

Índice de Qualidade dos Municípios Verde (IQM-Verde)

Instrumento para o planejamento ecológico e gestão ambiental do território do
Estado do Rio de Janeiro

*Waldir Rugero Peresⁱ
Ione Salomão Rahyⁱⁱ*

Apresentação

O IQM-Verde faz parte de uma série de estudos iniciada com o Índice de Qualidade dos Municípios – IQM. Enquanto este classifica os municípios do Estado do Rio de Janeiro de acordo com a capacidade apresentada para atrair novos investimentos, o IQM-Verde, retratando a preocupação com o meio ambiente, compara as áreas cobertas pelos remanescentes da cobertura vegetal com as ocupadas pelos diversos usos do solo, em cada município fluminense, criando, desta forma, o Índice de Qualidade de Uso do Solo e da Cobertura Vegetal (IQUS). Além disto, identifica Corredores Prioritários para a Interligação de Fragmentos Florestais, facilitando a escolha de áreas de reflorestamento, otimizando, assim, a relação custo-benefício do empreendimento.

Uma observação quantitativa do quadro socio-econômico-ambiental do Estado do Rio de Janeiro deixa clara a idéia de que o crescimento econômico, de duração indefinida, somente poderá conviver com a necessária preservação do meio ambiente e manutenção de razoáveis fontes de abastecimento de matérias-primas, desde que passe a incorporar novas tecnologias.

Ao mesmo tempo, o enfoque mais adequado ao equacionamento do problema da preservação ambiental é partir da premissa de que os bens da natureza relevantes a proteger necessitam ser integrados aos mecanismos institucionais que regem o funcionamento do sistema econômico.

O presente estudo demonstra a preocupação com a adoção de novas metodologias e sua institucionalização por órgãos de planejamento e meio ambiente em diferentes porções do território fluminense.

A metodologia proposta no IQM-Verde é inédita no Rio de Janeiro. Nunca, anteriormente, foram desenvolvidos índices em nível municipal com o objetivo claro de subsidiar uma gestão ambiental descentralizada e que, ao mesmo tempo, possam servir para compor a pauta de implementação e execução da Agenda 21 Local.

Para o desenvolvimento do Índice de Qualidade de Uso do Solo e da Cobertura Vegetal – IQUS, e a definição dos Corredores Prioritários para a Interligação de Fragmentos Florestais, o CIDE utilizou uma base digital atualizada, que permite a identificação e o reconhecimento das formações vegetais e dos diferentes tipos de uso do solo, nas escalas 1:50.000 (Região Metropolitana) e 1:100.000 (demais partes do Estado).

Objetivos

O principal objetivo do IQM-Verde é a construção de indicadores capazes de permitir o monitoramento de remanescentes vegetais, dos diferentes ambientes fitoecológicos, que possam, fundamentalmente, servir de guias para o estabelecimento de políticas públicas confiáveis.

Um novo planejamento precisa incorporar a questão ambiental, desenhando e operando instrumentos que vão desde a gestão financeira de recursos até a definição de políticas preventivas, sempre na direção de um desenvolvimento sustentável.

Importância

Os resultados do desenvolvimento do IQM-Verde possibilitam:

1. formulação de políticas públicas apoiadas numa rede sólida de informações georreferenciadas e em indicadores de qualidade de uso do solo e da cobertura vegetal, bem como na identificação de corredores prioritários para a interligação de fragmentos florestais;
2. maior transparência e controle social dos dados e das informações geradas, disponíveis para as diversas estruturas públicas e privadas que trabalham com o planejamento e o meio ambiente;
3. redução dos custos das intervenções praticadas no espaço, uma vez que haverá um maior controle do Estado e dos municípios sobre a gestão ambiental do território.
4. criação, no Estado, a exemplo de outros estados brasileiros, de um imposto do tipo "ICMS ecológico", isto é, uma compensação fiscal obtida por municípios com áreas protegidas e/ou com preservação de mananciais de abastecimento de água que alimentam grandes cidades. Tal incentivo, refletindo o espírito da Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada na Rio 92, é uma tentativa de agregar às atividades de proteção ambiental um valor econômico, como uma forma de, no mínimo, estimulá-las ou, na melhor das hipóteses, fazer da proteção ambiental o fio condutor das políticas públicas no Estado do Rio de Janeiro.

Uso do Solo e Cobertura Vegetal no Estado do Rio de Janeiro

O levantamento das informações, através do geoprocessamento, utilizando-se o mapeamento de Uso do Solo e Cobertura Vegetal que serviu de base para o estudo em questão, conduz ao quadro abaixo, no que se refere às áreas ocupadas por cada elemento,

Uso do solo	Área em km ²	Percentual
Pastagem	19.556	44,5
Florestas densas	7.291	16,6
Capoeiras	6.814	15,5
Área agrícola	4.135	9,4
Restingas, manguezais, praias e várzeas	1.900	4,3
Área urbana	1.846	4,2
Corpos d'água	995	2,3
Não sensoriado	586	1,3
Área degradada	506	1,2
Afloramento rochoso e campos de altitude	241	0,5
Outros	39	0,1
Total	43.910	100,0

Observe-se que grande parte do território é ocupada por pastagens. Levando-se em consideração que a cobertura vegetal original predominante era a florestal, pode-se afirmar que as pastagens avançaram, e continuam a avançar, sobre as áreas desmatadas.

Nos dias atuais, os ecossistemas florestais contínuos, como as florestas tropicais do Estado, tendem a se fragmentar incessantemente. No Rio de Janeiro, esse processo é mais dramático, sem dúvida, na Mata Atlântica.

Metodologia de trabalho

Aquisição de dados

A Fundação CIDE conta com uma base cartográfica estadual em formato digital, nas escalas de 1:50.000, para a Região Metropolitana, e 1:100.000, para as demais partes do Estado. Além das referências próprias de uma base, estão representados os elementos de cobertura da superfície, atualizados através de interpretação de imagens de satélite, que processam informações contidas na faixa visível e do infravermelho do espectro eletromagnético.

Para o desenvolvimento do IQM-Verde, foram gerados, a partir do mapeamento primário, arquivos digitais que contêm os dados referentes aos estoques dos diferentes grupamentos vegetais que cobrem o Estado. Deste modo, os estoques de cobertura vegetal foram transferidos para Sistemas de Informações Geográficas (SIG) capazes de:

1. realizar totalizações de x fragmentos numa determinada área z , independentemente das formas geométricas apresentadas por x e z ;
2. estabelecer caminhos mínimos entre x fragmentos de um mesmo ecossistema – corredores ecológicos;
3. realizar regressões matemáticas capazes de medir a relação entre área e perímetro de x fragmentos de y ecossistemas;
4. comparar a evolução espacial e temporal de x fragmentos de y ecossistemas, numa determinada área z ;

Cálculo do Índice de Qualidade do Uso do Solo e da Cobertura Vegetal (IQUS)

Para o IQUS, foi utilizada a análise multivariada, empregando-se a análise de componentes principais e a análise de conglomerados.

1. Análise multivariada

Análise multivariada é uma das áreas da estatística que mais se tem desenvolvido nos últimos anos, principalmente devido ao surgimento de computadores rápidos e poderosos “softwares” de análise de dados. O escopo de sua aplicação é bastante amplo e, do ponto de vista prático, razoavelmente simples.

Existe uma situação padrão para a qual se pode advogar o uso de técnicas de análise multivariada. Esta ocorre quando, através de um levantamento de dados, um conjunto de p atributos (variáveis contínuas ou discretas) é avaliado em n objetos ou indivíduos componentes de uma amostra ou da própria população de interesse. Denota-se tal conjunto de dados por uma matriz de observações $X_{n \times p}$. Dependendo do objetivo do estudo, exploratório ou inferencial, diferentes técnicas podem ser utilizadas. Os métodos de análise de componentes principais e de análise de conglomerados são descritos de forma geral, sem os detalhes matemáticos.

2. Análise de Componentes Principais (ACP)

Seja a matriz de observações $X_{n \times p}$. Suponha que as p medidas relativas a cada unidade de estudo (objetos ou indivíduos) são as coordenadas desta em um espaço p -dimensional, que será denotado por P . Considere que as p variáveis correspondem aos eixos de representação das unidades no espaço P . Sob estas condições, o procedimento de Análise de Componentes Principais consiste em realizar uma mudança de eixos na representação das unidades, para que a disposição espacial destas seja mais esparsa, em um espaço de dimensão menor do que o original P . A vantagem de tal mudança de eixos (variáveis) é óbvia, a saber: reduz a dimensão do problema, e, portanto, torna-o mais tratável do ponto de vista computacional.

Em relação à mudança de eixos, um conjunto de combinações lineares das variáveis originais é determinado de forma a maximizar a variabilidade (variância) da distribuição das unidades, obtendo-se assim um novo sistema de coordenadas. Estas combinações lineares são denominadas componentes principais.

Quanto maior a redução da dimensão de P , mais simples serão a interpretação e a representação gráfica dos dados. No desenvolvimento da metodologia de ACP, é possível medir, em termos percentuais, a quantidade de explicação obtida pelos primeiros k componentes principais. Portanto, baseado nestes percentuais, podem-se decidir quantos componentes principais o estudo deve considerar. Como uma regra geral, toma-se este percentual entre 75% e 80%.

Sumarizando, o objetivo principal de ACP é reduzir a complexidade e dimensão do problema, procurando maximizar a quantidade de informação sobre a dispersão dos dados em relação ao que era disponível originalmente. O uso de ACP torna-se plenamente justificável, quando este objetivo é alcançado com uma redução significativa na dimensão do problema, ou seja, em termos práticos, quando o percentual de aproximadamente 80% é atingido com relativamente poucos componentes principais. Alternativamente, o uso de ACP é relevante, quando a nova representação dos dados originais permite a identificação mais clara de conglomerados distintos de unidades similares. O presente estudo está baseado principalmente na segunda aplicação de ACP.

3. Aplicação da ACP nos dados de uso e ocupação do solo

Cada componente principal tem, em geral, uma interpretação intuitiva, diretamente relacionada com o tema de interesse. No contexto do presente estudo, o interesse é identificar padrões típicos de uso e ocupação do solo nos municípios do Estado do Rio de Janeiro, bem como desenvolver índices que revelem o atual estágio de preservação e/ou degradação ambiental dos municípios. Tomando como unidade de estudo o município e como variáveis os percentuais dos tipos de uso e ocupação do solo, pode-se aplicar a ACP de forma que cada componente principal represente um índice, que devidamente interpretado pode fornecer subsídios para uma classificação hierárquica dos municípios. Quanto maior a quantidade de explicação de cada índice na ACP, maior a sua importância para esta classificação. Com o auxílio do especialista no tema de interesse, é possível interpretar o real significado prático dos diferentes índices obtidos. As variáveis originais que serão analisadas são os percentuais de vinte e dois tipos de uso e ocupação do solo, posteriormente agregados em seis tipos. Portanto, as combinações lineares dos percentuais originais descreverão características intrínsecas dos noventa e um municípios do Estado, com respeito ao uso e ocupação do solo.

Tais características podem ou não ser de fácil interpretação. Contudo, como enfatizado acima, o novo sistema de coordenadas será também utilizado para obter grupos de unidades similares, o que pelo sistema original de coordenadas seguramente seria uma tarefa mais complexa. No próximo item, passamos a descrever um método de identificação de grupos de unidades similares, chamado de análise de conglomerados.

4. Análise de Conglomerados

O objetivo da análise de conglomerados clássica é alocar objetos (ou indivíduos), aqui denominados unidades, em grupos chamados de conglomerados ou "clusters", sugeridos pela própria estrutura dos dados, sem que ocorra qualquer preferência introduzida pelo analista de dados. No que diz respeito a esta alocação, o principal objetivo é obter conglomerados tais que as unidades sejam similares, quando pertencentes ao mesmo conglomerado, e distintas, quando pertencentes a conglomerados diferentes.

A partir da representação gráfica das unidades em um espaço de p dimensões, é possível identificar grupos de unidades próximas umas das outras, no sentido geométrico. O critério para medir esta proximidade pode ser definido de várias maneiras, por exemplo, através de distâncias euclidianas entre as unidades.

Outra questão importante a ser definida consiste em especificar se é o objetivo da análise obter conglomerados disjuntos (grupos separados de unidades), hierárquicos, isto é, organizados de forma a sempre haver um conglomerado contido inteiramente em outro, ou, ainda, a situação intermediária onde os conglomerados podem ter unidades em comum, assim como unidades diferentes. É importante notar que na análise de conglomerados hierárquicos, também é possível obter grupos separados, os quais são formados a partir de cortes transversais na hierarquia obtida pela análise.

Por outro lado, a questão da escolha do número ideal de conglomerados deve ser cuidadosamente investigada em cada aplicação prática. Em geral, o especialista no tema de interesse poderá sugerir o número de conglomerados a serem formados para satisfazer os objetivos do estudo. Quando este não for o caso, análises com vários números de conglomerados podem ser realizadas e cada arranjo destes interpretado separadamente.

5. Aplicação da Análise de Conglomerados nos dados de uso e ocupação do solo

No presente estudo, para efeito de comparação e de interpretação de dados, optou-se por realizar dois tipos de investigação - a análise de conglomerados disjuntos e hierárquicos. Os resultados de cada investigação são apresentados separadamente e comparados posteriormente para avaliar sua consistência. Por outro lado, em relação ao número de conglomerados, optou-se inicialmente por examinar os resultados da análise de cinco até dez conglomerados. Baseado nestes resultados, se pelo menos um conglomerado apresenta um número excessivo de unidades, uma nova análise de conglomerados será aplicada exclusivamente a este(s) grupo(s), para que grupos menores sejam formados. Com esta abordagem, espera-se evitar a formação de grupos de tamanhos excessivamente grandes.

Posteriormente, os conglomerados obtidos na análise final são descritos em função das variáveis originais de uso e ocupação do solo, para que seus perfis típicos sejam identificados. Em adição, um município representante de cada conglomerado é escolhido, baseado nas distâncias de todos os municípios do conglomerado ao seu centróide. Esta escolha se justifica pela importância da figura de municípios típicos na interpretação dos resultados.

Identificação de corredores prioritários para a interligação de fragmentos florestais (CPIF)

Como base inicial para realizar esta vertente do estudo, foi utilizado o trabalho recentemente publicado por Keitt, Urban e Milne, que desenvolveram uma metodologia baseada em Teoria dos Grafos, para identificar corredores de interligação de fragmentos de florestas, usando como ilustração dados sobre fragmentos de floresta do tipo "ponderosa-pine" e "mixed-conifer", no Sudoeste dos Estados Unidos (Arizona, Colorado, New Mexico e Utah). Um dos objetivos principais deste estudo é calcular um índice de interligação de fragmentos ("correlation length") considerando diversos cenários que ora limitam a distância máxima entre fragmentos (método determinístico), ora consideram uma distribuição de probabilidade exponencial (método estocástico), para que a interligação de fragmentos possa ocorrer. No caso estocástico, métodos de simulação Monte Carlo são utilizados.

Outra contribuição importante do estudo acima é a definição de um índice de importância para cada fragmento ("normalized importance index") em uma certa região geográfica. O fundamento básico para o cálculo deste índice é medir o impacto relativo da exclusão de um dado fragmento no índice de interligação global de fragmentos. Desta forma, podem-se identificar quais os fragmentos que são mais ou menos prioritários para o índice de interligação global.

Assim como no trabalho de Keitt, Urban e Milne, métodos de simulação foram utilizados neste estudo, para avaliar os impactos nos índices de interligação resultantes da adoção de diversos cenários de viabilidade de interligação (determinísticos e estocásticos). Contudo, ao contrário do estudo, pretendeu-se aqui não somente considerar as distâncias entre fragmentos, nas distribuições de probabilidade para a

ocorrência de interligação, mas também incorporar informações sobre o tipo de cobertura vegetal existente na região entre os fragmentos. A inclusão desta variável na modelagem estocástica é justificada pela gama de possibilidades existentes de cobertura vegetal no Estado do Rio de Janeiro, ao contrário do que ocorre no sudoeste americano, tornando os resultados mais próximos da nossa realidade.

Índice de Qualidade de Uso do Solo e da Cobertura Vegetal – IQUS

O IQUS possibilita a realização de um diagnóstico amplo da qualidade ambiental, em cada município do Estado do Rio de Janeiro, no que concerne ao Uso do Solo e à Cobertura Vegetal. Com base em diversos métodos estatísticos e elegendo-se seis categorias de uso do solo e cobertura vegetal (Formações originais, Vegetação secundária, Áreas urbanas, Áreas degradadas, Áreas agrícolas e Pastagem), os municípios do Estado do Rio de Janeiro foram classificados, segundo os índices abaixo:

Índice	Características
Rodeio	Municípios com maior percentual de pastagens; presença de pequenas manchas urbanas; pequena influência de formações originais e de áreas agrícolas.
Rural	Municípios com maior percentual de formações originais e de áreas agrícolas; presença de áreas urbanas, degradadas e de vegetação secundária; quase nenhuma influência de pastagens.
Nativo	Municípios com maiores áreas de formações originais e de pastagens; presença de vegetação secundária e áreas agrícolas; muito pouca influência das áreas urbanas e degradadas.
Verde	Municípios com grandes áreas de formações originais e/ou de vegetação secundária; menores valores percentuais de áreas urbanas, agrícolas, de pastagem ou degradadas.
Metrópole	Municípios com maior percentual de áreas urbanas. Este índice está significativamente relacionado à área metropolitana.

A classificação dos municípios segundo esses índices pode ser observada no quadro que apresenta os agrupamentos de municípios, realizados com base na Análise de Agrupamentos. Alguns municípios situam-se na fronteira entre dois índices, como pode ser visto no mesmo quadro.

A partir desses índices, é possível fazer inferências sobre o grau de preservação e/ou de artificialização do espaço geográfico de cada município fluminense.

Com base na Análise de Agrupamentos, que reúne em conglomerados ou “clusters” unidades similares, os municípios foram reunidos em treze grupos, a saber:

Agrupamentos	Índices	Características principais
A	Rodeio	Grande percentual de pastagens, seguido por uma razoável cobertura de vegetação secundária.
B	Rodeio/Verde	Grandes áreas de pastagens, porém com maiores áreas de vegetação secundária do que A.
C	Rodeio/Nativo	Grandes áreas de pastagens e área percentual média razoavelmente grande de Formações originais.
D	Nativo	Agrupamento que concentra os últimos grandes estoques de florestas densas e de vegetação de restinga.

E	Verde/Metrópo-le	Predomínio de áreas de Formações originais, seguidas por um padrão levemente homogêneo de áreas de Vegetação secundária, Urbanas e Pastagens.
F	Rodeio	Predomínio de Pastagens e Vegetação secundária, seguidas de Formações originais.
G	Metrópole	Domínio de Pastagens, seguido de áreas Urbanas.
H	Nativo/Verde	Domínio de Formações originais, seguidas de Pastagens e, em percentual menor, Vegetação secundária.
I	Verde	Domínio de Formações originais, seguidas de vegetação secundária e, em percentual menor, Pastagens.
J	Metrópole	Predomínio de Áreas Urbanas, com algumas áreas de Vegetação secundária, Formações originais e Áreas degradadas.
L	Rural	Predomínio de Áreas agrícolas, com algumas formações originais e Pastagens.
M	Metrópole	Áreas de Vegetação secundária e Urbanas, cada uma em cerca de 50% do território municipal.
N	Metrópole	Território quase totalmente ocupado por Área Urbana, com apenas 9% de Área degradada.

O quadro a seguir mostra a distribuição dos municípios fluminenses pelos agrupamentos ("clusters") acima caracterizados:

Cluster	Índice	Nº de municípios	Municípios
A	Rodeio	40	Aperibé, Araruama, Barra Mansa, Barra do Piraí, Bom Jardim, Bom Jesus do Itabapoana, Cambuci, Cantagalo, Cardoso Moreira, Carmo, Comendador Levy Gasparian, Cordeiro, Duas Barras, Italva, Itaocara, Itaperuna, Laje do Muriaé, Macuco, Mendes, Miracema, Natividade, Paraíba do Sul, Paty do Alferes, Pinheiral, Piraí, Porciúncula, Porto Real, Quatis, Rio das Flores, Rio das Ostras, Santo Antônio de Pádua, São Fidélis, São José de Ubá, São Pedro da Aldeia, São Sebastião do Alto, Seropédica, Três Rios, Valença, Varre-Sai, Vassouras
B	Rodeio/Verde	3	Areal, Sapucaia, Sumidouro
C	Rodeio/Nativo	10	Carapebus, Casimiro de Abreu, Conceição de Macabu, Macaé, Paracambi, Resende, Silva Jardim, Santa Maria Madalena, Saquarema, Trajano de Moraes
D	Nativo	4	Angra dos Reis, Mangaratiba, Parati, São João da Barra
E	Verde/Metrópole	6	Cachoeiras de Macacu, Duque de Caxias, Guapimirim, Magé, Maricá, Nova Iguaçu
F	Rodeio	6	Engenheiro Paulo de Frontin, Itaguaí, Miguel Pereira, Rio Bonito, São José do Vale do Rio Preto, Tanguá
G	Metrópole	5	Iguaba Grande, Itaboraí, Japeri, Queimados, Volta Redonda
H	Nativo/Verde	3	Armação dos Búzios, Itatiaia, Rio Claro
I	Verde	4	Arraial do Cabo, Nova Friburgo, Petrópolis, Teresópolis
J	Metrópole	4	Belford Roxo, Niterói, Rio de Janeiro, São Gonçalo
L	Rural	4	Cabo Frio, Campos dos Goytacazes, Quissamã, São Francisco de Itabapoana
M	Metrópole	1	Nilópolis
N	Metrópole	1	São João de Meriti

Corredores Prioritários para a Interligação de Fragmentos Florestais

Os Corredores compreendem os espaços entre remanescentes de cobertura florestal indicados para o reflorestamento, objetivando a otimização da relação custo-benefício. Neste trabalho, o Corredor deve ser entendido como sendo a linha que conecta as bordas de dois fragmentos florestais independentes.

Os Corredores foram definidos com uma distância máxima de 2 km. Totalizam 21.271 corredores, cujos comprimentos variam de 2 a 2.000 metros. O comprimento médio dos corredores é de 824 metros, enquanto o comprimento total alcança cerca de 17.940 quilômetros, descontando-se os trechos onde existem rios, áreas urbanas e massas d'água.

Já o total das áreas a serem reflorestadas, denominadas "buffers", atinge 328.614 hectares. O "buffer" representa a área cujo perímetro inscreve um ou mais corredores. Neste trabalho, sua largura é de 100 metros, dos quais 5^o metros são medidos de cada lado do corredor.

Bibliografia

BROKAW, Nicholas. Fragments past, present and future. *Trends in Ecology & Evolution*, Cambridge, v.13, n.10, oct. 1998.

CANTWELL, M. D., FORMAN, R. T. T. Landscape graphs: ecological modeling with graph theory to detect configurations common to diverse landscapes. *Landscape Ecology*, [s. l.], v.8, n.4, p. 239-251, 1993.

DANSEREAU, Pierre. *Biogeography: an ecological perspective*. New York: The Ronald Press, 1957.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. *Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados do domínio da Mata Atlântica no período 1985-1990*. São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1992/93.

GOLFARI, L., MOOSMAYER, H. *Manual de reflorestamento do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral, 1980.

GUSTAFSON, E., GARDNER, R. The effect of landscape heterogeneity on the probability of patch colonization. *Ecology*. [s. l.], v.77, n.1, p. 94-107, 1996.

HENEIN, K., MERRIAM, G. The elements of connectivity where corridor quality is variable. *Landscape Ecology*. [s. l.], n.4, p. 157-170, 1990.

JONHSON, C. N. Species extinction and the relationship between distribution and abundance. *Nature*, v. 394, 16 jul. 1998.

KEITT, T., URBAN, D., MILNE, B. Detecting critical scales in fragmented landscapes. *Conservation Ecology Online*, URL: <http://www.consecol.org/voli/iss/art4>, *Ecological Society of America*, 1997.

MACARTHUR, R., WILSON, E. *The theory of island biogeography*. Princeton: Princeton University Press, 1967.

MERRIAM, G. *Connectivity: a fundamental ecological characteristic of landscape pattern*. Proceedings of the first International seminar on methodology in landscape ecological research and planning. Roskilde: Roskilde Centre Book Company, v.1, cap.1, p. 5-16, 1984.

WILLIAMS, Stephene E., PEARSON, Richard G. Historical rainforest contractions, localized extinctions and patterns of vertebrate endemism in the rain forests of Australia's wet tropics. *Proc. R. Soc. Lond.*, Londres, v. B, n. 264, p. 709-716, 1997.

ZAU, A. Fragmentação da Mata Atlântica: aspectos teóricos. *Floresta e Ambiente*. Rio de Janeiro: UFRRJ, v.5, n.1, p. 160-171, 1998.

ⁱ Diretor Técnico da Fundação Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro – CIDE

ⁱⁱ Assessora Especial da Diretoria Técnica da Fundação Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro