

A UTILIZAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO NA ANÁLISE FUNCIONAL ECOSISTÊMICA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS: ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO BONFIM, REGIÃO SERRANA DO RIO DE JANEIRO

Fernando Amaro Pessoa

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
fap_rj@hotmail.com

Fernando Vieira Cesário

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Evaristo de Castro Junior

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

EIXO TEMÁTICO: GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS, BACIAS HIDROGRÁFICAS, PLANEJAMENTO AMBIENTAL E TERRITORIAL.

Resumo

Sistemas naturais, inseridos nas paisagens, identificam a unidade de avaliação da biodiversidade ao nível de ecossistema, que é uma unidade complexa na qual sistemas de forte componente biológico – ecossistemas – interagem com sistemas de natureza antrópica, resultado de fatores sócio-econômicos, culturais e políticos. No bioma da Mata Atlântica, muito fragmentado e com alta diversidade de ecossistemas, a preservação do *status* da diversidade biológica depende da recuperação, conservação e uso sustentável do mosaico de fragmentos existentes. Diante desta realidade, é importante que se problematize a acurácia de indicadores de síntese sobre o estado funcional de fragmentos florestais. Nesse contexto, o presente trabalho foi desenvolvido em fragmentos florestais remanescentes da Mata Atlântica, na Bacia Hidrográfica do Bonfim, Petrópolis – RJ, utilizando-se de características químicas do solo como indicadores funcionais do subsistema de decomposição para a análise do funcionamento ecossistêmico destes. Para a execução da pesquisa, foram escolhidos 2 fragmentos (Bonfim e Mata Porcos) em contextos geográficos e geomorfológicos semelhantes – área de expansão urbana e baixo curso da bacia. Em cada fragmento foi delimitado um transecto de 120/130 metros, sempre com uma distância de 20 metros da borda, onde foram coletadas amostras em intervalos de 10 metros. Em cada intervalo foram coletadas amostras do horizonte Ai (varia de -2 a -3 cm de espessura), e A (varia de -3 a -13 cm de espessura), no período de verão do ano de 2009. Tais amostras foram submetidas a análises químicas (dados sobre a fertilidade do solo) em laboratório. Como metodologia para tratamento das amostras e obtenção dos dados das variáveis adotou-se o manual da EMBRAPA (1997). As comparações inter e intra-fragmentos foram realizadas estatisticamente, com comparações múltiplas das variâncias populacionais, a partir de testes paramétricos e não-paramétricos, em função da possibilidade de normalização dos dados. Os resultados obtidos sugerem uma descontinuidade entre os horizontes Ai e A em relação aos indicadores de fertilidade do solo, além de diferenças entre os fragmentos estudados, evidenciando a importância de tais indicadores na realização de estudos sobre biodiversidade ao nível do ecossistema, em que a abordagem sistêmica torna-se cada vez mais relevante.

Palavras-chave: Mata Atlântica, Fragmentação Florestal, Indicadores Funcionais Globais, Bacias Hidrográficas.

Abstract

Natural systems, inserted in the landscape, identify the evaluation unit of biodiversity ecosystem, which is a complex unit in which strong biological component systems – ecosystems – interact with nature anthropogenic systems, result of socio-economic factors, cultural and political. In the Atlantic Forest biome, very fragmented and highly diverse ecosystems, preservation of the status of biological diversity depends on the recovery, conservation and sustainable use of the existing fragments mosaic. Given this reality, it is important to remarks the accuracy of summary indicators of the functional status of forest fragments. In this context, the present study was conducted in forest fragments remaining of Atlantic Forest in the Bonfim watershed, Petrópolis – RJ, using the soil chemical characteristics as functional indicators of the subsystem decomposition to the analysis of the function ecosystem. To conduct the research, two fragments were chosen (Bonfim e Mata Porcos) with similar geomorphological and geographical contexts – urban expansion area and lower course of the watershed. In each fragment was delimited a transect of 120 - 130 m, with 20 m of distance of the border, where were sampling at intervals of 10 m. At each interval were collected samples from the Ai horizon (ranging from 2 to 3 cm thick) and A₁ (ranging from 3 to 13 cm thick) in the summer of 2009. These samples were subjected to chemical analysis (soil fertility data) in laboratory. The methodology for treatment of samples and data collection of variables adopted the manual of EMBRAPA (1997). The comparisons inter and intra-fragments were statistically performed with multiple comparisons of population variances from parametric and nonparametric, in function of data normalization. The results suggest a discontinuity between Ai and A horizons in relation to indicators of soil fertility, and differences between the studied fragments, indicating the importance of such indicators in studies of biodiversity at the ecosystem level, where the approach systemic becomes increasingly relevant.

Keywords: Atlantic Forest, Forest Fragmentation, Global Functional Indicators, Watershed.

Justificativa e Problemática

As bases lançadas pela Convenção sobre Diversidade Biológica, durante a Rio 92, forneceram um marco conceitual para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à conservação, utilização sustentável da biodiversidade e repartição de benefícios derivados do uso comercial dos recursos genéticos, gerando uma maior demanda por estudos relacionados ao tema, destacando-se desde então aqueles relacionados a ecossistemas tropicais, tendo em vista a relevância de sua diversidade biológica e o número ainda pequeno e insuficiente de estudos sobre estes.

Estudos mais recentes sobre a biodiversidade vêm ressaltando cada vez mais a sua transdisciplinaridade, devido à necessidade de integração/correlação de seus três componentes ou níveis biológicos da diversidade: genético, de espécies e de ecossistemas e paisagens. O presente estudo, numa perspectiva geográfica, abordará principalmente o último citado, numa tentativa de integração a partir de uma abordagem sistêmica. Com isso, além dos três níveis apresentados, há a necessidade de integrar também a diversidade sócio-cultural, tendo em vista que a biodiversidade e seus componentes estão inseridos numa dinâmica de integração com as “situações geográficas” em que estão inseridas.

Neste sentido, cabe ressaltar que

“a diversidade biológica é, antes de mais nada, uma das propriedades fundamentais do meio ambiente. É, portanto, um dos componentes básicos da ‘qualidade ambiental’, sendo que qualquer perda de diversidade biológica, seja a nível de ecossistemas, espécies ou populações, representa uma perda de qualidade ambiental. Por outro lado, os componentes da diversidade biológica são elementos-chave do funcionamento dos ecossistemas e mantenedores dos processos ecológicos básicos responsáveis pelo ‘equilíbrio ecológico’. A perda da diversidade biológica, portanto, compromete a manutenção do equilíbrio ecológico”.

(Dias, 2001, p.19)

De acordo com Younés (2001), em um contexto ecossistêmico é relevante abordar o papel funcional da biodiversidade, discutindo, por exemplo, o papel da biodiversidade de espécies e de paisagens nos processos ecossistêmicos (por ex. retenção de nutrientes, decomposição, produção etc.). Ainda de acordo com a autora, respostas não lineares a mudanças na biodiversidade são características em comum dos ecossistemas. Lagos, florestas e campos fornecem exemplos nos quais perturbações inicialmente induzidas pelo homem ocasionam um maior efeito sobre a composição em espécies que no funcionamento do ecossistema. Esta característica resulta da complementaridade funcional das espécies. Porém, além de certo limite, a eliminação de determinadas espécies resulta em mudanças drásticas do funcionamento do ecossistema. Podemos pensar este processo a partir da fragmentação da Mata Atlântica.

Comparada com a avaliação da diversidade genética e da diversidade de espécies, a questão da diversidade de ecossistemas e paisagens é, sem dúvida, a mais controvertida e polêmica. Ela é, portanto, crucial na medida que a conservação *in situ*, que assegura a manutenção dos recursos genéticos, não pode limitar-se, na prática, à simples preservação de uma coleção de indivíduos de diferentes populações, aliás impossível de ser conhecidas hoje de forma exaustiva nem sequer numa única área. Assim, o ecossistema é a unidade biológica fundamental, objeto de qualquer política de gestão da biodiversidade (Garay, 2001).

O ecossistema é uma unidade de estrutura espaço-temporal e de funcionamento que se caracteriza por dois processos fundamentais, produtividade e decomposição. O enfoque ecossistêmico pode fornecer indicadores simples para avaliação da biodiversidade, tanto intra-ecossistema, genética e de espécies, como interecossistema, na escala da paisagem. Segundo

Garay (2001), quando possível, a melhor alternativa é, certamente, de associar os processos ecossistêmicos à biodiversidade e incluir do início da pesquisa a própria diversidade de espécies e populações que sustentam parâmetros globais, tais como a queda de folhas, os estoques de nutrientes nos solos etc. Em síntese, é através de indicadores que poderá ser avaliada a diversidade de ecossistemas, indicadores estes que, quando globais, deverão ser validados pelo estudo de comunidades e populações em relação à dinâmica do funcionamento do ecossistema que se manifesta numa estrutura espaço-temporal e numa dada escala espacial. Ou seja, estes indicadores – Indicadores Funcionais Globais, os quais sintetizam os dois processos fundamentais de um ecossistema, notadamente os de produção e decomposição (Garay e Silva, 1995; Pereira, 2005), permitem avaliar o status da biodiversidade no interior das unidades biológicas, sejam estas ecossistemas diferentes ou fragmentos remanescentes do mesmo tipo de ecossistema. Assim, pode-se sugerir que a alteração da diversidade intra-ecossistêmica, ocasionada pelo impacto antrópico, pode ser avaliada através de parâmetros simples do subsistema de decomposição, com a condição de se estabelecer a dinâmica da decomposição.

As características químicas do solo apresentam-se como um indicador funcional global, pois sintetiza o processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica, que em florestas ocorre, fundamentalmente, sobre o solo (Swift *et al.*, 1979; Green *et al.*, 1993).

Neste sentido, a avaliação da biodiversidade ao nível de ecossistema apresenta dois aspectos que são complementares, um se refere à diversidade interecossistêmica em determinada paisagem, o outro, à diversidade intra-ecossistêmica. De acordo com Garay (2001), em relação à diversidade interecossistêmica, em todos os casos, sua escala de estudo se situa entre a microrregião ou a região, seja porque a diversidade interecossistêmica corresponde espacialmente a uma bacia hidrográfica, seja porque o motivo estrutural da toposequência se repete no espaço, abrangendo paisagens diversas. Em consequência, a avaliação da diversidade ecossistêmica deverá abraçar esta mesma escala.

Por fim, podemos destacar que definir e proteger a biodiversidade implica em reconhecer a sua complexidade. A biodiversidade não é um conceito abstrato, nem puramente físico-biológico, mas, sim, também humano, pois que tem uma localização geográfica e formas de apropriação com feições específicas, o que lhe confere uma dimensão material, concreta e, portanto, a insere necessariamente no contexto das relações sociais (Becker, 2001).

Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar o estado de funcionamento - qualidade ambiental - de fragmentos florestais de Mata Atlântica, inseridos numa mesma “situação” geográfica e geomorfológica na bacia Hidrográfica do Bonfim, Região Serrana do Rio de Janeiro, a partir de variáveis que expressam os processos fundamentais do funcionamento de um ecossistema - Indicadores Funcionais Globais. E como objetivos específicos, realizar comparações inter-fragmentos e intra-fragmentos de variáveis moduladoras do processo de decomposição, neste caso, características químicas do topo do solo (disponibilidade de macronutrientes no solo, constando valores de pH em água; bases trocáveis; capacidade de troca catiônica; saturação por bases; relação carbono/nitrogênio).

Materiais e Métodos – operacionalização da pesquisa

A Bacia Hidrográfica do Bonfim, localizada na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, nos limites do distrito de Correias, município de Petrópolis, integra uma das sub-bacias do rio Piabanha, sendo este o principal rio que corta a região.

Originalmente, a localidade possuía uma fitofisionomia dominante da Mata Atlântica representada pela Floresta Ombrófila Densa Montana. A área apresenta, segundo a classificação de Köppen, um clima classificado como mesotérmico brando superúmido, com temperatura média variando entre 13° a 23°C e índice pluviométrico anual entre 2.300 mm a 2.500 mm, caracterizando verões brandos sem estação seca com abundância das precipitações nos meses de inverno (ICMBIO, 2007; INMET, 2009).

Na litologia da área há o predomínio do Batólito Serra dos Órgãos, cabendo considerar, segundo Lawall (2010), que na bacia do Bonfim há intenso sistema de falhas e fraturas atuando na formação de fluxos preferenciais na bacia. Geomorfologicamente, a região está inserida na Unidade Serra dos Órgãos, com predomínio de afloramentos rochosos, Neossolos Litólicos distro-úmbrico, Cambissolos Háplico distrófico e Latossolos Amarelo distrófico (DANTAS, 2000).

Além das condições apresentadas, parte da bacia está situada nos limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), unidade de conservação criada em 1939 com intuito de preservar as nascentes e a Mata Atlântica da região serrana, garantido a oferta hídrica às cidades do entorno e a preservação da paisagem cênica.

Para operacionalizar o trabalho, foram escolhidos dois fragmentos florestais (Bonfim e Mata Porcos) numa mesma “situação” geográfica – expansão urbana (PAGANI, 2009) e geomorfológica – baixo curso da bacia (LAWALL, 2010), inseridos em condições mesológicas semelhantes.

No fragmento do Bonfim, localizado numa área periférica de Petrópolis, a vegetação dominante é composta por florestas em estágio avançado e médio de sucessão, assim como vegetações arbustivas. No entanto, este fragmento apresenta forte controle litológico na sua porção nordeste, com embasamento gnáissico aflorante, circundado por áreas de expansão urbana. Já o fragmento Mata Porcos possui uma vegetação dominante composta por floresta em estágio médio de sucessão, apresentando uma forma mais alongada, caracterizando menor distancia entre as bordas. Na parte oeste deste fragmento observa-se um avanço antrópico, sendo que este se encontra inserido em um condomínio (Projeto Floresta Nativa, 2005).

Em cada fragmento foi estabelecido um transecto (130 metros no Mata Porcos e 120 metros no Bonfim, por conta de dificuldades geológicas/geomorfológicas para instalação do transecto) de comprimento a partir de 20 metros da borda do mesmo (a fim de evitar o Efeito de Borda). Ao longo de cada transecto, a cada 10 metros, foi estabelecido um ponto amostral.

Para os estudos da camada superficial do solo composto por material mineral e matéria orgânica humificada (Horizonte Hemiorgânico), foram coletadas, em cada ponto, duas amostras deformadas de solo (horizonte A_i^1 0-3 cm e horizonte A -3 – 15 cm). As amostras do horizonte A_i foram coletadas com o auxílio de um quadrado de 25 x 25 cm², já as amostras do horizonte A foram coletadas com um cilindro de 13 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Tais amostras foram submetidas a análises químicas (macronutrientes, pH, carbono e nitrogênio), as quais foram realizadas segundo manual da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Centro Nacional de Pesquisas de Solos (EMBRAPA-CNPS, 1997). A análise dos dados obtidos foi expressa sinteticamente em média e desvio padrão. As comparações inter e intra-fragmentos foram realizadas estatisticamente, com comparações múltiplas das variâncias populacionais.

¹ Sub-horizonte A_i - segundo Kindel (2001) trata-se do sub-horizonte de interface entre o solo e a serapilheira, rico em matéria orgânica, caracterizado por uma coloração mais escura e por ser mais friável. Ocorre, geralmente, nos três primeiros centímetros de solo, podendo existir ou não dependendo das características de decomposição da serapilheira.

Resultados e Discussões

Verificou-se que o fragmento de floresta chamado Bonfim apresentou as maiores médias para todos os atributos analisados no horizonte Ai, com exceção do sódio (Na), fósforo (P) e da relação carbono/ nitrogênio (C/N), em relação ao fragmento chamado Mata Porcos (Tabela 1).

Todas as variáveis químicas que foram significativas pelo teste *t* de student a 0,1% são pelo menos duas vezes maiores no fragmento do Bonfim, evidenciando a alta fertilidade do solo desse fragmento, que pode proporcionar vantagens para a vegetação na relação solo-planta. Diferenças entre fragmentos, nesse horizonte diagnóstico, já foram verificadas em floresta Atlântica de tabuleiros por Kindel e Garay (2002), onde as concentrações de carbono foram de 4 a 5 vezes maior em relação ao horizonte subjacente, seguido do nitrogênio e do cálcio.

Tabela 1: Análise comparativa inter-fragmentos florestais da química do solo do sub-horizonte Ai

Horizonte Ai	Fragmentos de Floresta	
	Bonfim	Mata Porcos
pH H ₂ O	4.93 ⁽¹⁾ ± 0.30 *** ⁽²⁾	4.27 ± 0.34
Ca ²⁺ Cmolc/kg	9.15 ± 4.44 ***	1.65 ± 1.58
Mg ²⁺ Cmolc/kg	2.29 ± 0.70 ***	0.80 ± 0.31
Na ⁺ Cmolc/kg	0.05 ± 0.01 ns	0.05 ± 0.01
K ⁺ Cmolc/kg	0.68 ± 0.19 ***	0.32 ± 0.13
Al ³⁺ Cmolc/kg	0.15 ± 0.22 ***	1.31 ± 0.79
S Cmolc/kg	12.17 ± 5.16 ***	2.76 ± 2.00
C.T.C Cmolc/kg	20.90 ± 5.71 ***	13.23 ± 2.88
V %	57.08 ± 12.30 ***	21.46 ± 15.43
P PPM	11.08 ± 4.10 ns	8.53 ± 3.55
C g/kg	42.70 ± 13.24 ***	26.56 ± 8.78
N g/kg	4.22 ± 1.05 ***	2.61 ± 0.65
C/N	9.91 ± 1.00 ns	10.07 ± 1.12
M.O g/kg	73,62 ± 22,82 ***	45.79 ± 15,14

(1) Os números correspondem à média, ± corresponde ao desvio padrão dos dados coletados no verão de 2009.

(2) Significância pelo teste *t* de Student para fragmento Bonfim (*n* 12) vs Mata Porcos (*n* 13). S: Soma de Bases;

C.T.C: Capacidade de Troca Catiônica; V: Saturação por Bases. Ns: Não significativo a 5%. *, ** e ***:

Significativos a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

No caso do presente estudo, essa diferença entre os fragmentos pode estar relacionada ao uso atual e ao histórico dos fragmentos, tendo em vista que o Bonfim é um fragmento que já foi uma área de agricultura, avançou na sucessão e hoje se encontra em estágio médio a avançado de sucessão. Atualmente, o fragmento do Bonfim não sofre demasiado com pressões antrópicas, como corte seletivo, queimadas, trilhas entre outros.

Na tabela 2 encontram-se os resultados do horizonte A subsequente ao horizonte Ai para os dois ecossistemas e novamente o fragmento do Bonfim apresentou diferença significativa para inúmeras variáveis, contudo no horizonte A as diferenças das médias entre os dois fragmentos não foi tão alta como no horizonte Ai. A matéria orgânica no horizonte A, por exemplo, não apresentou diferença significativa, evidenciando que a dinâmica dessa variável no solo pode ocorrer com uma sensibilidade maior no horizonte Ai, onde houve diferença, que pode estar relacionada com o input de serapilheira (Egunjobi e Onweluzo, 1979) ou atividade da fauna do solo (Castro Jr, 2002; Didham, Hammond *et al.*, 1998), caracterizando um uso rápido dos nutrientes (Ponge, 2003).

Tabela 2: Análise comparativa inter-fragmentos florestais da química do solo do horizonte A

Horizonte A	Fragmentos de Floresta	
	Bonfim	Mata Porcos
pH H ₂ O	4.77 ⁽¹⁾ ± 0.51 *** ⁽²⁾	3.94 ± 0.22
Ca ²⁺ Cmolc/kg	4.80 ± 4.35 ***	0.81 ± 0.89
Mg ²⁺ Cmolc/kg	1.55 ± 0.88 ***	0.58 ± 0.22
Na ⁺ Cmolc/kg	0.03 ± 0.01 ns	0.03 ± 0.01
K ⁺ Cmolc/kg	0.44 ± 0.20 ***	0.20 ± 0.11
Al ³⁺ Cmolc/kg	0.56 ± 0.52 ***	1.83 ± 0.78
S Cmolc/kg	6.82 ± 5.26 ***	1.18 ± 1.31
C.T.C Cmolc/kg	15.55 ± 5.46 **	10.61 ± 4.33
V %	41.41 ± 19.58 ***	11.69 ± 11.94
P ppm	5.58 ± 4.25 ns	4.23 ± 1.01
C g/kg	29.34 ± 12.44 ns	20.36 ± 12.01
N g/kg	3.75 ± 1.95 ***	2.09 ± 0.74
C/N	8.25 ± 1.60 ns	9.53 ± 1.56
M.O g/kg	50.58 ± 21.44 ns	35.11 ± 20.69

(1) Os números correspondem à média, ± corresponde ao desvio padrão dos dados coletados no verão de 2009.

(2) Significância pelo teste *t* de Student para fragmento Bonfim (*n* 12) vs Mata Porcos (*n* 13). S: Soma de Bases; C.T.C: Capacidade de Troca Catiônica; V: Saturação por Bases. Ns: Não significativo a 5%. *, ** e ***:

Significativos a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

A tabela 3 apresenta a comparação dos dois horizontes do solo, para os dois fragmentos. Nela, podemos evidenciar que com exceção do pH e N para o fragmento do Bonfim e do Mg e C/N para Mata Porcos, todas as outras variáveis analisadas apresentaram diferença significativa entre os horizontes Ai e A, mostrando assim uma descontinuidade funcional na ciclagem dos nutrientes. Esse fato caracteriza a dinâmica do horizonte Ai, ou seja, os primeiros centímetros do solo, que retém a maior fertilidade e concentração de nutrientes que serão utilizados pela floresta.

Tabela 3: Análise comparativa da química do solo entre os horizontes Ai e A intra-fragmento florestal

Variáveis	Bonfim		Mata Porcos	
	Ai	A	Ai	A
pH H ₂ O	4.93 ⁽¹⁾ ± 0.30 ns	4.77 ± 0.51	4.27 ⁽¹⁾ ± 0.34 *** ⁽²⁾	3.94 ± 0.22
Ca ²⁺ Cmolc/kg	9.15 ± 4.44 *** ⁽²⁾	4.80 ± 4.35	1.65 ± 1.58 ***	0.81 ± 0.89
Mg ²⁺ Cmolc/kg ⁻¹	2.29 ± 0.70 **	1.55 ± 0.88	0.80 ± 0.31ns	0.58 ± 0.22
Na ⁺ Cmolc/kg	0.05 ± 0.01 ***	0.03 ± 0.01	0.05 ± 0.01***	0.03 ± 0.01
K ⁺ Cmolc/kg	0.68 ± 0.19 ***	0.44 ± 0.20	0.32 ± 0.13***	0.20 ± 0.11
Al ³⁺ Cmolc/kg	0.15 ± 0.22 **	0.56 ± 0.52	1.31 ± 0.79 ns	1.83 ± 0.78
S Cmolc/kg	12.17 ± 5.16 ***	6.82 ± 5.26	2.76 ± 2.00 ***	1.18 ± 1.31
C.T.C Cmolc/kg	20.90 ± 5.71**	15.55 ± 5.46	13.23 ± 2.88 ***	10.61 ± 4.33
V %	57.08 ± 12.30 **	41.41 ± 19.58	21.46 ± 15.43 ***	11.69 ± 11.94
P ppm	11.08 ± 4.10 ***	5.58 ± 4.25	8.53 ± 3.55 ***	4.23 ± 1.01
C g/kg	42.70 ± 13.24 **	29.34 ± 12.44	26.56 ± 8.78 ***	20.36 ± 12.01
N g/kg	4.22 ± 1.05 ns	3.75 ± 1.95	2.61 ± 0.65 **	2.09 ± 0.74
C/N	9.91 ± 1.00 ***	8.25 ± 1.60	10.07 ± 1.12 ns	9.53 ± 1.56
M.O g/kg	73,62 ± 22,82 ***	50.58 ± 21.44	45.79 ± 15,14 ***	35.11 ± 20.69

(1) Os números correspondem à média, ± corresponde ao desvio padrão dos dados coletados no verão de 2009.

(2) Significância pelo teste Mann-Whitney *u* Test para os Horizontes Ai vs A nos fragmentos Bonfim (*n* 12) e Mata Porcos (*n* 13). S: Soma de bases; C.T.C: Capacidade de Troca Catiônica; V: Saturação por Bases. Ns: Não significativo a 5%. *, ** e ***: Significativos a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.

A figura 1 mostra, para os dois fragmentos nos dois horizontes, os principais indicadores químicos de fertilidade do solo florestal do horizonte Ai que se situa amalgamado com a serapilheira, ou melhor, formas de húmus (Zanella, Jabiol *et al.*, 2011). Ponge (2006) em um estudo associando um Index de formas de húmus com capacidade de troca de cátions, saturação de bases e concentração de argila, verificou correlação forte entre as variáveis e o

index de formas de húmus. Nesse sentido, podemos perceber que as variáveis químicas do horizonte Ai podem estar diretamente relacionadas com a dinâmica florestal de produção e decomposição que caracterizam esses sistemas num viés de processo e resposta.

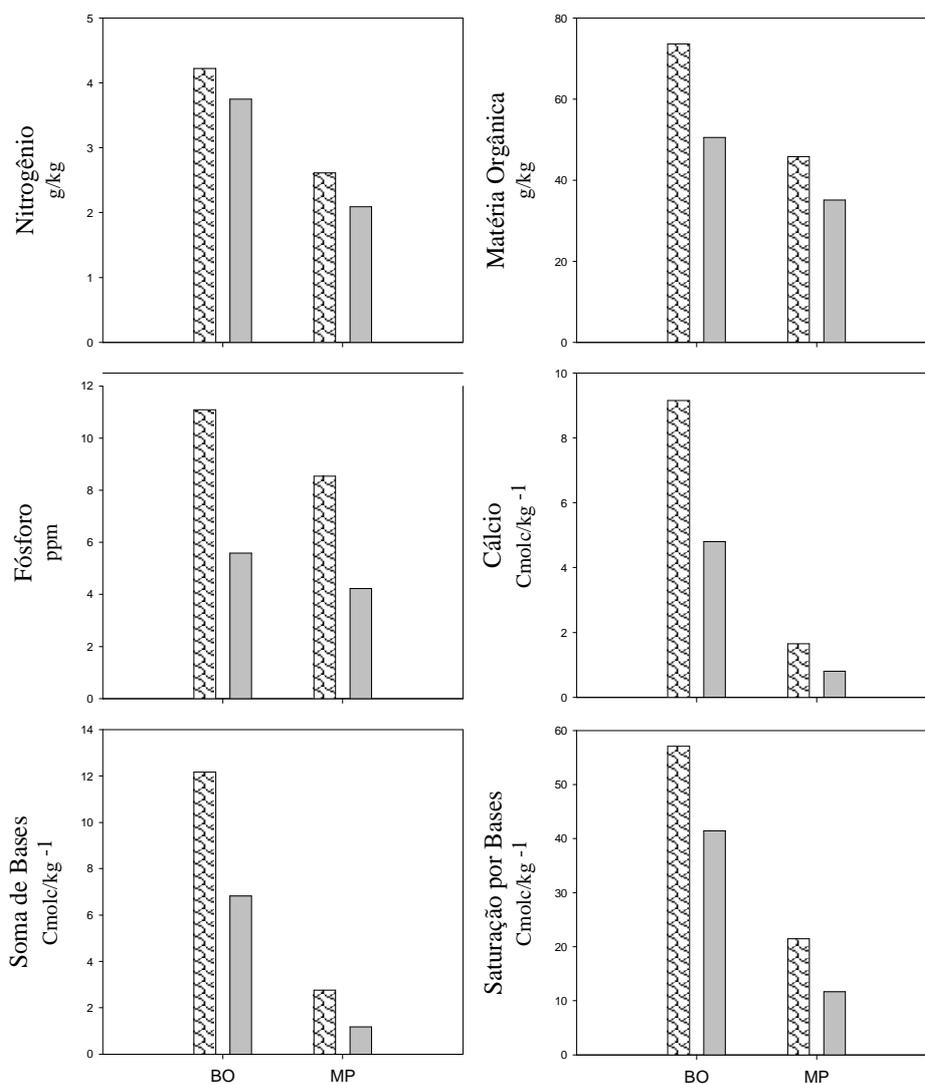


Figura 1: Teor de matéria orgânica e nutrientes nos sub-horizontes Ai (listras) e A (cinza) do solo em fragmentos florestais da Bacia do Bonfim, Petrópolis – RJ. Nos sistemas florestais nativos o horizonte Ai possui de 0-3 cm de espessura, segundo Kindel e Garay (2002).

Conclusão

A ciclagem de nutrientes que escora a vitalidade desses sistemas acontece nos primeiros centímetros do solo. O horizonte Ai (interface) retém a maior disponibilidade de nutrientes e sustenta as mais altas taxas de fertilidade.

A utilização de indicadores funcionais globais para a análise do estado de conservação de ecossistemas mostrou-se próprio para o fim em vista. No entanto, a extrapolação desses indicadores para fragmentos florestais situados em ecossistemas diferentes não deve ser usado sem uma avaliação da heterogeneidade interna desses fragmentos.

Assim, indicadores globais, que sintetizam processos ecossistêmicos, devem ser privilegiados para a avaliação da diversidade de ecossistemas: variações no padrão de estoques de nutrientes, na alocação da biomassa ou da necromassa, nos conteúdos de matéria orgânica ou nutrientes do solo etc. Alguns dentre eles apresentam efetivamente a vantagem de uma padronização e estimativa rápida; outros, pelo contrário, exigem um esforço de pesquisa a meio e longo prazo para validar seu caráter indicador.

Referências

- BECKER, B. Amazônia: construindo o conceito e a conservação da biodiversidade na prática. In: GARAY, I. & DIAS, B. (Orgs). *Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento*. Rio de Janeiro, Petrópolis: Editora Vozes, 2001.
- CASTRO JR, E. *Valor indicador da fauna de macroartrópodes edáficos em fragmentos primários e secundários do ecossistema de florestas de tabuleiros, ES*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2002, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- DANTAS, M. E. *Mapeamento geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: CPRM, 2000.
- DIAS, B. F. S. Demandas governamentais para o monitoramento da Diversidade Biológica Brasileira. In: GARAY, I. & DIAS, B. (Orgs). *Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento*. Rio de Janeiro, Petrópolis: Editora Vozes, 2001.
- DIDHAM, R. K. et al. Beetle Species Responses to Tropical Forest Fragmentation. *Ecological Monographs*, v. 68, n. 3, p. 295-323, 1998.
- EGUNJOBI, J. K.; ONWELUZO, B. S. Litter Fall, Mineral Turnover and Litter Accumulation in *Pinus caribaea* L. Stands at Ibadan, Nigeria. *Biotropica*, v. 11, n. 4, p. 251-255, 1979.
- EMBRAPA. *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro: 2^a ed., 1997.

- GARAY, I. & DIAS, B. (Orgs). *Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento*. Rio de Janeiro, Petrópolis: Editora Vozes, 2001.
- GARAY, I. Avaliação do status da biodiversidade a nível de ecossistema In: GARAY, I. & DIAS, B. (Orgs). *Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento*. Rio de Janeiro, Petrópolis: Editora Vozes, 2001.
- GARAY, I. e SILVA, B. A. O. Húmus Florestais: síntese e diagnóstico das interrelações vegetação solo. *Oecologia Brasilienses*. Rio de Janeiro: 1995, p. 19-46,
- GREEN, R. N; TROWBRIDGE, R. L. e KLINKA, K. Towards a taxonomic classification of húmus forms. *For. Sci. Monogr.*, 29:1-48, 1993.
- ICMBIO – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. *Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra dos Órgãos*. Brasília: ICMBIO, 2007.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. *Climatologia*. www.inmet.gov.br Acessado em fevereiro de 2012.
- KINDEL, A. *A fragmentação Real: Heterogeneidade de remanescentes florestais e valor indicador das formas de húmus*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2001, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- KINDEL, A.; GARAY, I. Humus form in ecosystems of the Atlantic Forest, Brazil. *Geoderma*, v. 108, n. 1-2, p. 101-118, 2002.
- LAWALL, S. *Modificações na dinâmica hidrológica dos solos em resposta às alterações de uso e cobertura na Bacia do Bonfim, Região Serrana do Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2010, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- PAGANI, Y. V. *Áreas de Proteção Ambiental (APAs): a conservação em sistemas de paisagens protegidas – análise da APA de Petrópolis/RJ*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2009, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- PEREIRA, T. F. P. D. *Uso de indicadores funcionais globais no diagnóstico geobiofísico de casos de fragmentação da floresta Atlântica na Bacia do Rio Macacú (RJ)*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2005, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- PONGE, J.-F. Humus forms in terrestrial ecosystems: a framework to biodiversity. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 35, n. 7, p. 935-945, 2003.

PONGE, J.-F.; CHEVALIER, R. Humus Index as an indicator of forest stand and soil properties. *Forest Ecology and Management*, v. 233, n. 1, p. 165-175, 2006.

PROJETO FLORESTA NATIVA. *Relatório Final do Programa de Monitoramento da Mata Atlântica da APA de Petrópolis*. Estruturar Meio Ambiente, 2008.

SWIFT, M. J., HEAL, O. W. e ANDESON, J. M. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. University of California Press, Berkley, Los Angeles, 1979.

YOUNÉS, T. Ciência da Biodiversidade: questões e desafios. In: GARAY, I. & DIAS, B. (Orgs). *Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento*. Rio de Janeiro, Petrópolis: Editora Vozes, 2001.

ZANELLA, A. et al. A European morpho-functional classification of humus forms. *Geoderma*, v. In Press, Corrected Proof, 2011.