19	0.36 ± 0.37	0.94 ± 0.4
BI	0.37 ± 0.23	1.53 ± 1.2	1.45 ± 0.98	0.160 ± 0.09	0.03 ± 0.05	0.34 ± 0.6