

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS

Dissertação

Efeito da Pedoforma no Processo de Sucessão Secundária em
Fragmentos Florestais na Região do Médio Vale do Paraíba do
Sul, Pinheiral, RJ.

GILSONLEY LOPES DOS SANTOS

2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

**EFEITO DA PEDOFORMA NO PROCESSO DE SUCESSÃO SECUNDÁRIA EM
FRAGMENTOS FLORESTAIS NA REGIÃO DO MÉDIO VALE DO PARAÍBA DO SUL,
PINHEIRAL, RJ**

GILSONLEY LOPES DOS SANTOS

Sob a orientação do Professor
Marcos Gervasio Pereira

Co-orientação do Pesquisador
Luiz Fernando Duarte de Moraes

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração Silvicultura e Manejo Florestal.

**Seropédica, RJ
Fevereiro de 2014**

634.956098153

S237e

T

Santos, Gilsonley Lopes dos, 1985-

Efeito da pedofoma no processo de sucessão secundária em fragmentos florestais na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, RJ / Gilsonley Lopes dos Santos – 2014.

130 f.: il.

Orientador: Marcos Gervasio Pereira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

Inclui bibliografias.

1. Florestas – Reprodução – Mata Atlântica – Teses. 2. Fertilidade do solo – Teses. 3. Física do solo – Teses. 4. Química do solo – Teses. I. Pereira, Marcos Gervasio, 1965-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Dissertação, desde que seja citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

GILSONLEY LOPES DOS SANTOS

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Silvicultura e Manejo Florestal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 25/02/2014

Marcos Gervasio Pereira. Prof. Dr. UFRRJ
(Orientador)

Lucas Amaral de Melo. Prof. Dr. UFRRJ

Fabiano de Carvalho Balieiro Dr. Embrapa Solos

*Aos meus pais,
Aos meus irmãos,
Aos meus familiares e
Amigos.*
Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por está sempre me guiando nos desafios da vida.

Aos meus pais: José Augusto e Joana, meus irmãos: Tomazia, Gilmar, José da Paixão, Gilma, Célio e Nedinária, e minha vó Enedina (*in memorian*), por todo amor, dedicação, incentivo aos estudos e confiança.

A toda minha família pelo incentivo aos estudos.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade de estudo e toda a estrutura oferecida para minha formação acadêmica.

Aos professores e técnicos da UFRuralRJ, pela contribuição na minha formação pessoal e profissional.

Ao meu Orientador Dr. Marcos Gervasio Pereira pela paciência, dedicação, atenção, amizade e orientação.

Ao Pesquisador Luiz Fernando Duarte de Moraes pelas orientações.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

A CAPES pela concessão a bolsa.

A FAPERJ pelo financiamento do projeto.

Ao pesquisador do IFRJ – Campus Nilo Peçanha - Pinheiral, Professor Carlos Eduardo Gabriel Menezes pelos ensinamentos e colaborações na realização deste trabalho.

Aos membros do LGCS e LIEA: Anderson, Sandra, Victória, Thais, Tiago, Elias, Daniel, Vanessa Freo, Vanessa Vital, Wanderley, Deyvid, Celeste, Alexandre, Rafaela, Leticia, Julio, Eduardo, Sidinei, Shirley, Rony, André, Guilherme, José Luiz, Rafael, Paula Fernanda, Alessandro Samuel, Lucia Helena, Kenedy, Cássio e Octávio, pelo convívio, ajuda nos transportes, nos trabalhos de campo, de laboratório, conversas e descontrações.

Aos professores Marcos Bacis, Rafael Delgado, Marcio Rocha pela troca de conhecimentos e contribuição na realização desse trabalho.

E a todos que por falha da memória não foram citados, que contribuíram para minha formação acadêmica e realização desse trabalho.

Obrigado

BIOGRAFIA

Gilsonley Lopes dos Santos nasceu no dia 20 de Junho de 1985 na cidade de Januária, Estado de Minas Gerais, filho de José Augusto dos Santos e Joana Lopes dos Santos. Ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em outubro de 2005, no curso de Licenciatura em Ciências Agrícolas no qual permaneceu até o ano de 2008, quando transferiu para o curso de Engenharia Florestal, sendo graduado Engenheiro Florestal em Julho de 2011. Foi monitor na Disciplina de Zoologia Geral durante os anos de 2006 e 2007. Bolsista de iniciação científica nos anos de 2008 e 2010. Em março de 2012 ingressou no programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de concentração em Silvicultura e Manejo Florestal.

RESUMO GERAL

SANTOS, G. L. **Efeito da Pedoforma no Processo de Sucessão Secundária em Fragmentos Florestais na Região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, RJ.** 2014. 130 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2014.

Diversos são os modelos de paisagem que buscam entender as relações entre as condições do solo e a topografia. Os aspectos topográficos do terreno são bons indicadores da variação dos atributos do solo, sendo essa variabilidade causada por pequenas alterações do declive, o que gera uma variedade de situações ambientais, como: gradiente de umidade, fertilidade do solo, transporte de partículas do solo e na organização vertical do dossel das florestas. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o padrão da regeneração natural em dois ambientes (convexo e côncavo), com cobertura florestal (Floresta Atlântica) em estágio avançado de sucessão, buscando identificar fatores ambientais que favorecem o processo de regeneração natural. O estudo foi realizado na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, que compõe a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, localizado entre as latitudes 22°29'03''S e 22°35'27''S e entre as longitudes 43°54'49''W e 44°04'05''W, cuja vegetação original denomina-se Floresta Estacional Semidecidual Submontana. A regeneração natural na Região de Mar de Morros ocorre preferencialmente em ambientes com declividade ondulada a forte ondulada, orientação sudeste a sudoeste, radiação global entre 1.500.000 a 1.700.000 Watts e superfície plana. O tipo da pedoforma influenciou na distribuição das espécies arbóreas, sendo a maior densidade e riqueza observada em ambiente convexo e a maior diversidade em ambiente côncavo, no estoque e teor de nutrientes, o maior estoque foi observado na pedoforma convexa e os maiores teores K^+ e Mg^{+2} nos mini sítios (MS) inferiores das pedoformas convexa e côncava e na composição do banco de sementes sendo a maior riqueza na pedoforma convexa e maior diversidade na pedoforma côncava. O padrão de distribuição dos atributos físicos e químicos do solo foi influenciado pelo tipo da pedoforma, o gradiente topográfico, a variação da declividade e a profundidade do solo. O padrão de distribuição das espécies arbóreas, tanto na estrutura da vegetação, quanto no banco de sementes do solo, foi influenciado pelos atributos físicos e químicos do solo, os quais são determinados pelas condições topográficas (altitude e declividade), sendo essas espécies vegetais importantes quanto ao uso em reflorestamento de ambientes antropizados. A partir da análise conjunta dos dados, infere-se que o processo de sucessão iniciou-se na pedoforma côncava em função das melhores condições observadas.

Palavras-chave: Floresta Atlântica, relevo, ciclagem de nutrientes, atributos do solo, regeneração natural.

GENERAL ABSTRACT

SANTOS, G. L. **Effect of landform in the Succession Process in Forest Fragments in the Eastern Region of Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, RJ.** 2014. 130 p. Dissertation (Masters in Environmental Science and Forestry). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2014.

There are several models of landscape seeking to understand the relationships between soil conditions and topography. The topographical features of the terrain are good indicators of changes in soil properties, with the variability caused by small changes of the slope, which generates a variety of environmental conditions, such: as moisture gradient, soil fertility, carrying soil particles and vertical organization of the forest canopy. Thus, the aim of this study was to evaluate the pattern of natural regeneration in two environments (convex and concave), with forest cover (Atlantic Forest) in advanced stage of succession in order to identify environmental factors that favor the natural regeneration process. The study was conducted in the sub-basin of ribeirão Cachimbal, which comprises the basin of the Paraíba do Sul River, located between latitudes 22°29'03" S and 22°35'27" S and between longitudes 43°54'49 "W and 44°04'05" W, whose original vegetation called lower montane semideciduous forest. Natural regeneration in the region of Mar de Morros occurs preferentially in environments with wavy and strong wavy slope, southeast and southwest orientation, global radiation between 1.500.000 and 1.700.000 Watts and flat surface. The type of landform influence the distribution of species, and their density and richness observed in convex environment and greater diversity in concave environment, in stock and nutrient content, the largest stock was observed in convex landform and the highest levels K^+ and Mg^{+2} in mini sites (MS) of the lower convex and concave landforms and composition of the seed bank is the biggest wealth on the convex landform and greater diversity in concave landform. The distribution pattern of physical and chemical soil properties were influenced by the type of landform, topographic gradient, the variation of slope and soil depth. The pattern of distribution of species, both in vegetation structure, and in the soil seed bank, was influenced by physical and chemical soil properties, which are determined by the topographical conditions (altitude and slope), which are important plant species to their use in reforestation of anthropogenic environments. From the joint analysis of the data, it is inferred that the succession process began in concave landform due to improved conditions observed.

Key words: Atlantic Forest, relief, nutrient cycling, soil attributes natural regeneration.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Bandas do sensor TM, apresentando os coeficientes de calibração.	17
Tabela 2. Número de áreas, área média e total da regeneração natural na sub-bacia do Ribeirão Cachimbal, quanto aos fatores topográficos, no período de 17 anos.....	26
Tabela 3. Famílias e espécies arbóreas presentes nas pedoformas convexa e côncava na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, Pinheiral-RJ.	43
Tabela 4. Famílias e espécies arbóreas generalistas das pedoformas convexa e côncava.....	45
Tabela 5. Famílias e espécies arbóreas exclusivas da pedoforma convexa.....	46
Tabela 6. Famílias e espécies arbóreas exclusivas da pedoforma côncava na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, Pinheiral-RJ.	47
Tabela 7. Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas de ocorrência nos MS das pedoforma convexa.....	49
Tabela 8. Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas de ocorrência nos MS das pedoforma côncava.....	50
Tabela 9. Parâmetros florísticos e fitossociológicos da vegetação arbórea nas diferentes pedoformas.	51
Tabela 10. Parâmetros florísticos e fitossociológicos da vegetação arbórea nos diferentes MS.	52
Tabela 11. Massa seca e teor de nutrientes do material formador de serapilheira nas diferentes pedoformas.	53
Tabela 12. Massa seca e teor de nutrientes do material formador de serapilheira nas diferentes estações do ano.	53
Tabela 13. Massa seca e teor de nutrientes do material formador de serapilheira nos diferentes MS convexo e côncavo.....	54
Tabela 14. Valor da constante de decomposição (K), tempo de meia vida ($T^{1/2}$), coeficiente de determinação (R^2), nos MS convexo e côncavo na estação chuvosa.....	56
Tabela 15. Valor da constante de decomposição (K), tempo de meia vida ($T^{1/2}$), coeficiente de determinação (R^2), nos MS convexo e côncavo na estação seca.....	57
Tabela 16. Teor de nutrientes da serapilheira (folhas) em diferentes tempos de decomposição nos MS convexo e côncavo com floresta na estação chuvosa.....	59
Tabela 17. Teor de nutrientes da serapilheira (folhas) em diferentes tempos de decomposição nos MS convexo e côncavo com floresta na estação seca.	60
Tabela 18. Espécies vegetais presentes no banco de sementes.	66
Tabela 19. Distribuição das famílias e espécies vegetais do banco de sementes de ocorrência nas pedoformas convexa e côncava.....	69
Tabela 20. Distribuição das famílias e espécies vegetais exclusivas da pedoforma convexa quanto aos ambientes de germinação e aos MS.	70
Tabela 21. Distribuição das famílias e espécies vegetais exclusivas da pedoforma côncava quanto ao ambiente de germinação e os MS.	72

Tabela 22. Distribuição das espécies quanto aos parâmetros florísticos e fitossociológicos do banco de sementes nas pedoformas convexa e côncava.....	74
Tabela 23. Análises florística e fitossociológica do banco de semente com diferente disponibilidade de luz na germinação das sementes.	76
Tabela 24. Análises florística e fitossociológica do banco de semente nas diferentes pedoformas.	77
Tabela 25. Análises florística e fitossociológica do banco de sementes nos diferentes MS. ...	77
Tabela 26. Atributos físicos do solo nas pedoformas côncava e convexa com floresta.	90
Tabela 27. Atributos físicos do solo nos MS côncavo e convexo com floresta.	91
Tabela 28. Valores de pH e teores de nutrientes do solo nas diferentes pedoformas convexa e côncava com floresta.	96
Tabela 29. Valores de pH e teores de nutrientes do solo nos diferentes MS convexo e côncavo com floresta.	97
Tabela 30. Teores de carbono orgânico total e nitrogênio total do solo nas diferentes pedoformas convexa e côncava.	102
Tabela 31. Teores de carbono orgânico total e nitrogênio total do solo nos diferentes MS convexo e côncavo.....	103
Tabela 32. Teores de estoque de carbono orgânico e nitrogênio do solo nas diferentes pedoformas convexa e côncava.	104
Tabela 33. Teores de estoque de carbono orgânico e nitrogênio do solo nos diferentes MS convexo e côncavo.....	105
Tabela 34. Estatística descritiva e análise de dependência espacial dos atributos físicos e químicos do solo nas pedoformas convexas e côncavas.	108
Tabela 35. Parâmetros dos semivariogramas ajustados dos atributos físicos (densidade do solo, argila, areia, silte) e químicos (pH, cálcio, magnésio, alumínio, fósforo, potássio, carbono) na profundidade (0-5 cm) nas pedoformas convexa e côncava.....	109
Tabela 36. Espécies arbóreas de maior índice de valor de importância (IVI) nas pedoformas convexa e côncava.	121
Tabela 37. Espécies vegetais presentes no banco de sementes com maior índice de valor de importância do banco de sementes (IVIB) nas pedoformas convexa e côncava.	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Exemplos de pedoformas. Adaptado de Troeh (1965).	1
Figura 2. Sub-Bacia hidrográfica do ribeirão Cachimbal, Pinheiral, RJ.....	6
Figura 3. Imagem orbital com composição RGB da sub-bacia do Ribeirão Cachimbal do ano de 1994.	15
Figura 4. Imagem orbital com composição RGB da sub-bacia do Ribeirão Cachimbal do ano de 2011.	16
Figura 5. Modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC) da sub-bacia do ribeirão Cachimbal.	18
Figura 6. Mapa de superfície da sub-bacia ribeirão Cachimbal, Pinheiral-RJ.....	20
Figura 7. Mapa de declividade da sub-bacia ribeirão Cachimbal, Pinheiral-RJ.	21
Figura 8. Mapa de orientação da vertente da sub-bacia ribeirão Cachimbal, Pinheiral-RJ.....	22
Figura 9. Mapa de radiação solar global da sub-bacia ribeirão Cachimbal, Pinheiral-RJ.....	23
Figura 10. Distribuição dos fragmentos florestais na bacia do ribeirão Cachimbal no ano de 1994.	24
Figura 11. Distribuição dos fragmentos florestais na bacia do ribeirão Cachimbal no ano de 2011.	24
Figura 12. Áreas prioritárias para regeneração natural, quanto às condições microclimáticas da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Cachimbal.....	27
Figura 13. Áreas prioritárias para regeneração natural na bacia hidrográfica do ribeirão Cachimbal, sem cobertura florestal.	27
Figura 14. Localização da unidade amostral na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, Pinheiral-RJ.....	36
Figura 15. Gabarito utilizado para a coleta do material formador de serapilheira (MFS).	37
Figura 16. Decomposição do material formador da serapilheira (folhas) nas pedoformas convexa e côncava.	38
Figura 17. Gabarito apara a coleta do banco de sementes.....	39
Figura 18. Experimento de germinação do banco de sementes.....	40
Figura 19. Quantificação e identificação das plântulas do banco de sementes.	40
Figura 20. Teores de ¹⁵ N na serapilheira depositada nos MS convexo e côncavo nas estações seca e chuvosa. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava.....	55
Figura 21. Curva de decomposição do material foliar nos MS convexo e côncavo com floresta na estação chuvosa. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava, ao longo de 120 dias na estação chuvosa.	56

Figura 22. Curva de decomposição do material foliar nos MS convexo e côncavo com floresta na estação seca. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava, ao longo de 120 dias na estação seca.	57
Figura 23. Número de sementes germinadas m ⁻² do banco de sementes nas condições de sol (pleno sol) e sombra (sombrite 70%), no período de 90 dias, oriundo das pedoformas convexa e côncava.	62
Figura 24. Número de sementes germinadas m ⁻² do banco de sementes nas pedoformas convexa e côncava no período de 90 dias.	62
Figura 25. Número de sementes germinadas m ⁻² do banco de sementes nos diferentes intervalos de avaliação por um período de 90 dias.	63
Figura 26. Número de sementes germinadas m ⁻² do banco de sementes oriundo das pedoformas convexa e côncava, nas condições de sol (pleno sol) e sombra (sombrite 70%), ao fim de 90 dias.	63
Figura 27. Número de sementes germinadas m ⁻² do banco de sementes nas pedoformas convexa e côncava, ao fim de 90 dias.	64
Figura 28. Número de sementes germinadas m ⁻² por MS nas pedoformas convexa e côncava. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava, ao fim de 90 dias.	64
Figura 29. Diagrama <i>Biplot</i> com base na matriz de correlação de Pearson, obtido da ACP realizada com as variáveis físicas do solo: macroporos (macro), microporos (micro), areia (Ar), porosidade total (poros), umidade gravimétrica (Ug), densidade do solo (solo), densidade das partículas (Dp), silte (S), argila total (Arg). Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com a variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. Profundidade 0-5 cm.	93
Figura 30. Diagrama <i>Biplot</i> com base na matriz de correlação de Pearson, obtido da ACP realizada com as variáveis físicas do solo: macroporos (macro), microporos (micro), areia (Ar), porosidade total (poros), umidade gravimétrica (Ug), densidade do solo (solo), densidade das partículas (Dp), silte (S), argila total (Arg). Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. Profundidade 5-10 cm.	94
Figura 31. Diagrama <i>Biplot</i> com base na matriz de correlação de Pearson, obtido da ACP realizada com as variáveis pH, fósforo (P), cálcio (Ca ⁺²), Magnésio (Mg ⁺²), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al ⁺³), sódio (Na ⁺), potássio (K ⁺), capacidade de troca de cátions (T), soma de bases (S), saturação de bases (V). Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. Profundidade 0-5 cm.	99
Figura 32. Diagrama <i>Biplot</i> com base na matriz de correlação de Pearson, obtido da ACP realizada com as variáveis pH, fósforo (P), cálcio (Ca ⁺²), Magnésio (Mg ⁺²), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al ⁺³), sódio (Na ⁺²), potássio (K ⁺), capacidade de troca de cátions (T), soma de bases (S), saturação por bases (V). Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente	

topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. Profundidade 5-10 cm. 100

Figura 33. Diagrama *Biplot* com base na matriz de correlação de Pearson, obtido da ACP realizada com as variáveis pH, fósforo (P), cálcio (Ca^{+2}), Magnésio (Mg^{+2}), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al^{+3}), sódio (Na^{+}), potássio (K^{+}), capacidade de troca de cátions (T), soma de bases (S), saturação por bases (V). Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. Profundidade 10-20 cm. 101

Figura 34. Abundância natural de ^{13}C nos diferentes MS e profundidades. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. ... 106

Figura 35. Semivariogramas dos atributos físicos e químicos do solo nas pedoformas convexa e côncava 110

Figura 36. Distribuição dos atributos físicos do solo (densidade, argila, silte) nas pedoformas convexa e côncava na profundidade (0-5cm). 111

Figura 37. Distribuição dos atributos químicos do solo (pH, cálcio, magnésio, alumínio, fósforo, potássio) na pedoforma côncava na profundidade (0-5cm). 112

Figura 38. Gráfico dos dois primeiros eixos de ordenação da Análise de Correspondência Canônica das espécies arbóreas (Tabela 36) e variáveis físicas do solo: umidade gravimétrica (Ug), argila (Arg), areia (Ar), silte (S), densidade do solo (Ds) e poros. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. Profundidade 0-5 cm. 122

Figura 39. Gráfico dos dois primeiros eixos de ordenação da Análise de Correspondência Canônica das espécies arbóreas (Tabela 36) e variáveis químicas do solo: acidez (pH), alumínio (Al^{+3}), fósforo (P), capacidade de troca catônica (T). Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava.. Profundidade 0-5 cm. 123

Figura 40. Gráfico dos dois primeiros eixos de ordenação da Análise de Correspondência Canônica das espécies vegetais (Tabela 36) e variáveis físicas do solo: umidade gravimétrica (Ug), argila (Arg), areia (Ar), silte (S), densidade do solo (Ds) e poros. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. Profundidade 0-5 cm. 125

Figura 41. Gráfico dos dois primeiros eixos de ordenação da Análise de Correspondência Canônica das espécies vegetais (Tabela 36) e variáveis químicas do solo: acidez (pH), alumínio (Al^{+3}), fósforo (P), capacidade de troca catônica (T). Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. Profundidade 0-5 cm. 126

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	VIII
GENERAL ABSTRACT.....	IX
ÍNDICE DE TABELAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 FLORESTA ATLÂNTICA: FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL	3
2.2 FATORES AMBIENTAIS QUE INFLUENCIAM NO PROCESSO DE SUCESSÃO NATURAL.....	4
2.3 REGENERAÇÃO NATURAL.....	4
3 MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	6
3.2 CLIMA.....	6
3.3 GEOMORFOLOGIA	6
3.4 RELEVO.....	7
3.5 SOLOS	7
3.6 VEGETAÇÃO.....	7
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8
CAPÍTULO I: PADRÕES DE REGENERAÇÃO NATURAL NA REGIÃO DE MAR DE MORROS NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO CACHIMBAL	11
RESUMO.....	12
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1 MAPEAMENTO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS.....	15
2.2 FATORES TOPOGRÁFICOS	18
2.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	19
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
3.1 FATORES TOPOGRÁFICOS	20
3.2 PADRÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO CACHIMBAL.....	23
4 CONCLUSÕES.....	29
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
CAPÍTULO II: ATRIBUTOS VEGETAIS DA SERAPILHEIRA E DO BANCO DE SEMENTES DO SOLO NAS DIFERENTES PEDOFORMAS DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO CACHIMBAL.....	32

RESUMO.....	33
ABSTRACT	34
1 INTRODUÇÃO	35
2 MATERIAL E MÉTODOS	36
2.1 UNIDADE AMOSTRAL.....	36
2.2 LEVANTAMENTO FLORÍSTICO E FITOSSOCIOLÓGICO	36
2.3 ESTOQUE DE SERAPILHEIRA	37
2.4 DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE ¹⁵ N NA SERAPILHEIRA	37
2.5 DECOMPOSIÇÃO DO MATERIAL FORMADOR DA SERAPILHEIRA (MFS).....	38
2.6 BANCO DE SEMENTES	38
2.7 IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO	40
2.8 ANÁLISE DOS DADOS.....	41
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
3.1 LEVANTAMENTO FLORÍSTICO E FITOSSOCIOLÓGICO	42
3.2 ESTOQUE DE SERAPILHEIRA	52
3.3 DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE ¹⁵ N NA SERAPILHEIRA	54
3.4 DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA	55
3.5 BANCO DE SEMENTES	61
3.5.1 GERMINAÇÃO	61
3.5.2 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E PARÂMETROS FITOSSOCIOLÓGICOS DO BANCO DE SEMENTES	65
4 CONCLUSÕES.....	78
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
CAPÍTULO III: ATRIBUTOS DO SOLO CONDICIONANTES DA REGENERAÇÃO NATURAL NAS PEDOFORMAS CÔNCAVA E CONVEXA DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO CACHIMBAL.....	82
RESUMO.....	83
ABSTRACT	84
1 INTRODUÇÃO	85
2 MATERIAL E MÉTODOS	86
2.1 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO	86
2.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	86
2.3 CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NITROGÊNIO TOTAL DO SOLO	86
2.4 ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO E NITROGÊNIO DO SOLO	86
2.5 ANÁLISE ISOTÓPICA DE ¹³ C E ORIGEM DO C DO SOLO.....	86
2.6 ANÁLISE DOS DADOS.....	87

2.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS ATRIBUTOS DO SOLO	87
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
3.1 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO	89
3.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	94
3.3 CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NITROGÊNIO TOTAL DO SOLO	101
3.4 ESTOQUES DE CARBONO ORGÂNICO E NITROGÊNIO DO SOLO	103
3.5 ANÁLISE ISOTÓPICA DE ¹³ C E ORIGEM DO C DO SOLO	105
3.6. VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO NAS PEDOFORMAS CONVEXA E CÔNCAVA	106
3.6.1 ESTATÍSTICA DESCRITIVA E ANÁLISE DE DEPENDÊNCIA ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO	106
4 CONCLUSÕES	113
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
CAPÍTULO IV: DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS NAS DIFERENTES PEDOFORMAS COM FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL	116
RESUMO	117
ABSTRACT	118
1 INTRODUÇÃO	119
2 MATERIAL E MÉTODOS	120
2.1 ANÁLISE DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO	120
2.2 ANÁLISE DAS ESPÉCIES ARBÓREAS	120
2.3 ESPÉCIES DO BANCO DE SEMENTES	120
2.4 ORDENAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E DAS ESPÉCIES VEGETAIS	120
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	121
3.1 ORDENAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO E AS ESPÉCIES VEGETAIS	121
3.1.1 ESPÉCIES ARBÓREAS	121
3.1.2 ESPÉCIES VEGETAIS PRESENTES NO BANCO DE SEMENTES	124
4 CONCLUSÕES	127
5 CONCLUSÕES GERAIS	128
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	129
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130

1 INTRODUÇÃO GERAL

Modelos de paisagem se propõem a estudar e entender as relações entre as condições do solo e a topografia. Dentre estes modelos destacam-se os propostos por Ruhe (1956) e Daniels et al. (1971), que definem superfície geomórfica como sendo uma porção de terra especificamente definida no espaço e no tempo. Outro modelo de paisagem importante é aquele baseado na curvatura do terreno, conforme estabelecido por Troeh (1965), no qual as pedoformas (Figura 1) podem ser côncavas, retilíneas ou convexas, associando o perfil e a curvatura da paisagem com o grau de intemperismo e evolução do terreno.

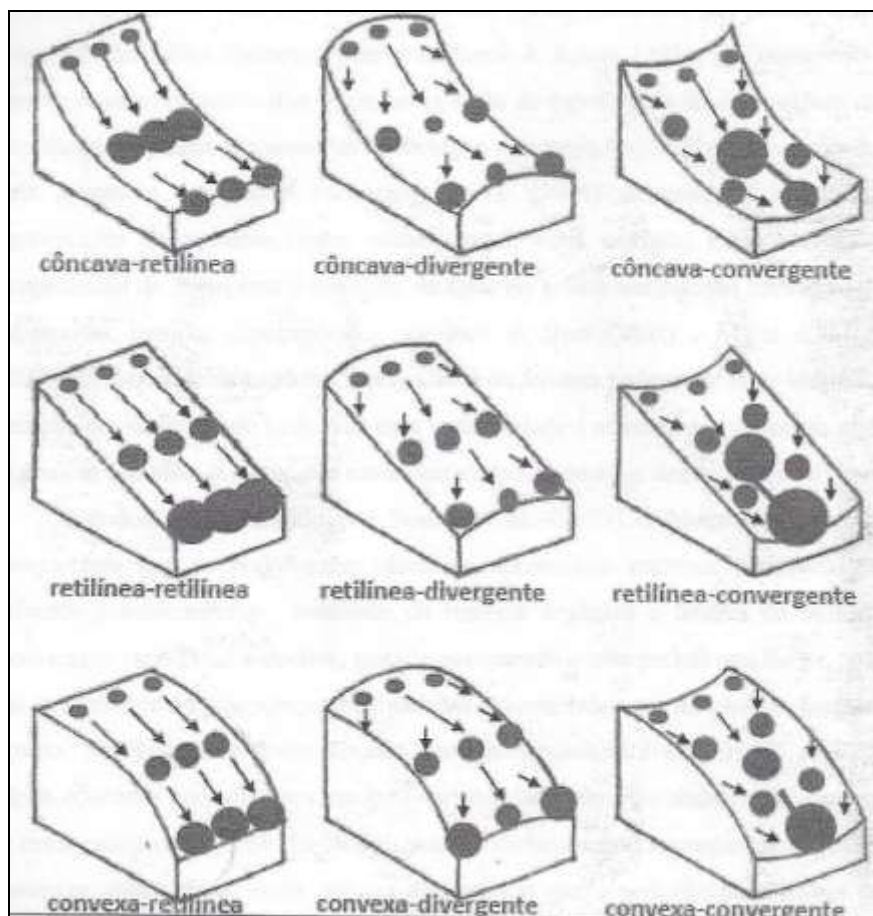


Figura 1. Exemplos de pedoformas. Adaptado de Troeh (1965).

Os segmentos de vertentes comumente encontrados são: topo, ombro, escarpa, sopé de transporte, sopé de deposição. Estes segmentos podem ser observados na topossequência e determinam a variação dos atributos do solo, que estão associados à drenagem e ao transporte lateral de sedimentos. Estes processos contribuem para aumentar ou diminuir a complexidade dessas áreas em função dos processos erosionais dos compartimentos mais elevados do terreno, ou deposicionais nas partes de menores cotas. Nos trabalhos desenvolvidos por Uberti & Klamt (1984) foi observado maior grau de desenvolvimento dos solos em posição de topo, onde há dominância de solos distróficos, enquanto nas posições de terraços e escarpados, há predominância de solos mais jovens e eutróficos. Pachepsky et al. (2001) destacam a importância da segmentação da vertente (topo, ombro, sopé e meia encosta) para a compreensão do transporte e retenção de água no solo e sua relação com deposição de sedimentos. Estudos desenvolvidos por Mulla & Mcbratney (1999) e Park & Burt (2002)

mostram que os aspectos topográficos do terreno podem ser bons indicadores da variação dos atributos do solo, pois essa variabilidade é causada por pequenas alterações do declive que afetam o transporte e o armazenamento de água dentro do perfil do solo.

Estudos desenvolvidos por Souza et al. (2003) e Montanari et al. (2005) demonstram que as pedoformas côncavas apresentam maiores variações nos seus atributos granulométricos, conteúdo de matéria orgânica e fatores de erosão, como escoamento superficial e declive, quando comparadas a uma pedoforma linear, indicando que os atributos do solo apresentam padrões diferenciados em função das curvaturas do terreno. Nas pesquisas desenvolvidas por Nizeyimana & Bicki (1992) as formas de relevo côncavas apresentaram maiores variabilidades da densidade do solo, capacidade de troca catiônica (CTC) e disponibilidade de fósforo quando comparadas às pedoformas convexas. Além disso, esses autores observaram que a pedoforma côncava propicia aumento do conteúdo de carbono orgânico, da CTC e do conteúdo de argila e diminuição da densidade do solo e teor de areia, respectivamente da meia encosta para o sopé de deposição, padrão atribuído às condições de drenagem e declive.

A diferenciação de atributos ambientais nas pedoformas interfere na resiliência do sistema e na presença de fragmentos florestais nas microbacias hidrográficas (Marques et al. 2005). As variações na declividade produzem uma variedade de situações ambientais, como: gradiente de umidade, fertilidade do solo, no transporte de partículas do solo e na organização vertical do dossel (Gandolfi, 2000).

A busca por conhecimento da dinâmica dos fragmentos florestais em ambientes com oferta diferenciada de atributos ambientais é de fundamental importância para o desenvolvimento de técnicas de recuperação mais eficientes e com menor relação custo/benefício.

Neste sentido, partindo da hipótese que o processo de sucessão natural em fragmentos florestais ocorre de forma distinta nas diferentes pedoformas, o estudo teve como objetivo geral avaliar o padrão da regeneração natural em remanescentes florestais de Floresta Atlântica em estágios avançado de sucessão, situados em dois tipos de ambiente, convexo e côncavo, buscando identificar fatores ambientais que favoreçam o processo de regeneração natural. Os resultados podem dar suporte à elaboração de técnicas para a recuperação de áreas degradadas em ambientes com condições similares a desse estudo.

Para uma melhor compreensão dos fatores ecológicos e ambientais que favorecem o processo de regeneração natural os objetivos específicos foram:

- Avaliar a dinâmica da regeneração natural dos fragmentos florestais dentro da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Cachimbal, Pinheiral, Rio de Janeiro;

- Identificar padrões de sucessão secundária nas diferentes pedoformas e possíveis áreas favoráveis ao processo de regeneração natural dentro da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Cachimbal, Pinheiral, Rio de Janeiro;

- Avaliar a estrutura da vegetação com estágio sucessional avançado e possíveis espécies facilitadoras da regeneração natural de áreas antropizadas;

- Mensurar o estoque de serapilheira e a decomposição desta nas diferentes épocas do ano e condições de relevo e declividade das pedoformas;

- Analisar a distribuição das espécies arbóreas, o banco de sementes do solo e os atributos físicos e químicos nas diferentes condições de relevo e declividade das pedoformas convexas e côncavas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Floresta Atlântica: Floresta Estacional Semidecidual

A Floresta Atlântica é um bioma que se encontra na região costeira do Brasil, formado por florestas Ombrófila Densa, Ombrófila Mista, Estacional Semidecidual e Estacional Decidual e ecossistemas associados como Manguezal, Brejo, Restinga, Campo de Altitude e Ilhas (SOS MATA ATLANTICA & INPE, 2002). As formações florestais são resultantes da interação de fatores ambientais e a vegetação com a variação da topografia na paisagem (Oliveira-Filho et al., 1989).

Com a expansão da agricultura no Brasil, o bioma Floresta Atlântica foi submetido, e ainda vem sendo, a processos de desmatamento. O resultado desses processos é a formação de fragmentos florestais de variados tamanhos e localização na paisagem, o que promove o isolamento de espécies florestais e ou animais.

Estudos têm mostrado que os fragmentos florestais resultantes encontram-se em condições de risco quanto à manutenção da floresta, pois 80% possui área inferior a 50 ha com área de borda menor que 100 m. Assim, há uma maior interferência da matrix circundante na sua dinâmica ecológica, o que se agrava com a grande distância existente entre os fragmentos na paisagem (Ribeiro et al., 2009).

O processo de exploração da Floresta Atlântica começou com as intervenções dos caçador-coletores e dos agricultores itinerantes (comunidades indígenas tupis), mas a transformação desta, com expressiva modificação da paisagem, só foi intensificada com a chegada dos portugueses que desencadeou os ciclos econômicos de desenvolvimento como o da cana de açúcar, do ouro, do café, da pecuária e da agricultura de subsistência (Menezes, 2008). Atualmente, é uma das florestas tropicais mais ameaçadas de extinção, mesmo sendo considerado um *hot spot* importante da biodiversidade mundial (Myers et al., 2000; Ribeiro et al., 2009).

Na região do Médio Vale Paraíba do Sul a Floresta Atlântica é representada pela Floresta Estacional Semidecidual, região que no passado teve papel importante no ciclo do café e da pecuária, com isso, nas áreas antes ocupadas por Floresta Atlântica atualmente predomina a cobertura vegetal pastagem com diferentes graus de degradação. Algumas dessas áreas ainda são utilizadas com pastagem sem nenhum tipo de manejo, porém outras foram abandonadas, dando origem a capoeiras com diferentes estádios de sucessão natural (Menezes, 2008).

Os ambientes florestais depois de serem submetidos a processos de antropização apresentam diferenciados potencial de regeneração natural, sendo esse potencial determinado pelo grau de resiliência do ambiente. Resiliência é a capacidade de um ambiente recuperar sua vegetação e pode ser medida pelo tempo que o ambiente leva para realizar esse processo (Kageyama et al., 2003).

Atualmente varias são as ações aplicadas buscando a recomposição florestal de ambientes antropizados, dentre essas técnicas, algumas são mais recentes, como a chuva de sementes e a condução da regeneração natural, mas umas das mais utilizadas na Floresta Atlântica é o plantio de espécies nativas pertencentes a diferentes grupos funcionais (Rodrigues et al., 2009). Os mesmos autores ressaltam que as experiências de recomposição florestal bem sucedidas devem ser melhor estudadas e divulgadas, para melhorar a recuperação e conservação da Floresta Atlântica que se encontra ameaçada.

2.2 Fatores ambientais que influenciam no processo de sucessão natural

Os fatores ambientais são responsáveis pela formação de ambientes diferenciados na paisagem quanto aos atributos de solo, clima e composição florística, sendo o relevo e a declividade os fatores de maior relevância na paisagem. Segundo Campos et al. (2012), a superfície geomórfica e o declive estão fortemente relacionados com o tipo de solo e seus atributos físicos e químicos, esses são alguns dos fatores que explicam a variação destes na topossequência.

Nos ambientes com mesma classe de solo e histórico de manejo, com diferentes tipos de pedofoma, observa-se a variabilidade dos atributos do solo de forma sistemática. Nas áreas côncavas ocorre uma maior variabilidade dos atributos químicos do solo em comparação com as convexas (Souza et al., 2003; Montanari et al., 2005).

Quanto aos atributos físicos do solo, os teores de argila são maiores nas pedofomas lineares e convexas em relação as côncavas. Esse padrão está relacionado à redistribuição de sedimentos finos nessa feição devido ao fluxo de água que ocorre de forma diferenciada em função da variação do relevo (Montanari et al., 2010).

A heterogeneidade da topografia também é um importante fator na regulação da diversidade florestal, por estar diretamente relacionada à formação de ambiente e microambientes específicos que podem favorecer ou dificultar o estabelecimento de um maior número de espécies, ou seja, pode ser um fator de restrição. Os ambientes e microambientes são resultados da interação de fatores ambientais, tais como: superfície, declividade, orientação da vertente e radiação solar (Marques et al., 2005).

Os ambientes e microambientes formados têm suas características definidas pelos fatores ambientais e pela presença e tipo de cobertura vegetal (Oliveira-Filho et al., 2001; Santos et al., 2009). A cobertura florestal influencia diretamente na deposição do material formador de serapilheira, na decomposição e na ciclagem de nutrientes, que por sua vez altera os atributos do solo, deixando-o mais favoráveis a colonização por outras espécies e assim acontece o processo de regeneração natural no ambiente antropizado (Menezes, 2008; Machado, 2011).

2.3 Regeneração natural

A regeneração natural é o conjunto de processos pelos quais a comunidade vegetal se estabelece nas áreas a serem restauradas ou em processo de restauração, sem que esta tenha sido introduzida deliberadamente por ação humana (Instituto de Florestas, 2011). Esse processo é influenciado pela interação entre as espécies vegetais presentes no ambiente, que podem acelerar ou retardar as fases de sucessão ecológica.

Estudando a regeneração natural é possível prever a dinâmica futura de uma floresta quanto à sucessão ecológica da vegetação, por permitir conhecer as espécies vegetais que fazem parte da sucessão ecológica em um intervalo de tempo (Anselmo & Regô, 2011). O processo da regeneração natural também é influenciado pelas condições topográficas dos microambientes, por serem áreas onde ocorre a deposição de serapilheira e sementes, presença de microorganismos, pela germinação, o estabelecimento e a mortalidade das plântulas na paisagem (Cardoso & Schiavini et al., 2002).

Além das condições topográficas, o processo de regeneração natural também é dependente do banco de sementes presente no ambiente, o qual é constituído de sementes viáveis produzidas na área ou oriundas de remanescentes florestais próximos, em estágio de dormência, que estão depositadas na superfície e na camada superficial do solo (Harper, 1977). A qualidade do banco de sementes é influenciada pelo grau de antropização do ambiente, pela composição florísticas existente antes da exploração, pela densidade e

diversidade de sementes armazenada no solo, pela proximidade de remanescentes florestais e pela presença de dispersores de sementes (Guariguata & Ostertag, 2001).

O conhecimento do banco de sementes quanto à densidade, composição florística e a dinâmica, permite entender o potencial de regeneração natural dos ambientes florestais, sendo esse potencial influenciado pelas características topográficas do ambiente de coleta e condições ambientais de germinação (Miranda Neto et al., 2010). O uso do banco de sementes do solo como fonte de propágulos na recuperação de áreas antropizadas apresenta a possibilidade de restabelecer um ambiente que se assemelha ao existente antes da antropização. O banco de sementes pode ser retirado da própria área a ser impactada ou de áreas remanescentes próximas, a qual está relacionada à capacidade das sementes germinarem e se estabelecerem (Souza et al., 2006).

A composição do banco de sementes na paisagem tem variações espaciais no sentido horizontal e vertical, o que leva à variação da quantidade de sementes dentro da mesma área e com o aumento da profundidade do solo, em que a maior parte das sementes são encontradas nos 5 cm superficiais (Pereira et al., 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no município de Pinheiral, Rio de Janeiro, na região do Médio Paraíba Fluminense, na sub-bacia do Ribeirão Cachimbal, que compõe a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, localizado entre as latitudes 22°29'03''S e 22°35'27''S e entre as longitudes 43°54'49'' W e 44°04'05''W (Figura 2).

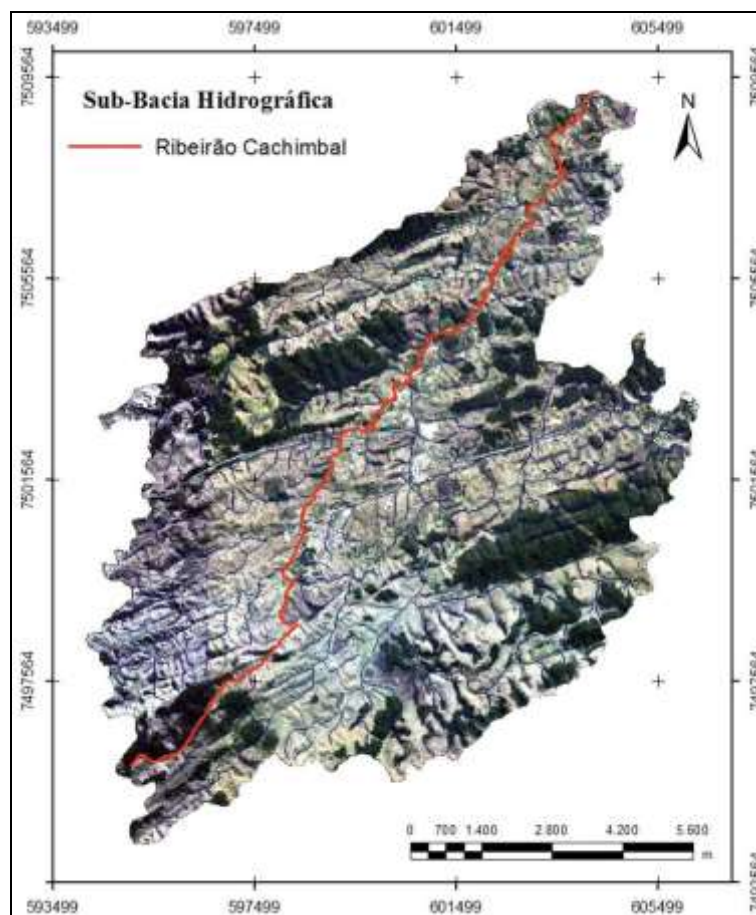


Figura 2. Sub-Bacia hidrográfica do ribeirão Cachimbal, Pinheiral, RJ.

3.2 Clima

O clima da região é classificado como Cwa - clima temperado de inverno seco e verão chuvoso, e Am - clima tropical chuvoso com inverno seco (Koppen, 1948).

3.3 Geomorfologia

A formação morfo-estrutural é delimitada pelo delineamento estrutural no sentido Sudoeste-Nordeste, que é comum na região. Essa formação explica o relevo acidentado que caracteriza a feição geomorfológica conhecida como “Mar de Morros” (Ab’Saber, 1997), caracterizada pela formação de diversos vales estruturais, que conformam uma rede de drenagem diversificada (Oliveira, 1998).

Na região de estudo predominam as colinas situadas nas encostas com cobertura do tipo talus e rampa de colúvio. Cortando esta formação, observam-se vales estruturais que condicionam a drenagem local, formando pequenas várzeas até encontrar a área de influência da grande várzea do Paraíba do Sul. As principais feições geomorfológicas são: bancadas arenosas, várzeas ou planícies de inundação, terraços fluviais, terraço alúvio-coluvionar, rampas de colúvio, colinas estruturais aplainadas, colinas estruturais isoladas, encostas de talus, encostas estruturais dissecadas, encostas adaptadas a falhamentos, vales estruturais, interflúvios estruturais e canais meandranes (Oliveira, 1998).

3.4 Relevo

A altitude varia desde 360 metros, na várzea do Paraíba do Sul, foz do Ribeirão Cachimbal, até 720 metros na serra do Arrozal, no interflúvio ao sul da bacia do Ribeirão Cachimbal (Oliveira, 1998). Na área de abrangência da sub-bacia predominam encostas com declividades variadas (72,0 %), poucas áreas de topos de morros aplainados (5,7 %) e várzeas estreitas (22,3 %) nos vales estruturais da bacia e às margens de seu canal principal (Oliveira, 1998).

3.5 Solos

Os solos predominantes na sub-bacia do Ribeirão Cachimbal são: na encosta de forma continua ou alternada com material de origem biotita-muscovita-gnaisses (Argissolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos Háplicos) e no topo e terço superior da encosta com material de origem diabásico (Latosolos Vermelho-Amarelos) (Oliveira, 1998; Menezes, 2008).

3.6 Vegetação

A região está inserida no domínio ecológico da Floresta Atlântica, cuja vegetação original denomina-se Floresta Estacional Semidecidual Submontana (IBGE, 1992; CONAMA, 1996).

A cobertura vegetal atualmente dominante na região é constituída por pastagens, implantadas e espontâneas não manejadas, que se apresentam com diferentes estádios de degradação, nível de uso e ou abandono, dando origem às demais formas de vegetação da área, como os pastos sujos e as capoeiras com diferentes estádios sucessionais (MENEZES, 2008).

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.; TUNDISI, G. T.; FORNERIS, L.; MARINO, M. C.; ROCHA, O.; TUNDISI, T.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; VUONO, Y. S.; WATANABE, S. **Glossário de ecologia**. Academia de Ciência do Estado de São Paulo (ACIESP). São Paulo, n. 103, 1997, 352 p.
- ANSELMO, M. M. & RÊGO, N. H. Regeneração natural do comportamento arbóreo de um fragmento de vegetação de encosta na serra de Maracaju em Aquidauana, MS. **Anais do Encontro de Iniciação Científica – ENIC**, v. 1, n.3, 2011.
- CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO FILHO, M. R.; ALMEIDA, M.C. Relações solo-superfície geomórfica em uma topossequência várzea-terra firme na região de Humaitá (AM). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n. 36, p. 325-336, Mar./Apr. 2012.
- CARDOSO, E.; SCHIAVINI, I. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 277-289, Set. 2002.
- CONAMA. **Resolução 006 de 4 de maio de 1994**, Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/legiano1.cfm>>. Acesso em: 20 de mai. 2012.
- DANIELS, R. B.; HAMMER, R. D. **Soil Geomorphology**. John Wiley & Sons, Toronto. 1992.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 1995-2000**. São Paulo, 47p, 2002. Disponível em: <<http://www.sosma.org.br>> e <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 10 de nov. 2013.
- GANDOLFI, S. **História natural de uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Campinas (São Paulo, Brasil)**. 2000. 520 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- GUARIGUATA, M. R. & OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.148, p. 185-206, Jun. 2001.
- HARPER, J. L. **Population biology of plants**. London: Academic Press, 1977. 892 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico da vegetação brasileira. **IBGE**, Rio de Janeiro, 199, 92 p.
- IF – Instituto de Florestas. **Conceitos e definições correlatos a ciência e a prática da restauração ecológica**. IF Série Registros, São Paulo, n. 44, 2011, 38 p.
- KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F.B. (Orgs.) **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais (Fepaf), São Paulo, 2003, 340 p.
- KOPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948, 488 p.
- MACHADO, D. V. **Atributos indicadores da dinâmica sucessional em fragmento de Mata Atlântica na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, Rio de Janeiro**. 2011, 119 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2011.

- MARQUES, O.; TIENNE, L.; CORTINES, E.; VALCARCEL, R.. Atributos ambientais definidores de presença de fragmentos florestais de Mata Atlântica em microbacias instáveis. EDUR. **Revista Universidade Rural Série Ciências da Vida**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p.145-150, 2005.
- MENEZES, C. E. G. **Integridade de paisagem, manejo e atributos do solo no Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral-RJ**. 2008. 172 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.
- MONTANARI, R.; MARQUES JÚNIOR, J.; CAMPOS, M. C. C.; SOUZA, Z. M.; CAMARGO, L.A. Caracterização mineralógica de Latossolos em diferentes feições do relevo na região de Jaboticabal, SP. **Revista Ciência Agranômica**, Fortaleza, v.41, n. 2, p. 191-199, abr-jun. 2010.
- MONTANARI, R.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de Latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 69-77, Jan. 2005.
- MULLA, D. J.; MCBRATNEY, A. B. **Soil Spatial Variability**. In: SUMMER, M. E. Handbook of science. New York: CRC Press, p. A321-A351, 1999.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, p. 853-858, 2000.
- MIRANDA NETO, A.; KUNZ, S. H.; MARTINS, S. V.; SILVA, K. A.; SILVA, D. A. Transposição do banco de sementes do solo como metodologia de restauração florestal de paisagem abandonada em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 6, p.1035 -1043, 2010.
- NIZEYIMANA, E.; BICKI, T. J. Soil and soil landscape relationships in the North Central region of Rwanda, East-Central Africa. **Soil Science**, Baltimore, v. 153, p. 225-236, 1992.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SHEPHERD, G. J.; MARTINS, F. R.; STUBBLEBINE, W. H. Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of Cerrado in central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v. 5, p. 413-431, 1989.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CURI, N.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A. Variation in tree community composition and structure with changes in soil properties within a fragment of Semideciduous Forest south-eastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v. 58, n. 1, p. 139-158, 2001.
- OLIVEIRA, J. A. **Caracterização física da Bacia do Ribeirão Cachimbal-Pinheiral (RJ) e de suas principais paisagens degradadas**. 1998. 142 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Pós-Graduação em Agronomia, Ciência do Solo, Seropédica, RJ, 1998.
- PACHEPSKY, Y. A.; TIMLIN, D. J.; RAWLS, W. J. Soil water retention as related to topographic variables. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 65, p.1787-1795, 2001.
- PARK, S. J.; BURT, T. P. Identification and characterization of pedogeomorphological processes on a hillslope. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 66, p. 1897-1910, 2002.
- PEREIRA, I. M.; ALVARENGA, A. P.; BOTELHO, S. A. Banco de sementes do solo, como subsídio, á recomposição de Mata Ciliar. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 721-730, Out./Dez. 2010.

- RIBEIRO, M. C.; METZER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Florest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, Boston, v. 142, p. 1141-1153, 2009.
- RODRIGUES, R.R.; LIMA, R. A. F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. On the restaration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Boston, v.142, p. 1242-1251, 2009.
- RUHE, R. V. Geomorphic surfaces and the nature of soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 82, p. 441-445, 1956.
- SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B. Relação entre o relevo e as classes texturais do solo na microbacia hidrográfica de Vaca Brava, PB. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 54, p. 86-94, 2009.
- SOUZA, C. K.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M. V.; PEREIRA, G. T. Influência do relevo e erosão na variabilidade espacial de um Latossolo em Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 27, p. 1067-1074, Nov. / Dec. 2003.
- SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; GRIFFITH, J. J.; MARTINS, S. V. Avaliação do banco de sementes contido na serapilheira de um fragmento florestal visando recuperação de áreas degradadas. **Cerne**, Lavras, v. 2, p. 56-67, Jan./ Mar. 2006.
- TROEH, F. R. Landform equations fitted to contour maps. **Soil Science Society American Journal**, New York, v. 263, p. 616-27. 1965.
- UBERTI, A. A.; KLAMT, E. Relações solos superfícies geomórficas na encosta inferior do nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, p. 229-234, 1984.

CAPÍTULO I

Padrões de Regeneração Natural na Região de Mar de Morros na Sub-Bacia do Ribeirão Cachimbal

RESUMO

A Floresta Atlântica é o ecossistema brasileiro que mais sofreu e atualmente ainda sofre processos de degradação ambiental, mesmo assim, em alguns ambientes o processo de regeneração natural pode ser observado. A regeneração natural é o processo de recuperação das florestas que foram submetidas a distúrbios naturais ou antrópicos, que ocorre de forma lenta e dependente de fatores tais como: condições ambientais, tipo de distúrbio e distância e fonte de propágulos. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o padrão da regeneração natural dos fragmentos florestais do Médio Vale Paraíba do Sul quanto aos fatores topográficos e identificar áreas potenciais ao processo de regeneração. O mapeamento dos fragmentos florestais foi obtido a partir de imagens LANDSAT 5 Sensor Thematic Mapper (1994 e 2011). Para gerar os mapas temáticos (superfície, declividade, orientação da vertente e radiação) foram utilizadas as cartas topográficas dos Municípios de Volta Redonda (Folha SF-23-Z-A-V-2) e Pirai (Folha SF-23-Z-VI-1), obtidas no IBGE na escala de 1:50.000. Os vetores dos fragmentos florestais foram sobrepostos aos mapas temáticos, e com isso foram identificadas as áreas de ocorrência da regeneração natural da cobertura florestal. Uma vez determinado o padrão com que a regeneração natural se repete, foi elaborado o mapa temático das áreas favoráveis à regeneração. A regeneração natural na Região de Mar de Morros ocorreu preferencialmente nos ambientes com declividade ondulada a forte ondulada, orientação sudeste a sudoeste, radiação solar global entre 1.500.000 a 1.700.000 Watts e superfície plana. Na sub-bacia do ribeirão Cachimbal apenas a proteção dos ambientes favoráveis à regeneração natural não é suficiente para que o processo de reflorestamento da sub-bacia aconteça, sendo assim, é necessário a intervenção antrópica. A análise de paisagem é uma ferramenta potencial para uso no planejamento da implantação florestal.

Palavras-chave: Floresta Estacional Semidecidual, resiliência, paisagem.

ABSTRACT

The Brazilian Atlantic Forest is the ecosystem that has suffered and still suffers today more environmental degradation processes, even so, in some environments the process of natural regeneration can be observed. Natural regeneration is the process of restoration of forests that have been subjected to natural or anthropogenic disturbances, which is slow and dependent on factors such as: environmental conditions, type of disturbance, and distance and source of seeds. Thus, the aim of this study was to evaluate the pattern of natural regeneration of forest fragments in the Médio Vale Paraíba do Sul as the topographic factors and to identify potential areas of regeneration. The mapping of forest fragments was obtained from LANDSAT 5 Thematic Mapper sensor (1994 and 2011). To generate thematic maps (area, slope, aspect, orientation and radiation) the topographic maps of municipalities of Volta Redonda (Sheet SF-23-Z-A-V-2) and were used Pirai (Sheet SF-23-Z-VI-1), obtained from the IBGE in scale 1:50.000. The vectors of forest fragments were overlaid on thematic maps, and with that the areas where the natural regeneration of forest cover were identified. Once determined the pattern with the natural regeneration repeats the thematic map favorable to regeneration areas was prepared. Natural regeneration in the region of Mar de Morros occurred preferentially in environments with wavy and strong wavy slope, southeast and southwest orientation, solar radiation between 1500000 to 1700000 Watts, flat surface. In the creek Cachimbal only favorable to the protection of natural regeneration environments sub-basin is not sufficient for the reforestation process of the sub-basin happen, so the human intervention is necessary. The landscape analysis is a potential tool for the planning of forest deployment.

Key words: semideciduous forest, resilience, landscape.

1 INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica encontra-se ao longo da costa do Brasil, representada por uma diversidade de tipos florestais resultante da interação entre os fatores físicos e a vegetação. Mesmo com toda essa complexidade de florestas é o ecossistema que mais foi submetido e ainda é aos processos de degradação ambiental, restando hoje, aproximadamente, 7% da sua cobertura original (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INPE, 2009). Em alguns desses ambientes o processo de regeneração natural pode ser observado.

A regeneração natural é o processo de recuperação das florestas que foram submetidas a distúrbios naturais ou antrópicos, que ocorre de forma lenta e dependente de fatores tais como: condições ambientais, tipo e intensidade de distúrbio e distância e fonte de propágulos (Venturoli et al., 2011). Nos ambientes onde as condições são favoráveis, o processo de regeneração acontece de forma mais espontânea, sendo ordenado e previsível por meio da dinâmica de sucessão das espécies vegetais envolvidas (Silveira & Silva, 2010).

O conhecimento dos fatores ambientais favoráveis à regeneração natural é fundamental para estabelecer estratégias econômicas e políticas de manejo e conservação das florestas. Esse conhecimento deve ser aplicado nos planos de manejo sustentável e nas práticas de restauração, considerando o potencial de resiliência dos ambientes antropizados (Souza et al., 2002).

A influência dos fatores ambientais sobre a regeneração natural na Floresta Atlântica é pouco estudada, mas em uma escala global essa interação é amplamente reconhecida (Silva et al., 2007). A influência do relevo já é perceptível nas formações florestais semi-decídua e florestas densas, responsáveis pela formação de grande parte da Floresta Atlântica (Oliveira-Filho et al., 1997).

O relevo associado a outros fatores bióticos e abióticos produz uma variedade de condições ambientais, tais como: transporte de sedimentos, gradiente de umidade, luminosidade, organização vertical do dossel e geração de aspecto de degraus no estrato arbóreo (Gandolfi, 2000), o que leva à formação de diversos micro-ambientes na paisagem. Nos micro-ambientes, devido às características topográficas específicas, o acúmulo, a deposição e a decomposição do material formador de serrapilheira, acontecem de forma diferenciada, o que influencia na dinâmica da regeneração natural na paisagem (Cardoso & Schaiavane, 2002).

Este estudo teve como objetivo avaliar o padrão da regeneração natural quanto aos fatores topográficos no intervalo de 17 anos e identificar áreas mais favoráveis ao processo de regeneração na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, Pinheiral, Rio de Janeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Mapeamento dos fragmentos florestais

O mapeamento dos fragmentos florestais foi obtido a partir de imagens LANDSAT-5 Sensor TM (Thematic Mapper), correspondente aos anos de 1994 e 2011 (Figuras 3 e 4), com resolução espacial de 30 metros. O georreferenciamento das imagens orbitais de 1994 e 2011, foi realizado a partir de 5 pontos controles obtidos nas imagens ortoretificadas disponível no site do IBGE (www.ibge.gov.br), com o RMSE menor que 20%. O georreferenciamento foi realizado no software ArcGis 10.2 e utilizou-se o Polinómio de Primeira Ordem.

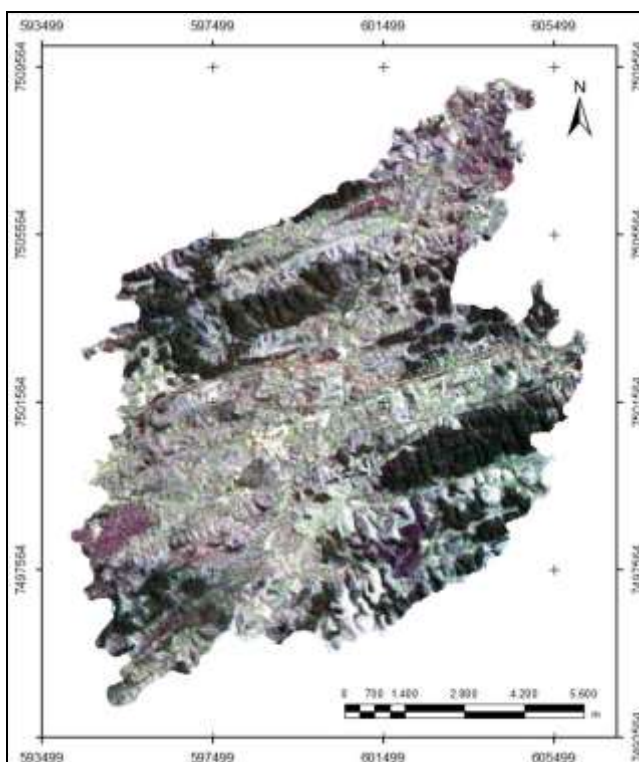


Figura 3. Imagem orbital com composição RGB da sub-bacia do Ribeirão Cachimbal do ano de 1994.

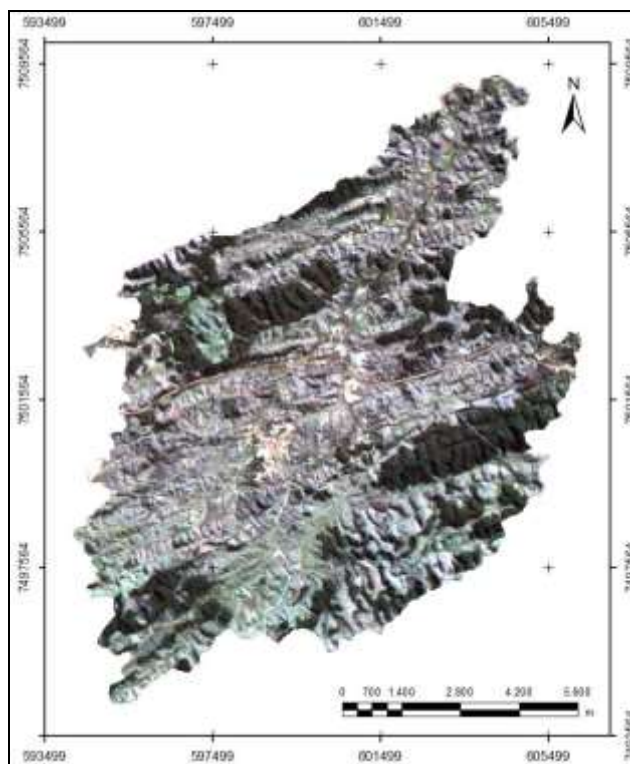


Figura 4. Imagem orbital com composição RGB da sub-bacia do Ribeirão Cachimbal do ano de 2011.

As imagens foram tratadas quanto à calibração radiométrica para correção de distorções geométricas e remoção de ruídos com o uso do software ERDAS IMAGINE 2014, para corrigir a influência de uma série de fatores, tais como a transparência atmosférica e as características ópticas e eletrônicas do sensor, com o uso da equação proposta por Markham & Baker (1987), apresentada abaixo

$$L_{\lambda i} = L_{\min} + \frac{L_{\max} - L_{\min}}{255} \times ND$$

em que,

$L_{\lambda i}$: radiância espectral;

ND: número digital de cada pixel;

L_{\max} e L_{\min} : são as radiâncias espectrais máximas e mínimas ($\text{Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{m}^{-1}$), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Bandas do sensor TM, apresentando os coeficientes de calibração.

Banda TM	Comprimento de Onda	L_{min}	L_{max}	$G_{rescale}$	$B_{rescale}$	$ESUM_{\lambda}$
	μm	$W/(m^2 sr \mu m)$		$W/(m^2 sr \mu m)/DN$	$W/(m^2 sr \mu m)$	$W/(m^2 sr \mu m)$
1 (azul)	0,452 - 0,518	-1,52	169	0,671339	-2,19	1983
		-1,52	193	0,765827	-2,29	
2 (verde)	0,528 - 0,609	-2,84	333	1,322205	-4,16	1796
		-2,84	365	1,448189	-4,29	
3 (vermelho)	0,626 - 0,693	-1,17	264	1,043976	-2,21	1536
4 (IV-próximo)	0,776 - 0,904	-1,51	221	0,876024	-2,39	1031
5 (IV-médio)	1,567 - 1,784	-0,37	30,2	0,120354	-0,49	220
6 (IV-termal)	10,45 - 12,42	1,2378	15,3032	0,055376	1,18	N/A
7 (IV-distante)	2,097 - 2,349	-0,15	16,5	0,065551	-0,22	83,44

Fonte: Chander et al. (2009).

Na sequência, foi realizado o cálculo da refletância monocromática que é definida como sendo a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação global incidente, sendo obtido pela equação (Allen et al., 2002).

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{k_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r}$$

em que:

$\rho_{\lambda i}$: refletância monocromática;

$L_{\lambda i}$: radiância espectral de cada banda;

$K_{\lambda i}$: irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($Wm^{-2}\mu m^{-1}$, Tabela 1);

Z: ângulo zenital solar (obtido por meio do cabeçalho das imagens adquiridas, e depende da órbita, ponto e época do ano);

d_r : razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia Astronômico do ano (DJ).

Após o tratamento de calibração radiométrica e o cálculo da refletância foi determinado o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (“Normalized Difference Vegetation Index – NDVI”), que é um indicador sensível da vegetação verde presente. O valor do NDVI é obtido por meio da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo (IV-próximo, ρ_{IV}) e do vermelho (ρ_V) pela soma das mesmas com o uso da equação (Allen et al., 2002; Bastiaanssen et al., 1998).

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V}$$

em que,

NDVI: índice de vegetação da diferença normalizada;

ρ_{IV} , ρ_V (μm): correspondem, respectivamente, as bandas 4 e 3 do sensor TM do LANDSAT-5.

Com o uso do NDVI das respectivas imagens, foram identificados e vetorizados todos os fragmentos florestais (>0,5 ha) presentes da sub-bacia do ribeirão Cachimbal nos dois anos avaliados (1994 e 2011), sendo consideradas áreas de fragmentos florestais aquelas regiões com o valor de NDVI entre 0,5-1,0 (Rosembach et al., 2010). Os vetores dos fragmentos do ano de 1994 foram sobrepostos aos fragmentos do ano 2011, com isso, foram identificadas as áreas onde ocorreu a regeneração natural da cobertura florestal no intervalo de 17 anos. As áreas regeneradas no período de 17 anos foram classificadas quanto às variáveis topográficas (superfície, declividade, orientação das vertentes e radiação solar global), consideradas no estudo, por intermédio do software ArcGis 10.2.

2.2 Fatores topográficos

Foram utilizadas as cartas topográficas dos municípios de Volta Redonda (Folha SF-23-Z-A-V-2) e Pirai (Folha SF- 23-Z-VI-1), obtidas no IBGE na escala de 1:50.000, das quais se originou o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) resolução espacial de 10 m na escala de 1:100.000, por intermédio do ArcGis 10.2 (Figura 5). A partir do MDEHC foram gerados os mapas temáticos de superfície, declividade, orientação da vertente e radiação solar global.

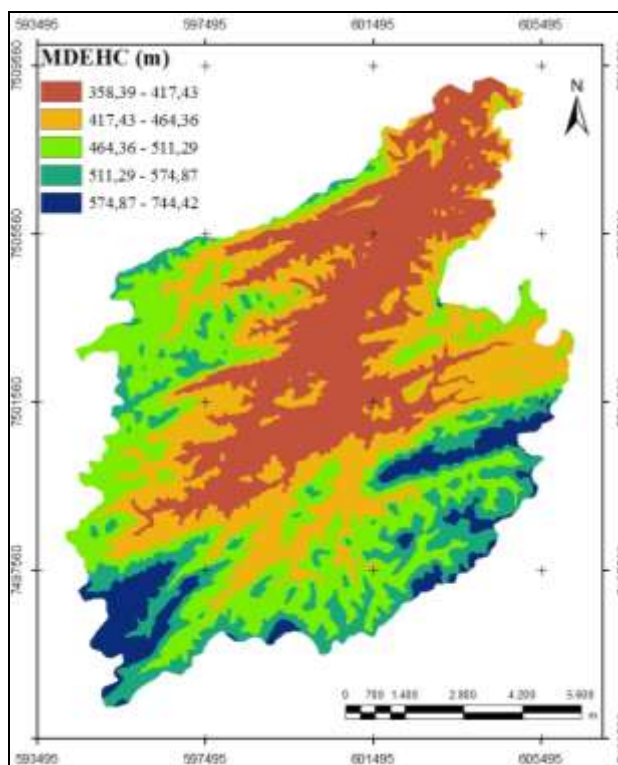


Figura 5. Modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC) da sub-bacia do ribeirão Cachimbal.

A superfície corresponde ao caráter côncavo/convexo do terreno está relacionada aos processos de fluxo e acúmulo de água, nutrientes e materiais orgânicos no solo (Schmidt et al., 2003). Segundo Caldas (2006) a curvatura das superfícies do terreno pode ser classificada em côncava (<-0,3), plana (-0,3 a +0,3) e convexa (>+0,3).

A declividade é o ângulo de inclinação da superfície local em relação a um plano horizontal (Schmidt et al., 2003) e tem influência sobre o equilíbrio entre a infiltração de

água no solo e o escoamento superficial. A declividade pode ser classificada, segundo EMBRAPA (1999), como plana (0-3%), suave ondulada (3-8%), ondulada (8-20%), forte ondulada (20-45%), montanhosa (45-75%) e escarpada (>75%).

A orientação das vertentes é a medida do ângulo horizontal da direção esperada do escoamento superficial, geralmente expressa em azimute, isto é, em relação ao Norte geográfico. O valor é de (0° a 360°), aumentando desta direção no sentido horário (Schmidt et al., 2003). A orientação se associa diretamente com a intensidade e direção dos fluxos de matéria e insolação, com efeitos locais sobre a vegetação e o solo (Marques et al., 2005). A mesma foi classificada segundo Caldas (2006) em: norte (0°-22,5° e 337,5°-360°), nordeste (22,5°-67,5°), leste (67,5°-112,5°), sudeste (112,5°-157,5°), sul (157,5°-202,5°), sudoeste (202,5°-247,5°), oeste (247,5°-292,5°) e noroeste (292,5°-337,5°).

A radiação solar global é a quantidade de energia que chega à superfície da terra na forma de radiação de ondas curtas, após ter interagido com a atmosfera (Vianello & Alves, 2012). O cálculo da radiação solar global pode ser obtido, utilizando algoritmo desenvolvido por Rich et al. (1994), modificado por Fu & Rich (2000). Essa simulação envolve uma representação no formato raster, que exibe a posição aparente do sol, calculada com base na latitude da área de estudo e variando de acordo com a hora do dia e os dias do ano. As classes consideradas foram < 1.500.000, 1.500.000 – 1.600.000, 1.600.000 – 1.700.000 e > 1.700.000 Watts.

2.3 Análise dos dados

O número e a área total das áreas regeneradas presentes nas respectivas classes dos fatores topográficos foram submetidos a análise de normalidade (Teste de Shapiro Wilk, 5%) e homogeneidade da variância dos erros (Teste de Levene, 5%), não sendo atendido esses pressupostos estatísticos foi utilizado uma estatística não-paramétrica, aplicando o Teste de Qui-Quadrado, para comparar a diferença entre as classes dos fatores topográficos, por intermédio do Action 2.5.

A partir da checagem das classes dos fatores topográficos com maior número e área total de áreas regeneradas, foi elaborado um mapa temático das áreas mais favoráveis à ocorrência da regeneração natural no espaço-temporal de 17 anos (1994 e 2011), por intermédio do ArcGis 10.2.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fatores topográficos

A sub-bacia do ribeirão Cachimbal apresentou um padrão de heterogeneidade na distribuição de suas encostas e vales (Figuras 6, 7, 8 e 9). Esse padrão é resultante da característica do relevo, pois a área de estudos está inserida em uma região denominada de Mar de Morros. Essas características morfológicas da sub-bacia do ribeirão Cachimbal proporcionam uma oferta diferenciada dos atributos ambientais entre as encostas, o que causa variações nos atributos químicos e físicos do solo, do microclima e consequentemente na composição vegetal das encostas e vales na paisagem.

Estudos como os de Marques et al. (2005) e de Bispo et al. (2009), mostraram haver o efeito dos fatores topográficos na presença e regeneração natural de fragmentos e distribuição das espécies vegetais, sendo os fatores declividade, orientação e altitude das encostas de maior relevância no padrão da regeneração e estruturação da vegetação nas encostas.

Para o fator superfície, a área da sub-bacia apresentou-se 50% plana, 25% côncava e 25% convexa (Figura 6). Nas áreas côncavas acontecem os processos de acúmulo de sedimentos e água, por outro lado, nas áreas convexas ocorrem os processos de dispersão de sedimentos e água, sendo que na paisagem essas áreas são interligadas, com isso as características desses ambientes estão em constantes alterações, principalmente na camada superficial do solo.

As áreas planas, por sua vez, apresentam ambientes mais estáveis, pois tendem a apresentar menos movimento de sedimentos e água em relação às outras classes. Para os autores Schmidt et al. (2003), as características da superfície estão relacionadas à migração e acúmulo de nutrientes, matéria orgânica e água no solo, tendo como catalisador desse processo a gravidade.

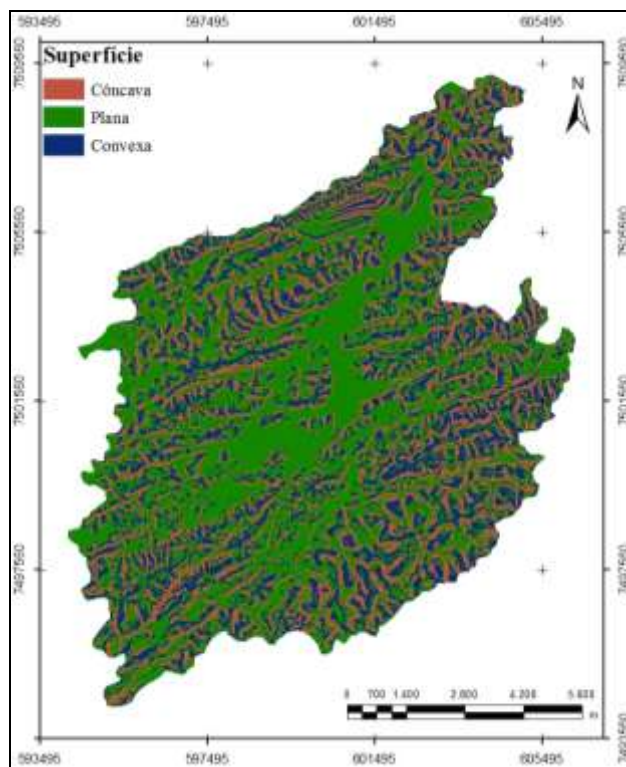


Figura 6. Mapa de superfície da sub-bacia ribeirão Cachimbal, Pinheiral-RJ.

Para o fator declividade, a área da sub-bacia do ribeirão Cachimbal apresentou-se, como 35% forte ondulada, 28% ondulada, 17% suave ondulada, 10,5% plana, 9% montanhosa e 0,5% escarpada (Figura 7), sendo predominante na região hidrográfica declividade de suave ondulada a forte ondulada. Essas características indicam que na paisagem há um maior movimento da água na superfície, o que é constatado na região pela grande ocorrência de voçorocas, sendo esse processo catalisado em alguns casos pela remoção da cobertura vegetal. Segundo Schimidt et al. (2003), a declividade influencia a infiltração de água no solo, o escoamento superficial e a incidência da radiação solar global.

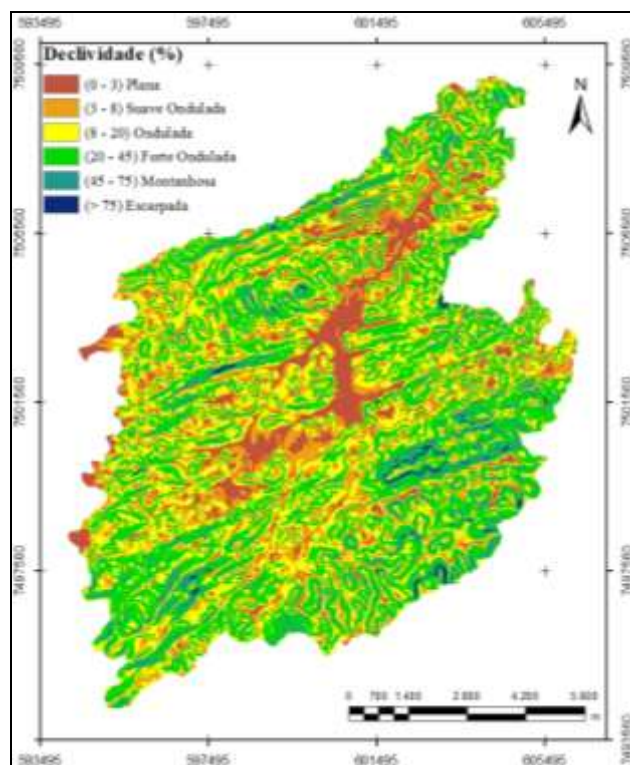


Figura 7. Mapa de declividade da sub-bacia ribeirão Cachimbal, Pinheiral-RJ.

Para o fator orientação, a área da sub-bacia do ribeirão Cachimbal apresentou a seguinte distribuição: 18% noroeste, 16% norte, 15% sudeste, 12% sul, 12% nordeste, 11% leste, 8% oeste e 8% sudoeste (Figura 8), o que evidencia que as encostas da região hidrográfica em estudos recebem uma oferta diferenciada de incidência de raios solares e de ventos úmidos oriundos do oceano, o que leva à diferenciação das condições microclimáticas das encostas. Segundo Marques et al. (2005), no Rio de Janeiro as encostas com orientação leste e sul são mais úmidas, e as encostas norte e nordeste são mais secas, o que está relacionado ao processo de evaporação devido à incidência da radiação solar.

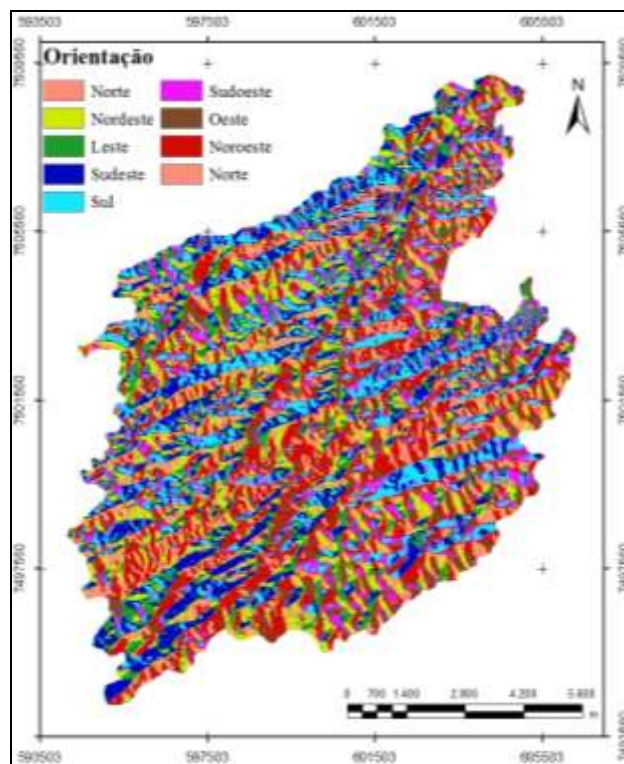


Figura 8. Mapa de orientação da vertente da sub-bacia ribeirão Cachimbal, Pinheiral-RJ.

Para o fator radiação solar global, 57% da área da sub-bacia do ribeirão Cachimbal recebem entre 1.600.000 e 1.700.000 Watts, 17% recebem mais de 1.700.000 Watts, 15% recebem de 1.500.000 a 1.600.000 Watts e 11% recebem menos de 1.500.000 Watts. Essa variação da incidência da radiação solar global na região hidrográfica leva também à formação de ambientes com diferentes condições de umidade do solo. Maciel et al. (2002) estudando o efeito da radiação na dinâmica de uma floresta, observaram que a quantidade de luz que chega no ambiente desempenha um importante papel no funcionamento e sobrevivência de um ecossistema.

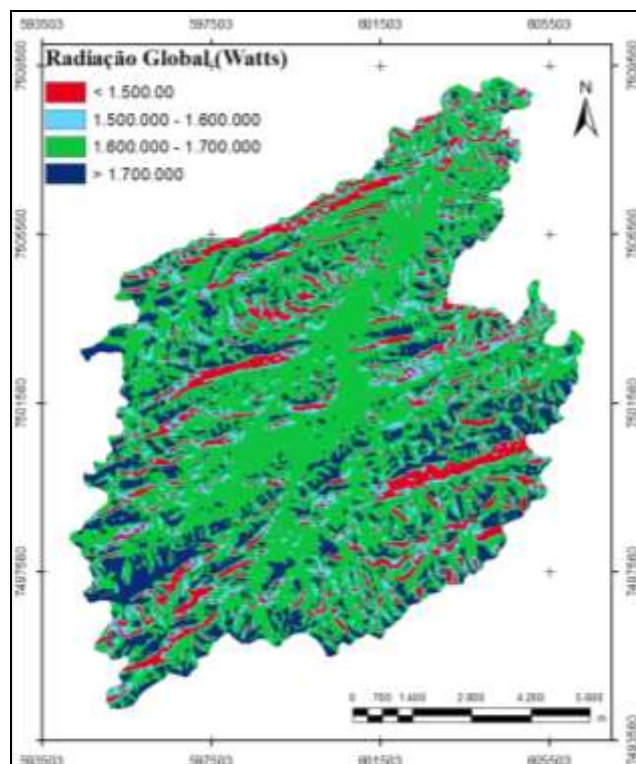


Figura 9. Mapa de radiação solar global da sub-bacia ribeirão Cachimbal, Pinheiral-RJ.

A heterogeneidade dos fatores topográficos nas bacias hidrográficas da região de Mar de Morros proporciona a formação de microclimas e ambientes com condições diferenciadas de resistência às ações antrópicas. Atualmente, na paisagem da região de Mar de Morros verifica-se uma porção significativa de áreas de pastagens abandonadas e degradadas (Menezes, 2008), no entanto é possível observar a presença de fragmentos florestais com diferentes estádios de regeneração natural inseridos nessa matriz, indicando o efeito dos fatores topográficos nos processos de revegetação dos ambientes antropizados.

Para Santos et al. (2009), o conhecimento do relevo e da heterogeneidade da paisagem de uma micro bacia hidrográfica é fundamental para a implantação de manejo em áreas com características semelhantes e para desenvolver práticas de manejo do solo.

3.2 Padrão da regeneração natural na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Cachimbal

Na sub-bacia do ribeirão Cachimbal pode-se observar o processo de regeneração natural no período de 17 anos (1994 e 2011) (Figuras 10 e 11), devido ao aumento da área coberta por florestas, sendo 2.915,39 ha no ano de 1994 e 3.649,30 ha no ano de 2011. Assim, pode se dizer que houve um processo de regeneração equivalente a 1.269,86 ha no intervalo de 17 anos na sub-bacia mesmo sem proteção da presença de animais domésticos e das ações antrópicas. Processos de regeneração natural na Floresta Estacional Semidecidual também foram observados por Calegari et al. (2010) e Diniz (2011) avaliando a dinâmica da expansão dos fragmentos florestais no tempo.

A regeneração natural ocorreu nos ambientes em que, após o processo de antropização, ainda apresentam potencial de resiliência, sendo esse potencial influenciado diretamente pela oferta diferenciada dos atributos ambientais na paisagem. Na mesma bacia hidrográfica o processo de regeneração natural pode ocorrer de forma heterogênea, padrão esse observado na sub-bacia do ribeirão Cachimbal (Figura 11 e Tabela 2).

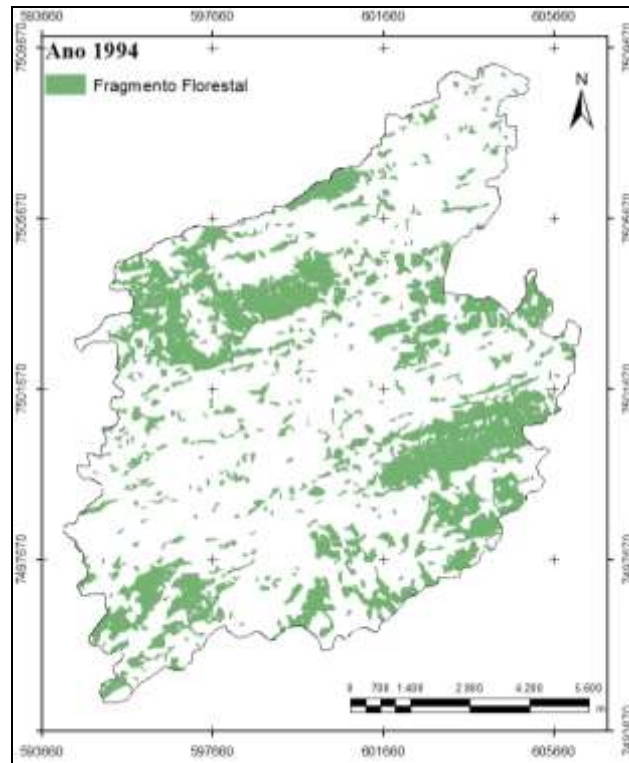


Figura 10. Distribuição dos fragmentos florestais na bacia do ribeirão Cachimbal no ano de 1994.

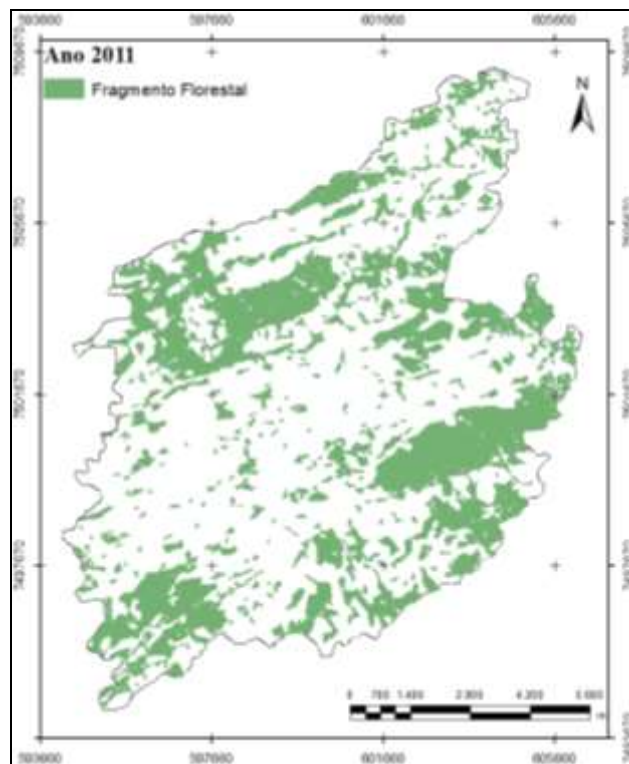


Figura 11. Distribuição dos fragmentos florestais na bacia do ribeirão Cachimbal no ano de 2011.

Na sub-bacia do ribeirão Cachimbal observou-se que o processo de regeneração natural, ocorreu preferencialmente nos ambientes com as respectivas características: superfície plana, declividade variando de ondulada a forte ondulada, orientação da vertente variando de sudeste a sudoeste e radiação solar global entre 1.500.000 e 1.700.000 Watts (Tabela 2).

A superfície plana ser a preferencial a regeneração natural pode ser explicada pela escala das curvas de nível (1:50.000), utilizadas na confecção dos mapas temáticos, dando indício que essa escala não é adequada para se trabalhar com as características das superfícies. O ideal para esse tipo de abordagem seria curvas de nível com escalas menores, pois era esperado que as superfícies côncavas, devido suas características de acúmulo de sedimentos e nutrientes tivesse uma maior regeneração natural.

Os resultados encontrados para a declividade são explicados pela maior dificuldade para explorar os ambientes da região de Mar de Morros, com declividade superior a 30% e por causa das restrições de exploração florestal determinada pela legislação ambiental. A preferência da regeneração natural nas condições de orientação da vertente sudeste a sudoeste é explicada pela maior oferta de atributos favoráveis a esse processo. Nessa faixa de orientação as regiões recebem uma maior oferta de umidade decorrente dos ventos oriundos do oceano e menor incidência de raios solares, tendo assim um microclima propício à regeneração.

A regeneração natural quanto à radiação solar global apresentou uma preferência para o intervalo de 1.500.000 a 1.600.000 Watts, o que é um indício que a radiação influencia na regeneração. Silveira & Silva (2010) avaliando a dinâmica da regeneração natural na Floresta Atlântica, observaram que os fatores ambientais mais relevantes foram a declividade e a insolação, sendo que, preferencialmente, a regeneração natural ocorreu nas encostas com menor insolação, maior umidade do solo e declividade elevada.

Resultados similares foram observados por Silva et al. (2006), que estudando o efeito de fatores físicos na regeneração natural, observaram a influência dos fatores declividade, orientação da vertente e forma da superfície na dinâmica da vegetação arbórea da bacia hidrográfica, sendo a regeneração favorecida nas encostas voltadas para o sul.

Tabela 2. Número de áreas, área média e total da regeneração natural na sub-bacia do Ribeirão Cachimbal, quanto aos fatores topográficos, no período de 17 anos.

Fator Topográfico		Área Regenerada		
	Classe	Número de Áreas Regeneradas	Área Média (ha) ± Desvio Padrão	Σ Área (ha)
Superfície	Côncava	72*	1,14 ± 1,29	81,79*
	Plana	227*	5,16 ± 16,53	1172,11*
	Convexa	15*	1,06 ± 0,99	15,97*
Declividade	Plana	26*	1,88 ± 2,91	48,86*
	Suave Ondulada	58*	1,58 ± 1,75	91,79*
	Ondulada	108*	4,23 ± 13,43	456,35*
	Forte Ondulada	118*	5,68 ± 19,03	670,19*
	Montanhosa	4*	0,67 ± 0,54	2,69*
	Escarpada	0*	0	0*
Orientação	Norte	1*	0,32 ± 0	0,32*
	Nordeste	12*	0,79 ± 0,51	9,44*
	Leste	33*	1,01 ± 0,77	50,12*
	Sudeste	63*	1,94 ± 2,58	122,22*
	Sul	88*	7,28 ± 20,02	640,65*
	Sudoeste	64*	6,11 ± 19,99	390,73*
	Oeste	32*	1,70 ± 1,96	54,42*
	Noroeste	21*	0,89 ± 0,73	18,66*
Radiação	<1.500.000	19*	1,00 ± 0,77	19,03*
	1.500.000-1.600.000	69*	3,30 ± 4,62	227,36*
	1.600.000-1.700.000	212*	4,76 ± 17,00	1009,78*
	>1.700.000	14*	0,98 ± 0,98	13,70*

* valores de χ^2 significativos com $p < 0,05$.

Após a identificação das áreas na sub-bacia do ribeirão Cachimbal que a regeneração natural foi mais expressiva (Tabela 2), pode-se identificar e quantificar as áreas preferenciais à ocorrência da regeneração natural (Figura 12). Um total de 126,53 ha que representa 1,21% da área total da sub-bacia hidrográfico (10.415,85 ha). Deste total, apenas 50,12 ha possuem cobertura florestal atualmente, os outros 70,41 ha (Figura 13), encontram-se antropizados, sendo a maioria dessas áreas ocupada por pastagens abandonadas (Menezes, 2008).

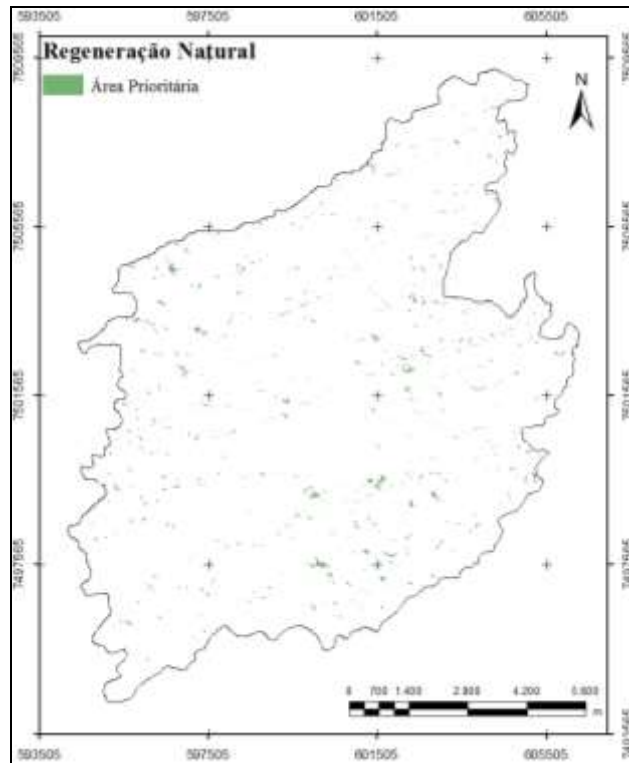


Figura 12. Áreas prioritárias para regeneração natural, quanto às condições microclimáticas da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Cachimbal.

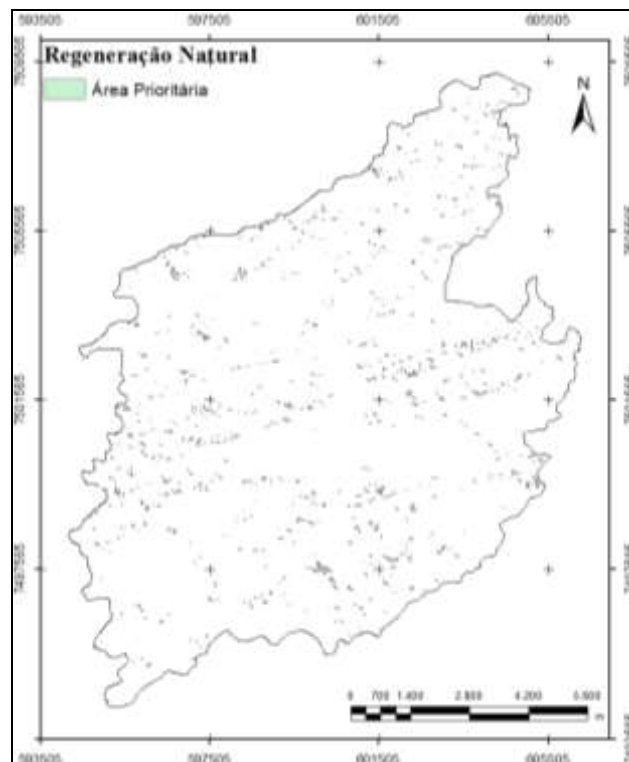


Figura 13. Áreas prioritárias para regeneração natural na bacia hidrográfica do ribeirão Cachimbal, sem cobertura florestal.

Em relação á área (1,21%), os ambientes favoráveis à regeneração natural não foram representativos na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, por outro lado, em termos econômicos, é importante considerar esses ambientes no planejamento das atividades de reflorestamento. Na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, os ambientes favoráveis à regeneração natural não são suficientes para que o processo de reflorestamento da sub-bacia aconteça, sendo assim, é necessária a intervenção antrópica.

Segundo Diniz (2011), o potencial de expansão dos fragmentos florestais de uma matriz perturbada, deve ser considerado na implantação de projetos de reflorestamento. O autor ressalta a redução do consumo de capital para execução da atividade, pois apenas a proteção dessas áreas é suficiente para o início do processo de recuperação ambiental.

4 CONCLUSÕES

A sub-bacia do ribeirão Cachimbal possui distribuição heterogênea dos fatores topográficos (superfície, declividade, orientação da vertente e radiação solar global), o que está relacionado ao ambiente de Mar de Morros a que está inserida, garantindo assim a formação de microclima e ambientes específicos e diversos.

A regeneração natural na região de estudo, médio Vale Paraíba do Sul ocorre principalmente nos ambientes com declividade ondulada a forte ondulada, orientação sudeste a sudoeste, radiação solar global entre 1.500.000 a 1.700.000 Watts e superfície plana.

Na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, os ambientes favoráveis a regeneração natural não são suficientes para que a sub-bacia tenha sua cobertura florestal original restabelecida, pois apenas 1,2% tem potencial de regeneração, sendo assim, é necessário a intervenção antrópica.

A análise da paisagem é uma ferramenta política potencial para o planejamento e diminuição dos custos da restauração florestal.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; TASUMI M.; TREZZA, R.; WATERS. R.; BASTIAANSSEN. W. **Surface energy balance algorithms for land (SEBAL)**. Advance training and users manual. Idaho, 2002, 98 p.
- BASTIAANSSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**. v. 212-213, p. 198-212, 1998.
- BISPO, P. C.; VALERIANO, M. M.; KUPLICH, T. M. Variáveis geomorfométrica locais e sua relação com a vegetação da região do interflúvio Madeira-Purus (AM-RO). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 1, p. 81-90, 2009.
- CALDAS, A. J. F. S. **Geoprocessamento e análise ambiental para determinação de corredores de hábitat na Serra da Concórdia, Vale do Paraíba – RJ**. 2006. 122 f. Dissertação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.
- CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA, E.; BUSATO, L. C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p.871-880, 2010.
- CARDOSO, E.; SCHIAVINI, I. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 277-289, 2002.
- CHANDER, G.; MARKHAM, B.; HELDER, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, v. 113, p. 893-903, 2009.
- DINIZ, A. R. **Dinâmica de fragmentos florestais da Mata Atlântica na região do médio vale Paraíba do Sul, Rio de Janeiro**. 2011. 77 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Pós graduação em Engenharia Florestal, Ciências Florestal e Ambiental, Seropédica, 2011.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999, 412 p.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período 2005-2008**. São Paulo, SOS Mata Atlântica/INPE/ISA, 2009, 156 p.
- FU, P.; RICH, P. M. **The solar analyst 1.0 manual**. Helios Environmental Modeling Institute (HEMI), Estados Unidos da América, 2000.
- GANDOLFI, S. **História natural de uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Campinas (São Paulo, Brasil)**. 2000. 520 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas de bioma e vegetação do Brasil**, 2004. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/presidência/noticias21052004homes.shtml. Acessado em: 15 mai. 2012.
- MACIEL, M. N. M.; WATZLAWICK, L. F.; SCHOENINGER, E. R.; YAMAJI, F. M. Efeito da radiação solar na dinâmica de uma floresta. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Paraná, v. 4, n. 1, Jan. / Jun. 2002.

MARKHAM, B. L.; BAKER, J. L. **Landsat MSS and TM Post-Calibration Dynamix Ranges, Exoatmospheric Reflectances and At-Satellite Temperatures**, Landsat Technical Notes, v. 1, p. 3-5, 1987.

MARQUES, O.; TIENNE, L.; CORTINES, E.; VALCARCEL, R.. Atributos ambientais definidores de presença de fragmentos florestais de Mata Atlântica em microbacias instáveis. EDUR. **Revista Universidade Rural Série Ciências da Vida**. Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p.145-150, 2005.

MENEZES, C.E.G. **Integridade de paisagem, manejo e atributos do solo no Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral-RJ**. 2008. 172 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CURI, N.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A. Tree species distribution along soil catenas in a riverside Semideciduolus Forest in southeastern Brazil. **Flora**, Jena, v. 192, p. 47-64, 1997.

RICH, P. M.; DUBAYAH, R.; HETRICK, W. A.; SAVING, S. C. Using Viewshed models to calculate intercepted solar radiation: applications in ecology. **American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers**, Virginia, p. 524-529, 1994.

ROSEMBACK, R.; FERREIRA, N. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; CONFORTE, J. C. Análise da dinâmica da cobertura vegetal na região sul do Brasil a partir de dados MODIS/terra. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 62, edição especial 2, p. 401-416, 2010.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B. Relação entre o relevo e as classes texturais do solo na microbacia hidrográfica de Vaca Brava, PB. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 54, p. 86-94, 2009.

SCHIMIDT, J.; EVANS, I. S.; BRINKMANN, J. Comparison of polynomial models for land surface curvature calculation. **International Journal of Geographical Information Science**, Estados Unidos, v.17, n. 8, p. 797-814, 2003.

SILVA, V. V.; SCHUMM, L.; ROIG, H. L.; SILVEIRA, C. S.; FERREIRA, A. M. M.; Uso do geoprocessamento como ferramenta para análise geocológica – o exemplo da bacia do Paquequer. **CADMA**, Niterói, 2006. 14 p.

SILVA, W. G.; METZGER, J. P.; SIMÕES, S.; SIMONETTI, C. Relief influence on the spatial distribution of the Atlantic Forest cover on the Ibiúna Plateau, SP. **Brazilian Journal Biology**, São Carlos, v. 67, n. 3, p. 403-411, 2007.

SILVEIRA, C. S.; SILVA, V. V. Dinâmica de regeneração e desmatamento da vegetação provocadas por fatores climáticos e geomorfológicos: uma análise geocológica através de SIG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1025-1034, 2010.

SOUZA, A. L.; SCHETTINO, S.; JESUS, R. M.; VALE, A. B. Dinâmica da composição de um Floresta Ombrófila Densa Secundária, após corte de cipós, reserva natural da Companhia Vale do Rio Doce S.A, Estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 549-558, 2002.

VIANELLO, R. L.; ALVES A. R. **Metereologia básica e aplicações 2ª Ed**. Viçosa: Editora UFV, 2012. 460 p.

VENTUROLI, F.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W. Avaliação temporal da regeneração natural em uma Floresta Estacional Semidecídua Secundária, em Pirenópolis, Goiás. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.3, p.473-483, 2011.

CAPÍTULO II

Atributos Vegetais da Serapilheira e do Banco de Sementes do Solo nas Diferentes Pedofomas da Sub-bacia do Ribeirão Cachimbal

RESUMO

A Floresta Atlântica está inserida em uma paisagem onde as condições topográficas são diversas por incluir aspectos como elevação, orientação, inclinação e geometria das encostas e posição topográfica. As espécies vegetais presentes nas encostas possuem um papel fundamental na conservação do solo, mas também à ciclagem de nutrientes e nas alterações físicas e químicas no solo, por meio da deposição da serapilheira. A interação das espécies com as condições ambientais podem determinar a composição florística de uma floresta na paisagem. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os padrões da vegetação arbórea, do banco de sementes do solo e mensurar o estoque e a decomposição da serapilheira associados a sazonalidades climáticas nas diferentes condições de relevo e declividade das pedoformas convexa e côncava na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, Pinheiral-RJ. Foram selecionadas duas pedoformas com cobertura do tipo floresta e essas segmentadas em mini sítios (MS), diferenciados quanto a variação do gradiente topográfico e da declividade. Nos MS foi realizado o levantamento florístico e fitossociológico arbóreo pelo método de transecto. Foram realizadas coletas do material formador de serapilheira e decomposição do material foliar nas estações do ano seca e chuva. Foi realizada a coleta do banco de sementes na profundidade de 3 cm do solo e condicionado em estufa nas condições de pleno sol e sombra (sombrite 70%) para análise de germinação e identificação das espécies vegetais presentes. O tipo de pedoforma influencia na distribuição das espécies arbóreas, onde a maior densidade e riqueza foram observadas no ambiente convexo e a maior diversidade, no ambiente côncavo. Com relação ao estoque e teor de nutrientes do material formador da serapilheira, o maior estoque foi observado na pedoforma convexa e os maiores teores de K^+ e Mg^{+2} , nos MS inferiores das pedoformas convexa e côncava. A composição do banco de sementes teve maior riqueza observada na pedoforma convexa e maior diversidade na pedoforma côncava. As condições topográficas da paisagem são determinantes no padrão de distribuição dos atributos vegetais na região de Mar de Morros.

Palavras-chave: Floresta Atlântica, ciclagem de nutrientes, relevo, espécies arbóreas.

ABSTRACT

The Atlantic Forest is set in a landscape where topographical conditions are varied to include aspects such as elevation, swivel, tilt and geometry of the slopes and topographic position. The plant species present on the slopes have a key role in soil conservation, but also the cycling of nutrients and the physical and chemical changes in the soil through litter deposition. The interaction between the species and environmental conditions can determine the floristic composition of a forest in the landscape. Thus, the aim of this study was to evaluate the patterns of trees, the soil seed bank and measure the stock and litter decomposition associated with climatic seasonality in different conditions of topography and slope of the convex and concave landforms in the sub-basin Cachimbal stream, Pinheiral – RJ. Two landforms with forest cover type and those targeted were selected on mini sites (MS), differentiated as the variation of the topographic gradient and slope. In the MS floristic and phytosociological by arboreal transect method was conducted. Collections of forming material and litter decomposition of leaf material were carried out in the dry and rainy seasons year. Collecting seed bank was held at the depth of 3 cm above the soil conditioning in greenhouse conditions in full sun and shade (70% shade) for germination analysis and identification of plant species present. The type of landform influences on species distribution, where higher density and species richness were observed on the convex environment and greater diversity in the concave environment. With respect to the stock and nutrient content of litter-forming material, the largest stock was observed in convex landform and the highest levels of K^+ and Mg^{+2} , the lower MS of convex and concave landforms. The composition of the seed bank had greater richness observed in convex landform and greater diversity in concave landform. The topography of the landscape are determinant in the distribution pattern of plant attributes in the region of Mar de Morros.

Key words: Atlantic Forest, nutrient cycling, signage, tree species.

1 INTRODUÇÃO

Por estar inserida em uma paisagem onde as condições topográficas são as mais diversas possíveis, quanto aos fatores elevação, orientação, inclinação e geometria das encostas e posição topográfica, a Floresta Atlântica apresenta uma variação nos padrões de distribuição, da estrutura e da regeneração natural das espécies vegetais (Dias & Netto, 2010).

As espécies vegetais presentes nas encostas possuem um papel fundamental na ciclagem de nutrientes e nas alterações dos atributos físicos e químicos do solo, por meio da deposição da serapilheira (Menezes, 2008; Machado, 2011). Após a senescência, o material vegetal é submetido ao processo de decomposição e passa a integrar os componentes do solo. A serapilheira compreende, principalmente, o material de origem vegetal (folhas, flores, ramos, cascas, raízes e sementes) e, em menor proporção, o de origem animal (restos animais e material fecal) depositado na superfície do solo (Cunha Neto et al., 2013).

A quantidade aportada e a decomposição da serapilheira são influenciadas pela tipologia florestal e condições climáticas do ambiente (Godinho et al., 2013). Assim, nos ambientes com características topográficas diversas, a ciclagem de nutrientes é afetada pela oferta diferenciada de luz, umidade e composição florística.

A composição florística de um ambiente é resultado da interação das espécies com as condições ambientais e entre si, esse processo de interação se inicia no banco de sementes, que é um dos responsáveis pela estrutura e composição florística de um ambiente revegetado. A composição e qualidade do banco de sementes são alguns dos fatores que garantem o potencial de resiliência dos ambientes que foram submetidos a processos de antropização.

O banco de sementes presente no piso florestal é responsável pelo processo de sucessão vegetal, sendo composto por sementes que se encontram em estado de dormência. As sementes chegam ao ambiente pelos seus dispersores e pelos indivíduos que tiveram o papel de pioneiros na exploração do ambiente, os quais na maioria das vezes já não estão mais presentes na composição florística atual (Franco et al., 2012).

Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar os padrões da vegetação arbórea, do banco de sementes e mensurar o estoque e decomposição da serapilheira associados a diferentes condições de relevo (gradiente topográfico) e declividade nas pedoformas convexa e côncava na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, Pinheiral-RJ.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Unidade amostral

Foram selecionadas duas pedoformas adjacentes com relevo do tipo convexa (convexa-divergente) e côncava (côncava-convergente) com orientação da vertente predominante a sudeste e cobertura vegetal tipo Floresta Estacional Semidecidual Submontana (CONAMA, 1994; IBGE, 2012), em toda sua extensão, na sub-bacia do ribeirão Cachimbal (Figura 14). As pedoformas foram segmentadas em três mini sítios (MS) diferenciados, quanto a variação do gradiente topográfico e da declividade, sendo: I (largura: 20 m comprimento: 33 m) , II (largura: 20 m comprimento: 30 m) e III (largura: 20 m comprimento: 72 m) na pedoforma convexa e IV (largura: 20 m comprimento: 45 m), V (largura: 20 m comprimento: 30 m) e VI (largura: 20 m comprimento: 72 m) na pedoforma côncava.

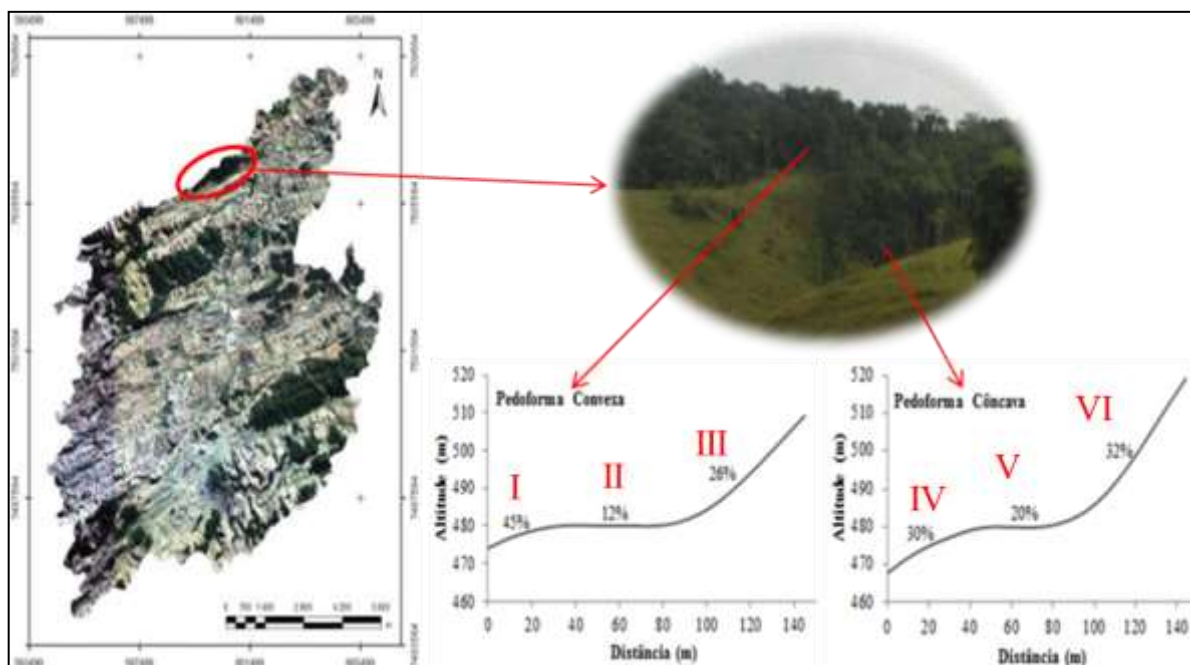


Figura 14. Localização da unidade amostral na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, Pinheiral-RJ.

2.2 Levantamento florístico e fitossociológico

Foi realizado o levantamento das espécies presentes nos MS (Figura 14), com objetivo de conhecer a flora existente. Para esse levantamento utilizou-se o método do transecto (largura: 4 m e comprimento: 20 m) sendo 2 transecto por MS (Mueller & Ellenberg, 1974) para os indivíduos arbóreos. Após a coleta dos dados no campo e do levantamento das espécies e identificação botânica, foram calculados os parâmetros fitossociológicos, para a determinação da cobertura vegetal e estrutural da vegetação.

Os parâmetros fitossociológicos avaliados foram: Densidade Absoluta (DA), Densidade Relativa (DR), Área Basal (G), Dominância Absoluta (DoA), Dominância Relativa (DoR), Frequência Absoluta (FA), Frequência Relativa (FR), Índice de Valor de Importância (IVI), Índice de Shannon (H') e Índice de Equabilidade (J).

2.3 Estoque de serapilheira

A coleta do material formador de serapilheira (MFS) foi realizada em duas estações do ano: chuvosa e seca. Foram coletadas dez amostras de cada um dos MS, utilizando um gabarito de 25 cm de lado ($0,0625\text{m}^2$), arremessado aleatoriamente (Figura 15). O MFS coletado foi acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados. Em seguida, o MFS coletado foi depositado em peneira 2,0 mm de malha para eliminar as partículas de solo e de matéria orgânica em estágio avançado de decomposição e fragmentação. Na sequência, foi colocado para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65°C , por 72h. Posteriormente, o material foi pesado.



Figura 15. Gabarito utilizado para a coleta do material formador de serapilheira (MFS).

A partir da massa do MFS, foram obtidos os valores de estoque total (Mg ha^{-1}), por MS. Em seguida, o material foi triturado, quantificando-se os teores de N, P, K, Ca e Mg, após digestão sulfúrica (Tedesco, 1997).

2.4 Determinação dos teores de ^{15}N na serapilheira

Para avaliação dos padrões diferenciados da ciclagem de nitrogênio (^{15}N), uma parte das amostras do MFS foi submetida à análise isotópica. A serapilheira foi previamente macerada no gral de porcelana e passada por peneira de 100 mesh ($150\ \mu\text{m}$). Neste material, foi determinada a abundância isotópica do nitrogênio (^{15}N). Este procedimento foi realizado com auxílio de um analisador elementar acoplado a um espectrômetro de massa “Carlo Erba/Delta Plus”, no Laboratório de Ecologia Isotópica (CENA-USP) em Piracicaba (SP). O resultado foi expresso na forma $\delta^{15}\text{N}(\%)$ em relação ao ar atmosférico ($0,3663\%$).

2.5 Decomposição do material formador da serapilheira (MFS)

A avaliação da decomposição do material formador da serapilheira foi realizada em duas estações do ano: chuvosa e seca. Para a avaliação da taxa de decomposição do MFS, foram utilizadas amostras de material foliar depositado no piso florestal. Foram coletadas 10 g de folhas que não apresentavam sinais de decomposição, posteriormente acondicionadas em sacos de polivinil (“*litter bags*”) com malha de 4 mm, área de 25 x 25 cm (625 cm²) e 1,5 cm de altura. Em cada um dos MS das pedoformas, foram instalados 16 “*litter bags*” (Figura 16). Os quais foram coletados nos intervalos de 30, 60, 90 e 120 dias após a instalação no campo.



Figura 16. Decomposição do material formador da serapilheira (folhas) nas pedoformas convexas e côncavas.

A quantificação das taxas de decomposição, ao longo dos períodos de estudo, foi realizada por perda de massa, calculando-se a diferença entre a quantidade inicial do material original contido no “*litter bag*” (10 g). De posse desses valores, foi estimada a constante de decomposição (k), conforme Thomas & Asakawa (1993), e o tempo de meia vida ($T^{1/2}$), segundo Rezende et al. (1999), ambos utilizando-se o software SIGMAPLOT 8.0. Foram produzidas também curvas que caracterizam a perda de massa (decomposição) de cada resíduo, com o auxílio do mesmo software. No material foi avaliada a liberação dos nutrientes, sendo o material triturado e analisado quanto aos teores de N, P e K após digestão sulfúrica (Tedesco, 1997).

2.6 Banco de sementes

Para análise do banco de sementes no solo foram amostrados 10 pontos em cada MS da pedoforma, distribuídos aleatoriamente. Cada ponto teve uma área superficial de 0,25 m x

0,25 m (0,0625 m²), onde foram coletadas a serapilheira, juntamente com a camada superficial do solo até a profundidade de 3 cm (Figura 17).



Figura 17. Gabarito para a coleta do banco de sementes.

Posteriormente, as amostras foram homogeneizadas e divididas em dois tratamentos sol (pleno sol) e sombra (sombrite 70%), em casa de vegetação. As amostras foram acondicionadas em bandejas (0,033m²), totalizando 60 parcelas, que foram distribuídas aleatoriamente entre os tratamentos (sol e sombra) resultando em 30 parcelas para cada tratamento. Na bandeja foi acondicionada uma camada de 1 cm de espessura de areia esterilizada, onde posteriormente foi colocado as amostras de solo e serapilheira contendo o banco de sementes (Figura 18). A irrigação foi realizada diariamente, sendo as bandejas furadas para drenagem da água em excesso.



Figura 18. Experimento de germinação do banco de sementes.

A quantificação da germinação foi realizada de 15 em 15 dias até aos 90 dias após a instalação do experimento, sendo que, as plântulas permaneceram nas bandejas ou sacos plásticos (repicagem) até um tamanho possível para sua identificação botânica (Figura 19).



Figura 19. Quantificação e identificação das plântulas do banco de sementes.

Para as espécies presentes no banco de sementes foram calculados os parâmetros fitossociológicos Densidade Absoluta (DA), Densidade Relativa (DR), Frequência Absoluta (FA), Frequência Relativa (FR), Índice de Valor de Importância do Banco de Sementes (IVIB), Índice de Shannon (H') e Índice de Equabilidade (J) conforme Gorresio-Roizman (1993).

2.7 Identificação e classificação da vegetação

As espécies vegetais do levantamento florístico e do banco de sementes foram identificadas por meio de consultas à literatura botânica, à especialistas e comparada à coleção do herbário da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (RBR). As espécies

identificadas foram classificadas em grupos sucessionais (pioneiras, secundárias e clímax) adaptado segundo Gandolfi et al. (1995), Lorenzi (2008; 2009a; 2009b) e Carvalho (2003; 2006; 2008; 2010).

2.8 Análise dos dados

Considerou-se para o aporte de serapilheira um delineamento fatorial (6x2), constituindo de 6 MS e 2 períodos do ano; para a análise de decomposição (folhas) considerou-se um delineamento fatorial (6x2x4) constituindo de 6 MS, 2 períodos do ano e 4 períodos de coleta; para análise do banco de sementes considerou-se um delineamento fatorial (6x2) constituído de 6 MS e 2 condições de cobertura.

Os dados foram submetidos à análise de normalidade (teste de Shapiro Wilk, 5%) e homogeneidade da variância dos erros (teste de Levene, 5%). Para os dados que atenderam os pressupostos estatísticos foi realizada uma análise estatística paramétrica (teste de Tukey, 5%). Para os dados que não atenderam os pressupostos estatísticos, foi realizada uma análise estatística não paramétrica (teste de Kruskal-Wallis, 5%).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Levantamento florístico e fitossociológico

No levantamento florístico foi observado um total de 25 famílias e 63 espécies, nas pedoformas convexa e côncava, sendo as famílias Fabaceae, Myrtaceae, Euphorbiaceae, Meliaceae e Sapindaceae as que apresentaram o maior número de espécies respectivamente. Quanto ao grupo sucessional, 56% eram secundárias, 19% pioneiras, 13% clímax e 13% sem identificação (Tabela 3). O número elevado de espécies secundárias é explicado pelo estágio avançado de desenvolvimento que o fragmento florestal se encontra, onde já se observa a presença de espécies clímax e a redução das espécies pioneiras, que tendem a desaparecer da composição florística com o avanço da sucessão ecológica.

Tabela 3. Famílias e espécies arbóreas presentes nas pedoformas convexa e côncava na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, Pinheiral-RJ.

Família	Espécie	Grupo Sucessional	Pedoforma	
			Convexa	Côncava
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	S	X	
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	S	X	
Annonaceae	<i>Xylopia brasiliensis</i> Sprengel.	S		X
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana laeta</i> Mart.	P		X
Arecaceae	<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret.	S		X
	<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	S		X
Bignoniaceae	<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) Schum.	P	X	
	Boraginaceae	SI	X	X
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum pulchrum</i> A. St.Hil.	S	X	
	<i>Erythroxylum</i> sp.	SI	X	
Euphorbiaceae	<i>Actinostemon verticillatus</i> (Klotzsch) Baill.	S	X	
	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	P		X
	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	P	X	
	<i>Senefeldera multiflora</i> Mart.	S	X	X
	<i>Senefeldera verticillata</i> (Vell.) Croizat.	S	X	
	<i>Acacia polyphylla</i> DC.	P		X
	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) Macbr.	C	X	X
	<i>Bauhinia forficata</i> L.	S	X	
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	C	X	X
	<i>Enterolobium</i> sp.	SI		X
Fabaceae	<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	S	X	
	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão.	S		X
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) Macbr.	P	X	
	<i>Protium heptaphyllum</i> March.	S		X
	<i>Pseudopiptadenia contorta</i> (DC.) Lewis & Lima.	S	X	X
	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake.	S		X
	<i>Swartzia myrtifolia</i> Sm.	S	X	

Continua

Continuação

	<i>Aniba Firmula</i> (Ness & Mart.) Mez.	C		X
Lauraceae	<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	C	X	
	<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez.	C	X	X
	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze.	C		X
Lecythidaceae	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze.	C		X
	<i>Lecythis pisonis</i> Camb.	S		X
	<i>Chorisia speciosa</i> St.Hil.	S		X
	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	S		X
Malvaceae	<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Robyns.	S	X	X
	<i>Cedrela fissilis</i> Vell	C		X
	<i>Guarea kunthiana</i> Juss.	S		X
Meliaceae	<i>Trichilia casaretti</i> DC.	S	X	
	<i>Trichilia elegans</i> Juss.	S	X	
	<i>Trichilia lepidota</i> Mart.	S	X	
Moraceae	<i>Brosimum guianensis</i> (Aubl.) Huber.	S	X	
	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg.	P	X	X
	<i>Eugenia</i> sp.1	SI	X	X
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.2	SI		X
	<i>Marlieria</i> sp.	SI	X	
	<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	S	X	
	<i>Plinia</i> sp.	SI		X
Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz.	S	X	X
Peraceae	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	S	X	
Phyllanthaceae	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão.	S	X	X
Polygonaceae	<i>Coccoloba aff. mollis</i>	S	X	
Rhamnaceae	<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins.	S	X	X
	<i>Alseis floribunda</i> Schott.	S	X	
Rubiaceae	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	S	X	X
	<i>Psychotria</i> sp.	SI	X	
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> SW.	P	X	
	<i>Allophylus edulis</i> (St. Hil) Radlk.	S	X	
Sapindaceae	<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	P	X	

Continua

Continuação

	<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	S	X	
	<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	S	X	
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aublet.	P	X	X
Urticaceae	<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	P		X

Legenda: S=secundária, P=pioneira, C=clímax e SI=sem identificação.

Quanto às famílias encontradas, 52% são generalistas as quais ocorrem nas duas pedoformas (Tabela 4), 20% são exclusivas da pedoforma côncava (Annonaceae, Apocynaceae, Arecaceae, Lecythidaceae e Urticaceae) (Tabela 5) e 28% exclusivas da pedoforma convexa (Anacardiaceae, Erythroxylaceae, Moraceae, Peraceae, Polygonaceae, Salicaceae e Sapindaceae) (Tabela 6). Para as espécies foram observadas 22%, de generalistas, que ocorrem nas duas pedoformas (Tabela 4), 33% exclusivas da pedoforma côncava (Tabela 5) e 44% exclusivas da pedoforma convexa (Tabela 6), o que indica composições florísticas distintas entre as pedoformas convexa e côncava.

Tabela 4. Famílias e espécies arbóreas generalistas das pedoformas convexa e côncava.

Generalistas		
Família	Espécie	Grupo Sucessional
Boraginaceae	<i>Cordia</i> sp.	SI
Euphorbiaceae	<i>Senefeldera multiflora</i> Mart.	S
	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) Macbr.	C
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	C
	<i>Pseudopiptadenia contorta</i> (DC.) Lewis & Lima.	S
Lauraceae	<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez.	C
Malvaceae	<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Robyns.	S
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg.	P
	<i>Eugenia</i> sp.1	SI
Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz.	S
Phyllanthaceae	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão.	S
Rhamnaceae	<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins.	S
Rubiaceae	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	S
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aublet.	P

Legenda: S=secundária, P=pioneira e SI=sem identificação.

Quanto ao padrão de distribuição das espécies na pedoforma convexa (Tabela 5), pode-se observar o efeito da variação do gradiente topográfico e da declividade, onde apenas uma espécie (*Coccoloba aff. mollis*) esteve presente ao longo de toda a encosta, mas no geral a distribuição das espécies foram 35% MS I, 38% MS II e 28% MS III. Quanto ao grupo sucessional 68% secundária, 18% pioneira, 4% climax e 10% sem identificação, o resultado observado indica que os mini sítios da pedoforma convexa se encontram em estágio sucessional menos evoluído, quando comparados a pedoforma côncava.

Tabela 5. Famílias e espécies arbóreas exclusivas da pedoforma convexa.

Pedoforma Convexa				
Família	Espécie	Grupo Sucessional		MS
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	S	I	
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	S	I	III
Bignoniaceae	<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) Schum.	P	I	II
	<i>Erythroxylum pulchrum</i> A. St.Hil.	S		II
Erythroxylaceae	<i>Enterolobium</i> sp.	SI		III
	<i>Actinostemon verticillatus</i> (Klotzsch) Baill.	S		III
Euphorbiaceae	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	P	I	II
	<i>Senefeldera verticillata</i> (Vell.) Croizat.	S		III
Fabaceae	<i>Bauhinia forficata</i> L.	S	I	II
	<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	S		II
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) Macbr.	P	I	II
	<i>Swartzia myrtifolia</i> Sm.	S		III
Lauraceae	<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	C		II
Meliaceae	<i>Trichilia casaretti</i> DC.	S	I	
	<i>Trichilia elegans</i> Juss.	S		
	<i>Trichilia lepidota</i> Mart.	S	I	III
Moraceae	<i>Brosimum guianensis</i> (Aubl.) Huber.	S		II
Myrtaceae	<i>Marlieria</i> sp.	SI		II
	<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	S		II
Peraceae	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	S	I	III
Polygonaceae	<i>Coccoloba aff. mollis</i>	S	I	II III
Rubiaceae	<i>Alseis floribunda</i> Schott.	S		II
	<i>Psychotria</i> sp.	SI		III
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> SW.	P	I	II
	<i>Allophylus edulis</i> (St. Hil) Radlk.	S	I	II III
Sapindaceae	<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	P	I	
	<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	S	I	
	<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	S		II III

Legenda: I, II e III - MS em função do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa. S=secundária, P=pioneira e SI=sem identificação.

Quanto ao padrão das espécies na pedoforma côncava (Tabela 6), pode-se observar também o efeito do gradiente topográfico e da declividade na distribuição, onde apenas uma espécie (*Astrocaryum aculeatissimum*) esteve presente ao longo de toda a encosta, mas no geral a distribuição das demais espécies foram 36% MS IV, 34% MS V e 40% MS VI.

Quanto ao grupo sucessional 43% secundária, 24% pioneira, 19% clímax e 14% sem identificação, sendo a presença de espécies clímax maior que na pedoforma convexa, um indicador que a pedoforma côncava está com o estágio de sucessão mais avançado, ou seja, o processo de sucessão natural iniciou-se primeiro na pedoforma côncava.

Tabela 6. Famílias e espécies arbóreas exclusivas da pedoforma côncava na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, Pinheiral-RJ.

Pedoforma Côncava				
Família	Espécie	Grupo Sucessional	MS	
Annonaceae	<i>Xylopia brasiliensis</i> Sprengel.	S	IV	
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana laeta</i> Mart.	P	VI	
Arecaceae	<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret.	S	IV	V VI
Bignoniaceae	<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	S	VI	
Euphorbiaceae	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	P	IV	
Fabaceae	<i>Acacia polyphylla</i> DC.	P	VI	
	<i>Enterolobium</i> sp.	SI	VI	
	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão.	S	VI	
	<i>Protium heptaphyllum</i> March.	S	IV	
	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake.	P	VI	
Lauraceae	<i>Aniba Firmula</i> (Ness & Mart.) Mez.	C	IV	
Lecythidaceae	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze.	C	VI	
	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze.	C	VI	
	<i>Lecythis pisonis</i> Camb.	S	VI	
	<i>Chorisia speciosa</i> St.Hil.	S	V	
Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	S	V	
	<i>Cedrela fissilis</i> Vell	C	IV	V
Meliaceae	<i>Guarea kunthiana</i> Juss.	S	IV	V
	<i>Eugenia</i> sp.2	SI	IV	
Myrtaceae	<i>Plinia</i> sp.	SI	IV	
	<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins.	P	IV	
Rubiaceae	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	S	V	
Urticaceae	<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	P	V	

Legenda: IV, V e VI - MS em função do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. S=secundária, P=pioneira, C=clímax e SI=sem identificação.

O padrão das famílias e espécies arbóreas observado nas tabelas 4, 5 e 6 indica uma composição florística distinta entre os MS das pedoformas convexa e côncava, o que sugere o

efeito do gradiente topográfico e da declividade na chegada e instalação das espécies vegetais na paisagem. A oferta diferenciada de atributos ambientais é um dos condicionantes, portanto, a informação sobre o tipo da pedoforma pode ser uma ferramenta potencial a ser considerada no planejamento ambiental.

Para o índice de valor de importância (IVI) das espécies presentes na pedoforma convexa algumas destacaram-se, sendo *Pseudopiptadenia contorta*, *Apuleia leiocarpa*, *Piptadenia gonoacantha*, *Senefeldera multiflora* e *Matayba guianensis* (Tabela 7). Quanto aos MS, as espécies que destacaram foram no I as espécies *Piptadenia gonoacantha*, *Bauhinia forficata* e *Cordia trichotoma*, no II as espécies *Pseudopiptadenia contorta*, *Apuleia leiocarpa* e *Coccoloba aff. mollis*, no III as espécies *Pseudopiptadenia contorta*, *Senefeldera verticillata* e *Senefeldera multiflora*.

Na pedoforma côncava, quanto ao índice de valor de importância (IVI), as espécies que se destacaram foram *Guarea kunthiana*, *Hyeronima alchorneoides*, *Astrocaryum aculeatissimum*, *Eugenia sp. 1* e *Guapira opposita* (Tabela 8). Para os MS foram no IV as espécies *Guarea kunthiana*, *Campomanesia xanthocarpa* e *Hyeronima alchorneoides*, no V as espécies *Hyeronima alchorneoides*, *Eugenia sp.1* e *Guarea kunthiana* e no VI as espécies *Guapira opposita*, *Cariniana estrellensis* e *Pseudopiptadenia contorta*.

Tabela 7. Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas de ocorrência nos MS das pedoforma convexa.

Espécies	Ni	DR	g (m³)	DoR	FR	IVI
<i>Pseudopiptadenia contorta</i> (DC.) Lewis & Lima.	7	4,70	0,76	26,06	5,26	36,02
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) Macbr.	12	8,05	0,20	7,05	8,77	23,88
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) Macbr.	6	4,03	0,30	10,27	4,39	18,68
<i>Senefeldera multiflora</i> Mart.	12	8,05	0,08	2,80	5,26	16,12
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	8	5,37	0,13	4,53	6,14	16,04
<i>Allophylus edulis</i> (St. Hil) Radlk.	10	6,71	0,12	4,16	4,39	15,25
<i>Bauhinia forficata</i> L.	9	6,04	0,06	2,15	6,14	14,33
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	5	3,36	0,20	7,02	2,63	13,00
<i>Senefeldera verticillata</i> (Vell.) Croizat.	9	6,04	0,12	4,05	2,63	12,72
<i>Coccoloba</i> aff. <i>mollis</i>	6	4,03	0,06	2,05	5,26	11,34
<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) Schum.	4	2,68	0,09	2,95	3,51	9,14
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg.	4	2,68	0,08	2,74	3,51	8,93
Morta	4	2,68	0,07	2,38	3,51	8,58
<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins.	3	2,01	0,10	3,43	1,75	7,19
<i>Brosimum guianensis</i> (Aubl.) Huber.	4	2,68	0,02	0,76	2,63	6,08
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	3	2,01	0,04	1,24	2,63	5,88
<i>Siparuna guianensis</i> Aublet.	4	2,68	0,01	0,38	2,63	5,70
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão.	3	2,01	0,03	0,88	2,63	5,53
<i>Trichilia lepidota</i> Mart.	3	2,01	0,02	0,82	2,63	5,46
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	3	2,01	0,04	1,45	1,75	5,22
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	2	1,34	0,04	1,36	1,75	4,46
<i>Swartzia myrtifolia</i> Sm.	3	2,01	0,04	1,44	0,88	4,33
<i>Casearia sylvestris</i> SW.	2	1,34	0,03	0,95	1,75	4,05
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	1	0,67	0,06	2,12	0,88	3,67
<i>Actinostemon verticillatus</i> (Klotzsch) Baill.	3	2,01	0,01	0,45	0,88	3,34
<i>Eugenia</i> sp.1	1	0,67	0,05	1,56	0,88	3,11
<i>Trichilia elegans</i> Juss.	2	1,34	0,01	0,35	0,88	2,57
<i>Erythroxylum pulchrum</i> A. St.Hil.	1	0,67	0,03	0,89	0,88	2,44
<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	1	0,67	0,02	0,57	0,88	2,12
<i>Erythroxylum</i> sp.	1	0,67	0,02	0,56	0,88	2,10
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez.	1	0,67	0,02	0,56	0,88	2,10
<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	1	0,67	0,01	0,38	0,88	1,92

Continua

Continuação

<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	1	0,67	0,01	0,25	0,88	1,80
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz.	1	0,67	0,01	0,25	0,88	1,80
<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	1	0,67	0,01	0,22	0,88	1,77
<i>Marlieria</i> sp.	1	0,67	0,00	0,16	0,88	1,71
<i>Alseis floribunda</i> Schott.	1	0,67	0,00	0,15	0,88	1,70
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	1	0,67	0,00	0,14	0,88	1,69
<i>Psychotria</i> sp.	1	0,67	0,00	0,13	0,88	1,68
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	1	0,67	0,00	0,10	0,88	1,65
<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Robyns.	1	0,67	0,00	0,09	0,88	1,64
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	1	0,67	0,00	0,08	0,88	1,63
<i>Trichilia casaretti</i> DC.	1	0,67	0,00	0,07	0,88	1,62

Legenda: Ni (Número de indivíduos), DR (Densidade relativa), g (Área basal), DoR (Dominância relativa), FR (Frequência relativa), IVI (Índice de valor de importância).

Tabela 8. Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas de ocorrência nos MS das pedoforma côncava.

Espécies	Ni	DR	g (m³)	DoR	FR	IVI
<i>Guarea kunthiana</i> Juss.	11	13,41	0,72	14,45	11,27	39,14
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão.	4	4,88	0,87	17,44	5,63	27,96
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret.	8	9,76	0,05	0,96	8,45	19,17
<i>Eugenia</i> sp.1	7	8,54	0,11	2,13	8,45	19,12
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz.	5	6,10	0,21	4,15	5,63	15,89
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze.	3	3,66	0,36	7,27	2,82	13,74
<i>Cedrela fissilis</i> Vell	3	3,66	0,36	7,16	2,82	13,63
<i>Pseudopiptadenia contorta</i> (DC.) Lewis & Lima.	2	2,44	0,38	7,68	2,82	12,93
<i>Lecythis pisonis</i> Camb.	1	1,22	0,46	9,23	1,41	11,86
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) Macbr.	3	3,66	0,09	1,83	4,23	9,71
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake.	1	1,22	0,34	6,87	1,41	9,49
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg.	3	3,66	0,10	1,97	2,82	8,45
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	2	2,44	0,09	1,79	2,82	7,04
<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins.	2	2,44	0,06	1,25	2,82	6,51
<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão.	2	2,44	0,03	0,55	2,82	5,81
<i>Tabernaemontana laeta</i> Mart.	2	2,44	0,02	0,33	2,82	5,59
<i>Senefeldera multiflora</i> Mart.	2	2,44	0,01	0,24	2,82	5,50
Morta	2	2,44	0,01	0,20	2,82	5,46

Continua

Continuação

<i>Chorisia speciosa</i> St.Hil.	1	1,22	0,13	2,71	1,41	5,34
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	2	2,44	0,04	0,80	1,41	4,65
<i>Protium heptaphyllum</i> March.	1	1,22	0,09	1,83	1,41	4,46
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	1	1,22	0,07	1,48	1,41	4,10
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	1	1,22	0,06	1,21	1,41	3,84
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez.	1	1,22	0,06	1,19	1,41	3,81
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	1	1,22	0,05	1,10	1,41	3,73
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	1	1,22	0,05	1,08	1,41	3,71
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	1	1,22	0,04	0,85	1,41	3,48
<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Robyns.	1	1,22	0,03	0,66	1,41	3,28
<i>Plinia</i> sp.	1	1,22	0,02	0,38	1,41	3,00
<i>Aniba Firmula</i> (Ness & Mart.) Mez.	1	1,22	0,02	0,34	1,41	2,97
<i>Enterolobium</i> sp.	1	1,22	0,02	0,32	1,41	2,95
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze.	1	1,22	0,01	0,14	1,41	2,77
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	1	1,22	0,01	0,13	1,41	2,76
<i>Siparuna guianensis</i> Aublet.	1	1,22	0,01	0,11	1,41	2,74
<i>Xylopia brasiliensis</i> Sprengel.	1	1,22	0,01	0,11	1,41	2,74
<i>Eugenia</i> sp.2	1	1,22	0,00	0,05	1,41	2,67

Legenda: Ni (Número de indivíduos), DR (Densidade relativa), g (Área basal), DoR (Dominância relativa), FR (Frequência relativa), IVI (Índice de valor de importância).

Quanto aos parâmetros florísticos e fitossociológicos, foi observado que a pedoforma convexa apresentou maiores valores para número de indivíduos (Ni), número de famílias, de espécies e índice de Shannon, já a pedoforma côncava apresentou maiores valores para área basal (g) e índice de equabilidade (J) (Tabela 9). Os resultados observados indicam que há uma diferença temporal entre as pedoformas quanto ao processo de regeneração natural, sendo esse processo iniciado primeiro na pedoforma côncava em relação à convexa.

Tabela 9. Parâmetros florísticos e fitossociológicos da vegetação arbórea nas diferentes pedoformas.

Área de Estudo	Ni	Nº de Famílias	Nº de Espécies	g (m ³)	H'	J
Convexa	149	40	61	2,90	3,41	0,68
Côncava	82	28	43	4,97	3,25	0,74
Total	231	68	104	7,87	3,78	0,70

Legenda: Ni (número de indivíduos), g (área basal), H' (índice de Shannon), J (índice de equabilidade).

Quanto ao padrão dos parâmetros florísticos e fitossociológicos nos MS, pode-se observar que dentro de cada pedoforma o aumento do gradiente topográfico e a variação da declividade dentro da pedoforma alteram a estrutura, riqueza e diversidade das espécies (Tabela 10). Sendo a área basal (g), índice de Shannon (H') e índice de equabilidade (J),

crecente em função do aumento do gradiente topográfico e da variação da declividade. Sendo assim, o aumento do gradiente topográfico e a variação da declividade favoreceram o aumento da diversidade de espécies e melhoraram a distribuição destas. Tal fato pode ser explicado pela mudança das condições ambientais dos MS, resultante da variação dos teores de umidade do solo, acúmulo de sedimentos e nutrientes nas pedoformas.

Tabela 10. Parâmetros florísticos e fitossociológicos da vegetação arbórea nos diferentes MS.

Área de Estudo	Ni	Nº de Famílias	Nº de Espécies	g (m ³)	H'	J
I	49	14	20	0,80	2,84	0,73
II	42	13	21	0,77	3,11	0,85
III	44	13	20	1,33	3,52	0,97
IV	28	10	15	1,37	2,47	0,74
V	21	9	11	1,42	2,22	0,73
VI	33	9	17	2,17	2,73	0,78
Total	231	68	104	7,87	3,78	0,70

Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. Ni (número de indivíduos), g (área basal), H' (índice de Shannon), J (índice de equabilidade).

O padrão dos parâmetros florísticos e fitossociológico observado na Tabela 10, mostram a importância de se considerar o gradiente topográfico e a variação da declividade, no planejamento ambiental, principalmente quando estiver relacionado a processos de recuperação e conservação de ambientes que sofreram intervenções antrópicas. Oliveira-Filho et al. (1997), Oliveira-Filho et al. (2001) e Pinto et al. (2008) também observaram efeito das condições topográficas na distribuição das espécies arbóreas, sendo o padrão atribuído à oferta diferenciada de atributos ambientais na paisagem.

3.2 Estoque de serapilheira

Quanto ao estoque de serapilheira, os maiores valores foram observados na pedoforma convexa e na estação seca (Tabela 11 e 12), o que está relacionado às condições ambientais de menor oferta de umidade. Vital et al. (2004), Portela & Santos (2007) e Godinho et al. (2013), estudando o estoque de serapilheira no ambiente com floresta, observaram que a maior produção aconteceu no final da estação seca, a qual foi associada ao longo período de estiagem e à diversidade e estrutura das espécies vegetais do ambiente.

Quanto aos teores de nutrientes entre pedoformas, apenas o nitrogênio apresentou diferença, sendo os maiores teores observados na pedoforma côncava (Tabela 11), o que possivelmente está relacionado à composição diferenciada das espécies entre as pedoformas.

Entre as estações do ano foram observadas diferenças para os teores fósforo, potássio, cálcio e carbono (Tabelas 12), sendo os teores de fósforo e cálcio maiores na estação chuvosa e de potássio e carbono maiores na estação seca. Esse padrão está relacionado às mudanças fisiológicas que acontecem na vegetação quanto ao processo de translocação de nutrientes.

Os maiores teores de fósforo e cálcio no final do período chuvoso são explicados pela liberação mais lenta desses elementos pelo material aportado e a retenção desses nutrientes no material formador da serapilheira que chega com a chuva que atravessa o dossel (Borém & Ramos, 2002).

Para o potássio, o maior teor encontrado na estação seca é explicado pela facilidade desse elemento ser liberado (lavado) da serapilheira (Borém & Ramos, 2002; Vital et al., 2004). Já para o carbono, o maior teor no período seco pode estar relacionado ao maior aporte da serapilheira e menor decomposição, em consequência da menor disponibilidade de água e baixa umidade relativa.

Tabela 11. Massa seca e teor de nutrientes do material formador de serapilheira nas diferentes pedoformas.

Pedoforma	Massa Seca	N	P	K	Ca	Mg	C	C/N
	Mg ha ⁻¹							
Côncava	6,25b	13,98a	0,70ns	0,41ns	15,19ns	5,27ns	346,92 ns	24,81 ns
Convexa	8,35a	12,55b	0,66ns	0,40ns	15,36ns	5,03ns	355,42 ns	28,32 ns

*Valores seguidos de letras diferentes na coluna, para cada pedoforma, diferem entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Kruskal-Wallis; ns: não significativo.

Tabela 12. Massa seca e teor de nutrientes do material formador de serapilheira nas diferentes estações do ano.

Estação do Ano	Massa Seca	N	P	K	Ca	Mg	C	C/N
	Mg ha ⁻¹							
Chuvosa	5,76b	13,30ns	0,72a	0,37b	21,14a	5,33ns	344,48 b	25,90 ns
Seca	8,83a	13,23ns	0,65b	0,44a	9,42b	4,97ns	358,02 a	27,06 ns

*Valores seguidos de letras diferentes na coluna, para cada estação do ano, diferem entre se ($p < 0,05$), pelo teste de Kruskal-Wallis; ns: não significativo.

Quanto aos MS, pode-se observar que os fatores, gradiente topográfico e declividade, influenciam no estoque e teores de nutrientes da serapilheira. O maior valor de estoque de serapilheira foi observado nos MS da pedoforma convexa que não diferiram entre-si, porém diferem dos MS da pedoforma côncava que apresentaram menor estoque de serapilheira (Tabela 13).

Quanto aos teores de nutrientes, o potássio e o magnésio apresentaram diferenças entre os MS, sendo os maiores teores observados para os ambientes inferiores das pedoformas (Tabela 13), o que está relacionado à mobilidade desses nutrientes no solo. Estudos realizados na mesma região constataram padrão similar para os nutrientes potássio e magnésio, que são de fácil mobilidade no solo, os maiores valores foram observados nas regiões com condições de relevo que permite o acúmulo de água (Machado, 2011).

Tabela 13. Massa seca e teor de nutrientes do material formador de serapilheira nos diferentes MS convexo e côncavo.

MS	Massa Seca	N	P	K	Ca	Mg	C	C/N
	Mg ha ⁻¹	-----g kg ⁻¹ -----						
I	8,24ab	11,28ns	0,77ns	0,47a	14,78ns	6,28a	339,75 ns	30,11 ns
II	9,38a	12,51ns	0,64ns	0,39ab	14,69ns	4,80ab	351,75 ns	28,11 ns
III	7,42ab	13,84ns	0,60ns	0,33b	16,61ns	4,00b	349,25 ns	25,23 ns
IV	6,17b	13,79ns	0,69ns	0,48a	15,97ns	6,28a	349,05 ns	25,31 ns
V	6,22b	14,09ns	0,73ns	0,43ab	14,62ns	5,44a	349,40 ns	24,80 ns
VI	6,35b	14,07ns	0,67ns	0,31b	14,99ns	4,09b	368,30 ns	26,17 ns

*Valores seguidos de letras diferentes na coluna, para cada MS, diferem entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey (Mg) e Kruskal-Wallis; ns: não significativo. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava.

Como pode ser observado nas Tabelas 11, 12 e 13, as condições do gradiente topográfico exercem influência no padrão do estoque e nos teores de nutrientes da serapilheira, sendo os ambientes convexos responsáveis pelo maior estoque de serapilheira na estação seca. Para os teores de potássio e magnésio observa-se existir uma associação com o gradiente topográfico e a declividade dos MS, sendo os maiores teores observados nas posições que favorecem a maior acumulação de água e deposição de sedimentos.

3.3 Determinação dos teores de ¹⁵N na serapilheira

O padrão de distribuição da abundância natural dos teores de ¹⁵N na serapilheira apresentou uma correlação positiva com a variação do gradiente topográfico e da declividade nas pedoformas, assim, os maiores teores foram encontrados nos MS do terço superior (Figura 20). Já, entre as estações do ano (seca e chuvosa), os teores de ¹⁵N tiveram uma distribuição inversa nas pedoformas, onde na convexa os maiores teores ocorreram na estação seca e na côncava, na estação chuvosa (Figura 20).

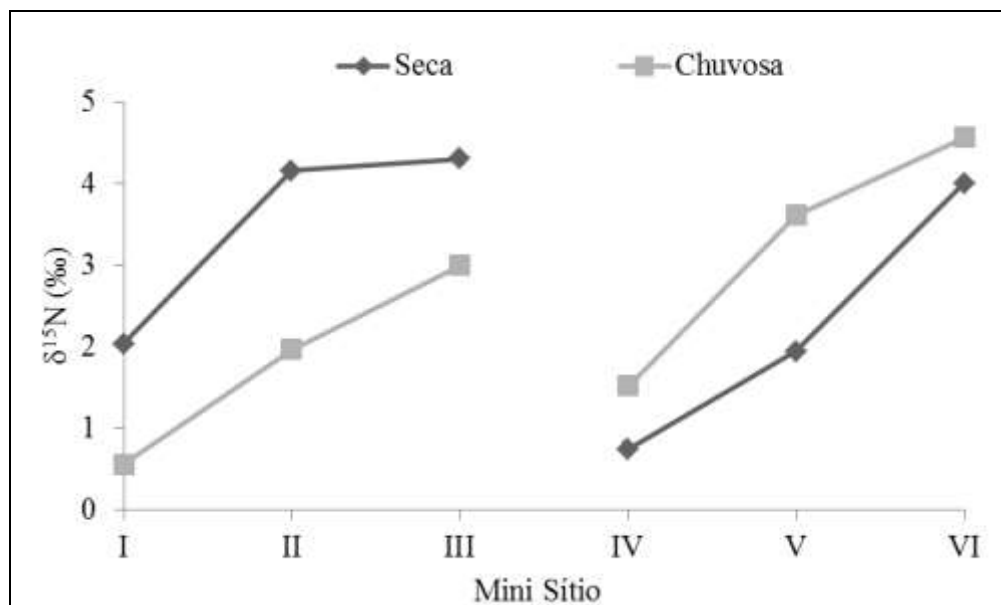


Figura 20. Teores de ^{15}N na serapilheira depositada nos MS convexo e côncavo nas estações seca e chuvosa. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava.

O padrão de distribuição dos teores de ^{15}N nas pedoformas entre as estações seca e chuvosa, pode ser atribuído à distribuição das espécies vegetais fixadoras de nitrogênio (Fabaceae). No item 3.1 foi observada a distribuição das espécies da família Fabaceae em todos os MS, com maior número nos MS superiores das pedoformas, o que indica que as espécies de ocorrência nos MS I e II são melhores quando a associação com bactérias fixadoras de nitrogênio em relação as espécies presentes nos MS III e VI.

Efeito da composição florística nos teores de ^{15}N também foi observado por Machado (2011), estudando os valores de ^{15}N na serapilheira de ambientes de floresta com estágio inicial, médio e avançado de regeneração. Amazonas (2010), estudando ambientes de florestas restauradas e floresta natural, atribuiu o aumento dos teores de ^{15}N à composição florística e ao avanço sucessional das florestas.

A abundância de ^{15}N no MFS não apresentou uma relação diretamente proporcional com a produção de serapilheira, conforme pode ser observado no item 3.2, assim, pode-se dizer que a ciclagem de ^{15}N na natureza está mais relacionada com a composição da serapilheira do que com o volume produzido. O efeito da composição da serapilheira na produção de ^{15}N é observado nesse estudo (Figura 20), pelo padrão inverso da distribuição dos teores de nitrogênio nas pedoformas durante as estações seca e chuvosa, nesse caso a composição foi influenciada pelo estresse hídrico diferenciado que as espécies estão submetidas nos diferentes MS.

3.4 Decomposição da serapilheira

Os padrões observados na decomposição da serapilheira (folhas) quanto à perda de massa e de nutrientes nos diferentes MS, indicaram influência do tipo da pedoforma (convexa e côncava) e da estação (chuvosa e seca) (Tabelas 14, 15, 16 e 17) e (Figuras 21 e 22).

Na estação chuvosa, os MS I, II e III, localizados na pedoforma convexa apresentaram os maiores valores da constante de decomposição K ($\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$) e conseqüentemente menor tempo de meia vida $T^{1/2}$, sendo padrão oposto observado nos MS IV, V e VI que se situam na

pedoforma côncava (Tabela 14). Na Figura 21, observa-se que a decomposição do material foliar na estação chuvosa apresentou maiores valores de perda de massa seca nos MS I, II e III, sendo que aos 120 dias, no MS II, aproximadamente 50% da massa total tinha sido decomposta, enquanto no MS IV, a decomposição do material não chegou a 20%.

Tabela 14. Valor da constante de decomposição (K), tempo de meia vida ($T^{1/2}$), coeficiente de determinação (R^2), nos MS convexo e côncavo na estação chuvosa.

Área de Estudo	Constante K ($g\ g^{-1}\ dia^{-1}$)	$T^{1/2}$	R^2
I	0,0043	161	0,97
II	0,0049	141	0,99
III	0,0047	147	0,97
IV	0,0018	385	0,88
V	0,0022	315	0,99
VI	0,0032	217	0,97

Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava.

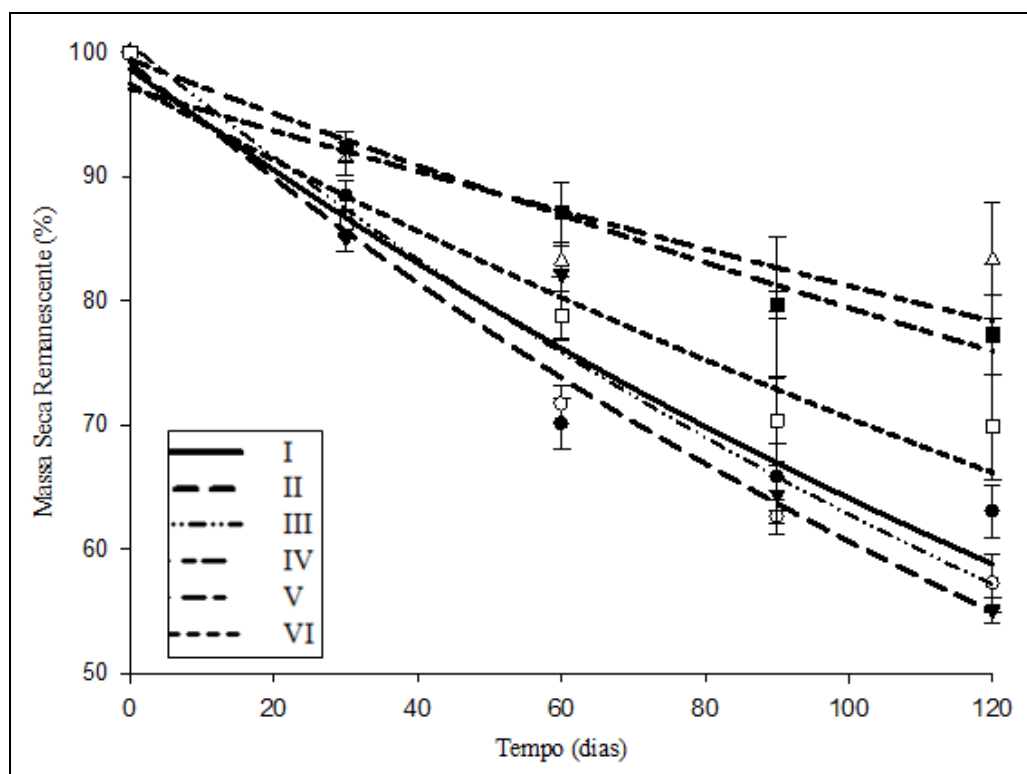


Figura 21. Curva de decomposição do material foliar nos MS convexo e côncavo com floresta na estação chuvosa. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava, ao longo de 120 dias na estação chuvosa.

Quanto à estação seca os maiores valores da constante de decomposição K ($g\ g^{-1}\ dia^{-1}$) foram observados nos MS III, V e VI que estão inseridos nos terços médio e superior das pedoformas, chegando aos 120 dias no MS V aproximadamente 25% a perda de massa seca. Já nos MS I, II e IV os valores da constante K ($g\ g^{-1}\ dia^{-1}$) foram menores, ficando próximo a

15% (Tabela 15 e Figura 22), portanto, na estação seca foi a posição do MS na pedoforma que mais influenciou no processo de decomposição da serapilheira.

Tabela 15. Valor da constante de decomposição (K), tempo de meia vida ($T^{1/2}$), coeficiente de determinação (R^2), nos MS convexo e côncavo na estação seca.

Área de Estudo	Constante K ($g\ g^{-1}\ dia^{-1}$)	$T^{1/2}$	R^2
I	0,0014	495	0,99
II	0,0012	578	0,94
III	0,0022	315	0,99
IV	0,0017	408	0,98
V	0,0026	267	0,99
VI	0,0023	301	0,99

Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava.

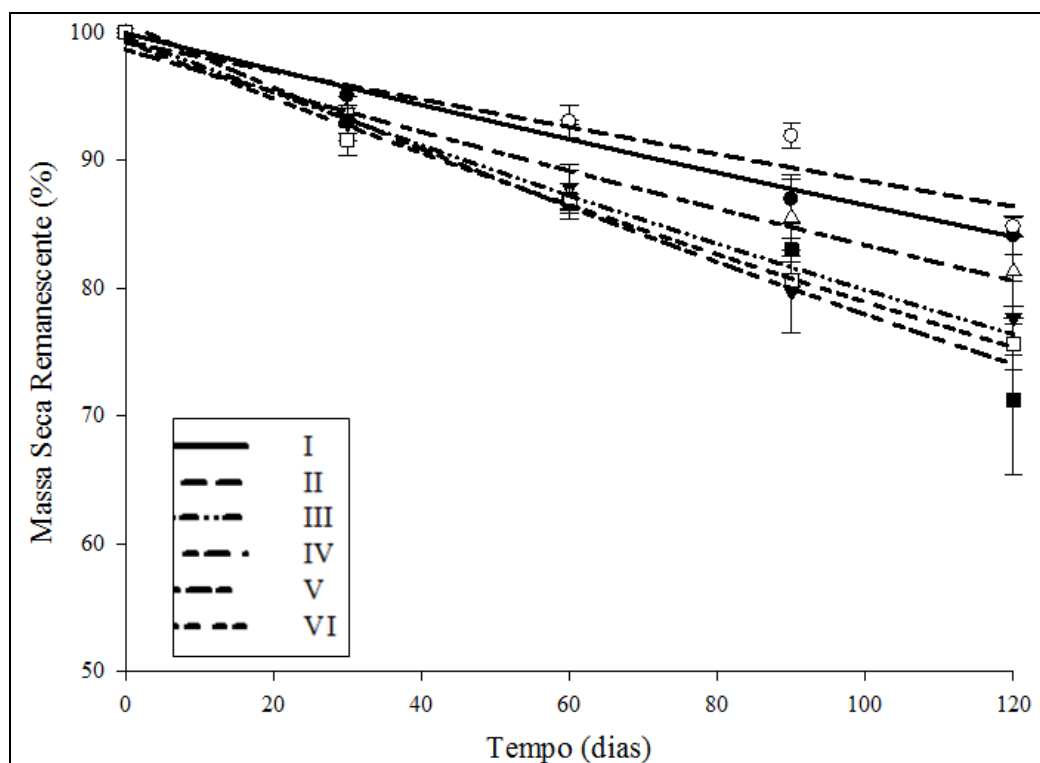


Figura 22. Curva de decomposição do material foliar nos MS convexo e côncavo com floresta na estação seca. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava, ao longo de 120 dias na estação seca.

Os padrões observados na decomposição da serapilheira nos MS e nas estações chuvosa e seca indicam que o relevo é um dos fatores ambientais determinantes nesse processo, por influenciar diretamente no microclima dos MS, promovendo variações na temperatura e umidade, o que afeta a taxa de decomposição da serapilheira (Machado, 2011). A diferença da decomposição do MFS (folhas) nos MS e nas estações do ano pode ser

atribuda às características químicas e físicas do material, pois estudos como os de Scheer et al. (2008), mostram que dependendo da espécie e da textura da folha, a taxa de decomposição pode ser desfavorecida.

Quanto aos teores de nutrientes do material remanescente da serapilheira (folhas), os valores foram similares entre os MS nas respectivas estações do ano, no entanto entre as estações, os valores de N e K foram maiores na estação seca (Tabelas 16 e 17). Aos 120 dias de decomposição pode-se observar menores teor de nutrientes, o que é explicado pelo maior tempo de exposição do material ao processo de decomposição, havendo dessa forma uma maior perda de nutrientes por mineralização e ou lavagem das folhas.

A decomposição e perda de nutrientes do MFS (folhas) observados permite inferir que na pedoforma convexa, na estação chuvosa e nos MS superiores das pedoformas na estação seca há uma maior ciclagem de nutrientes, permitindo um maior aproveitamento pelas plantas, o que favorece o equilíbrio do ambiente (Vital et al., 2004).

Tabela 16. Teor de nutrientes da serapilheira (folhas) em diferentes tempos de decomposição nos MS convexo e côncavo com floresta na estação chuvosa.

MS	Tempo	N	P	K
	dias			
		g kg ⁻¹		
I	0	11,68	0,64	0,50
	30	11,61	0,51	0,72
	60	11,84	0,41	0,62
	90	13,92	0,62	0,39
	120	12,03	0,39	0,26
II	0	12,38	0,47	0,30
	30	14,70	0,70	0,32
	60	16,91	0,67	0,17
	90	15,99	0,63	0,18
	120	17,15	0,97	0,25
III	0	18,47	0,62	0,14
	30	17,04	0,80	0,20
	60	18,66	0,94	0,35
	90	14,07	0,63	0,19
	120	17,71	0,85	0,20
IV	0	9,23	0,61	0,68
	30	8,54	0,37	0,33
	60	11,71	0,56	0,67
	90	9,38	0,63	0,47
	120	10,37	0,62	0,33
V	0	13,91	0,71	0,32
	30	9,95	0,72	0,53
	60	10,19	0,68	0,22
	90	13,18	0,68	0,21
	120	9,25	0,71	0,33
VI	0	11,42	0,69	0,20
	30	15,16	0,83	0,22
	60	9,71	0,69	0,67
	90	11,96	0,74	0,42
	120	18,70	0,83	0,24

Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma cônica.

Tabela 17. Teor de nutrientes da serapilheira (folhas) em diferentes tempos de decomposição nos MS convexo e côncavo com floresta na estação seca.

MS	Tempo	N	P	K
	dias		g kg⁻¹	
I	0	19,59	0,77	5,15
	30	19,80	0,69	3,58
	60	20,63	0,68	2,22
	90	20,01	0,82	1,16
	120	19,59	19,59	0,69
II	0	20,60	1,02	5,05
	30	19,86	0,63	2,37
	60	20,54	0,66	1,93
	90	21,67	0,89	1,15
	120	21,16	0,91	0,62
III	0	18,04	0,50	3,29
	30	18,45	0,45	1,84
	60	17,63	0,49	1,39
	90	19,19	0,46	1,00
	120	19,12	0,60	0,31
IV	0	10,91	0,50	5,04
	30	10,78	0,58	4,37
	60	11,83	0,57	4,20
	90	13,58	0,46	2,93
	120	11,77	0,50	1,16
V	0	7,27	0,18	3,59
	30	13,84	0,50	3,38
	60	12,83	0,29	2,45
	90	15,47	0,42	1,93
	120	13,46	0,43	0,68
VI	0	18,65	0,76	5,11
	30	16,54	0,51	2,22
	60	18,31	0,65	2,14
	90	23,80	0,58	1,47
	120	19,07	0,51	0,69

Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava.

3.5 Banco de sementes

3.5. 1 Germinação

Foi registrado um total de 4.862 sementes germinadas nos dois ambientes (sol e sombra) ao final de 90 dias, com 74% registrados entre 15 e 30 dias após a instalação do experimento (Figuras 23, 24, 25). O número de sementes germinadas entre os períodos de avaliação diferem entre si ($p < 0,05$).

O número de sementes germinadas foi decrescente e irregular ao longo do tempo, ocorrendo o maior pico de germinação nos períodos de 0 a 15 e 15 a 30 dias e o segundo foi observado no período de 30 a 45 dias, decrescendo a partir daí para os períodos de 60, 75 e 90 dias (Figura 25). O menor número de sementes germinadas m^{-2} no período de 75 a 90 dias, pode está relacionado à diminuição da viabilidade de germinação e a dormência das sementes do banco.

O tipo de ambiente de germinação (sol ou sombra) não influenciou no número de sementes germinadas (Figuras 23 e 26), porém este foi influenciado pelo tipo da pedoforma apenas no período de 15 a 30 dias, em que o maior valor foi observado na pedoforma convexa ($p = 0,009$) (Figura 24), tendo o ambiente convexo apresentado maior número de sementes germinadas no período de 90 dias ($p = 0,035$) (Figura 27).

Quando avaliado o número de sementes m^{-2} germinadas entre os MS, pode-se observar que o MS IV difere do I e II ($p = 0,014$), sendo que os demais não apresentam diferença significativa entre si (Figura 28). O número de sementes germinadas m^{-2} foi maior nos MS I e II da pedoforma convexa.

O maior número de sementes germinadas na pedoforma convexa pode ser explicado pela maior densidade de indivíduos observados no item 3.1. Esse padrão indica que o estágio sucessional é menos avançado que a pedoforma côncava, pois com o avanço do estágio sucessional há um maior investimento na produção de plântulas e menor investimento no banco de sementes.

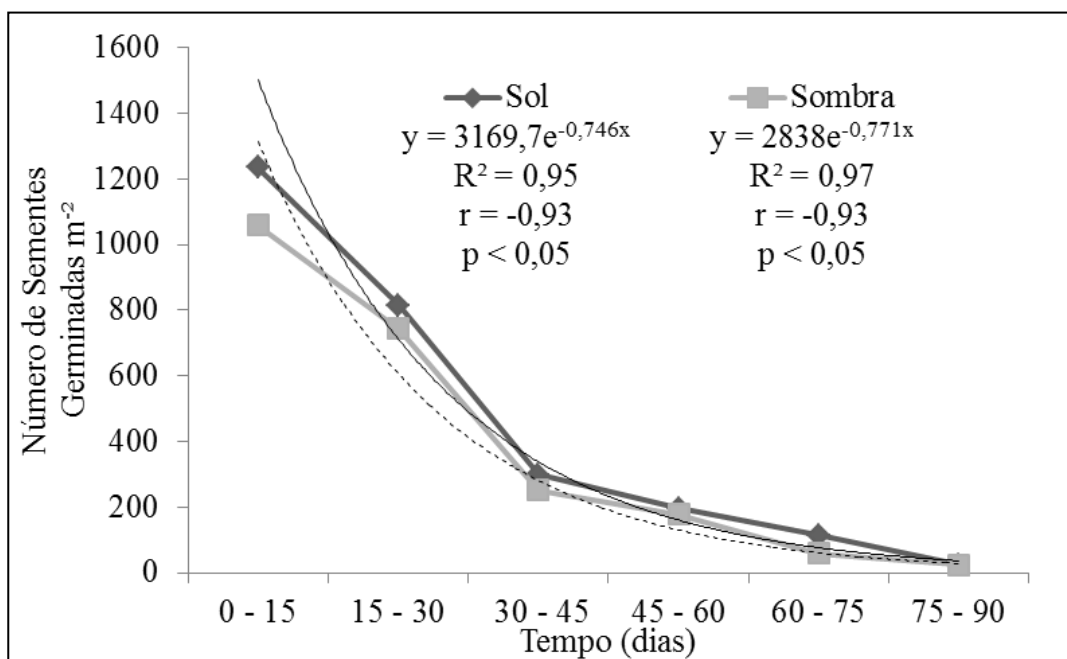


Figura 23. Número de sementes germinadas m² do banco de sementes nas condições de sol (pleno sol) e sombra (sombrite 70%), no período de 90 dias, oriundo das pedoformas convexa e côncava.

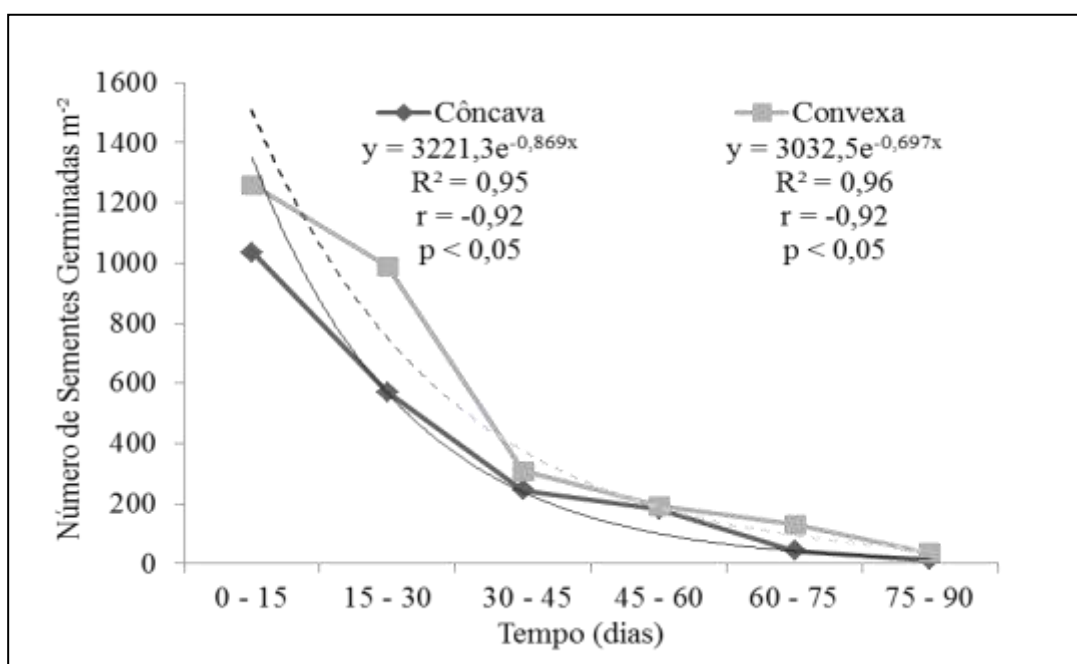


Figura 24. Número de sementes germinadas m² do banco de sementes nas pedoformas convexa e côncava no período de 90 dias.

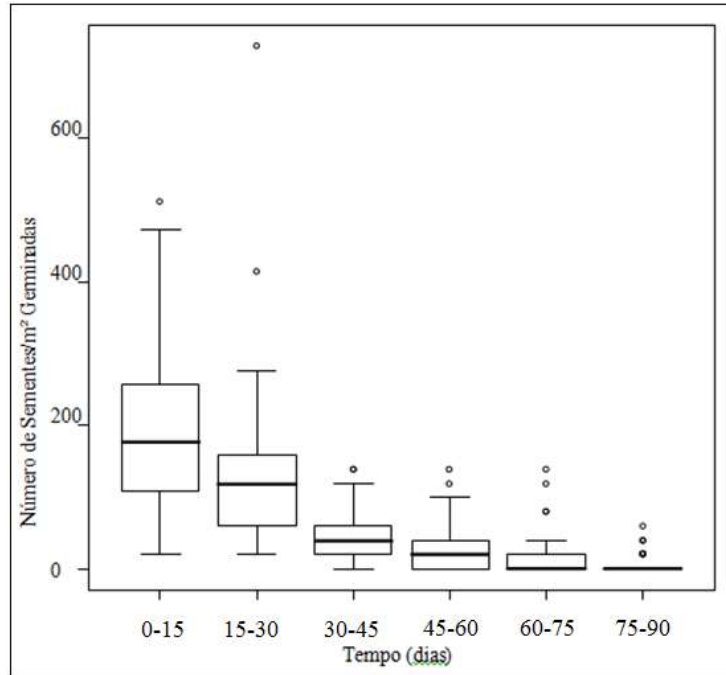


Figura 25. Número de sementes germinadas m^2 do banco de sementes nos diferentes intervalos de avaliação por um período de 90 dias.

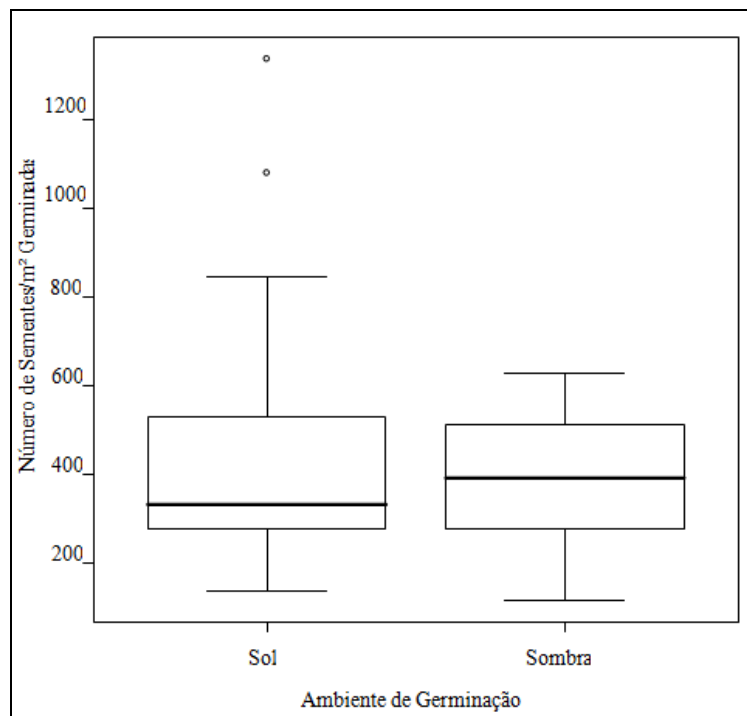


Figura 26. Número de sementes germinadas m^2 do banco de sementes oriundo das pedofomas convexa e côncava, nas condições de sol (pleno sol) e sombra (sombrite 70%), ao fim de 90 dias.

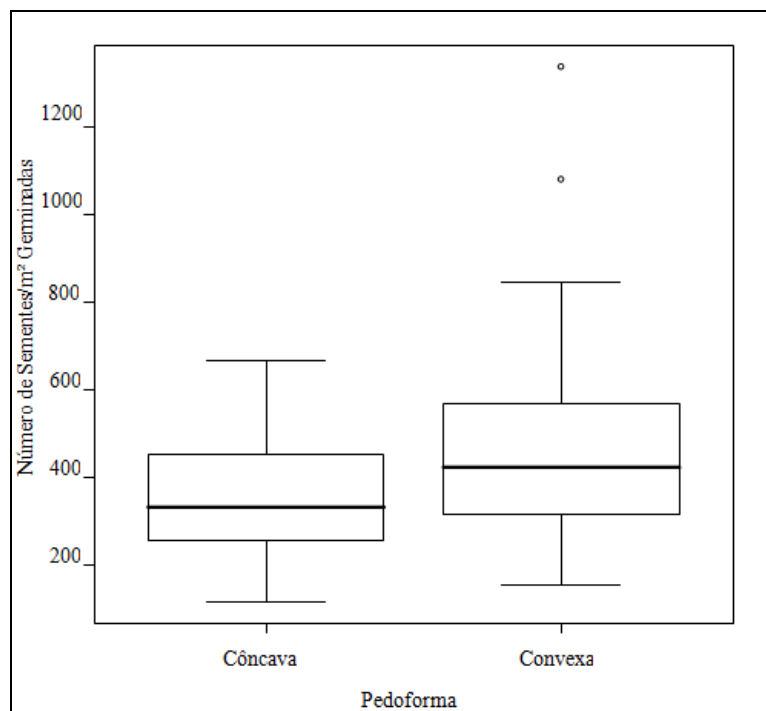


Figura 27. Número de sementes germinadas m^2 do banco de sementes nas pedoformas convexa e côncava, ao fim de 90 dias.

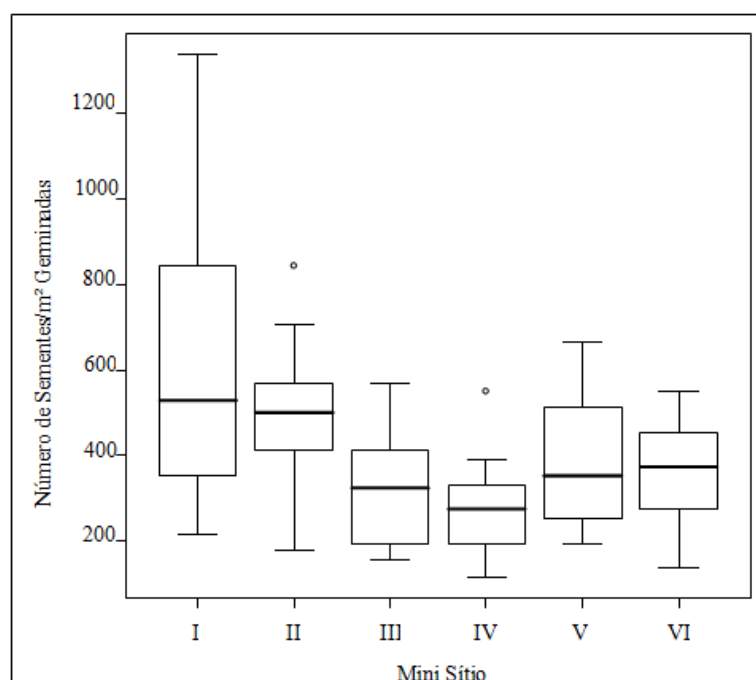


Figura 28. Número de sementes germinadas m^2 por MS nas pedoformas convexa e côncava. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava, ao fim de 90 dias.

Padrão similar foi observado por Franco et al. (2012), quanto ao número de sementes germinadas e maior valor de germinação nos primeiros 30 dias, trabalhando com banco de sementes de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual. Por outro lado, o ambiente de germinação apresentou resultados diferentes, sendo o maior número de sementes germinadas observado pelos autores no ambiente sombreado.

O padrão de germinação quanto ao tipo de ambiente pode estar relacionado à adaptação das espécies às condições ambientais, o que pode ser observado nas Figuras 23, 24, 25, 26, 27 e 28. Verifica-se que o maior número de sementes germinadas por m² ocorreu no ambiente convexo, o qual na paisagem recebe uma maior incidência de luz comparada aos ambientes côncavos e encontra-se com estágio sucessional menos avançado.

3.5.2 Composição florística e parâmetros fitossociológicos do banco de sementes

Foram identificadas 35 famílias, 88 espécies identificadas e três sem identificação (Tabela 18), sendo 26% das espécies germinadas exclusivamente na condição de sombra (sombrite 70%) e 24% germinadas exclusivamente na condição de sol (pleno sol). As demais, 50%, germinaram independentemente das condições do ambiente de germinação, o que indica que as condições ambientais exercem influencia na taxa de germinação das espécies do banco de sementes.

As famílias de maior relevância no banco de sementes foram Asteraceae, Euphorbiaceae, Poaceae e Rubiaceae, padrão esse também observado nos estudos de Braga et al. (2008) e Franco et al. (2012), avaliando o banco de sementes de um trecho de fragmento florestal com Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa-MG.

Quanto ao hábito das espécies, 37% possuem hábito herbáceo, 24% arbóreo, 18% arbustivo, 12% trepador e 2% epifítico, com 7% sem o hábito de vida identificado. Na classificação das espécies de acordo com o grupo sucessional 48% foram consideradas pioneiras, 43% sem identificação e 9% secundárias (Tabela 18). Se tratando de banco de sementes é coerente que a maioria dos indivíduos presentes sejam herbáceos e pioneiros, o que para regeneração natural garante o processo inicial de sucessão nos ambientes antropizados.

Tabela 18. Espécies vegetais presentes no banco de sementes.

Família	Espécie	Hábito	Grupo Sucessional
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hypochondriacus</i> L.	Herbáceo	P
	<i>Gomphrena</i> sp.	Herbáceo	P
Annonaceae	<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	Arbóreo	S
Apocynaceae	<i>Ditassa</i> sp.	Trepador	P
	<i>Oxypetalum banksii</i> R.Br. ex Schult.	Trepador	P
Araceae	Araceae sp.	Epifítico	SI
	Araceae sp4.	Epifítico	SI
Asteraceae	Asteraceae sp1.	Herbáceo	SI
	Asteraceae sp2.	Herbáceo	SI
	Asteraceae sp3.	Herbáceo	SI
	Asteraceae sp4.	Herbáceo	SI
	<i>Austroeupatorium</i> <i>inulaefolium</i> (Kunth) King & H.Rob.	Arbustivo	P
	<i>Baccharis crispa</i> Spreng.	Arbustivo	P
	<i>Baccharis serrulata</i> (Lam.) Pers.	Arbustivo	P
	<i>Baccharis</i> sp2.	Herbáceo	SI
	<i>Baccharis</i> sp3.	Herbáceo	SI
	<i>Baccharis trinervis</i>	Trepador	P
	<i>Bidens pilosa</i> L.	Herbáceo	P
	<i>Chromolaena maximiliani</i> (Schrad. ex DC.) R.M.King & H.Rob.	Arbustivo	P
	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	Herbáceo	P
	<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H.Rob.	Trepador	P
	<i>Erechtites valerianifolius</i> (Wolf) DC.	Herbáceo	P
	<i>Gamochaeta pensylvanica</i> (Willd.) Cabrera	Herbáceo	P
	<i>Ipomoea</i> sp.	SI	SI
	<i>Mikania hirsutissima</i> DC.	Trepador	P
	<i>Mikania micrantha</i> Kunth	Trepador	P
	<i>Piptocarpha leprosa</i> (Less.) Baker	Trepador	P
<i>Vernonia cinerea</i> (L.) Less.	Herbáceo	P	
Bignoniaceae	<i>Handroanthus</i> sp.	Arbóreo	SI
	<i>Jacaranda montana</i> orawetz	Arbóreo	S
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Arbóreo	P
Caryophyllaceae	Caryophyllaceae sp.	Herbáceo	SI
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	Herbáceo	P

Continua

Continuação

	<i>Dichorisandra thyrsiflora</i> J.C.Mikan	Herbáceo	P
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.	Trepador	SI
	<i>Actinostemon</i> sp.	Arbóreo	SI
	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	Arbóreo	P
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp1.	Arbustivo	SI
	<i>Croton</i> sp2.	Arbustivo	SI
	<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	Herbáceo	P
	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	Arbóreo	S
Fabaceae	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Arbóreo	P
Hypoxidaceae	<i>Hypoxis decumbens</i> L.	Herbáceo	P
Indeterminada1	Indeterminada 1	SI	SI
Indeterminada2	Indeterminada2	SI	SI
Indeterminada3	Indeterminada3	SI	SI
Lamiaceae	Lamiaceae sp.	Herbáceo	SI
Lauraceae	Lauraceae sp.	Arbóreo	SI
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	Arbóreo	P
Malvaceae	<i>Luehea</i> sp.	Arbóreo	SI
	<i>Sida acuta</i> Burm.f.	Herbáceo	P
	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Herbáceo	P
Marantaceae	<i>Ctenanthe</i> sp.	Herbáceo	SI
	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D.Don	Arbustivo	P
Melastomataceae	<i>Miconia calvescens</i> DC.	Arbóreo	P
	<i>Tibouchina</i> sp.	Arbustivo	SI
	<i>Ficus arpazusa</i> Casar.	Arbóreo	S
Moraceae	<i>Ficus eximia</i> Schott	Arbóreo	S
	<i>Ficus</i> sp.	Arbóreo	SI
Myrsinaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Arbóreo	P
Myrtaceae	<i>Myrciaria</i> sp.	Arbóreo	SI
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i> sp.	Herbáceo	SI
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	Herbáceo	P
Piperaceae	<i>Piper dilatatum</i> Rich.	Arbustivo	S
	<i>Piper</i> sp.	Arbustivo	SI
Plantaginaceae	Plantaginaceae sp.	Herbáceo	SI
	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Herbáceo	P
	<i>Olyra latifolia</i> L.	Herbáceo	P
	<i>Pharus lappulaceus</i> Aubl.	Herbáceo	P
Poaceae	Poaceae sp1.	Herbáceo	SI
	Poaceae sp3.	Herbáceo	SI
	<i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D.Webster	Herbáceo	P
Polygonaceae	<i>Coccoloba</i> sp.	Trepador	SI

Continua

Continuação

Rhamnaceae	<i>Gouania ulmifolia</i> Hook. & Arn.	Trepador	P
Rosaceae	<i>Rubus brasiliensis</i> Mart.	Arbustiva	P
	<i>Fareamea</i> sp.	Arbustiva	SI
	<i>Galium</i> sp.	Herbáceo	SI
	<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	Arbóreo	S
Rubiaceae	<i>Psychotria</i> sp1.	Arbustivo	SI
	<i>Psychotria</i> sp2.	Arbustivo	SI
	Rubiaceae sp1.		SI
	Rubiaceae sp2.		SI
	<i>Rudgea</i> sp.	Arbóreo	SI
	<i>Sabicea</i> sp.	Trepador	SI
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Arbóreo	S
Scrophulariaceae	<i>Buddleja stachyoides</i> Cham. & Schltldl.	Herbáceo	P
	<i>Solanum asperum</i> Rich.	Arbustivo	P
Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i> L.	Arbustivo	P
	<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.	Arbustivo	P
	<i>Cecropia pachystachya</i> Trecul	Arbustivo	P
Urticaceae	<i>Urera nitida</i> (Vell.) P.Brack	Arbustivo	P

Legenda: S= secundária, P= pioneira, SI= sem identificação.

A distribuição das espécies quanto ao tipo de pedoforma obedeceu a seguinte ordem: 44% generalistas sendo as famílias Asteraceae e Poaceae com maior número de espécies (Tabela 19), 31% exclusivas da pedoforma convexa, sendo a família Asteraceae com maior número de espécies (Tabela 20) e 25% exclusivas da pedoforma côncava, sendo a família Euphorbiaceae com maior número de espécies (Tabela 21). O padrão de distribuição das espécies nas pedoformas indicou influencia da variação do gradiente topográfico e da declividade na composição do banco de sementes.

Das espécies generalistas, 58% foram consideradas pioneiras e 43% sem identificação. O maior número de pioneiras é justificado pelo padrão observado na distribuição das espécies nos ambientes convexo e côncavo.

Tabela 19. Distribuição das famílias e espécies vegetais do banco de sementes de ocorrência nas pedoformas convexa e côncava.

Generalistas		Grupo Sucessional
Família	Espécie	P
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hypochondriacus</i> L.	SI
Apocynaceae	<i>Ditassa</i> sp.	P
	<i>Oxypetalum banksii</i> R.Br. ex Schult.	SI
Araceae	Araceae sp.	SI
	Araceae sp4.	SI
Asteraceae	Asteraceae sp1.	SI
	Asteraceae sp2.	SI
	Asteraceae sp3.	P
	<i>Baccharis crispa</i> Spreng.	SI
	<i>Baccharis</i> sp3.	P
	<i>Chromolaena maximiliani</i> (Schrad. ex DC.) R .M.King & H.Rob.	P
	<i>Erechtites valerianifolius</i> (Wolf) DC.	P
	<i>Gamochoeta pensylvanica</i> (Willd.) Cabrera.	P
	<i>Mikania micrantha</i> Kunth.	P
	<i>Piptocarpha leprosa</i> (Less.) Baker	P
	<i>Vernonia cinerea</i> (L.) Less.	P
	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume.
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.	P
Euphorbiaceae	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.)Müll.Arg.	SI
Indeterminada2	Indeterminada2	P
Melastomataceae	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D.Don	P
	<i>Miconia calvescens</i> DC.	P
	<i>Tibouchina</i> sp.	SI
Moraceae	<i>Ficus arpazusa</i> Casar.	P
Myrsinaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	P
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	SI
Piperaceae	<i>Piper dilatatum</i> Rich.	SI
	<i>Piper</i> sp.	P
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	P
	<i>Olyra latifolia</i> L.	P
	<i>Pharus lappulaceus</i> Aubl.	SI
	Poaceae sp3.	P
	<i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D.Webster	SI

Continua

Continuação

Polygonaceae	<i>Coccoloba</i> sp.	P
Rosaceae	<i>Rubus brasiliensis</i> Mart.	SI
Rubiaceae	<i>Faramea</i> sp.	SI
	<i>Psychotria</i> sp2.	SI
	<i>Sabicea</i> sp.	P
Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i> L.	P
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trecul	P

Legenda: S= secundária, P= pioneira, SI= sem identificação.

Para as espécies exclusivas da pedoforma convexa, 11% foram classificadas como secundárias, 50% como pioneiras e 39% sem identificação, sendo o processo de germinação das sementes influenciado tanto pelos ambientes de germinação quanto pelos MS (Tabela 20). Algumas espécies germinaram apenas em uma das condições dos ambientes de germinação, o que demonstra o efeito do ambiente na germinação das sementes das espécies presentes no banco de sementes do solo.

Tabela 20. Distribuição das famílias e espécies vegetais exclusivas da pedoforma convexa quanto aos ambientes de germinação e aos MS.

Pedoforma Convexa							
Família	Espécies	Grupo Sucessional	Ambiente de Germinação / MS				
			Sol		Sombra		
Amaranthaceae	<i>Gomphrena</i> sp.	P	I		II		
Asteraceae	<i>Austroeupatorium inulaefolium</i> (Kunth) King & H.Rob.	P		II			
	<i>Baccharis serrulata</i> (Lam.) Pers.	P			I	III	
	<i>Baccharis</i> sp2.	SI				II	
	<i>Baccharis trinervis</i>	P		II			
	<i>Bidens pilosa</i> L.	P				I	
	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	P				I	III
	<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H.Rob.	P					II
	<i>Mikania hirsutissima</i> DC.	P		II			II
	Bignoniaceae	<i>Handroanthus</i> sp.	SI	I	III	I	II
		<i>Jacaranda montana</i> Morawetz	S	I			II

Continua

Continuação

Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	P		I	
	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	S			III
Fabaceae	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	P	I		
Indeterminada1	Indeterminada 1	SI			III
Lauraceae	Lauraceae sp.	SI		I	
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sericea</i> DC.	P		II	
Malvaceae	<i>Luehea</i> sp.	SI	I		
	<i>Sida rhombifolia</i> L.	P			III
Moraceae	<i>Ficus eximia</i> Schott	P			II
Myrtaceae	<i>Myrciaria</i> sp.	SI			II
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i> sp.	SI	I	II	
Plantaginaceae	Plantaginaceae sp.	SI		I	III
Poaceae	Poaceae sp1.	SI		III	I
Rhamnaceae	<i>Gouania ulmifolia</i> Hook. & Arn.	P	I		
Rubiaceae	<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	S			II
	Rubiaceae sp1.	SI		III	I
	<i>Rudgea</i> sp.	SI			III

Legenda: I, II e III - MS com a variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; S= secundária, P= pioneira, SI= sem identificação.

Para as espécies exclusivas da pedoforma côncava, 9% foram classificadas como secundárias, 35% como pioneiras e 57% sem identificação, sendo o processo de germinação das sementes influenciado pelos ambientes de germinação e pelos MS (Tabela 21). Os resultados observados nas Tabelas 20 e 21 estão coerentes com o estágio sucessional avançado da vegetação, em que as espécies pioneiras tendem a estarem mais presentes no banco de sementes do solo.

Tabela 21. Distribuição das famílias e espécies vegetais exclusivas da pedoforma côncava quanto ao ambiente de germinação e os MS.

Pedoforma Côncava						
Família	Espécies	Grupo Sucessional	Ambiente de Geminação / MS			
			S	Sol	Sombra	
Annonaceae	<i>Xylopi frutescens</i> Aubl.	SI			V	
Asteraceae	Asteraceae sp4.	SI			V	
	<i>Ipomoea</i> sp.	SI		VI		
Caryophyllaceae	<i>Caryophyllaceae</i> sp.	P	V	VI	V	VI
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	P	V			
	<i>Dichorisandra thyrsoiflora</i> J.C.Mikan	SI			V	
	<i>Actinostemon</i> sp.	SI			V	
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp1.	SI			V	
	<i>Croton</i> sp2.	P	IV			
	<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	SI	IV			
Indeterminada3	Indeterminada3	SI	V			
Lamiaceae	<i>Hyptis</i> sp.	P		VI		
Malvaceae	<i>Sida acuta</i> Burm.f.	SI	V			
Marantaceae	<i>Ctenanthe</i> sp.	SI		IV		
Moraceae	<i>Ficus</i> sp.	SI	V		V	
	<i>Galium</i> sp.	SI	V			
Rubiaceae	<i>Psychotria</i> sp1.	SI		VI		
	Rubiaceae sp2.	S	V	VI	IV	VI
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	P			V	
Scrophulariaceae	<i>Buddleja stachyoides</i> Cham. & Schltdl.	P	IV	V	VI	IV VI
Solanaceae	<i>Solanum asperum</i> Rich.	P	IV	V	VI	
	<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.	P		VI		VI
Urticaceae	<i>Urera nitida</i> (Vell.) P.Brack	S	IV	VI		

Legenda: IV, V e VI - MS a variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. S= secundária, P= pioneira, SI= sem identificação.

Na distribuição das espécies quanto ao valor de importância no banco de sementes (IVB), as famílias Asteraceae, Melastomataceae e Urticaceae se destacaram com as espécies *Erechtites valerianifolius*, *Clidemia hirta*, *Miconia calvescens*, *Tibouchina* sp, e *Cecropia*

pachystachya (Tabela 21), sendo essas espécies com ocorrência nas duas pedoformas. Quanto aos MS, as espécies que se destacaram foram, no MS I: *Clidemia hirta*, *Hypoxis decumbens* e *Cecropia pachystachya*; no MS II: *Cecropia pachystachya*, *Miconia calvescens* e *Clidemia hirta*; no MS III: *Cecropia pachystachya*, *Miconia calvescens* e *Clidemia hirta*; no MS IV: *Clidemia hirta*, *Cecropia pachystachya* e *Tibouchina sp.*; no MS V: *Clidemia hirta*, *Cecropia pachystachya* e *Tibouchina sp.* e no MS VI: *Cecropia pachystachya*, *Clidemia hirta*, e *Tibouchina sp.*

Diversos são os estudos que mostram que as famílias Asteraceae, Melastomataceae e Urticaceae são as que possuem maior número de espécies no banco de sementes do solo (Braga et al., 2008; Figueiredo et al., 2011; Franco et al., 2012, Camargos et al., 2013). Neste estudo estas também foram às famílias que apresentaram maiores valores de índice de importância no banco de sementes nos MS.

Tabela 22. Distribuição das espécies quanto aos parâmetros florísticos e fitossociológicos do banco de sementes nas pedoformas convexa e côncava.

Espécies	Ni	DR	FR	IVIB
<i>Clidemia hirta</i> (L.) D.Don	235	20,09	9,11	29,19
<i>Cecropia pachystachya</i> Trecul	239	20,43	8,41	28,83
<i>Miconia calvescens</i> DC.	101	8,63	6,30	14,94
<i>Erechtites valerianifolius</i> (Wolf) DC.	53	4,53	5,43	9,96
<i>Tibouchina</i> sp.	53	4,53	3,85	8,38
<i>Hypoxis decumbens</i> L.	47	4,02	2,80	6,82
<i>Chromolaena maximilianii</i> (Schrad. ex DC.) R.M.King & H.Rob.	28	2,39	2,98	5,37
Araceae sp.	52	4,44	0,53	4,97
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	22	1,88	2,63	4,51
Sabicea sp.	22	1,88	2,28	4,16
Araceae sp4.	16	1,37	1,93	3,29
Caryophyllaceae sp.	22	1,88	1,40	3,28
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	13	1,11	2,10	3,21
<i>Amaranthus hypochondriacus</i> L.	15	1,28	1,58	2,86
<i>Buddleja stachyoides</i> Cham. & Schltld.	11	0,94	1,75	2,69
<i>Psychotria</i> sp2.	9	0,77	1,75	2,52
Asteraceae sp1.	8	0,68	1,40	2,08
<i>Ditassa</i> sp.	10	0,85	1,23	2,08
<i>Handroanthus</i> sp.	7	0,60	1,40	2,00
Ipomoea sp.	7	0,60	1,40	2,00
<i>Piper</i> sp.	7	0,60	1,40	2,00
<i>Vernonia cinerea</i> (L.) Less.	11	0,94	1,05	1,99
<i>Solanum paniculatum</i> L.	8	0,68	1,23	1,91
<i>Olyra latifolia</i> L.	8	0,68	1,05	1,73
Asteraceae sp2.	6	0,51	1,05	1,56
<i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) R.D.Webster	6	0,51	1,05	1,56
Rubiaceae sp2.	8	0,68	0,88	1,56
<i>Piper dilatatum</i> Rich.	10	0,85	0,70	1,56
<i>Baccharis</i> sp3.	5	0,43	1,05	1,48
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	5	0,43	0,88	1,30
<i>Ficus arpazusa</i> Casar.	5	0,43	0,88	1,30
<i>Psychotria</i> sp1.	7	0,60	0,70	1,30
Asteraceae sp3.	4	0,34	0,88	1,22
<i>Gamochoeta pensylvanica</i> (Willd.) Cabrera	4	0,34	0,88	1,22
<i>Coccoloba</i> sp.	4	0,34	0,70	1,04
<i>Gomphrena</i> sp.	4	0,34	0,70	1,04
<i>Faramea</i> sp.	3	0,26	0,70	0,96

Continua

Continuação

<i>Gouania ulmifolia</i> Hook. & Arn.	3	0,26	0,70	0,96
Indeterminada2	3	0,26	0,70	0,96
<i>Mikania hirsutissima</i> DC.	3	0,26	0,70	0,96
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	3	0,26	0,70	0,96
<i>Oxalis</i> sp.	3	0,26	0,70	0,96
<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	3	0,26	0,70	0,96
<i>Solanum asperum</i> Rich.	3	0,26	0,70	0,96
Poaceae sp3.	4	0,34	0,53	0,87
<i>Sida rhombifolia</i> L.	6	0,51	0,35	0,86
<i>Baccharis crispa</i> Spreng.	2	0,17	0,53	0,70
<i>Baccharis serrulata</i> (Lam.) Pers.	2	0,17	0,53	0,70
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	2	0,17	0,53	0,70
<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	2	0,17	0,53	0,70
<i>Ficus</i> sp.	2	0,17	0,53	0,70
<i>Jacaranda montana</i> Morawetz	2	0,17	0,53	0,70
<i>Mikania micrantha</i> Kunth	2	0,17	0,53	0,70
<i>Oxypetalum banksii</i> R.Br. ex Schult.	2	0,17	0,53	0,70
<i>Pharus lappulaceus</i> Aubl.	2	0,17	0,53	0,70
<i>Piptocarpha leprosa</i> (Less.) Baker	2	0,17	0,53	0,70
Rubiaceae sp1.	2	0,17	0,53	0,70
<i>Rubus brasiliensis</i> Mart.	2	0,17	0,53	0,70
<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.	2	0,17	0,53	0,70
<i>Urera nitida</i> (Vell.) P.Brack	2	0,17	0,53	0,70
<i>Galium</i> sp.	3	0,26	0,35	0,61
<i>Commelina diffusa</i> Burm.f.	2	0,17	0,35	0,52
<i>Luehea</i> sp.	2	0,17	0,35	0,52
Plantaginaceae sp.	2	0,17	0,35	0,52
<i>Actinostemon</i> sp.	1	0,09	0,35	0,44
Asteraceae sp4.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Austroeupatorium inulaefolium</i> (Kunth) King & H.Rob.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Baccharis</i> sp2.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Baccharis trinervis</i> Pers.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Bidens pilosa</i> L.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Croton</i> sp1.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Croton</i> sp2.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Ctenanthe</i> sp.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Cyrtocymura scorpioide</i> (Lam.) H.Rob.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Dichorisandra thyrsiflora</i> J.C.Mikan	1	0,09	0,35	0,44

Continua

Continuação

<i>Ficus eximia</i> Schott	1	0,09	0,35	0,44
<i>Hyptis</i> sp.	1	0,09	0,35	0,44
Indeterminada 1	1	0,09	0,35	0,44
Indeterminada3	1	0,09	0,35	0,44
<i>Ipomoea</i> sp.	1	0,09	0,35	0,44
Lauraceae sp.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Myrciaria</i> sp.	1	0,09	0,35	0,44
Poaceae sp1.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Rudgea</i> sp.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	1	0,09	0,35	0,44
<i>Sida acuta</i> Burm.f.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	1	0,09	0,35	0,44
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	1	0,09	0,35	0,44

Legenda: Ni (Número de espécies), DR (Densidade relativa), FR (Frequência relativa), IVIB (Índice de valor de importância no banco de sementes).

Quanto aos parâmetros florísticos e fitossociológicos, no ambiente de germinação sol, foi observado o maior número de famílias e espécies. Já o ambiente de sombra apresentou o maior número de indivíduos, maiores índices de Shannon e equabilidade (Tabela 23). Verifica-se que quando a germinação ocorreu no ambiente de sol uma maior riqueza de espécies germinadas. Já no ambiente de sombra quando germinadas a uma maior diversidade e melhor distribuição das espécies.

O padrão de distribuição observado está relacionado à adaptação das espécies às condições de germinação. Assim é possível afirmar que o ambiente sombreado propocionou melhores condições para a germinação das sementes presentes no banco de sementes.

Tabela 23. Análises florística e fitossociológica do banco de semente com diferente disponibilidade de luz na germinação das sementes.

Área de Estudo	Ni	Nº de Família	Nº de Espécie	H'	J
Sol	523	32	69	2,89	0,68
Sombra	647	30	63	3,07	0,72
Total	1170	38	91	3,08	0,85

Legenda: sol (pleno sol); sombra (sombrite 70%); Ni (número de indivíduos); H' (índice de diversidade de Shannon) e J (índice de equabilidade).

Quanto aos parâmetros florísticos e fitossociológicos, a pedoforma convexa apresentou maior número de sementes, famílias e espécies. Já na côncava foram observados maiores índices de Shannon e de equabilidade (Tabela 24). A pedoforma convexa apresentou uma maior riqueza de espécie e na côncava observou-se uma maior diversidade e melhor distribuição das espécies.

Tabela 24. Análises florística e fitossociológica do banco de semente nas diferentes pedoformas.

Área de Estudo	Ni	Nº de Família	Nº de Espécie	H'	J
Convexa	720	30	69	2,74	0,65
Côncava	450	29	63	3,12	0,75
Total	1170	38	91	3,08	0,85

Legenda: Ni (número de indivíduos); H' (índice de diversidade de Shannon) e J (índice de equabilidade).

Quanto ao padrão dos parâmetros florísticos e fitossociológicos, nos MS pode-se observar que com o aumento do gradiente topográfico e a variação da declividade dentro da pedoforma altera-se a estrutura, a riqueza e a diversidade das espécies presentes no banco de sementes (Tabela 25). A maior riqueza foi observada nos MS situados na parte inferior das pedoformas, já a maior diversidade e melhor distribuição das espécies ocorreram nos MS situados na parte superior das pedoformas.

Pela análise da Tabela 25, observa-se a importância de se considerar os microambientes no planejamento ambiental, quando este estiver relacionado aos processos de recuperação de ambientes antropizados.

Tabela 25. Análises florística e fitossociológica do banco de sementes nos diferentes MS.

Área de Estudo	Ni	Nº de Família	Nº de Espécie	H'	J
I	319	22	40	2,44	0,66
II	256	20	43	2,39	0,63
III	145	13	26	2,26	0,69
IV	148	17	33	2,72	0,78
V	142	20	35	2,93	0,83
VI	160	18	37	3,16	0,87
Total	1170	38	91	3,08	0,85

Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava; IV, V e VI - MS a variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; Ni (número de indivíduos); H' (índice de diversidade de Shannon) e J (índice de equabilidade).

Maia et al. (2004), buscando entender a variação do banco de sementes em função dos fatores ambientais que influenciam no desenvolvimento e distribuição da vegetação, também observaram o efeito do relevo na composição e tamanho do banco de sementes. Os fatores ambientais de maior relevância foram a posição do relevo e as variáveis correlacionadas ao grau de umidade, aos teores de nutrientes no solo, a matéria orgânica e aos teores de argila.

4 CONCLUSÕES

A distribuição das espécies arbóreas é influenciada pelo tipo de pedoforma na paisagem, sendo a estrutura da formação florestal na pedoforma convexa a de maior densidade e riqueza de espécies e a pedoforma côncava a de maior diversidade e melhor distribuição das espécies.

O estoque e os teores de nutrientes do material formador de serapilheira são influenciados pelo tipo da pedoforma e pela variação do gradiente topográfico e da declividade, onde maiores estoques foram observados na pedoforma convexa e os maiores teores de K^+ e Mg^{+2} , nos MS inferiores das pedoformas.

Os teores de ^{15}N na serapilheira são influenciados pelo tipo de pedoforma e estação do ano, com influência da composição florística e da distribuição das espécies fixadoras de nitrogênio na pedoforma.

A decomposição da serapilheira ocorre de maneira diferenciada em função da pedoforma e da estação do ano, onde os maiores valores foram observados na pedoforma convexa e na estação chuvosa.

A composição do banco de sementes está associada ao tipo de pedoforma, sendo os maiores valores de riqueza verificados na pedoforma convexa e os maiores valores de diversidade na pedoforma côncava, sendo que o tipo de ambiente de germinação (sol e sombra), não influenciou na germinação das sementes.

As condições topográficas da paisagem são determinantes no padrão de distribuição dos atributos vegetais na região de Mar de Morros.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMAZONAS, N. T. **Ciclagem do nitrogênio em uma cronossequência formada por florestas restauradas e floresta natural**. 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2010.
- BRAGA, A. J. T.; GRIFFITH, J. J.; PAIVA, H. N. P.; MEIRA NETO, A. A. Composição do banco de sementes de uma Floresta Semidecidual Secundária considerando o seu potencial de uso para recuperação ambiental. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 6, p.1089-1098, 2008.
- BORÉM, R. T.; RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 42-59, 2002.
- CAMARGOS, V. L.; MARTINS, S. V.; RIBEIRO, G. A.; CARMO, F. M. S.; SILVA, A. F. Influência do fogo no banco de sementes do solo em Floresta Estacional Semidecidual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 19-28, Jan./ Mar. 2013.
- CARVALHO, P. E. R. 2003. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. v.1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas. 2003, 1039 p.
- CARVALHO, P. E. R. 2006. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. v.2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas. 2006, 627 p.
- CARVALHO, P. E. R. 2008. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. v.3. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas. 2008, 593 p.
- CARVALHO, P. E. R. 2010. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. v.4. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas. 2010, 644 p.
- CONAMA. **Resolução 006 de 4 de maio de 1994**, Ministério do Meio Ambiente. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/conama/legiano1.cfm>>. Acesso em: 20 de mai. 2012.
- CUNHA NETO, F. V.; LELES, P. S. S; PEREIRA, M. G.; BELLUMATH, G. H.; ALONSO, J. M. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 379-387, Jul./ Set. 2013.
- DIAS, M. A.; NETTO, A. L. C. Distribuição de manchas de gramíneas em um fragmento de Floresta Atlântica urbana montanhosa –Maciço da Tijuca, RJ. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 2, Set. 2010.
- FRANCO, B. K. S.; MARTINS, S. V.; FARIA, P. C. L.; RIBEIRO, G. A. Densidade e composição florística do banco de sementes de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual no campus da Universidade Federal de Viçosa. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n. 3, p. 423-432, 2012.
- FIGUEIREDO, P. H. A.; MIRANDO, C. C.; MATEUS, F. A.; VALCARCEL, R. Avaliação do potencial seminal da *Cecropia pachystachya* Trécul no banco de sementes do solo de um fragmento florestal em restauração espontânea na Mata Atlântica Pinheiral-RJ. **Revista de Biociências da Universidade de Taubaté**, São Paulo, v.17, n. 2, p. 43-51, 2011.
- GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. E. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 55, n. 4, p. 753-767, 1995.
- GODINHO, T. O.; CALDEIRA, M. V. W.; CALIMAN, J. P.; PREZOTTI, L. C.; WATZLAWICKS, L. F.; AZEVEDO, H. C. A.; ROCHA, J. H. T. Biomassa, macronutrientes

e carbono orgânico na serapilheira depositada em trecho de Floresta Semidecidual Submontana, ES. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 131-144, Mar. 2013.

GORRESIO-ROIZMAN, L. **Fitossociologia e dinâmica do banco de sementes de populações arbóreas de Floresta Secundária em São Paulo, SP**. 1993. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2012. Manual Técnico da Vegetação Brasileira: Sistema fitogeográfico Inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. **IBGE 2ª Edição**. Rio de Janeiro. 271 p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. Ed. Nova Odessa – SP: Instituto Plantarum, vol.1, 2008, 384 p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3. Ed. Nova Odessa – SP: Instituto Plantarum, vol.2, 2009a, 384 p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 1. Ed. Nova Odessa – SP: Instituto Plantarum, vol.3, 2009b, 384 p.

MACHADO, D. V. **Atributos indicadores da dinâmica sucessional em fragmento de Mata Atlântica na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, Rio de Janeiro**. 2011. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2011.

MAIA, F. C.; MEDEIROS, R. B. PILLAR, V. P.; Focht, telmo. soil seed bank variation patterns according to environmental factors in a natural grassland. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 26, n. 2, p.126-137, 2004.

MENEZES, C.E.G. **Integridade de paisagem, manejo e atributos do solo no Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral-RJ**. 2008. 172 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

MÜELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H.; **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons. 1974, 547 p.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CURTI, N.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A. Variation in tree community composition and structure with changes in soil properties within a fragment of Semideciduous Forest south-eastern Brazil. **Edinburg Journal Botany**, Edinburg, v. 58, n. 1, p. 139-158, Mar. 2001.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CURTI, N.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A. Tree species distribution along soil catenas in a riverside Semideciduous Forest in southeastern Brazil. **Flora**, Jena, v. 192, p. 47-64, 1997.

PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T.; KUNZ, S. H. Influence of environmental variables on the shrub and tree species distribution in two Semideciduous Forest sites in Viçosa, Minas Gerais, Brazil. **Revista de Biologia Tropical** (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744), Costa Rica, v. 56, n. 3, p. 1557-1569, Sep. 2008.

PORTELA, R. C.Q.; SANTOS, F. A. M. Produção e espessura da serapilheira na borda e interior de fragmentos florestais de Mata Atlântica de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.30, n.2, p.271-280, Abr./ Jun. 2007.

REZENDE, C. P.; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R. M.; MACEDO, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K. E.; BODDEY, R. M. Litter deposition and disappearance in

Brachiaria pastures in Atlantic forest region of South Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Netherlands, v. 54, n. 2, p. 99-112, 1999.

SCHEER, M. B. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em um trecho de Floresta Ombrófila Densa Aluvial em regeneração, Guaraqueçaba (PR). **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 253-266, Abr./ Jun. 2008.

TEDESCO, M. J; GIANELLO, C; BISSANI, CA. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. Ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, p. 177-188. 1995.

THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 25, p. 1351-1361, 1993.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K. FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma Floresta Estacional Semidecidual e zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

CAPÍTULO III

Atributos do Solo Condicionantes da Regeneração Natural nas Pedoformas Côncava e Convexa da Sub-bacia do Ribeirão Cachimbal

RESUMO

Os aspectos topográficos da paisagem são condicionantes dos processos naturais de formação dos solos, o que resulta na variação de seus atributos na paisagem. Essa variação está associada ao processo de dispersão e acúmulo de sedimentos e água na superfície e subsuperfície, influenciada pelas modificações do gradiente topográfico, declividade e curvatura da superfície do terreno. Este estudo teve como objetivo avaliar os atributos físicos e químicos do solo quanto à sua distribuição e à dependência espacial nos diferentes mini sítios (MS) das pedoformas convexa e côncava. Nos MS, para a caracterização física do solo foram coletadas amostras indeformadas com o auxílio de um amostrador de Uhland, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. Já para a caracterização química foram coletadas amostras compostas nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. As análises da variabilidade espacial foram realizadas para os atributos físicos e químicos nas respectivas profundidades de amostragem. O padrão de distribuição dos atributos físicos e químicos foi influenciado pelo tipo da pedoforma, variação do gradiente topográfico, da declividade e a profundidade do solo. Os maiores teores de nutrientes foram observados nos ambientes côncavos e na camada superficial (0-5 cm). Os atributos físicos e químicos do solo apresentam dependência espacial quanto a variação das condições topográficas da paisagem.

Palavras-chave: Fertilidade, relevo, distribuição espacial

ABSTRACT

The topographical features of the landscape are constraints of the natural processes of soil formation, which results in the variation of its attributes in the landscape. This variation is associated with the dispersal and accumulation of sediment and water in surface and subsurface changes influenced by the topographic gradient, slope and curvature of the land surface process. This study aimed to evaluate the physical and chemical soil attributes regarding its distribution and spatial dependence in the different mini sites (MS) of the convex and concave landforms. In MS, for the physical characterization of undisturbed soil samples were collected with the aid of an Uhland sampler at depths of 0-5 and 5-10 cm. For the chemical characterization of composite samples were collected at 0-5, 5-10 and 10-20 cm. Analyses of spatial variability were performed for the physical and chemical attributes in the respective sampling depths. The distribution pattern of physical and chemical attributes was influenced by the type of landform, topographic variation of the gradient of the slope and soil depth. The highest levels of nutrients were observed in concave environments and in the surface layer (0-5 cm). The physical and chemical attributes of the soil present spatial dependence as the variation in topography of the landscape.

Key words: Fertility, relief, spatial distribution.

1 INTRODUÇÃO

Os processos naturais de acúmulo ou dispersão de água e sedimentos que ocorrem na paisagem são resultantes dos aspectos topográficos do ambiente, nesse sentido, são considerados bons indicadores da variação dos atributos físicos e químicos do solo (Park & Burt, 2002; Mulla & Mcbratney, 1999). Estudos como Souza et al. (2003); Montanari et al. (2005) e Sanchez et al. (2009) demonstraram que o relevo influencia na variação dos atributos do solo na paisagem, onde pedoformas côncavas em comparação com as lineares e as convexas apresentaram uma maior variação dos atributos do solo.

As superfícies geomórficas na paisagem são consideradas como uma porção de terra definida no tempo e no espaço, com limites geográficos e formadas por um ou mais agentes, num determinado período de tempo (Daniels et al., 1971). Assim, as superfícies geográficas apresentam condições ambientais e climáticas diferenciadas, que influenciam nas características dos atributos do solo.

O padrão diferenciado dos atributos dos solos nas diferentes superfícies geomórficas da paisagem pode ser entendido pela caracterização da variabilidade espacial dos atributos. Técnicas de geoestatística, podem auxiliar no reconhecimento e identificação de diferentes microambientes com condições específicas de superfícies geomórficas na paisagem (Montanari et al., 2005). A partir dessa análise é possível o planejamento adequado de uso e conservação do solo, devido o conhecimento prévio das características e distribuição dos atributos do solo na paisagem (Teramoto et al., 2001).

Estudando a interferência de pedoambientes nos atributos do solo, Campos et al. (2010) observaram a dependência dos atributos químicos e físicos aos pedoambientes. E através das técnicas de estatísticas multivariadas, foi possível diferenciar os pedoambientes com base nas condições específicas de atributos do solo, permitindo assim entender o funcionamento dos ecossistemas.

Este estudo teve como objetivo avaliar os atributos físicos e químicos do solo quanto à variabilidade espacial, nos diferentes MS das pedoformas convexa e côncava na sub-bacia do Ribeirão Cachimbal, Pinheiral, Rio de Janeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Atributos físicos do solo

Nos MS (Figura 14), foram coletadas amostras indeformadas com o auxílio de um amostrador de Uhland, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. Os pontos de coletas foram distribuído de forma sistemática para melhor representação das condições dos ambientes, assim, foram 6 pontos no MS I, 6 pontos no MS II, 12 pontos no MS III, 8 pontos no MS IV, 8 pontos no MS V e 16 pontos no MS VI. Nas amostras indeformadas foram determinadas a densidade do solo, pelo método do anel volumétrico e a macro e microporosidade, pelo método da mesa de tensão (Embrapa, 1997). Nas mesmas profundidades foram coletadas amostras deformadas para a determinação da densidade das partículas, pelo método do balão volumétrico e a textura é a classe textural, pelo método da pipeta e Diagrama Triangular Simplificado.

2.2 Atributos químicos do solo

Nos MS (Figura 14), foram coletadas amostras simples de solo coletadas nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Os pontos de coletas foram distribuídos de forma sistemática para melhor representação das condições dos ambientes, assim, foram 6 pontos no MS I, 6 pontos no MS II, 12 pontos no MS III, 8 pontos no MS IV, 8 pontos no MS V e 16 pontos no MS VI. Após a coleta, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de 2,0 mm de malha. Nestas foram realizadas as seguintes análises: a) pH em água na relação 1:2,5 (solo:água); b) Ca, Mg, Al trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹, analisados por titulometria; c) P, K e Na extraídos pelo extrator Mehlich-1 e analisados por colorimetria (P) e fotometria de chama (K e Na); d) H+Al avaliado através de solução de acetato de cálcio 0,025 mol L⁻¹. Todos os métodos se encontram descritos em Embrapa (1997).

2.3 Carbono orgânico total e nitrogênio total do solo

A determinação do carbono orgânico total e nitrogênio total do solo foi realizada por via seca, a partir de 250 mg de amostra de solo (macerada no gral de porcelana e passada por peneira de 100 mesh), por oxidação a 900 °C, tendo-se C e N a 900°C (CHN-600 Carlo Erba EA-1110, Itália).

2.4 Estoque de carbono orgânico e nitrogênio do solo

Os estoques de carbono (C) e nitrogenio (N) foram determinados a partir da expressão, proposta por Freixo et al. (2002).

$$C \text{ ou } N \text{ (Mg ha}^{-1}\text{)} = (C \text{ ou } N \times D_s \times e)/10;$$

Em que C ou N e o valor do teor de C ou N na camada (g kg⁻¹); D_s, a densidade do solo (Mg m³) e; e a espessura da camada em análise em cm.

2.5 Análise isotópica de ¹³C e origem do C do solo

No centro de todos os MS (Figura 14) foi aberta uma trincheira com 100 cm de profundidade e nas paredes coletadas amostradas de solos nos intervalos de 0–5, 5–10, 10–20,

20–30, 30–40, 40–50, 50–60, 60–80 e 80–100 cm. As amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de 2,0 mm de malha.

Os teores de C das amostras de solo, bem como as composições isotópicas das mesmas foram determinados por meio do espectrômetro de massa Finnigan Mat, modelo Delta Plus locado no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) em Piracicaba, SP. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ das amostras foram estimados segundo a equação abaixo, tendo como padrão a referência PDB (Pee Dee Belemite – calcário da Carolina do Norte, EUA).

$$\delta^{13}\text{C} (\text{‰}) = 10^3 \times (R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}) \backslash R_{\text{padrão}}$$

Ramostra: razão isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ da amostra

Rpadrão: razão isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ do padrão.

As contribuições do carbono remanescente da floresta (C_3) e do introduzido pela pastagem (C_4) nos MS foram calculadas de acordo com Balesdent et al. (1988), utilizando as seguintes equações:

$$C_4 (\%) = (\delta c_4 - \delta c_3) / (\delta_{\text{res}} - \delta c_3) \times 100$$

$$C_3 (\%) = 100 - C_4 (\%)$$

C_4 (%): carbono oriundo da pastagem e C_3 (%): carbono oriundo da floresta no solo da unidade de estudo a ser avaliada; δC_3 e δC_4 representam os valores de δ das amostras de solo dos sistemas que predominavam plantas com diferentes rotas metabólicas de assimilação de C e δ_{res} é o valor de δ dos resíduos das espécies arbóreas.

2.6 Análise dos dados

Considerou-se para a análise física do solo um delineamento fatorial (6x2) constituindo de 6 MS e 2 profundidades de coleta; para a análise química do solo considerou um delineamento fatorial (6x3) constituindo de 6 MS e 3 profundidades de coleta.

Os dados foram submetidos à análise de normalidade (Teste de Shapiro Wilk, 5%) e homogeneidade da variância dos erros (Teste de Levene, 5%). Para os dados que atenderam os pressupostos estatísticos foi realizada uma análise estatística paramétrica (Teste de Tukey, 5%). Para os dados que não atenderam os pressupostos estatísticos foi realizada uma análise estatística não paramétrica (Teste de Kruskal-Wallis, 5%).

As variáveis foram submetidas a uma Análise de Componentes Principais (ACP).

2.7. Análise estatística descritiva e distribuição espacial dos atributos do solo

Com os dados dos atributos físicos e químicos do solo na profundidade (0-5cm) obtidos nos itens 2.1 e 2.3, e com a elaboração de uma matriz da distribuição sistemática dos pontos coletados dentro dos MS, foram realizadas as análises estatísticas descritiva e de geoestatística no software GEOESTAT (Vieira, 2000). Inicialmente efetuou-se a análise descritiva através do módulo STAT.EXE do referido software. Avaliou-se a distribuição de frequência dos dados (normalidade), existência de valores extremos ou incomuns para os atributos analisados. Os dados que não apresentaram normalidade foram transformados utilizando o métodos de transformação $\text{Log}_{10}(x)+1$ e Box-Cox no software Microsoft Excel. Em seguida, através do módulo AVARIO.EXE, efetuou-se a análise da dependência espacial

dos atributos do solo (Ds, Argila, Areia e Silte, pH, Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³, P, K⁺, C). No módulo AVARIO.EXE foi calculada a semivariância dos atributos do solo, de acordo com a equação abaixo:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Em que:

$\gamma(h)$ - semivariância estimada a uma distância h;

$N(h)$ - número de pares de valores $[Z(x_i), Z(x_i + h)]$ separados por um vetor h;

x_i - posição espacial da variável Z, e

Z - valores das variáveis (atributos físicos e químicos)

A construção dos gráficos das semivariâncias e o ajuste dos modelos numéricos foram realizados no software Microsoft Excel. Os dados que apresentaram tendência na distribuição foram transformados através do módulo TREND.EXE.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atributos físicos do solo

O padrão de distribuição dos atributos físicos na paisagem foi influenciado pelo tipo da pedoforma e pela profundidade de amostragem (Tabela 26). Ao longo da pedoforma esses atributos foram influenciados pelas variações do gradiente topográfico e da declividade que levam à formação dos MS (Tabela 27).

Avaliando os atributos físicos do solo e os fatores de erosão nas diferentes pedoformas, Sanchez et al.(2009) observaram que a variação do tipo da pedoforma foi responsável pelos padrões diferenciados da distribuição dos atributos do solo na paisagem, onde o tipo da pedoforma foi o fator ambiental de maior influência quando comparada com a erosão na variação espacial dos atributos do solo.

Os maiores valores de macroporosidade, porosidade total e teores de areia e argila foram observados na pedoforma convexa e nos seus MS, onde os valores foram crescentes em função do aumento do gradiente topográfico e decrescentes com a profundidade do solo. Esse padrão não foi observado para os teores de argila que aumentaram com a profundidade do solo.

Por outro lado, os maiores valores de microporos, umidade gravimétrica, silte e densidade das partículas foram observados na pedoforma côncava e nos seus MS, sendo os valores decrescentes em função do aumento do gradiente topográfico e crescentes com a profundidade do solo (Tabelas 26 e 27). A influência do relevo nos atributos físicos do solo está relacionada ao padrão diferenciado do fluxo da água e de sedimentos na paisagem, onde nos ambientes convexos ocorre uma maior dispersão e nos ambientes côncavos o acúmulo de água e sedimentos.

Estudos como os Souza et al. (2002) e Souza et al. (2004), avaliando a influência da pedoforma na variabilidade espacial dos atributos físicos e hídricos, constataram que pequenas variações do relevo na pedoforma condicionam variação espacial dos atributos, nesse caso a variabilidade espacial foi maior na pedoforma côncava em comparação à linear, e associada ao fluxo de água.

Ao avaliar a variabilidade das frações granulométricas e a porosidade do solo com relevo ondulado, Burak & Passos (2011) observaram influência do relevo na distribuição espacial dos atributos físicos, estando a variação dos atributos associada a altitude, variação da declividade e ao escoamento e acúmulo superficial. O padrão diferenciado dos atributos físicos do solo observado nesse estudo quanto ao tipo de pedoforma demonstra que na mesma paisagem ocorrem ambientes diferenciados, um dos fatores responsável pela diversidade de MS que compõem a paisagem.

Tabela 26. Atributos físicos do solo nas pedoformas côncava e convexa com floresta.

Área de Estudo	Macroporos	Microporos	Porosidade Total	Umidade Gravimétrica	Argila	Areia	Silte	Densidade das Partículas	Densidade do Solo
	-----%-----							Mg m ⁻³	
Profundidade (cm)									
0-5									
Convexa	15,98 a	36,40 ns	52,38 a	20,71 b	28,00 ns	56,58 a	15,42 b	2,43 b	1,10 ns
Côncava	13,14 b	37,71 ns	50,86 b	32,94 a	26,16 ns	52,00 b	21,91 a	2,47 a	1,07 ns
5-10									
Convexa	14,09 a	35,06 ns	49,15 ns	20,10 b	30,04 ns	53,33 ns	16,63 b	2,44 b	1,15 ns
Côncava	10,80 b	38,36 ns	49,17 ns	27,57 a	27,75 ns	52,66 ns	19,59 a	2,48 a	1,14 ns

*Valores seguidos de letras diferentes na coluna para cada pedoforma diferem entre se (p<0,05), pelo teste de Tukey (0-5 cm (argila; silte e densidade do solo); 5-10 cm (macroporos; umidade gravimétrica; areia; silte e densidade do solo)) e Kruskal-Wallis; ns: não significativo.

Tabela 27. Atributos físicos do solo nos MS côncavo e convexo com floresta.

Área de Estudo	Macroporos	Microporos	Porosidade Total	Umidade gravimétrica	Argila	Areia	Silte	Densidade das Partículas	Densidade do Solo
Profundidade (cm)									
0-5									
I	15,07 ab	38,44 ab	53,51 ns	23,39 bc	26,83 ns	54,17 ab	19,00 ab	2,44 ab	1,11 ns
II	16,52 a	36,44 ab	52,97 ns	17,93 c	25,00 ns	56,83 ab	18,17 ab	2,45 ab	1,17 ns
III	16,34 ab	34,32 b	50,67 ns	20,81 c	30,08 ns	57,67 a	12,25 b	2,40 b	1,02 ns
IV	11,76 b	41,54 a	53,30 ns	39,33 a	27,13 ns	50,75 ab	22,375 a	2,47 a	1,00 ns
V	12,13 b	35,76 ab	47,89 ns	33,90 ab	26,00 ns	49,25 b	24,75 a	2,46 a	1,10 ns
VI	15,54 ab	35,84 ab	51,38 ns	25,61 bc	25,75 ns	54,00 ab	20,25 a	2,47 a	1,11 ns
5-10									
I	15,01 a	35,74 ns	50,75 a	19,13 c	26,83 b	53,33 ns	19,83 ab	2,46 ab	1,18 ns
II	13,21 a	34,72 ns	47,94 ab	18,94 c	28,17 ab	54,50 ns	17,33 ab	2,50 a	1,21 ns
III	14,03 a	34,72 ns	48,75 ab	22,23 bc	32,58 a	52,75 ns	14,67 b	2,40 b	1,06 ns
IV	8,96 b	40,00 ns	48,97 ab	29,95 a	26,00 b	52,00 ns	22,00 a	2,48 ab	1,21 ns
V	11,42 ab	41,00 ns	52,41 ab	26,69 ab	29,63 ab	53,25 ns	17,13 ab	2,50 a	1,09 ns
VI	12,04 ab	34,09 ns	46,12 b	26,06 ab	27,69 ab	52,69 ns	19,63 ab	2,48 ab	1,11 ns

*Valores seguidos de letras diferentes na coluna para cada MS diferem entre se ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey (0-5 cm (argila e areia); 5-10 cm (macroporos; umidade gravimétrica e densidade do solo)); e Kruskal-Wallis; ns: não significativo. Legenda: I, II e III – MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI – MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava.

Quanto à análise de componentes principais (ACP), na Figura 29 é apresentada a dispersão dos autovalores dos atributos físicos do solo em relação aos dois primeiros eixos na profundidade de 0-5 cm. O gráfico expressa a relação entre as variáveis utilizadas e como elas influenciaram a ordenação dos MS, onde o componente 1 explica 57% da variação e o componente 2 explica 25% da variação.

O componente 1 diferencia os MS I, II e III dos MS IV e V. Para os MS I, II e III, a similaridade explicada pelas variáveis: teor de areia, porosidade total e macroporos. Enquanto para os MS IV e V, a similaridade é explicada pelas variáveis umidade gravimétrica, microporosidade, teor de silte, densidade das partículas. Verifica-se que a pedoforma convexa é caracterizada por apresentar solos com mais macroporos, maiores teores de argila, areia e maiores valores de densidade do solo. Já a pedoforma côncava é caracterizada por maiores valores de umidade gravimétrica, microporosidade, silte e densidade das partículas.

O componente 2 diferencia os MS III e IV dos MS I, II, V e VI. Onde os MS III e IV a similaridade explicada pelo teor de argila total e para os MS I, II, V e VI e pelos atributos teor de silte, densidade das partículas e densidade do solo. Através da Figura 29, observa-se que na parte superior do gráfico estão agrupados os MS que apresentam maiores teores de argila seja nas pedoformas convexa e côncava. Já na parte inferior do gráfico estão representados os MS caracterizados por apresentarem maiores valores de densidade do solo.

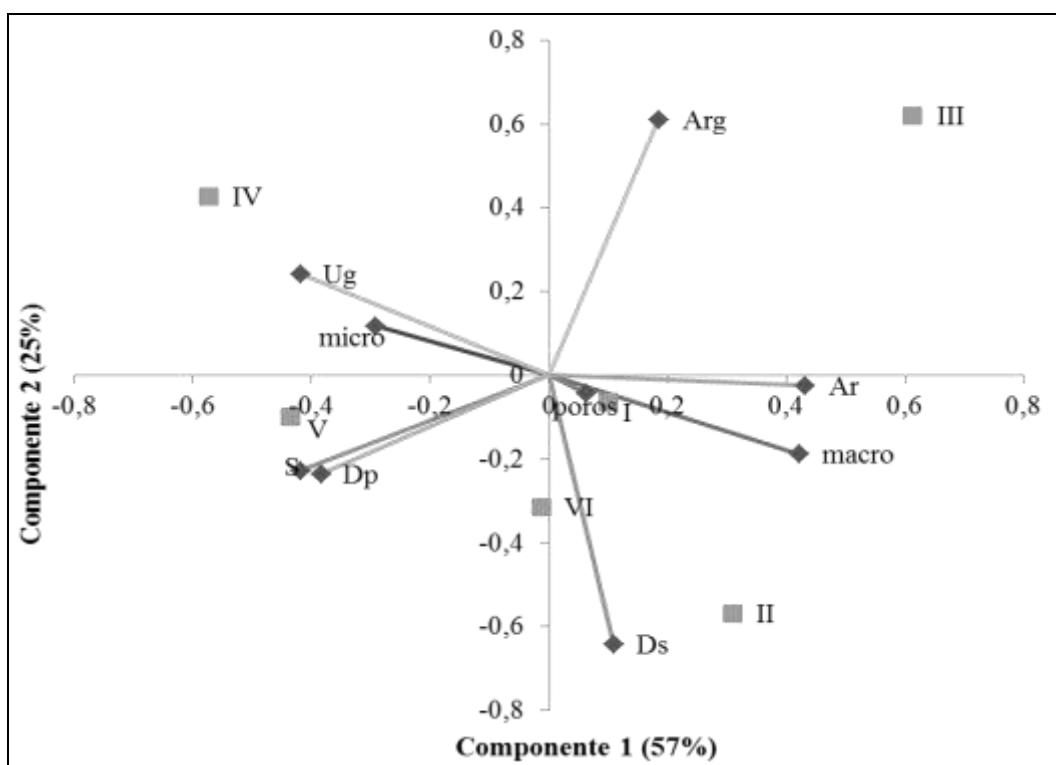


Figura 29. Diagrama *Biplot* com base na matriz de correlação de Pearson, obtido da ACP realizada com as variáveis físicas do solo: macroporos (macro), microporos (micro), areia (Ar), porosidade total (poros), umidade gravimétrica (Ug), densidade do solo (solo), densidade das partículas (Dp), silte (S), argila total (Arg). Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com a variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. Profundidade 0-5 cm.

A Figura 30 mostra a dispersão dos autovalores dos atributos físicos do solo utilizados na ACP em relação aos dois primeiros eixos na profundidade de 5-10 cm. Verifica-se a relação entre os atributos utilizados e como eles influenciaram na ordenação dos MS, o componente 1 explica 42% da variação e o componente 2 explica 26% da variação.

O componente 1 diferencia os MS I, II e III dos MS IV e VI. Sendo para os MS I, II e III, a similaridade explicada pelos atributos areia e macroporos. Enquanto para os MS IV e VI, a similaridade é explicada pelos atributos silte e densidade do solo. Assim, pode se concluir que a pedoforma côncava é caracterizada por apresentar maiores valores de umidade gravimétrica, silte, microporosidade e densidade do solo. Já a pedoforma convexa pelos maiores valores de macroporos, teores de areia e argila e densidade das partículas.

O componente 2 diferencia os MS I, II e VI dos MS III, IV e V. Sendo para os MS I, II e VI a similaridade explicada pela densidade do solo e para os MS III, IV e V pela porosidade total, densidade das partículas e microporosidade. Assim, pode se concluir que a parte superior do gráfico representa os MS das pedoformas convexa e côncava caracterizados por maior densidade do solo. Já a parte inferior do gráfico representa os MS das pedoformas convexa e côncava caracterizados por apresentarem maiores teores de argila, densidade das partículas, microporosidade, porosidade total e umidade gravimétrica.

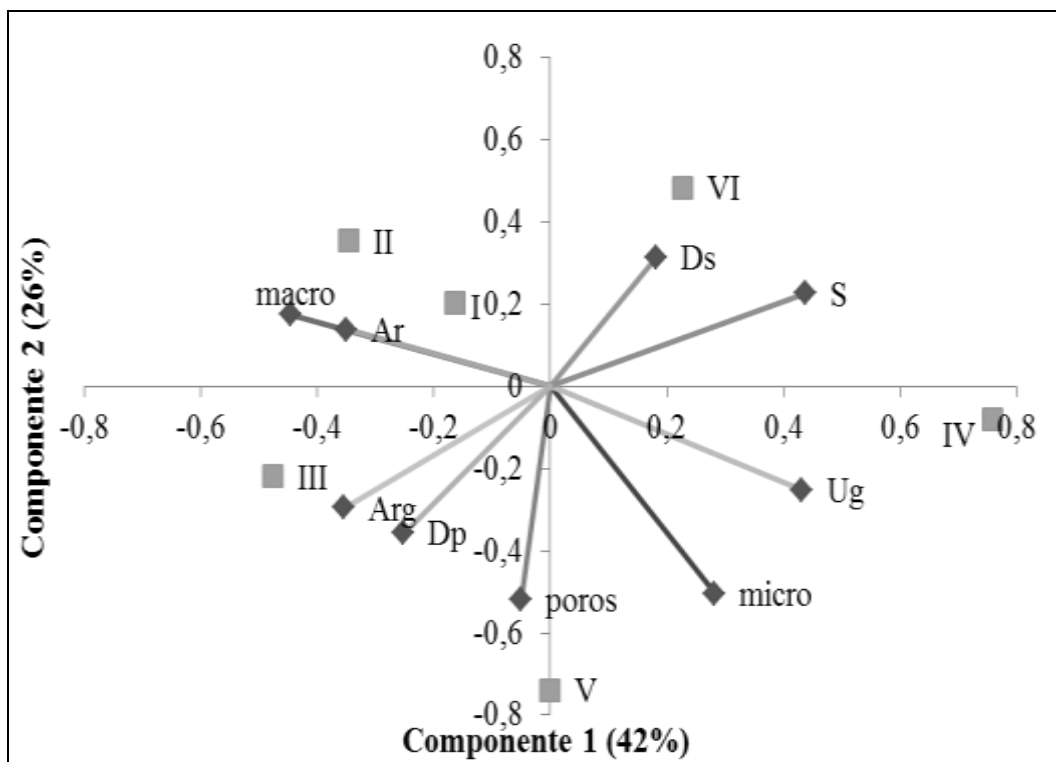


Figura 30. Diagrama *Biplot* com base na matriz de correlação de Pearson, obtido da ACP realizada com as variáveis físicas do solo: macroporos (macro), microporos (micro), areia (Ar), porosidade total (poros), umidade gravimétrica (Ug), densidade do solo (solo), densidade das partículas (Dp), silte (S), argila total (Arg). Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. Profundidade 5-10 cm.

O padrão de distribuição dos atributos físicos do solo apresentados nas Figuras 29 e 30, indica o efeito da pedoforma, da variação topográfica e da declividade na distribuição desses atributos na paisagem, sendo a maior variação observada na pedoforma e MS côncavo. Nesse sentido, locais da paisagem com mesmo tipo de solo e de cobertura, mas com diferentes pedoformas e MS, apresentam condições de oferta e distribuição dos atributos físicos do solo de forma diferenciada. Essa variação pode está associada aos processos de acúmulo e perda de sedimentos.

3.2 Atributos químicos do solo

De maneira geral o padrão de distribuição dos atributos químicos do solo foi influenciado pelo tipo da pedoforma e a profundidade do solo. Quanto à profundidade os teores dos nutrientes foram decrescentes com a profundidade do solo. Em relação ao tipo da pedoforma os maiores valores de pH, P, Mg^{+2} , K^+ , S e V% foram observados nos ambientes côncavos. Para $H+Al$, Al^{+3} e valor T os maiores valores foram observados nos ambientes convexos (Tabela 28).

Avaliando a influência de diferentes formas do relevo na variação dos atributos químicos do solo, Souza et al. (2004) observaram que pequenas variações nas formas do relevo condicionam a variabilidade diferenciada desses atributos.

Quanto aos MS os teores dos atributos químicos do solo foram influenciados pela variação do gradiente topográfico e da declividade dos ambientes, sendo assim, os atributos pH, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , S, T e V apresentaram maiores valores para os MS I e IV os quais estão na região inferior das pedoformas convexa e côncava respectivamente. Em relação aos atributos H+Al e Al^{+3} os maiores valores foram observados no MS III na camada de 0-5 cm, o qual está na região superior da pedoforma convexa (Tabela 29).

Observa-se que nos MS localizados na região superior das pedoformas tiveram uma redução nos teores dos nutrientes, padrão este também verificado em profundidade. De maneira antagônica, os teores de H+Al e Al^{+3} foram maiores para os MS superiores das pedoformas convexa e côncava e em profundidade.

O padrão de distribuição dos atributos químicos nas diferentes pedoformas convexa e côncava e nas diferentes profundidades de solo indica o efeito do relevo nos atributos químicos do solo, sendo os MS localizados na região inferior das pedoformas os de maior fertilidade e menor acidez do solo em comparação ao MS localizados na região superior das pedoformas.

Richter et al. (2011) observaram a influência da altitude e da profundidade do solo na distribuição dos atributos, onde a maior variabilidade espacial dos elementos químicos ocorreu na camada subsuperficial em relação à camada superficial. A influência das condições de relevo e da profundidade do solo na disponibilidade de nutrientes nos diferentes pedoambientes, também foi observada por Campos et al. (2010), que associaram essa variação aos processos de acúmulo de matéria orgânica, carreamento de nutrientes, de sedimentos e dinâmica da água no solo.

Para o P verificou-se padrão diferenciado em comparação aos demais atributos químicos do solo, sendo na pedoforma convexa, observado o maior valor no MS III, o qual está região superior da pedoforma. Por outro lado, na pedoforma côncava os maiores valores foram verificados no MS IV, o qual está na região inferior da pedoforma. Esse padrão diferenciado nas pedoformas está relacionado à baixa mobilidade desse elemento no solo e ao acúmulo de matéria orgânica na pedoforma côncava (Tabela 29).

Estudando a variabilidade espacial dos atributos do solo, Sanchez et al. (2009) observaram padrão similar ao verificado nesse estudo, onde os maiores valores dos atributos químicos foram observados na pedoforma côncava. Esse padrão foi atribuído à forma do relevo por estar condicionando ao maior fluxo de água e solutos. Segundo Resende et al. (1997) a pedoforma côncava possui maior erosão nas regiões mais altas e maior acúmulo nas regiões mais baixas, portanto, nessas diferentes posições criam-se MS diferenciados.

Tabela 28. Valores de pH e teores de nutrientes do solo nas diferentes pedoformas convexa e côncava com floresta.

Área de Estudo	pH	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H+Al	Al ⁺³	Na ⁺	K ⁺	T	S	V
	(H ₂ O)	Mg dm ⁻³	cmol _c kg ⁻¹								%
Profundidade (cm)											
0-5											
Convexa	4,46 b	1,50 ns	3,05 ns	2,02 ns	7,54 a	0,84 a	0,02 ns	0,28 b	12,92 a	5,37 ns	40,82 b
Côncava	5,11 a	1,96 ns	3,68 ns	2,33 ns	5,48 b	0,42 b	0,02 ns	0,46 a	11,96 b	6,48 ns	52,93 a
5-10											
Convexa	4,16 b	0,63 b	1,47 ns	1,51 b	8,08 a	1,60 a	0,02 ns	0,22 b	11,31 a	3,23 b	28,80 b
Côncava	4,82 a	1,17 a	2,08 ns	1,88 a	5,66 b	0,90 b	0,02 ns	0,29 a	9,93 b	4,27 a	41,91 a
10-20											
Convexa	4,10 b	0,24 b	0,93 ns	1,31 b	7,62 a	1,88 a	0,02 ns	0,16 ns	10,05 a	2,42 b	23,91 b
Côncava	4,70 a	0,55 a	1,10 ns	1,54 a	5,47 b	1,37 b	0,01 ns	0,20 ns	8,33 b	2,86 a	33,84 a

*Valores seguidos de letras diferentes na coluna para cada pedoforma diferem entre se (p<0,05), pelo teste de Tukey (0-5 cm(P; H+Al); 5-10 cm (H+Al; Mg⁺²)) e Kruskal-Wallis; ns: não significativo.

Tabela 29. Valores de pH e teores de nutrientes do solo nos diferentes MS convexo e côncavo com floresta.

Área de Estudo	pH	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H+Al	Al ⁺³	Na ⁺	K ⁺	T	S	V
	(H ₂ O)	Mg dm ⁻³	-----cmol _c kg ⁻¹ -----								
Profundidade (cm)											
0-5											
I	5,02 ab	0,71 b	4,62 ab	2,75 abc	5,55 bc	0,20 bc	0,03 ns	0,32 bc	13,26 a	7,71 ab	56,10 ab
II	4,49 abc	1,69 ab	3,12 abc	2,05 b	7,08 abc	0,54 abc	0,02 ns	0,29 bc	12,55 ab	5,47 abc	43,30 abc
III	3,86 c	2,11 a	1,42 c	1,28 c	10,00 a	1,78 a	0,02 ns	0,22 c	12,94 ab	2,94 c	23,06 c
IV	5,84 a	2,40 a	5,17 ab	3,13 a	3,95 c	0,08 c	0,02 ns	0,61 a	12,87 ab	8,93 a	69,09 a
V	5,10 ab	1,76 ab	3,76 ab	2,25 abc	5,69 bc	0,27 bc	0,01 ns	0,47 abc	12,19 ab	6,50 ab	52,66 ab
VI	4,38 bc	1,71 ab	2,11 bc	1,60 bc	6,79 b	0,91 b	0,03 ns	0,30 b	10,82 b	4,03 bc	37,04 bc
5-10											
I	4,57 bc	0,09 b	2,36 a	2,15 ab	6,17 b	0,69 bc	0,03 ns	0,23 ab	10,93 ab	4,76 ab	42,99 ab
II	4,16 de	0,82 ab	1,50 ab	1,67 ab	7,40 b	1,43 abc	0,02 ns	0,26 ab	10,84 ab	3,44 bcd	30,88 b
III	3,74 e	0,97 ab	0,57 b	0,73 c	10,66 a	2,70 a	0,02 ns	0,17 b	12,14 a	1,48 d	12,53 c
IV	5,41 a	1,29 a	3,11 a	2,19a	4,41 c	0,35 c	0,01 ns	0,39 a	10,10 ab	5,70 a	55,23 a
V	4,84 ab	0,99 ab	2,15 ab	2,17 a	5,70 bc	0,68 bc	0,02 ns	0,27 ab	10,31 ab	4,61 abc	43,31 ab
VI	4,21 cd	1,23 ab	0,99 ab	1,28 bc	6,86 bc	1,67 b	0,03 ns	0,21 ab	9,37 b	2,51 cd	27,17 bc
10-20											
I	4,51 bc	0,00 b	1,52 ns	2,48 a	6,05 bcd	0,95 b	0,03 a	0,17 ns	10,24 ab	4,19 a	39,86 a
II	4,06 de	0,19 ab	0,89 ns	1,04 abc	7,07 b	1,77 ab	0,01 ab	0,18 ns	9,20 ab	2,13 ab	22,61 abc
III	3,72 e	0,54 a	0,39 ns	0,43 c	9,75 a	2,92 a	0,01 ab	0,13 ns	10,70 a	0,95 b	9,25 c
IV	5,18 a	0,43 ab	1,57 ns	1,76 ab	4,51 d	1,01 b	0,00 b	0,27 ns	8,10 b	3,59 a	43,25 a
V	4,76 ab	0,57 ab	1,13 ns	1,84 ab	5,27 cd	1,17 b	0,01 ab	0,18 ns	8,43 b	3,16 a	36,24 ab
VI	4,16 cd	0,66 a	0,61 ns	1,03 bc	6,63 bc	1,94 ab	0,03 a	0,16 ns	8,45 b	1,82 ab	22,03 bc

*Valores seguidos de letras diferentes na coluna para cada MS diferem entre se (p<0,05), pelo teste deTukey (0-5 cm (Ca⁺²; Mg⁺² e K⁺); 5-10 cm (pH; Ca⁺²; Mg⁺²; H+Al; T e V); 10-20 cm (pH; Ca⁺²; H+Al e V))e Kruskal-Wallis; ns: não significativo. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava.

Na Figura 31 é apresentada a dispersão dos autovalores dos atributos químicos do solo utilizadas na ACP em relação os dois primeiros eixos na profundidade de 0-5 cm. A figura mostra a relação entre as variáveis utilizadas e como elas influenciaram a ordenação dos MS, onde o componente 1 explica 71% da variação e o componente 2 explica 17% da variação.

O componente 1 diferencia os MS II, III e VI dos MS I, V e IV. Sendo que para os MS II, III e VI, a similaridade é explicada pelos atributos alumínio e acidez potencial. Enquanto para os MS I, V e IV, é explicada pelos teores de potássio, cálcio, magnésio, acidez, soma e saturação por bases. Assim, pode se concluir que a região à direita do gráfico caracteriza os MS com maior acidez do solo e teores de alumínio. Já a área a esquerda caracteriza os MS com maior disponibilidade de nutrientes e menores valores de acidez.

O componente 2 diferencia os MS III, IV, V e VI dos MS I e II. Enquanto para os MS III, IV, V e VI a similaridade é explicada pelo fósforo e para os MS I e II pela capacidade de troca de cátions e teores de sódio. Nesse sentido, pode se concluir que a região superior do gráfico caracteriza os MS com maiores teores de fósforo. Já a área inferior caracteriza os MS com maiores teores de sódio.

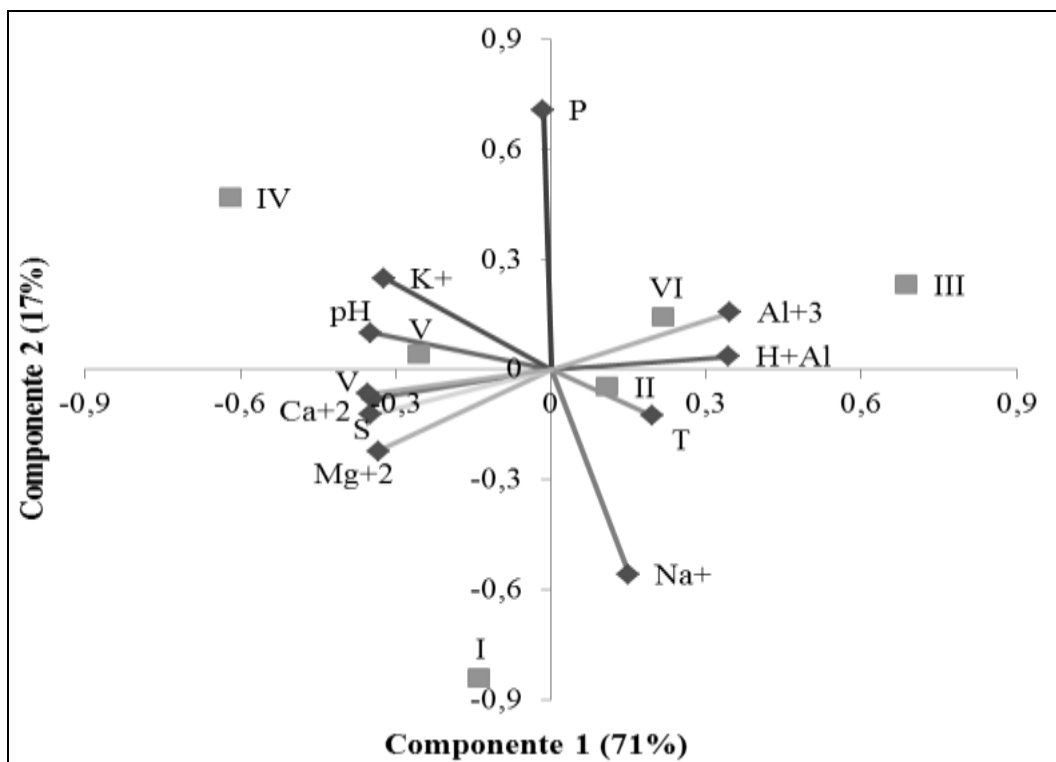


Figura 31. Diagrama *Biplot* com base na matriz de correlação de Pearson, obtido da ACP realizada com as variáveis pH, fósforo (P), cálcio (Ca^{+2}), Magnésio (Mg^{+2}), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al^{+3}), sódio (Na^{+}), potássio (K^{+}), capacidade de troca de cátions (T), soma de bases (S), saturação de bases (V). Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. Profundidade 0-5 cm.

A dispersão dos autovalores dos atributos químicos do solo observada a partir da ACP em relação os dois primeiros eixos na profundidade de 5-10 cm, mostra a relação entre os atributos utilizados e como estes influenciaram a ordenação dos MS, onde o componente 1 explica 67% da variação e o componente 2 explica 20% da variação (Figura 32).

O componente 1 diferencia os MS II, III e VI dos MS I, V e IV. Para os MS II, III e VI, a similaridade explicada pelos atributos alumínio e acidez potencial. Enquanto para os MS I, V e IV, pelas variáveis potássio, acidez, cálcio, magnésio, soma base e saturação por bases. Assim, pode se concluir que a região a direita do gráfico caracteriza os MS das pedoformas convexa e côncava com maior acidez do solo e maiores teores de alumínio. Já a região a esquerda do gráfico caracteriza os MS das pedoformas convexa e côncava com maior disponibilidade de nutrientes e menor acidez do solo.

O componente 2 diferencia os MS III, IV, V e VI dos MS I e II. Sendo para os MS IV, V e VI a similaridade explicada pelos teores de P e K para os MS I e II pela capacidade de troca de cátions e pelos valores de sódio. Nesse sentido, pode se concluir que a região superior do gráfico caracteriza os MS das pedoformas convexa e côncava com maiores teores de sódio e capacidade de troca catiônica. Já a região inferior do gráfico caracteriza os MS da pedoformas convexa e côncava com maiores teores de fósforo.

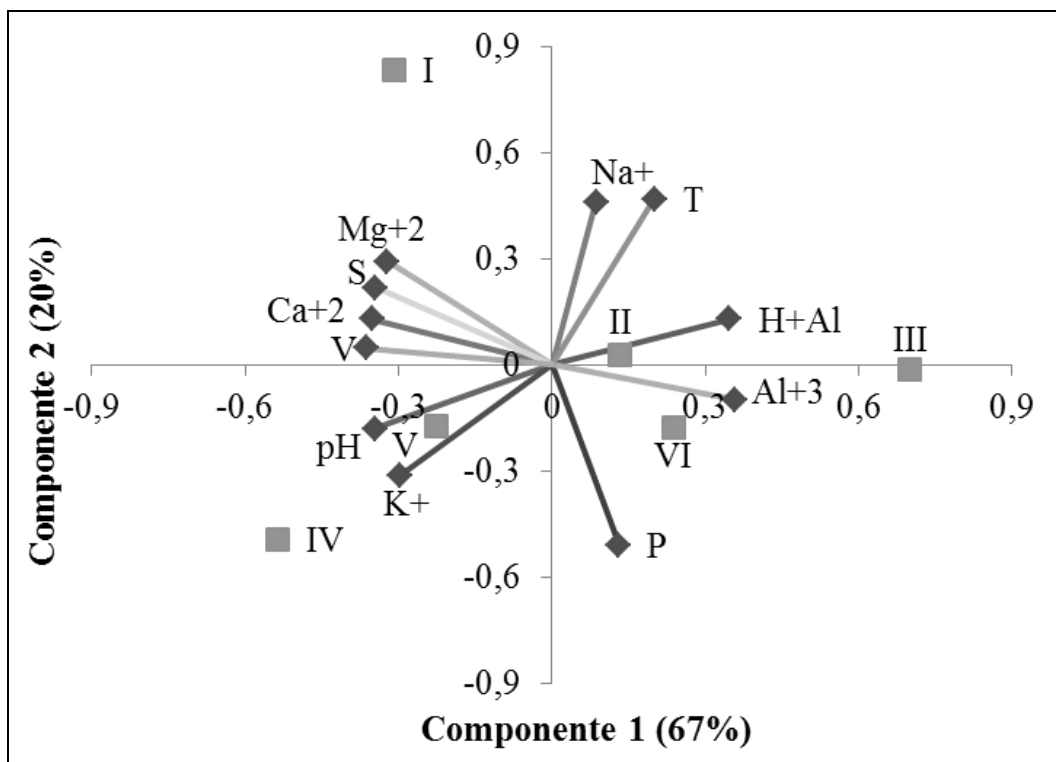


Figura 32. Diagrama *Biplot* com base na matriz de correlação de Pearson, obtido da ACP realizada com as variáveis pH, fósforo (P), cálcio (Ca^{+2}), Magnésio (Mg^{+2}), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al^{+3}), sódio (Na^{+2}), potássio (K^{+}), capacidade de troca de cátions (T), soma de bases (S), saturação por bases (V). Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. Profundidade 5-10 cm.

Na Figura 33 é apresentada a dispersão dos autovalores dos atributos químicos do solo utilizados na ACP em relação os dois primeiros eixos na profundidade de 10-20 cm. O gráfico demonstra a relação entre os atributos utilizados e como eles influenciaram a ordenação dos MS, onde o componente 1 explica 68% da variação e o componente 2 explica 18% da variação.

O componente 1 diferencia os MS I, V e IV dos MS II, III e VI. Para os MS I, V e IV, a similaridade explicada pelos teores de potássio, acidez, cálcio, magnésio, soma e saturação por bases. Enquanto para os MS II, III e VI, pelas variáveis alumínio e acidez potencial. Pode se concluir que a região a direita do gráfico caracteriza os MS das pedoformas convexa e côncava com maior disponibilidade de nutrientes e menos acidez do solo. Já a região a esquerda caracteriza os MS das pedoformas convexa e côncava com maior acidez do solo e teores de alumínio.

O componente 2 diferencia os MS II, III, IV e V dos I e VI. Sendo para os mini sítios II, III, IV e V a similaridade explicada pela variável fósforo e para os MS I e II pelos teores de sódio. Assim, pode-se considerar que a região superior do gráfico caracteriza os MS das pedoformas convexa e côncava com maiores teores de fósforo. Já a região inferior caracteriza os MS das pedoformas convexa e côncava com maiores teores de sódio.

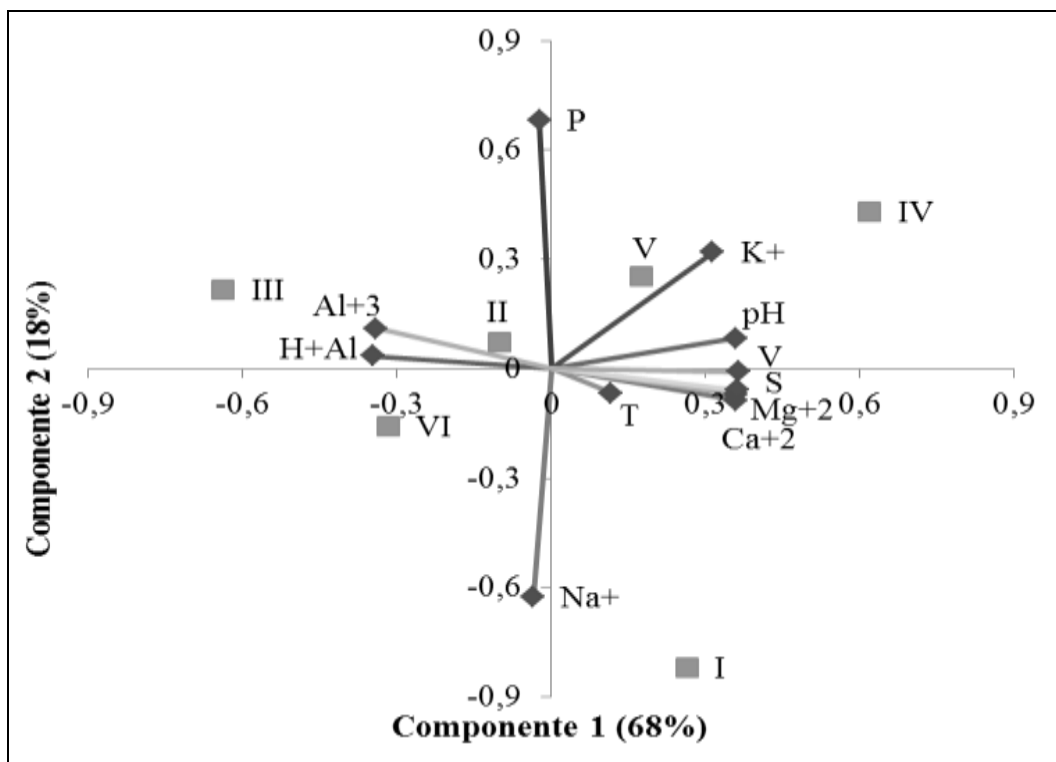


Figura 33. Diagrama *Biplot* com base na matriz de correlação de Pearson, obtido da ACP realizada com as variáveis pH, fósforo (P), cálcio (Ca^{+2}), Magnésio (Mg^{+2}), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al^{+3}), sódio (Na^{+}), potássio (K^{+}), capacidade de troca de cátions (T), soma de bases (S), saturação por bases (V). Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. Profundidade 10-20 cm.

O padrão de distribuição dos atributos químicos do solo observado nas Figuras 31, 32 e 33, quanto ao tipo de pedoforma e aos MS indica o efeito do relevo na distribuição destes atributos na paisagem, e a maior variação observada nos MS da pedoforma convexa. A relação dos atributos do solo com a condições de relevo também foi observada por Campos et al. (2010) com o uso de ACP para verificar a correlação dos atributos químicos do solo com diferentes pedoambientes.

3.3 Carbono orgânico total e nitrogênio total do solo

Quanto ao padrão do teor de carbono orgânico total nos diferentes tipos de pedoforma observou-se que o maior estoque ocorreu na pedoforma convexa, sendo esse decrescente com a profundidade do solo. Já o nitrogênio total do solo não apresentou diferenças significativas entre as pedoformas (Tabela 30).

O maior teor de carbono orgânico total na pedoforma convexa e na camada superficial do solo está associado ao processo de maior deposição e decomposição da serapilheira nesses ambientes devido às condições ambientais (maior entrada de luminosidade e maior temperatura) que a cobertura florestal está inserida. Machado (2011) realizando estudos na mesma região, avaliando o conteúdo de carbono orgânico total em fragmentos florestais com diferentes estádios de regeneração natural, observou maiores teores na cobertura florestal com

estádio avançado e na camada superficial do solo (0-10 cm), o qual foi relacionado a maior deposição de serapilheira no ambiente.

De maneira geral, a distribuição do carbono orgânico total e o nitrogênio total ocorreu de forma diferenciada entre os MS, sendo os valores decrescente com a profundidade do solo (Tabela 31). Entre os MS na profundidade de 0-5 e 5-10 cm do solo, o carbono orgânico total apresentou maiores valores nos MS da pedofoma convexa e nos MS do terço inferior da pedofoma côncava. O mesmo padrão foi observado para o nitrogênio total (Tabela 31). Esse padrão é explicado pelo maior estoque de serapilheira na pedofoma convexa e o maior acúmulo da matéria orgânica no terço inferior da pedofoma côncava (Capítulo II).

Para a profundidade de 10-20 cm os valores de carbono orgânico total foram maiores no MS III o qual está inserido na pedofoma convexa no terço superior, já para os valores de nitrogênio na respectiva profundidade não foram observadas diferenças entre os MS (Tabela 31). Estudando o relevo e fertilidade do solo em diferentes estratos da cobertura florestal Santos & Salcedo (2010), observaram que as valores de C e N aumentaram no sentido agricultura-floresta, resultante da maior deposição de serapilheira, que submetida ao processo de decomposição contribui para o aumento dos teores de C e N no solo.

Com o padrão de distribuição do carbono orgânico total e nitrogênio total no solo apresentados nas Tabelas 30 e 31 quanto ao tipo de pedofomas e aos MS. É possível observar o efeito do relevo na distribuição desses elementos no solo e na paisagem, os maiores valores foram observados na pedofoma e MS convexo.

Tabela 30. Teores de carbono orgânico total e nitrogênio total do solo nas diferentes pedofomas convexa e côncava.

Área de Estudo	C		N	
	g kg ⁻¹			
Profundidade (cm)				
0-5				
Convexa	27,87 a		1,56 ns	
Côncava	24,66 b		1,72 ns	
5-10				
Convexa	21,51 a		1,24 ns	
Côncava	16,35 b		1,26 ns	
10-20				
Convexa	16,81 a		0,97 ns	
Côncava	11,90 b		0,94 ns	

*Valores seguidos de letras diferentes na coluna para cada pedofoma diferem entre se ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey (5-10 cm (N; C); 10-20 cm (N)) e Kruskal-Wallis; ns: não significativo.

Tabela 31. Teores de carbono orgânico total e nitrogênio total do solo nos diferentes MS convexo e côncavo.

Área de Estudo	C		N	
	g kg ⁻¹			
Profundidade (cm)				
0-5				
I	26,95	ab	1,67	abc
II	25,47	ab	1,54	abc
III	29,53	a	1,52	bc
IV	31,05	a	2,47	a
V	26,49	ab	1,92	ab
VI	20,54	b	1,24	c
5-10				
I	18,10	ab	1,18	bc
II	17,97	ab	1,12	bc
III	24,99	a	1,32	abc
IV	17,37	b	1,53	a
V	17,52	ab	1,42	ab
VI	15,25	b	1,04	c
10-20				
I	14,22	b	0,94	ns
II	13,63	b	0,84	ns
III	19,70	a	1,05	ns
IV	11,03	b	1,02	ns
V	12,52	b	1,09	ns
VI	12,02	b	0,82	ns

*Valores seguidos de letras diferentes na coluna para cada MS diferem entre se ($p < 0,05$), pelo teste de Tukey (5-10 cm (N); 10-20 cm (C; N)) e Kruskal-Wallis; ns: não significativo. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava.

3.4 Estoques de carbono orgânico e nitrogênio do solo

De maneira geral o estoque de carbono orgânico (Mg ha^{-1}) foi maior na pedoforma convexa, sendo esse decrescente em profundidade no solo, já o estoque de nitrogênio não apresentou diferença entre as pedoformas (Tabela 32). Entre os MS o estoque na camada superficial do solo (0-5 cm) não apresentou diferença, já na camada de 5-10 cm os maiores valores foram observados nos MS da pedoforma convexa e nos MS IV e V da pedoforma côncava (Tabela 33).

Avaliando o estoque de carbono nas plantações de eucalipto, Gatto et al. (2010) observaram o efeito das condições edafoclimáticas regionais na variação do estoque de carbono no solo, sendo os fatores altitude, déficit hídrico, teor de argila e Al os responsáveis pela maior variação.

O nitrogênio na camada superficial (0-5 cm) apresentou maior estoque nos MS localizados nos terços inferior e médio das pedoformas convexa e côncava, sendo o estoque decrescente com a profundidade do solo e nas regiões superiores das pedoformas (Tabela 33). O maior teor de nitrogênio observado nos MS das regiões inferiores e médias das pedoformas pode ser atribuído a presença de espécies de leguminosas como observado no capítulo II, as quais fixam N_2 , que posteriormente será devolvido através do aporte de serapilheira.

Estudos como Menezes (2008); Machado (2011) avaliando o estoque de carbono orgânico e nitrogênio nos ambientes com diferentes estádios de regeneração natural na mesma região do estudo, observaram maiores estoques na camada superficial do solo nos ambiente com estágio avançado de regeneração, sendo os valores decrescentes com a profundidade do solo. Os autores atribuíram esse padrão a maior deposição de serapilheira na camada superficial do solo.

Tabela 32. Teores de estoque de carbono orgânico e nitrogênio do solo nas diferentes pedoformas convexa e côncava.

Área de Estudo	Mg ha ⁻¹	
	C	N
Profundidade (cm)		
0-5		
Convexa	14,98 a	0,84 ns
Côncava	13,16 b	0,91 ns
5-10		
Convexa	11,94 a	0,69 ns
Côncava	9,26 b	0,71 ns

*Valores seguidos de letras diferentes na coluna para cada pedoforma diferem entre se ($p < 0,05$), pelo teste deTukey (5-10 cm (C; N)) e Kruskal-Wallis; ns: não significativo.

Tabela 33. Teores de estoque de carbono orgânico e nitrogênio do solo nos diferentes MS convexo e côncavo.

Área de Estudo	C		N	
	Mg ha ⁻¹			
Profundidade (cm)				
0-5				
I	14,97	ns	0,92	abc
II	14,73	ns	0,89	abc
III	15,11	ns	0,77	bc
IV	15,32	ns	1,22	a
V	14,45	ns	1,05	ab
VI	11,43	ns	0,69	c
5-10				
I	10,73	ab	0,70	bc
II	10,83	ab	0,68	bc
III	13,09	a	0,69	bc
IV	10,51	ab	0,93	a
V	9,66	ab	0,78	ab
VI	8,43	b	0,57	c

*Valores seguidos de letras diferentes na coluna para cada MS diferem entre se ($p < 0,05$), pelo teste deTukey (5-10 cm (N)) e Kruskal-Wallis; ns: não significativo. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava.

3.5 Análise isotópica de ¹³C e origem do C do solo

O padrão de distribuição dos teores de ¹³C nos MS e nas profundidades do solo foi similar para os MS (Figura 34). Os valores foram crescentes nas profundidades 0-5; 5-10; 10-20 e 20-30 cm respectivamente, sendo esses constantes nas demais até 100 cm.

Os valores observados para ¹³C nos MS mostram que as pedoformas convexa e côncava tanto no passado como no presente são cobertas por plantas do tipo C₃, pois os valores de ¹³C ficaram entre (-28 a -24), o que indica pouca ou ausência de espécies C₄ nesses ambientes, desde a formação das camadas com profundidade superior a 40 cm. Esse padrão evidencia que os MS sempre tiveram cobertura do tipo floresta.

Estudos como Menezes (2008) e Diniz (2011) avaliando os teores de ¹³C em ambientes com estágio inicial, médio e avançado de regeneração da floresta, observaram comportamentos similares para as áreas em estágio avançado. Esse padrão foi atribuído ao aumento das plantas tipo C₃ e redução das plantas tipo C₄ nos ambientes em regeneração, resultante dos processos de sucessão natural da vegetação.

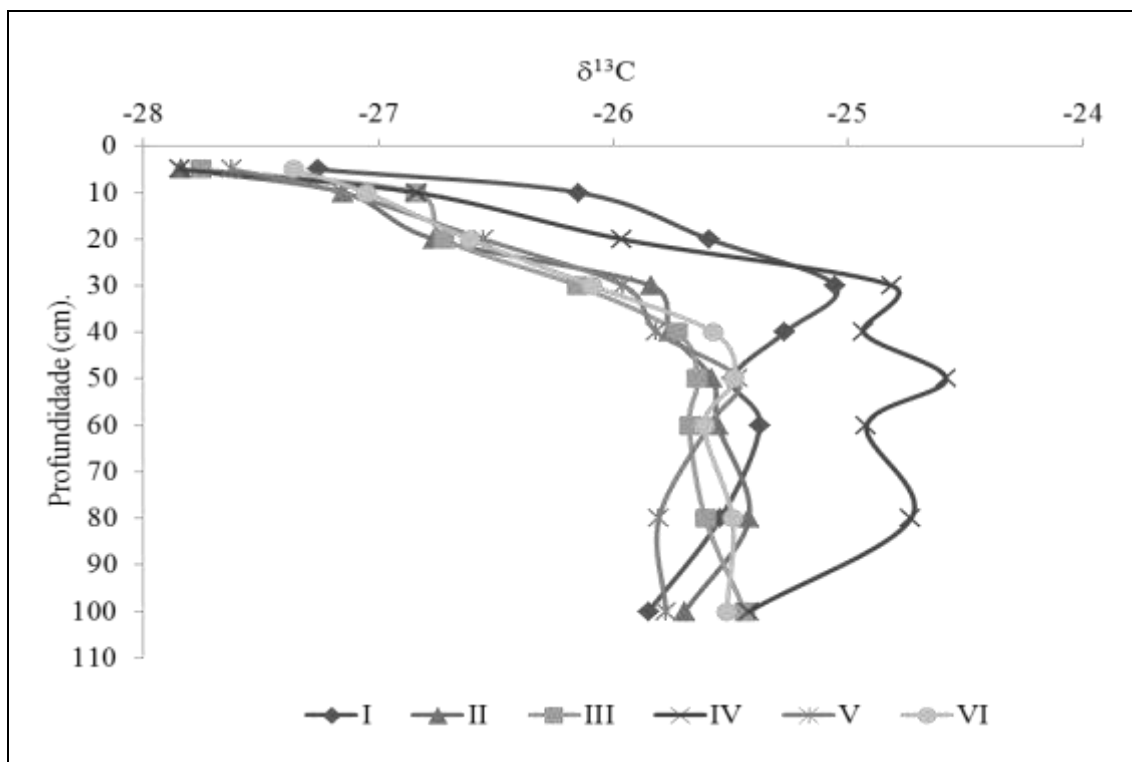


Figura 34. Abundância natural de ^{13}C nos diferentes MS e profundidades. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava.

3.6. Variabilidade espacial dos atributos físicos e químicos do solo nas pedoformas convexa e côncava

Na pedoforma convexa foi observado que a maioria dos atributos químicos do solo não apresentaram dependência espacial, esse fato pode ser considerado como indicador da influência do relevo na distribuição dos atributos dos solo. Assim, não foram elaborados os mapas de distribuição espacial para esses atributos, pois Segundo Oliveira et al. (2013) a premissa fundamental para construção do mapa de isolinhas é a presença de dependência espacial na distribuição dos dados.

3.6.1 Estatística descritiva e análise de dependência espacial dos atributos físicos e químicos do solo

Na tabela 34 encontram os valores médios e a estatística descritiva dos atributos físicos e químicos do solo nas diferentes pedoformas (convexa e côncava). O coeficiente de variação (CV) apresentou uma variação para os atributos físicas (7,20% a 25,87%) e para os atributos químicos (1,99 % a 112,20%), sendo assim, segundo a classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980), os atributos físicos apresentaram variação média e os atributos químicos variação alta.

Os maiores valores de CV dos atributos químicos foram observados para o alumínio e os menores valores para o carbono em ambas as pedoformas. Os atributos físicos e químicos que apresentaram maiores valores para o CV, podem ser considerados mais passíveis a sofrer alterações (Oliveira et al. 2013), sendo esse fato influenciado pelas condições topográficas que se encontram.

Para o quesito normalidade dos dados, alguns atributos físicos e químicos do solo não apresentaram distribuição normal, mas segundo Silva & Lima (2013) a normalidade dos dados não é uma exigência, principalmente com dados obtidos na natureza, o que procura é uma distribuição aproximada da curva normal. Alguns dos atributos do solo apresentaram a assimetria positiva, ou seja, estão concentrados à esquerda da curva, já para outros atributos assimetria negativa, estando concentrados à direita da curva.

Tabela 34. Estatística descritiva e análise de dependência espacial dos atributos físicos e químicos do solo nas pedoformas convexas e côncavas.

Superfície	Variável	Média	Variância	Desvio Padrão	CV (%)	Assimetria	Curtose	S-W (p-valor)
Atributos Físicos								
Convexa	Densidade (Mg m ⁻³)	1,08	0,01	0,10	9,19	0,47	-0,17	0,91
	Argila (%)	28,00	14,09	3,75	13,40	-0,15	0,16	0,01*
	Areia (%)	56,58	16,60	4,07	7,20	1,07	0,71	0,00*
	Silte (%)	15,42	15,91	3,99	25,87	0,06	-1,28	0,46
Côncava	Densidade (Mg m ⁻³)	1,08	0,01	0,10	9,69	0,19	0,28	0,34
	Argila (%)	26,16	26,78	5,18	19,79	-0,67	0,64	0,27
	Areia (%)	49,06	71,67	8,47	17,26	0,27	-0,08	0,24
	Silte (%)	21,91	16,35	4,04	18,46	-0,22	-0,95	0,25
Atributos Químicos								
Convexa	pH (H ₂ O)	4,66	0,53	0,73	15,63	0,69	-0,22	0,03*
	Cálcio (cmol _c kg ⁻¹)	3,01	3,43	1,85	61,57	0,86	0,12	0,01*
	Magnésio (cmol _c kg ⁻¹)	2,08	0,82	0,91	43,57	0,39	-1,00	0,03*
	Alumínio (cmol _c kg ⁻¹)	0,77	0,59	0,77	99,48	0,87	-0,58	0,01*
	Fósforo (Mg m ⁻³)	1,79	0,73	0,86	47,74	0,13	-0,05	0,99
	Potássio (cmol _c kg ⁻¹)	0,35	0,03	0,16	46,15	1,30	1,20	0,21
	Carbono (g kg ⁻¹)	1,23	0,00	0,02	1,99	0,03	-0,34	0,82
	Côncava	pH (H ₂ O)	4,93	0,53	0,73	14,78	0,61	-0,63
Cálcio (cmol _c kg ⁻¹)		3,29	3,60	1,90	57,75	0,90	0,46	0,03**
Magnésio (cmol _c kg ⁻¹)		2,26	0,78	0,88	39,19	0,13	-1,23	0,13
Alumínio (cmol _c kg ⁻¹)		0,54	0,37	0,61	112,20	1,24	0,33	0,00*
Fósforo (Mg m ⁻³)		1,90	0,78	0,88	46,54	0,20	0,03	0,92
Potássio (cmol _c kg ⁻¹)		0,42	0,03	0,18	42,20	0,87	-0,17	0,00*
Carbono (g kg ⁻¹)		1,23	0,00	0,03	2,19	0,38	-0,05	0,15

CV= Coeficiente de variação; S-W= Teste de Shapiro-Wilk, a 5%; *= Transformação dos dados com Log₁₀X; **= Transformação dos dados com BoxCox.

A análise geoestatística dos atributos físicos e químicos do solo (Tabela 35 e Figura 35), mostrou que alguns dos atributos do solo não apresentaram distribuição espacial, assim, não enquadraram em nenhum dos modelos de semivariograma, o que indica que esses dados apresentam distribuição aleatória (efeito pepita) nos ambientes convexo e côncavo.

Para os atributos que apresentaram distribuição espacial, os modelos que melhor ajustaram aos dados foram Gaussiano e Esférico (Tabela 35 e Figura 35), onde os valores dos alcances foram todos maiores que o espaçamento de coleta, sendo esse padrão um indicador de correlação entre os atributos do solo (Oliveira et al. 2013).

Observar-se (Tabela 35 e Figura 35), que os atributos do solo tiveram padrão de distribuição diferenciado em relação ao tipo de pedoforma (convexa e côncava) com a análise geoestatística, o que pode ser relacionada a influência do relevo na distribuição dos atributos na paisagem na região de Mar de Morros, devido o processo diferenciado de acúmulo e dispersão de água e sedimentos.

Tabela 35. Parâmetros dos semivariogramas ajustados dos atributos físicos (densidade do solo, argila, areia, silte) e químicos (pH, cálcio, magnésio, alumínio, fósforo, potássio, carbono) na profundidade (0-5 cm) nas pedoformas convexa e côncava.

Superfície	Variável	Modelo	C0	C1	a	R ²
Atributos Físicos						
Convexa	Densidade	Gaussiano	0,00	0,01	95,99	0,49
	Argila	Gaussiano	6,95	12,00	77,53	0,74
	Areia		Não apresentou distribuição espacial			
	Silte	Gaussiano	7,94	14,04	83,40	0,82
Côncava	Densidade		Não apresentou distribuição espacial			
	Argila		Não apresentou distribuição espacial			
	Areia		Não apresentou distribuição espacial			
	Silte	Gaussiano	8,09	13,90	80,25	0,67
Atributos Químicos						
Convexa	pH (H ₂ O)		Não apresentou distribuição espacial			
	Cálcio		Não apresentou distribuição espacial			
	Magnésio		Não apresentou distribuição espacial			
	Alumínio		Não apresentou distribuição espacial			
	Fósforo		Não apresentou distribuição espacial			
	Potássio		Não apresentou distribuição espacial			
	Carbono		Não apresentou distribuição espacial			
	Côncava	pH (H ₂ O)	Gaussiano	0,00	4224,20	50,50
Cálcio		Gaussiano	0,00	377,43	24,70	0,99
Magnésio		Gaussiano	0,00	319,65	46,98	0,60
Alumínio		Esférico	0,00	474,35	113,32	0,75
Fósforo		Esférico	791,22	193,99	70,08	0,40
Potássio		Gaussiano	198,92	978,83	25,58	0,81
Carbono			Não apresentou distribuição espacial			

C0: Efeito pepita; C1: Patamar; a: Alcance; R²: coeficiente de determinação.

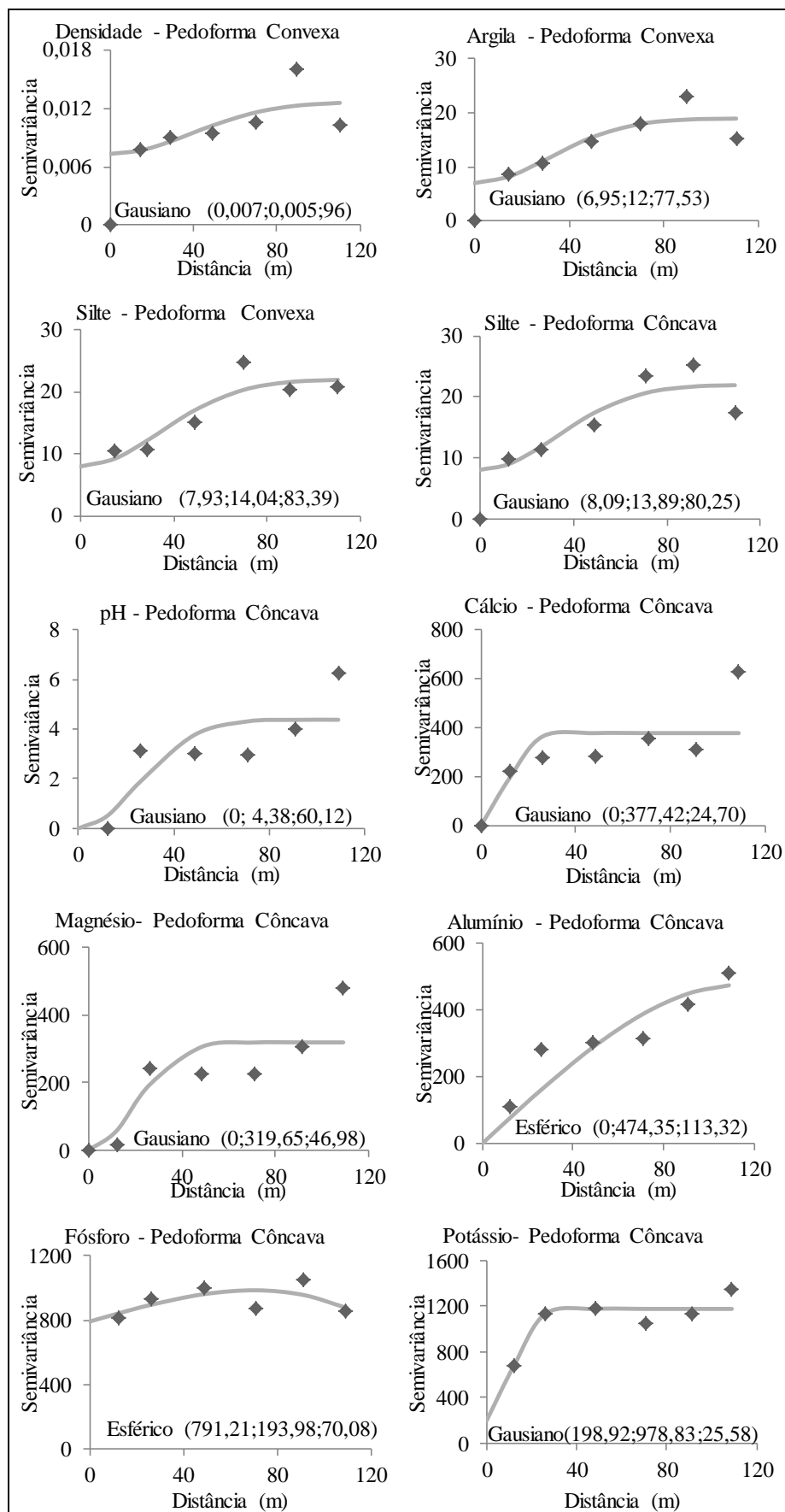


Figura 35. Semivariogramas dos atributos físicos e químicos do solo nas pedoformas convexa e côncava

A partir dos semivariogramas foram gerados os mapas de distribuição espacial dos atributos da pedoforma convexa (densidade do solo, argila e silte) e da pedoforma côncava (silte, pH, cálcio, magnésio, alumínio, fósforo, potássio) nas Figuras 36 e 37. Na figura 36 observa-se que a densidade do solo e o silte aumentou no sentido dos MS superiores para os inferiores em ambas as pedoformas, sendo oposto observado para a argila na pedoforma convexa.

A influência do relevo na distribuição espacial das frações granulométricas em Cambissolos, também foi observado nos estudos de Oliveira et al. (2013), onde os maiores teores de argila e silte foram na superfície côncava, esse resultado foi atribuídos pelos autores ao processo de acúmulo de água e sedimentos nesses ambientes.

Avaliando a variabilidade espacial do fósforo e das frações granulométrias de um Latossolo Vermelho Amarelo, Silva et al. (2010) observaram distribuição espacial para os atributos e correlações significativas do P com as frações areia e argila indicando que áreas com maiores teores de argila apresentaram uma correlação negativa com a disponibilidade desse nutriente.

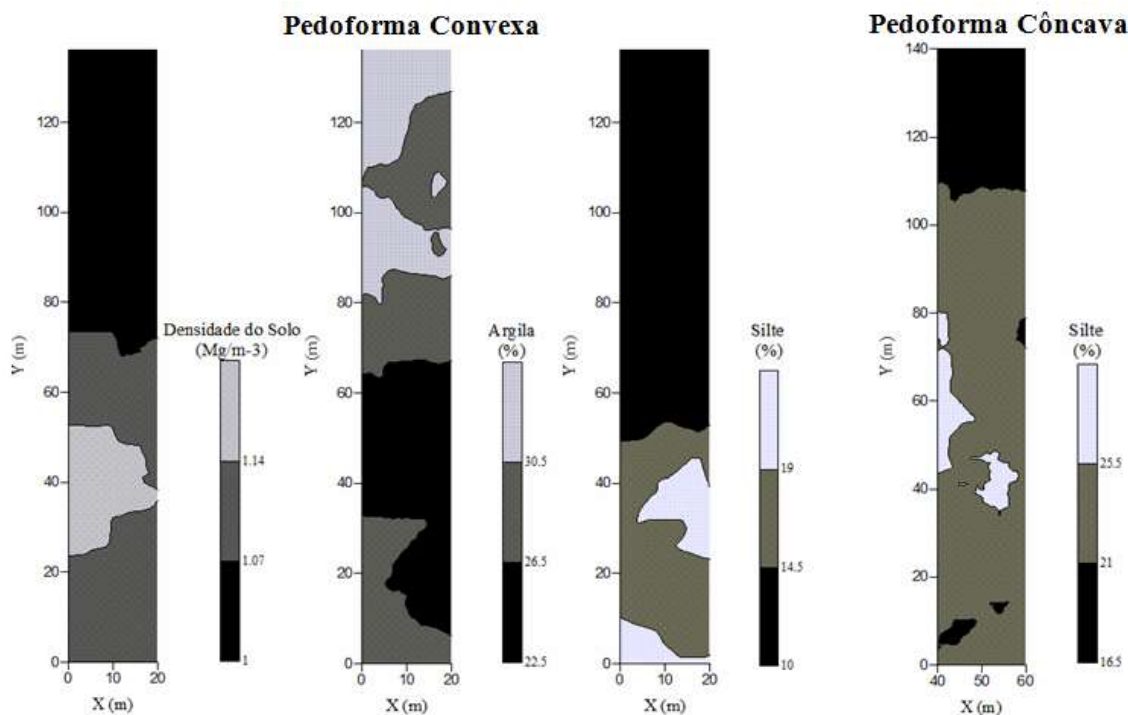


Figura 36. Distribuição dos atributos físicos do solo (densidade, argila, silte) nas pedoformas convexa e côncava na profundidade (0-5cm).

Na figura 37 observa-se que a distribuição espacial dos valores de pH, cálcio, magnésio, fósforo e potássio apresentou maiores valores no MS inferior da pedoforma côncava, o que está relacionado ao efeito da topografia na distribuição dos atributos, sendo os maiores teores diretamente relacionados as regiões côncavas de maior acúmulo de água e nutrientes da paisagem (Sanchez et al. 2009).

A influência da variação da declividade e do gradiente topográfico nos valores de pH, cálcio, magnésio e potássio, também foi observado por Souza et al. (2008) e Lima et al. (2010), estudando a variabilidade espacial desses atributos, onde os maiores valores foram nas áreas da paisagem com acúmulo de água e sedimentos.

Para o alumínio (Figura 37) apresentou um padrão de distribuição oposto aos demais atributos químicos, segundo Lima et al. (2010) esse resultado estar relacionado ao processo de neutralizado do alumínio com o aumento do pH, nas regiões côncava da paisagem.

A dependência espacial dos atributos do solo quando a tipo de pedofoma também foi observado nos estudos de Sanchez et al. (2009), onde na pedofoma côncava houve uma maior variabilidade espacial dos atributos do solo em relação a pedofoma convexa.

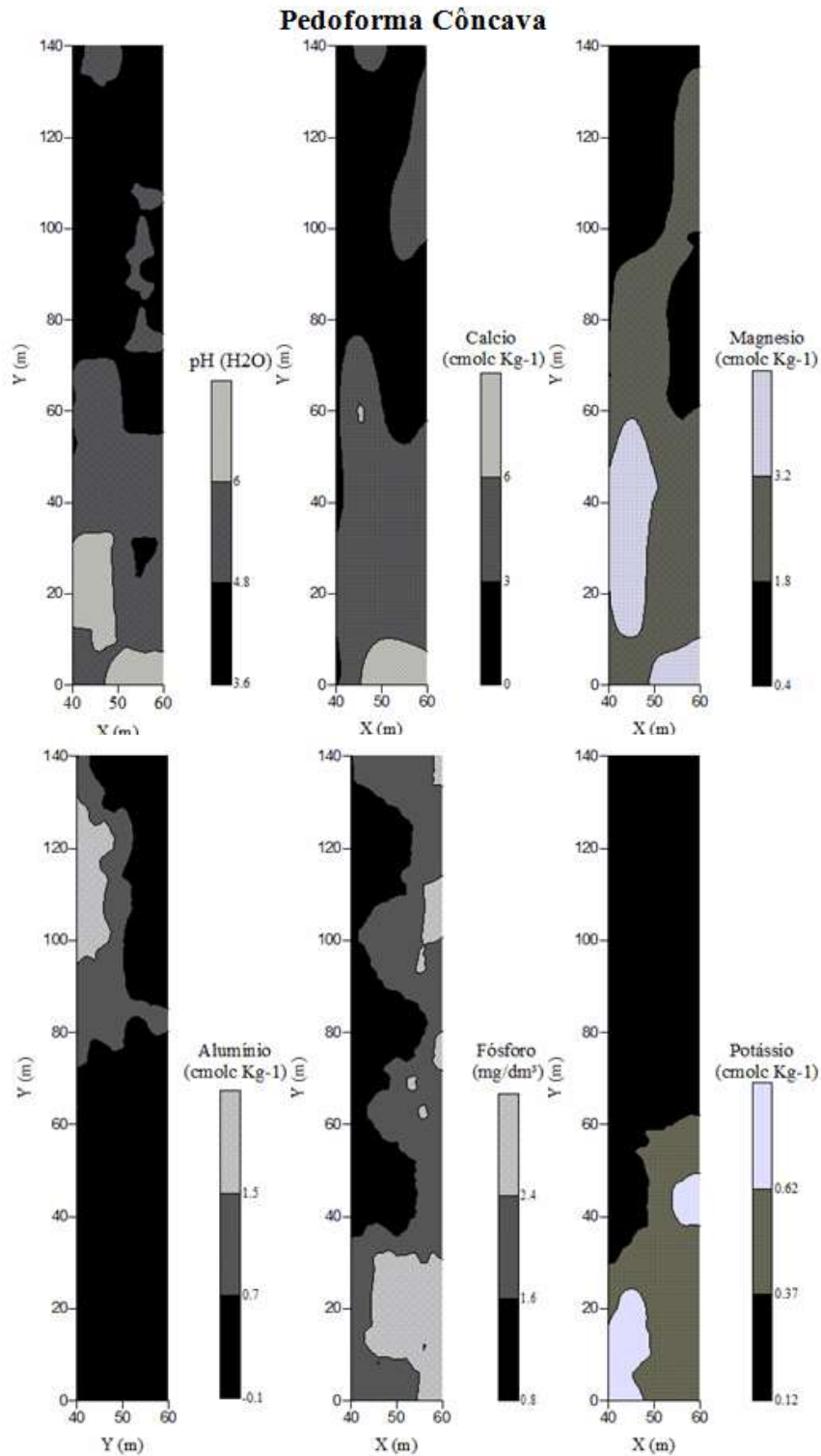


Figura 37. Distribuição dos atributos químicos do solo (pH, cálcio, magnésio, alumínio, fósforo, potássio) na pedofoma côncava na profundidade (0-5cm).

4 CONCLUSÕES

A distribuição dos atributos físicos e químicos do solo é afetada pelo tipo da pedoforma, sendo maiores os teores de nutrientes nos ambientes côncavos, onde o relevo é um dos condicionantes dessa variabilidade.

A variação do gradiente topográfico e da declividade e a profundidade do solo influenciaram na distribuição dos atributos físicos e químicos.

O elemento fósforo apresentou um padrão de distribuição diferenciado nas pedoformas em relação aos demais atributos químicos do solo. Na pedoforma convexa maiores teores de P e menores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} foram encontrados na região superior, assim como maiores teores de Al^{+3} e menores teores de H+Al e na pedoforma côncava maiores teores na região inferior.

Os teores de carbono foram maiores na pedoforma convexa e na região inferior da pedoforma côncava, resultante do processo da maior decomposição, acúmulo da serapilheira e incorporação no solo.

A variabilidade espacial dos atributos físicos e químicos do solo na paisagem é influenciada pelas condições topográficas, onde a maior variação dos atributos foi observada nos ambientes côncavos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALESDENT, J.; WAGNER, G. H.; MARIOTTI, A. Soil organic matter in long-term experiments as revealed by carbon⁻¹³ natural abundance. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 52, p. 118-124, 1988.
- BURAK, D. L.; PASSOS, R. R. Variabilidade espacial das frações texturas e da porosidade do solo em relevo ondulado sob cultivo de café conilon. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 7, n. 12, 2011.
- CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JUNIOR, V. S.; RIBEIRA FILHO, M. R.; OLIVEIRA, I. A. Interferência dos pedoambientes nos atributos do solo em uma topossequência da transição Campos/Floresta. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 527-535, Out./ Dez. 2010.
- DANIELS, R. B.; GAMBLE, E. F.; CADY, J. G. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 23, p. 51-87, 1971.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. EMBRAPA/SNLCS. Rio de Janeiro, 1997, 212 p.
- DINIZ, A. R. **Dinâmica de fragmentos florestais da Mata Atlântica na região do Médio Vale Paraíba do Sul, Rio de Janeiro**. 2011. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.
- FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C. A.; FADIGAS, F. S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolos do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 425-434, 2002.
- GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; VILLANI, E. M. A. Estoque de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1069-1079, 2010.
- LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; SILVA, S. S. Amostragem e variabilidade espacial de atributos químicos do solo em área de vegetação natural em regeneração. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 127-136, 2010.
- MACHADO, D. V. **Atributos indicadores da dinâmica sucessional em fragmento de Mata Atlântica na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, Rio de Janeiro**. 2011. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.
- MENEZES, C.E.G. **Integridade de paisagem, manejo e atributos do solo no Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral-RJ**. 2008. 172 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.
- MONTANARI, R.; MARQUES JÚNIOR.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de Latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, p. 69-77, Jan. 2005.
- MULLA, D. J.; MCBRATNEY, A. B. Soil Spatial Variability. In: SUMMER, M.E. **Handbook of Soil Science**. New York: CRC Press, p. 321-A351, 1999.
- OLIVEIRA, D. P.; FERREIRA, T. O.; ROMERO, R. E.; FARIAS, P. R. S.; COSTA, M. C. G. Microrrelevo e a distribuição de frações granulométricas em Cambissolos de origem calcária. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 4, p. 676-684, Out./ Dez. 2013.

- PARK, S. J.; BURT, T. P. Identification and characterization of pedogeomorphological processes on a hillslope. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 66, p. 1897–1910, 2002.
- RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia**: Base para distinção de ambientes. 2.ed. Viçosa: Núcleo de Estudo de Planejamento e Uso da Terra, 1997. 367 p.
- RICHTER, R. L.; AMADO, T. J. C.; FERREIRA, A. O.; ALBA, P. J.; HANSEL, F. D. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo sob plantio direto influenciados pelo relevo e profundidade de amostragem. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.7, n.13; 2011.
- SANCHEZ, R. B.; MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T.; MARTINS FILHO, M. V. Variabilidade espacial de atributos do solo e de fatores de erosão em diferentes pedoformas. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 1095-1103, 2009.
- SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H. Relevo e fertilidade do solo em diferentes estratos da cobertura vegetal na bacia hidrográfica da represa Vaca Brava, Areia-PB. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 277-285, 2010.
- SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; OLIVEIRA, R. B.; SILVA, A. F. Variabilidade espacial do fósforo e das frações granulométricas de um Latossolo Vermelho Amarelo. **Revista Ciência Agrônoma**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 1-8, Jan./ Mar. 2010.
- SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S. Relação espacial entre o estoque de nutrientes e a densidade de solo cultivado com cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 377-384, Out./ Dez. 2013.
- SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. B. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob Pastagem. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 589-596, 2008.
- SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Influência da pedoforma na variabilidade espacial de alguns atributos físicos e hídricos de um Latossolo sob o cultivo da cana-de-açúcar. **Irriga**, Piracicaba, v. 9, p.1-11, 2004.
- SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferente formas de relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 937-944, 2004.
- SOUZA, C. K.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M. V.; PEREIRA, G. T. Influência do relevo e erosão na variabilidade espacial de um Latossolo em Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 27, p. 1067-1074, 2003.
- TERAMOTO, E. R.; LEPSCH, I. F.; VIDAL-TORRADO, P. Relações solo, superfície geomórfica e substrato geológico na microbacia do ribeirão Marins (Piracicaba - SP). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, p. 361-371, 2001.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, G. R. (Eds.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 1, p. 1-54. 2000.
- WARRICK, A.W. & NIELSEN, D.R. **Spatial variability of soil physical attributes in the field**. In: HILLEL, D., ed. Applications of soil physics. New York, Academic Press, 1980. p.319-344.

CAPÍTULO IV

Distribuição de Espécies Vegetais nas Diferentes Pedoformas com Floresta Estacional Semidecidual

RESUMO

O gradiente florístico na paisagem é influenciado pela topografia, altitude e variação da declividade. As espécies vegetais são adaptadas às condições ambientais que se encontram e apresentam uma alta relação com os atributos físicos, químicos e as condições hídricas do solo. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição das espécies arbóreas e do banco de sementes nos diferentes MS das pedoformas convexa e côncava. Foram selecionadas duas pedoformas com cobertura do tipo floresta e essas segmentadas em mini sítios (MS), diferenciados quanto a variação do gradiente topográfico e da declividade. Nos MS, para a caracterização física do solo foram coletadas amostras indeformadas com o auxílio de um amostrador de Uhland, na profundidade de 0-5 cm e também amostras compostas para caracterização química. O levantamento florístico e fitossociológico arbóreo foi realizado pelo método de transecto. O banco de sementes foi coletado na profundidade de 3 cm do solo e condicionado em estufa nas condições de pleno sol e sombra (sombrite 70%) para análise de germinação no período de 90 dias e identificação das espécies vegetais presentes. O padrão de distribuição das espécies vegetais foi analisado em conjunto com os dados dos atributos físicos e químicos do solo, por meio da análise de correspondência canônica. A distribuição das espécies arbóreas e do banco de sementes é influenciada pelos atributos físicos e químicos do solo, os quais são determinados pelas condições topográficas (gradiente topográfico e declividade) da paisagem, sendo essas espécies vegetais com potencial diferenciado quanto ao uso no reflorestamento de ambientes antropizados.

Palavras-chave: Floresta Atlântica, fertilidade, relação solo planta.

ABSTRACT

The floristic gradient in the landscape is influenced by topography, altitude and slope variation. The plant species are adapted to the environmental conditions they are in and have a high relationship with the physical, chemical properties and soil water conditions. In this sense, the objective of this study was to evaluate the distribution of tree species and seed bank in different MS of convex and concave landforms. Two landforms with forest cover type and those targeted were selected on mini sites (MS), differentiated as the variation of the topographic gradient and slope. In MS, for the physical characterization of the soil undisturbed samples with the aid of a Uhland sampler at a depth of 0-5 cm and also composed for chemical characterization samples were collected. Floristic composition and phytosociological tree was performed by the transect method. The seed bank was collected at a depth of 3 cm above the soil conditioning in greenhouse conditions in full sun and shade (70% shade) for analysis of germination within 90 days and identification of plant species present. The distribution pattern of plant species was analyzed together with the data of the physical and chemical soil through canonical correspondence analysis. The distribution of tree species and seed bank is influenced by the physical and chemical attributes of the soil, which are determined by topographical conditions (topographic gradient and slope) of the landscape, and these plant species with differing potential for use as the reforestation of environments anthropogenic.

Key words: Atlantic Forest, fertility, soil plant relationship.

1 INTRODUÇÃO

As espécies vegetais são adaptadas às condições ambientais da paisagem que estão inseridas. Nesse sentido, podem ser exploradas como indicadoras das condições do solo. Alguns estudos evidenciaram uma alta correlação do gradiente florístico com as condições hídricas e os atributos físicos e químicos do solo, com influência da topografia e declividade na paisagem com cobertura florestal (Oliveira-Filho et al., 1989; Cardoso & Schiavini, 2002; Giehl et al., 2007; Marangon et al., 2013).

A topografia está relacionada com as mudanças das condições de umidade e fertilidade do solo (Rodrigues et al., 2007). O grau de umidade influencia diretamente nos atributos físicos e químicos do solo, pois está relacionado com os processos de ciclagem de nutrientes e de formação dos solos na paisagem (Oliveira-Filho et al., 1994). Para Gandolfi (2000), a distribuição das espécies vegetais na paisagem é resultante das características topográficas do ambiente que influenciam no gradiente de umidade e nos atributos físicos e químicos do solo.

A relação da distribuição de espécies vegetais com a topografia tem demonstrado que algumas das espécies são influenciadas positiva ou negativamente pelas variações de umidade do solo, luminosidade e distribuição de nutrientes. As espécies adaptadas predominam e as demais desaparecem, pois as condições do meio não são apropriadas ao estabelecimento e sobrevivência dos indivíduos (Martins et al., 2003; Cardoso & Schiavini, 2002; Giehl et al., 2007).

Entender a relação da distribuição das espécies vegetais com as variações topográficas da paisagem que estão inseridas é fundamental para o planejamento e escolha de espécies utilizadas no florestamento e reflorestamento de ambientes antropizados, permitindo assim uma maior eficiência do programa de plantio. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo avaliar a distribuição de espécies arbóreas e do banco de sementes nos diferentes MS de pedoformas convexa e côncava na sub-bacia do ribeirão Cachimbal, Pinheiral, Rio de Janeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Análise dos atributos físicos e químicos do solo

As coletas e as análises dos atributos físicos e químicos do solo estão descritos nos itens 2.1 e 2.2 do capítulo III.

Foram considerados para análise de correspondência canônica (ACC), os atributos físicos umidade gravimétrica (Ug), os teores de argila (Arg), de areia (Ar) e de silte (S); a densidade do solo (Ds) e a porosidade. Já entre os atributos químicos foram considerados a acidez (pH), o teor de alumínio trocável (Al^{+3}), de fósforo disponível (P) e a capacidade de troca catiônica (CTC). Os atributos físicos e químicos foram selecionados quanto ao grau de correlação ou redundância com as outras variáveis analisadas no Capítulo III.

2.2 Análise das espécies arbóreas

O levantamento florístico e fitossociológico realizado para conhecer as espécies arbóreas está descrito nos itens 2.2 e 2.7 do capítulo II.

Das espécies arbóreas presentes foram selecionadas as dez espécies de maior valor de índice de valor de importância (IVI), sendo para essas espécies, calculada a abundância das mesmas nos respectivos MS.

2.3 Espécies do banco de sementes

O levantamento florístico e fitossociológico realizado para conhecer as espécies vegetais presentes no banco de sementes está descrito nos itens 2.6 e 2.7 do capítulo II.

Das espécies vegetais presentes foram selecionadas as dez espécies de maior índice de valor de importância no banco de sementes (IVIB), sendo para essas espécies, calculada a abundância das mesmas nos respectivos MS.

2.4 Ordenação dos atributos físicos e químicos do solo e das espécies vegetais

Os dados das espécies vegetais foram analisados em conjunto com os dados dos atributos físicos e químicos do solo, através de análise de correspondência canônica (ACC) (Ter Braak, 1986). A ACC permite uma análise da distribuição das espécies vegetais em relação aos atributos físicos e químicos do solo nos MS (Ter Braak, 1986). Como o padrão de distribuição das espécies foi o mesmo em ambas as profundidades, os resultados e discussão foram apresentados somente para a camada do solo (0-5 cm).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ordenação dos atributos físicos e químicos do solo e as espécies vegetais

3.1.1 Espécies arbóreas

De maneira geral, verifica-se que a distribuição das espécies arbóreas nas pedoformas convexa e côncava (Tabela 36) é influenciada pelos atributos físicos e químicos do solo, estando também relacionada com a variação do gradiente topográfico e da declividade (Figuras 38 e 39). O efeito da variação dos atributos do solo no gradiente topográfico e na distribuição das espécies arbóreas também foi observado por Martins et al. (2003), estudando a distribuição das espécies arbóreas no gradiente topográfico em uma Floresta Estacional Semidecidual, principalmente entre as condições de topo e baixada.

Tabela 36. Espécies arbóreas de maior índice de valor de importância (IVI) nas pedoformas convexa e côncava.

Espécies	Abreviação	IVI
<i>Pseudopiptadenia contorta</i> (DC.) Lewis & Lima.	Pse con	23,29
<i>Guarea kunthiana</i> Juss.	Gua kun	18,82
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão.	Hye alc	18,69
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) Macbr.	Apu lei	18,27
<i>Senefeldera multiflora</i> Mart.	Sem mul	12,19
<i>Eugenia</i> sp.1	Eug sp	9,71
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) Macbr.	Pip gon	9,47
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Mat gui	9,46
<i>Bauhinia forficata</i> L.	Bau for	9,01
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg.	Cam xan	8,99

Na figura 38 é apresentada a dispersão dos autovalores dos atributos físicos do solo e das espécies arbóreas utilizadas na ACC em relação aos dois primeiros eixos na profundidade de 0-5 cm. Na ordenação das espécies em relação aos atributos físicos, observou-se que as espécies *Senefeldera multiflora* Mart. e *Hyeronima alchorneoides* Allemão. estão associadas a MS com maiores teores de argila; as espécies *Eugenia* sp.1, *Guarea kunthiana* Juss. e *Campomanesia xanthocarpa* Berg., aos MS com maiores valores de umidade gravimétrica e teores de silte; as espécies *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr., *Bauhinia forficata* L. e *Matayba guianensis* Aubl., associadas a ambientes com maior densidade do solo e porosidade total e as espécies *Pseudopiptadenia contorta* (DC.) Lewis & Lima e *Apuleia leiocarpa* (Vogel) Macbr., aos ambientes com maiores teores de areia.

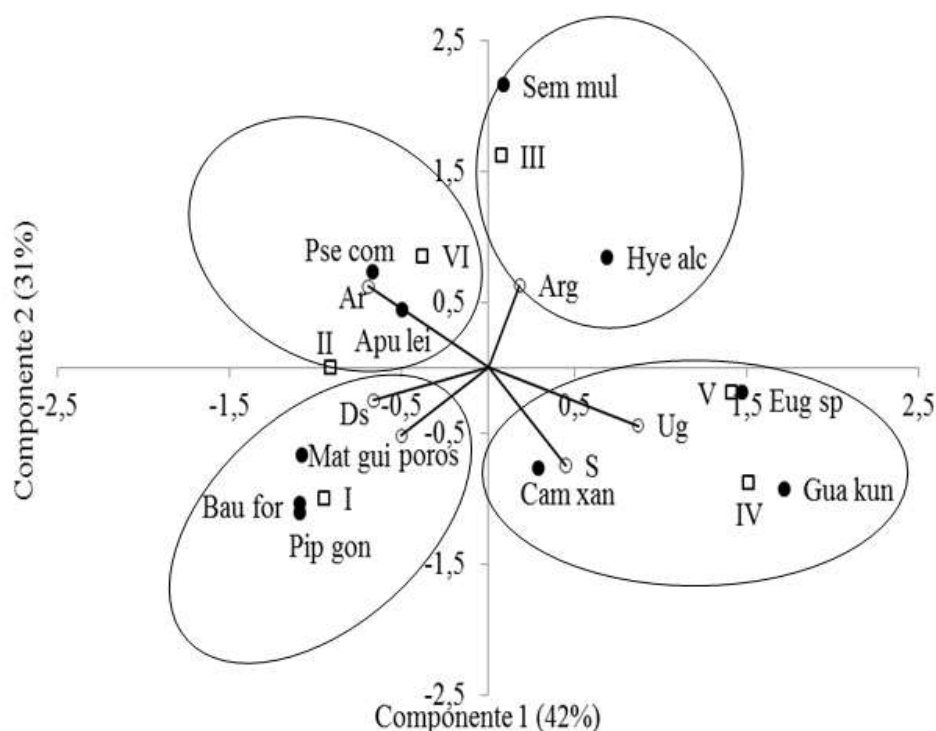


Figura 38. Gráfico dos dois primeiros eixos de ordenação da Análise de Correspondência Canônica das espécies arbóreas (Tabela 36) e variáveis físicas do solo: umidade gravimétrica (Ug), argila (Arg), areia (Ar), silte (S), densidade do solo (Ds) e poros. Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedofoma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedofoma côncava. Profundidade 0-5 cm.

Na Figura 39 é apresentada a dispersão dos autovalores dos atributos químicos do solo e das espécies arbóreas utilizadas na ACC em relação os dois primeiros eixos na profundidade de 0-5 cm. Na ordenação das espécies em relação aos atributos do solo, observou-se que as espécies *Eugenia* sp.1, *Guarea kunthiana* Juss. e *Campomanesia xanthocarpa* Berg. estão associadas ao MS com maior valor de acidez (pH); as espécies *Senefeldera multiflora* Mart., *Pseudopiptadenia contorta* (DC.) Lewis & Lima. e *Apuleia leiocarpa* (Vogel) Macbr, aos ambientes com maiores teores de alumínio (Al^{+3}); as espécies *Matayba guianensis* Aubl., *Bauhinia forficata* L. e *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr., aos MS com maior capacidade de troca catiônicas e a espécie *Hyeronima alchorneoides* Allemão., aos MS com maior teores de fósforo (P).

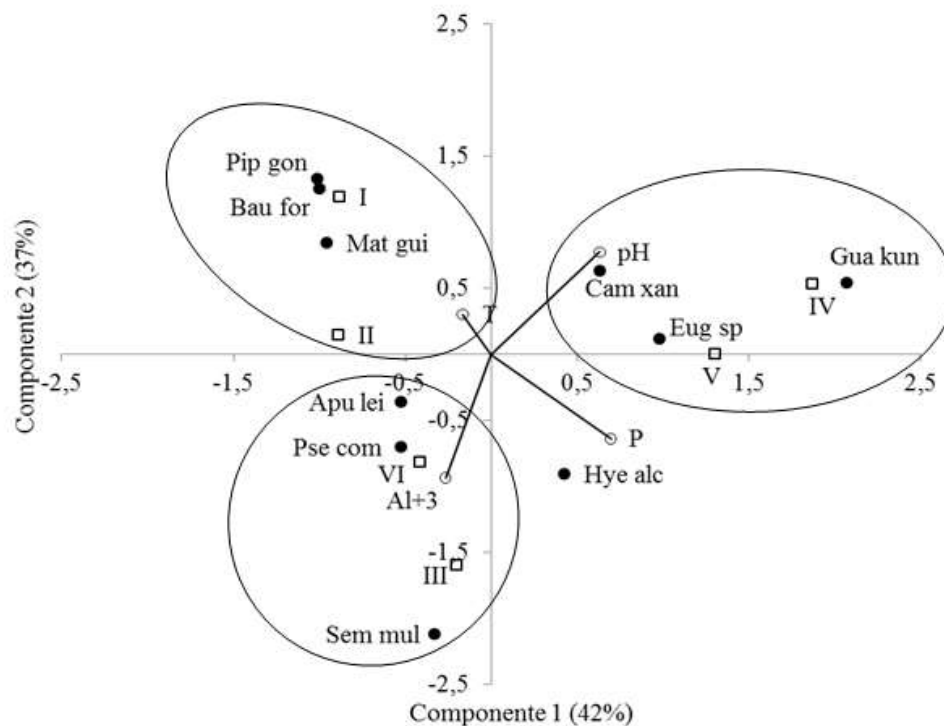


Figura 39. Gráfico dos dois primeiros eixos de ordenação da Análise de Correspondência Canônica das espécies arbóreas (Tabela 36) e variáveis químicas do solo: acidez (pH), alumínio (Al^{+3}), fósforo (P), capacidade de troca catônica (T). Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava.. Profundidade 0-5 cm.

Com base no padrão de distribuição das espécies arbóreas observado nas Figuras 38 e 39, pode-se inferir que as espécies *Senefeldera multiflora* Mart., *Pseudopiptadenia contorta* (DC.) Lewis & Lima. e *Apuleia leiocarpa* (Vogel) Macbr. apresentam tolerância a ambientes secos (MS superiores das pedoformas), com baixa disponibilidade de nutrientes e solos mais ácidos. Essas espécies apresentam potencial para o uso nos processos de recuperação florestal de áreas com elevado grau de degradação e maior acidez do solo.

Por outro lado, as espécies *Eugenia* sp.1, *Guarea kunthiana* Juss. e *Campomanesia xanthocarpa* Berg. são mais adaptadas aos ambientes úmidos (MS inferior da pedoforma côncava), com alta disponibilidade de nutrientes e acidez baixa. Essas espécies são mais exigentes quanto às condições de fertilidade do solo, mas apresentam potencial para uso na recuperação florestal de ambientes com baixo grau de degradação e localizados em condições de relevo favoráveis ao processo de acúmulo de água e nutrientes.

As espécies *Matayba guianensis* Aubl., *Bauhinia forficata* L. e *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr. apresentaram uma maior associação com ambientes secos (MS inferior da pedoforma convexa), mas com alta disponibilidade de nutrientes e acidez moderada. Essas são espécies com potencial para o uso na recuperação florestal de ambientes com grau moderado de antropização. Já a espécie *Hyeronima alchorneoides* Allemão. apresentou um padrão de distribuição generalista quanto ao potencial de recuperação de ambientes antropizados.

Avaliando a relação entre a vegetação e as diferentes pedoformas na Floresta Estacional Semidecidual, Marangon et al. (2013) observaram que o número de espécies e a

sua diversidade correlacionaram-se com os atributos químicos do solo nas diferentes pedoformas. A maior diversidade de espécies foi observada nos ambientes com menor fertilidade, por outro lado, observou uma menor diversidade nos ambientes com maior fertilidade natural, o que foi relacionado à melhor ciclagem de nutrientes nos ambientes com baixa fertilidade do solo.

Segundo Rodrigues et al. (2007), cada espécie arbórea possui um intervalo de tolerância às condições ambientais, existindo um ponto ótimo a partir do qual a abundância da espécie diminui em direção aos extremos, podendo ser um recurso (luz, nutrientes) ou condições de habitat (pH, altitude, topografia).

Esse padrão, de formação dos grupos das espécies arbóreas nas condições heterogêneas do ambiente, corrobora com as observações de Souza et al. (2003), que verificaram a formação de dois grupos das espécies arbóreas, um no ambiente de baixa encosta com solos mais úmidos e maiores teores de nutrientes e outro na parte alta da encosta, com solos mais secos e com menores teores de nutrientes.

3.1.2 Espécies vegetais presentes no banco de sementes

De maneira geral a distribuição das espécies vegetais do banco de sementes nas pedoformas convexa e côncava (Tabela 37), foi influenciada pelos atributos físicos e químicos do solo na paisagem com a variação do gradiente topográfico e da declividade (Figuras 40 e 41).

Avaliando a influência de variáveis ambientais na distribuição das espécies arbóreas e arbustivas na Floresta Estacional Semidecidual, Pinto et al. (2008) observaram a formação de grupos de espécies relacionadas aos atributos físicos e químicos do solo e aos teores de umidade. O grupo com as condições edáficas mais seletivas, tais como elevada acidez, baixos valores de umidade e baixa fertilidade natural, bem como maior luminosidade, teve suas espécies indicadas pelos autores, como potenciais para uso em projetos de recuperação de áreas antropizadas.

Tabela 37. Espécies vegetais presentes no banco de sementes com maior índice de valor de importância do banco de sementes (IVIB) nas pedoformas convexa e côncava.

Espécies	Abreviação	IVB
<i>Clidemia hirta</i> (L.) D.Don	Cli hir	29,19
<i>Cecropia pachystachya</i> Trecul	Cec pac	28,83
<i>Miconia calvescens</i> DC.	Mic cal	14,94
<i>Erechtites valerianifolius</i> (Wolf) DC.	Ere val	9,96
<i>Tibouchina</i> sp.	Tib sp	8,38
<i>Hypoxis decumbens</i> L.	Hyp dec	6,82
<i>Chromolaena maximiliani</i> (Schrad. ex DC.) R.M.King & H.Rob.	Chr max	5,37
Araceae sp.	Ara sp	4,97
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Tre mic	4,51
Sabicea sp.	Sab sp	4,16

Na Figura 40 é apresentada a dispersão dos autovalores dos atributos físicos do solo e das espécies vegetais presentes no banco de sementes utilizadas na ACC em relação aos dois primeiros eixos na profundidade de 0-5 cm. Na ordenação das espécies em relação aos atributos físicos do solo observou-se que as espécies *Tibouchina* sp., *Chromolaena*

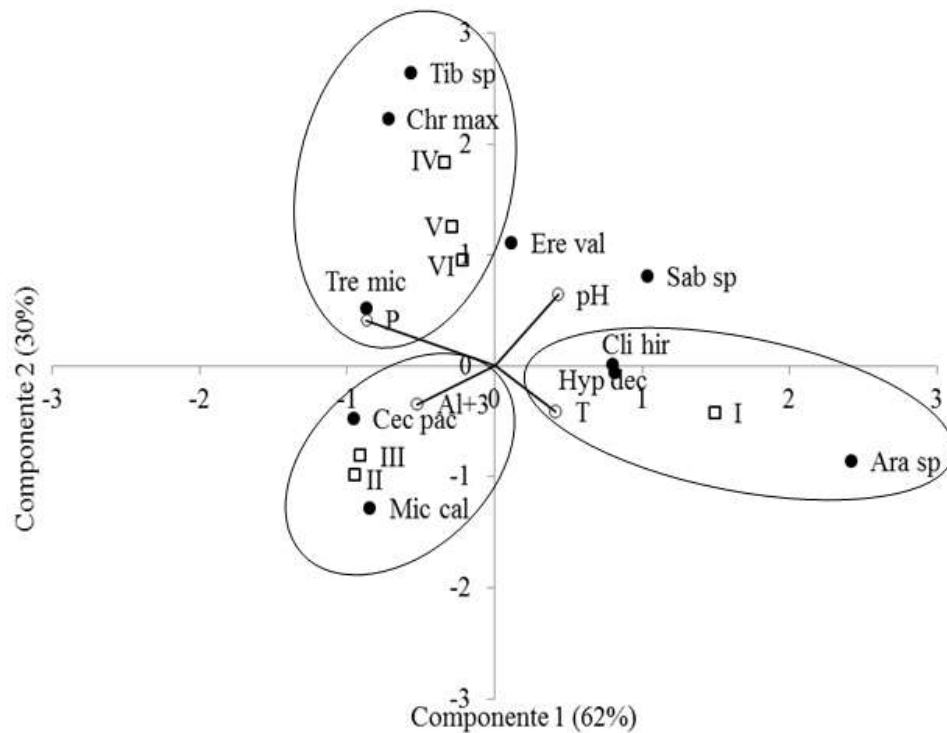


Figura 41. Gráfico dos dois primeiros eixos de ordenação da Análise de Correspondência Canônica das espécies vegetais (Tabela 36) e variáveis químicas do solo: acidez (pH), alumínio (Al³⁺), fósforo (P), capacidade de troca catônica (T). Legenda: I, II e III - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma convexa; IV, V e VI - MS com variação do gradiente topográfico e da declividade na pedoforma côncava. Profundidade 0-5 cm.

Com base no padrão de distribuição das espécies vegetais no banco de sementes observado nas Figuras 40 e 41, pode-se inferir que as espécies *Miconia calvescens* DC. e *Cecropia pachystachya* Trecul. são preferenciais de ambientes secos (MS superior da pedoforma convexa) com baixa disponibilidade de nutrientes e acidez alta, sendo assim, espécies potenciais para recuperação de áreas antropizadas. Por outro lado, as espécies *Tibouchina* sp. e *Chromolaena maximiliani* (Schrad. ex DC.) R.M.King & H.Rob. são preferencias para utilização nos ambientes úmidos (pedoforma côncava) e com alta disponibilidade de nutrientes e acidez baixa, mesmo apresentando maior exigência nutricional as espécies são potenciais para uso em recuperação de ambientes antropizados com condições de relevo onde ocorre acumulação de água e nutrientes.

A espécie *Araceae* sp. é preferencial de ambiente seco (MS inferior da pedoforma convexa) com alta capacidade de troca catiônica, já as espécies *Clidemia hirta* (L.) D.Don., *Erechtites valerianifolius* (Wolf) DC., *Hypoxis decumbens* L., *Trema micrantha* (L.) Blume. e *Sabicea* sp. não apresentaram preferência entre as diferentes pedoformas ou MS, o que indica que são espécies generalistas, as quais podem ser utilizadas na recuperação de áreas antropizadas localizadas nas diferentes condições de relevo.

Avaliando os atributos químicos do solo e a regeneração das espécies espontâneas no banco de sementes sob diferentes sistemas de cultivo, Ferreira et al. (2007) observaram que o teor de cálcio e valores de pH na camada superficial do solo (0-5 cm) foram os atributos químicos mais associados com a regeneração e desenvolvimento das espécies do banco de sementes.

4 CONCLUSÕES

A distribuição das espécies arbóreas e das espécies presentes no banco de sementes se relaciona com os atributos físicos e químicos do solo, os quais são determinados pelas condições topográficas (gradiente topográfico e declividade) na paisagem.

As condições de umidade e fertilidade do solo são determinantes na distribuição das espécies vegetais na região de Mar de Morros.

Para os ambientes secos com alta fertilidade as espécies *Matayba guianensis* Aubl., *Bauhinia forficata* L., *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr., *Clidemia hirta* (L.) D.Don., *Erechtites valerianifolius* (Wolf) DC., *Hypoxis decumbens* L. e *Sabicea* sp.;

Para os ambientes úmidos com alta fertilidade as espécies *Eugenia* sp., *Guarea kunthiana* Juss., *Tibouchina* sp. e *Chromolaena maximiliani* (Schrad. ex DC.) R.M.King & H.Rob.

Para os ambientes secos com baixa fertilidade as espécies *Senefeldera multiflora* Mart., *Miconia calvescens* DC. e *Cecropia pachystachya* Trecul.

Para os ambientes úmidos com baixa fertilidade as espécies *Pseudopiptadenia contorta* (DC.) Lewis & Lima e *Apuleia leiocarpa* (Vogel) Macbr, e *Trema micrantha* (L.) Blume.

Para os ambientes diversos as espécies *Campomanesia xanthocarpa* Berg, *Hyeronima alchorneoides* Allemão, *Clidemia hirta* (L.) D.Don., *Erechtites valerianifolius* (Wolf) DC., *Hypoxis decumbens* L. e *Sabicea* sp.

5 CONCLUSÕES GERAIS

O processo de regeneração natural na bacia hidrográfica do ribeirão Cachimbal acontece de forma diferenciada, sendo as condições topográficas ambientais um componente forte desse processo. Há maior expansão dos fragmentos florestais nos ambientes com maior oferta de atributos ambientais favoráveis à resiliência. O conjunto de atributos observados nesse estudo indica que esse ambiente é o da pedoforma côncava.

As espécies arbóreas e as presentes no banco de sementes apresentaram sua distribuição influenciada pelo tipo da pedoforma, pelo gradiente topográfico e pela declividade, fatores esses responsáveis pela formação de diferentes mini sítios na paisagem.

O processo de regeneração natural ocorre inicialmente nos mini sítios das pedoformas côncavas, pois essas apresentam melhores condições ambientais para fixação das espécies vegetais.

O padrão de distribuição dos atributos físicos e químicos do solo é influenciado pelo gradiente topográfico, variação da declividade e profundidade do solo, sendo os maiores teores de nutrientes observados nos ambientes côncavos.

A distribuição das espécies arbóreas e do banco de sementes apresentou relação com a variação das condições ambientais das pedoformas, sendo verificadas espécies adaptadas às condições ambientais dos mini sítios das pedoformas convexa e côncava.

Perante o observado nesse estudo, é importante a consideração do tipo da pedoforma nos projetos de recomposição florestal, sendo aconselhável iniciar-se o reflorestamento nos ambientes côncavos, por esses apresentarem melhores condições ambientais para a fixação das espécies vegetais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como proposta avaliar o efeito da pedoforma no processo de sucessão secundária na Floresta Atlântica. Os atributos ambientais avaliados neste estudo foram bons indicadores do efeito da pedoforma no processo de sucessão secundária na Floresta Atlântica. A pedoforma côncava apresentou condições ambientais mais favoráveis ao processo de sucessão ecológica, assim a regeneração natural inicia-se primeiro nesses ambientes.

Os processos de reflorestamentos de ambientes antropizados necessitam de uma demanda alta de recursos financeiros e de mão de obra, o que se agrava mais ainda em ambientes com relevo acidentado. Nesse sentido, uma das propostas seria que o processo de reflorestamento iniciasse pelos ambientes côncavos, devido a maior oferta de atributos ambientais nessas pedoformas que favorecem o estabelecimento das espécies vegetais.

Para complementar os estudos desenvolvidos nessa linha de pesquisa são necessários estudos mais detalhados sobre as espécies arbóreas e do banco de sementes para melhor entendimento do papel de cada uma no processo de sucessão ecológica na regeneração natural dos ambientes antropizados na região do Médio Vale Paraíba do Sul.

A maior parte da área original da Floresta Atlântica se encontra atualmente em estágio avançado de degradação da vegetação e do solo, gerando diversos passivos ambientais, conforme pode ser observado no Município de Pinheiral-RJ, assim entender a distribuição das espécies vegetais em relação as condições ambientais são iniciativas de relevante importância para que se possa recuperar os ambientes antropizados melhorando as condições socioambientais das comunidades inseridas nesses ambientes.

Para isso, é necessário o envolvimento da comunidade, das instituições de ensino, dos órgãos de pesquisa e do poder público para o incentivo de boas práticas de recuperação e conservação dos recursos naturais, tendo como atrativos o pagamento pelos serviços ambientais prestados.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARDOSO, E.; SCHIAVINI, I. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 227-289, Set. 2002.
- FERREIRA, O. G. L.; SIEWERDT, L.; MEDEIROS, R. B.; LEVIEN, R.; FAVRETOS, R.; PEDROSO, C. E. S. Atributos químicos do solo e regeneração de espécies espontâneas originárias do banco de sementes em campo nativo sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 1, p. 81-89, Jan./ Mar. 2007.
- GANDOLFI, S. **História natural de uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Campinas (São Paulo, Brasil)**. 2000. 520 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- GIEHL, E. L. H.; BUDKE, J. C.; ATHAYDE, E. A. Distribuição espacial de espécies arbóreas em uma Floresta Estacional em Santa Maria, Sul do Brasil. **Pesquisas Botânica**, São Leopoldo, n. 58, p. 215-226, 2007.
- MARANGON, L. C.; SOARES, J. J.; FELICIANO, A. L. P.; LANI, J. L.; MATO, L. V. Relação entre vegetação e pedoformas na Mata do Paraíso, município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 441-450, 2013.
- MARTINS, S. V.; SILVA, N. R. S.; SOUZA, A. L.; MEIRA NETO, J. A. A. Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 172-181, Dez. 2003.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; GAVILANES, M. L.; CARVALHO, D. A. Comparison of woody flora and soils of six areas of Montane Semideciduous Forest in Southern Minas Gerais, Brazil. **Edinburg Journal Botany**, Edinburg, v. 51, n.1, p. 355-389, 1994.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SHEPHERD, G. J.; MARTINS, F. R.; STUBBLEBINE, W. R. Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of Cerrado in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v. 5, p. 413-531, 1989.
- PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T.; KUNZ, S. H. Influence of environmental variables on the shrub and tree species distribution in two Semideciduous Forest sites in Viçosa, Minas Gerais, Brazil. **Revista de Biologia Tropical** (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744), Costa Rica, v. 56, n. 3, p. 1557-1569, Sep. 2008.
- RODRIGUES, L. A.; CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CURI, N. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 25-35, 2007.
- SOUZA, J. S.; ESPÍRITO-SANTO, F. D. B.; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BOTEZELLI, L. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de Floresta Semidecidual às margens do rio Capivari, Lavras-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 185-206, 2003.
- TER BRAAK, C. J. F. Canonical Correspondence Analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology**, New York, v. 67, n. 5, p. 1167-1179, 1986.