

Dinâmica da regeneração florestal em ambiente de floresta Atlântica e sua modelagem por redes neurais

Sidney Geraldo Silveira Velloso¹
João Flávio Costa dos Santos²
Guilherme Silvério Aquino de Souza²
José Marinaldo Gleriani²
Cibele Hummel do Amaral²
Júlio César de Oliveira²

¹ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
88010-300 - Florianópolis - SC, Brasil
sidney.velloso@ibge.gov.br

² Universidade Federal de Viçosa - UFV
36570-000 - Viçosa - MG, Brasil
{joao.flavio, guilherme.silverio, gleriani, chamaral, oliveirajc}@ufv.br

Abstract. The Brazilian Atlantic rainforest is the third largest biome among those that cover the country. Given its characteristics of high anthropic pressure and high endemism of vegetal and animal species, the biome was classified as a mundial hotspot. Thus, actions for conservation and restoration of its forests have been proposed. Between these actions, there is the forest natural regeneration. Given the current socioeconomic aspects of the rural population, many pastures are being abandoned, which allows the natural regeneration's establishment. The objectives of this work were to analyze the landscape dynamics through orbital images in an area of Atlantic forest and to predict the natural regeneration through neural network modeling. Images from the TM/Landsat-5 and OLI/Landsat-8 sensors were acquired and the visual interpretation allowed the thematic extraction of classes for the analysis of the dynamics of the forest natural regeneration. It was observed that the forest regeneration were mainly found in South facing aspects, because they have a more suitable environment for the establishment of the secondary succession. The results for the network modeling weren't satisfactory, where only 32% of the regeneration were correctly predict.

Palavras-chave: Restauração florestal, Fotointerpretação, Perceptrons de múltiplas camadas, Forest Restoration, Photointerpretation, Multilayer Perceptrons

1. Introdução

Dentre os biomas brasileiros, a Mata Atlântica é o terceiro maior em extensão territorial. Originalmente cobrindo uma área de aproximadamente 1,3M km², hoje em dia, restam apenas 11% da área florestal original (Ribeiro et al, 2009). Devido ao cenário de elevada pressão antrópica sob o qual está submetido e, por apresentar alto endemismo de espécies vegetais e animais, o bioma Mata Atlântica é classificado como um *hotspot* mundial (Myers, 2000). Assim, medidas visando a restauração florestal e a proteção dos remanescentes de floresta Atlântica têm sido propostas e adotadas.

Uma das medidas de restauração é a regeneração natural da vegetação. Nesta, propágulos de espécies arbóreas provenientes de remanescentes florestais adjacentes às áreas anteriormente degradadas se estabelecem dando início ao processo de sucessão secundária. Certas características socioeconômicas associadas à população rural (não sucessão da atividade agrícola entre pais e filhos, carência de mão de obra e aumento da idade média do produtor) (Bernardo, 2009) tem levado ao abandono de áreas de pastagem, o que tem permitido aos propágulos mencionados se estabelecerem e iniciarem o processo de sucessão secundária.

Os objetivos do presente trabalho foram avaliar a dinâmica da regeneração natural a partir de dados orbitais e cartas topográficas para os períodos 1966-1985 e 1985-2015.

Além disso, procurou-se prognosticar a regeneração natural por modelagem através de redes neurais artificiais.

2. Metodologia de trabalho

2.1 Área de estudo

O local de estudo encontra-se sob coordenadas geográficas $44^{\circ}14'26''\text{O}$, $43^{\circ}55'29''\text{O}$ e $22^{\circ}14'15''\text{S}$, $21^{\circ}59'22''\text{S}$ e apresenta área total de aproximadamente 91.434 ha (Figura 1). A área de estudo abrange o município de Santa Rita de Jacutinga e parte dos municípios de Valença, Bom Jardim de Minas, Liberdade, Passa-Vinte e Rio Preto. As principais classes de cobertura do solo encontradas na área são fragmentos de floresta estacional semidecidual, pastagens e plantios de eucalipto. A classificação climática para a área, segundo a classificação de Köppen, é Cwb (subtropical úmido com invernos secos e verões moderados).

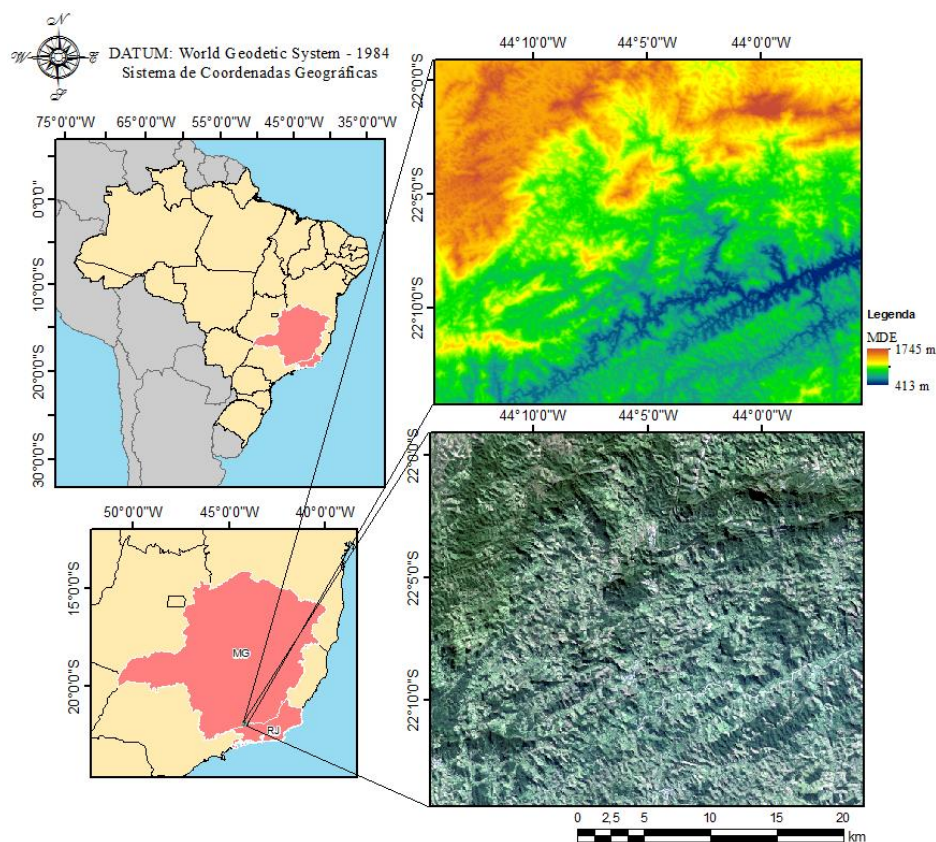


Figura 1. Localização da área de estudo.

2.2 Dados

Para avaliação da dinâmica da regeneração florestal durante o período 1966-1985-2015, foram utilizadas imagens adquiridas pelos sensores TM (1985) e OLI (2015), a bordo das plataformas Landsat-5 e Landsat-8, respectivamente, bem como as cartas topográficas, na escala de 1:50.000, de Santa Rita de Jacutinga (SF-23-Z-A-II-2), Lima Duarte (SF-23-X-C-VI-3) e Rio Preto (SF-23-Z-A-III-1).

Para extração das informações temáticas a partir das imagens orbitais, foi realizada a interpretação visual das mesmas, sendo que para dirimir as dúvidas, utilizou-se imagens RapidEye que cobriam a área total. Para extração das informações temáticas contidas nas cartas topográficas, o procedimento adotado foi a vetorização em tela. Informações acerca das imagens TM e OLI são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Informações das imagens TM/Landsat-5, OLI/Landsat-8 e RapidEye.

Imagem	Data de aquisição	Ângulo azimutal solar	Ângulo de elevação solar
TM/Landsat-5	09/06/1985	41,5265	32,3687
OLI/Landsat-8	12/06/2015	35,1845	36,3306
RapidEye1	07/09/2014	29,1458	58,3760
RapidEye2	07/09/2014	29,3446	58,5571
RapidEye3	07/09/2014	29,7327	58,4506
RapidEye4	20/05/2014	15,8773	46,3571

Foi adquirido ainda um Modelo Digital de Elevação (MDE) para a área de estudo. Esse MDE foi gerado a partir do par estereoscópico entre as imagens adquiridas pelo sensor ASTER e foi utilizado para derivação da face de exposição dos pixels. O MDE/ASTER apresenta resolução espacial de 30 metros, assim como as imagens TM/Landsat-5 e OLI/Landsat-8.

2.3 Modelagem por redes neurais

Com a informação de regeneração florestal para o período de 1966 a 1985, treinou-se uma rede neural de Perceptrons de Múltiplas Camadas (*MultiLayer Perceptrons – MLP*) para que fosse prognosticada a regeneração natural para o período de 1985 a 2015. Para isso, treinou-se a rede MLP com as informações de entrada sendo: áreas florestais e não florestais (derivadas da interpretação visual (1985)), face de exposição (derivada do MDE) e *buffer* (equidistância de 30 metros) em três níveis (Figura 2), e a informação de saída foi o avanço de áreas florestais no período de 1966 a 1985.

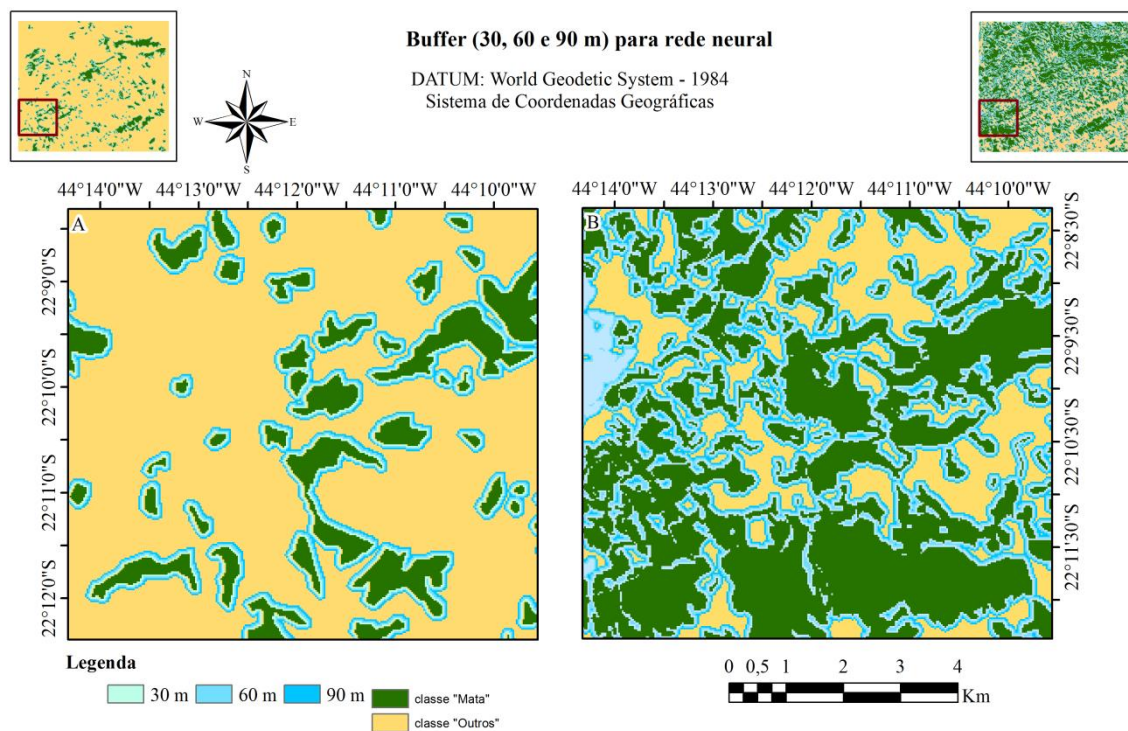


Figura 2. *Buffer* de distâncias em relação aos fragmentos florestais. **A:** *buffer* de distâncias para 1966 e **B:** *buffer* de distâncias para 1985.

3. Resultados e Discussões

3.1 Dinâmica da paisagem

Os resultados da interpretação visual para as cartas topográficas, para a imagem TM/Landsat-5 e para OLI/Landsat-8 são apresentadas na Figura 3. A partir desses produtos, a álgebra de mapas permitiu a obtenção dos mapas de dinâmica da vegetação para os períodos de 1966-185, 1985-2015 e 1966-2015, conforme apresentado na Figura 4.

Os resultados mostram que no intervalo 1966-1985, a regeneração florestal ocorreu em 28.965,33 ha, enquanto o desmatamento foi de 1.700,01 ha. No intervalo de 1985-2015, a área de avanço de florestal representou 14.345,10 ha, enquanto o desmatamento representou 9.019,08 ha.

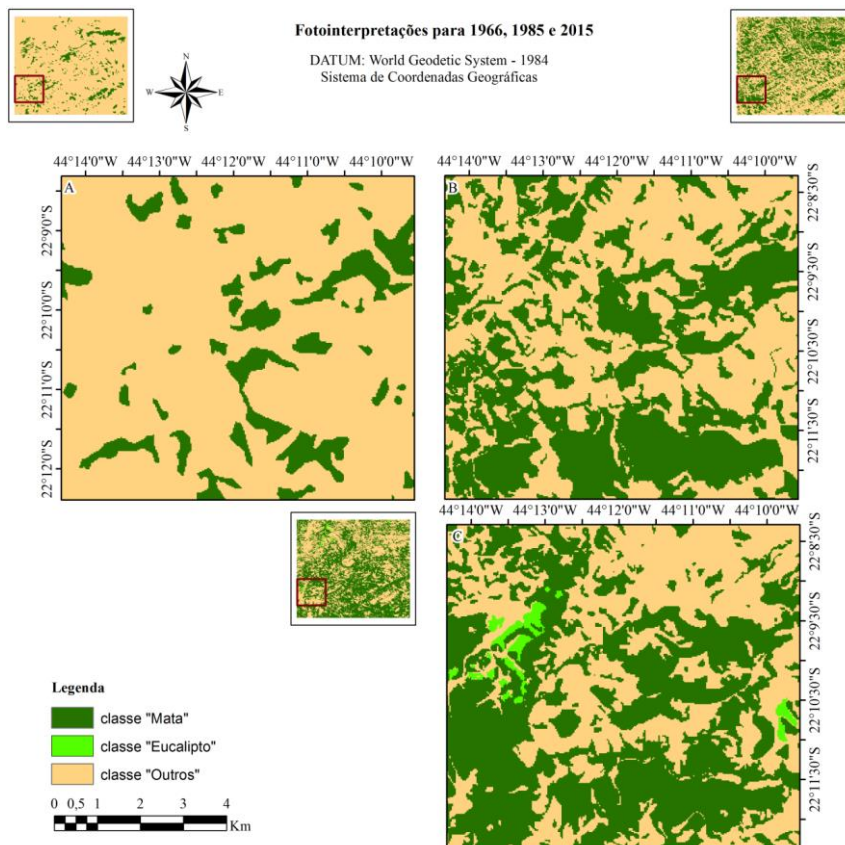


Figura 3. Resultados da interpretação visual para A: 1966, B: 1985 e C: 2015.

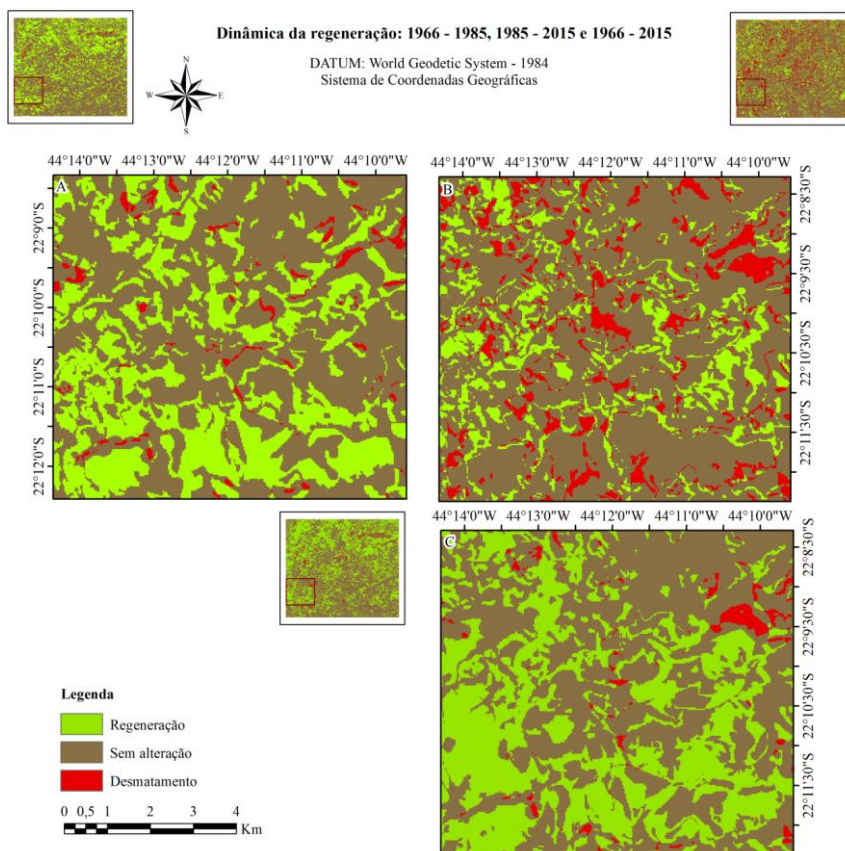


Figura 4. Dinâmica da paisagem para A: 1966-1985, B: 1985-2015 e C: 1966-2015.

As Tabelas 2 e 3 apresentam a distribuição das classes de dinâmica da paisagem (“Regeneração”, “Sem alteração” e “Desmatamento”) em relação às faces de exposição do terreno para os intervalos 1966-1985 e 1985-2015, respectivamente. Para o primeiro intervalo de tempo, aproximadamente 38% da regeneração ocorreu em faces voltadas ao Sul, ou seja, faces que apresentam temperaturas mais amenas. Para o segundo período, a regeneração florestal em faces Sul representou aproximadamente 24% do total. Essa redução está relacionada, provavelmente, ao fato de as áreas voltadas para o Sul já apresentarem vegetação no segundo período.

Destaca-se a face Sul para o processo de regeneração pelo fato dessas faces apresentarem condições mais propícias ao desenvolvimento da vegetação secundária (Guariguata e Ostertag, 2001). As faces voltadas ao Leste também apresentam condições mais amenas em relação às faces voltadas a Oeste, no entanto, essa diferença não é tão pronunciada quanto a diferença entre as faces Norte e Sul.

Para o intervalo de tempo de 1966 a 2015, o acréscimo em vegetação nas faces voltadas para o Sul representou aproximadamente 34% do total regenerado e as faces Leste contribuíram com aproximadamente 23% do total.

Tabela 2. Distribuição de “classes” em relação às faces de exposição entre as interpretações visuais de 1966 e 1985. Os valores constantes na tabela estão em hectares (ha).

Classes	Faces de Exposição				Total
	Norte	Sul	Leste	Oeste	
Acréscimo	4.282,11 (14,78%)	11.144,16 (38,47%)	5.887,53 (20,32%)	7.651,53 (26,41%)	28.965,33
Desmatamento	343,98 (20,23%)	518,04 (30,47%)	523,17 (30,77%)	314,91 (18,52%)	1.700,10
Sem alteração	17.971,11 (29,76%)	13.598,37 (22,51%)	16.608,96 (27,50%)	12.208,32 (20,21%)	60.386,76

Tabela 3. Distribuição de “classes” em relação às faces de exposição entre as interpretações visuais de 1985 e 2015. Os valores constantes na tabela estão em hectares (ha).

Classes	Faces de Exposição				Total
	Norte	Sul	Leste	Oeste	
Acréscimo	3.997,44 (27,86%)	3.485,61 (24,29%)	3.844,26 (26,79%)	3.017,79 (21,03%)	14.345,10
Desmatamento	1.569,78 (17,40%)	2.869,56 (31,81%)	2.041,02 (22,63%)	2.538,72 (28,14%)	9.019,08
Sem alteração	17.029,98 (25,15%)	18.905,4 (27,93%)	17.134,38 (25,31%)	14.618,25 (21,59%)	67.688,01

3.2 Modelagem por redes neurais

Na tentativa de identificar o incremento da vegetação por redes neurais, os resultados não foram satisfatórios. Com as variáveis utilizadas como entrada para a rede neural, apenas 32% da regeneração florestal observada para o período 1985-2015 foi corretamente prognosticado. A Figura 5 mostra os resultados encontrados para a predição da regeneração florestal pela rede neural.

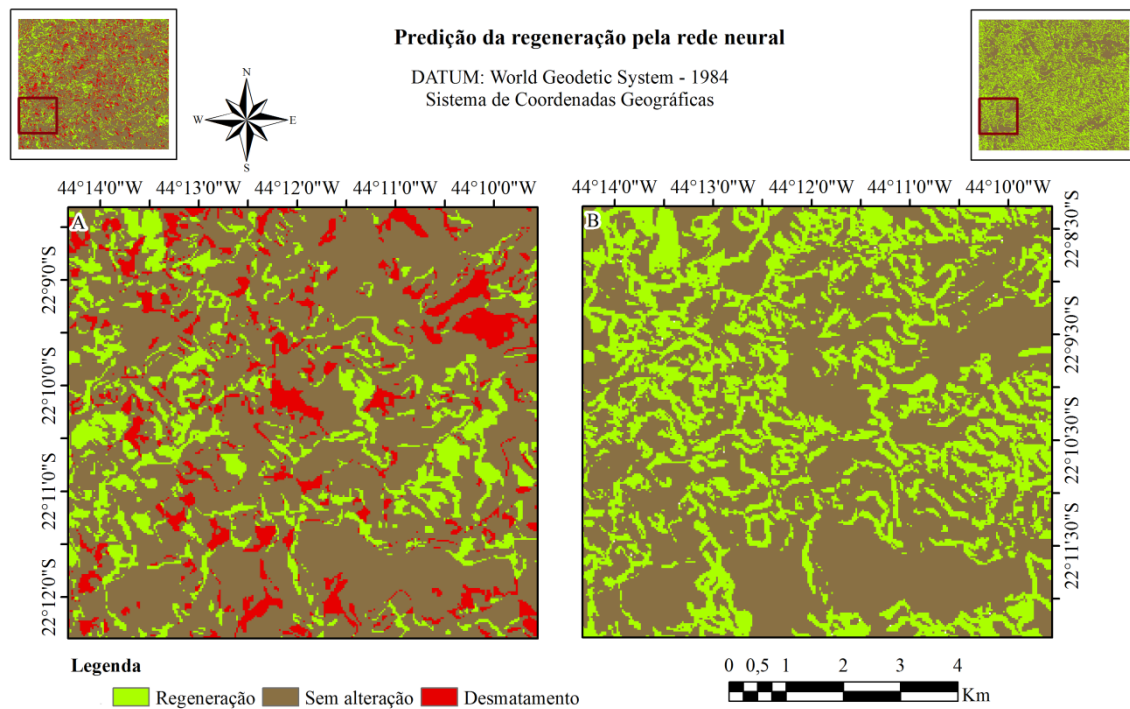


Figura 5. Mudanças na composição da cobertura do solo. A: entre 1985 e 2015 pela interpretação visual e B: predição da área regenerada pela rede MLP.

Mas et al., 2004 utilizaram redes neurais para predição do desmatamento a partir de variáveis ambientais e da classificação de imagens TM/Landsat-5, encontrando correspondência de 68,6%. No entanto, esses autores levaram em consideração um número bem maior de variáveis (elevação, inclinação do terreno, tipo de solo, fragmentação florestal da cobertura florestal, entre outras), o que indica que as redes neurais são capazes de prever aspectos relacionados à dinâmica da vegetação desde que se explore um número adequado de variáveis possivelmente explicativas.

4. Conclusões

Os resultados encontrados permitiram concluir que as áreas de regeneração florestal natural ocorrem de maneira mais expressiva em faces de exposição voltadas para o Sul, por essas apresentarem condições climáticas mais adequadas ao estabelecimento da sucessão secundária. Além disso, a modelagem por redes neurais, com as variáveis utilizadas no presente trabalho, não foi satisfatória para o processo de regeneração natural, sendo indicado o estudo de novas variáveis para que tal modelagem seja eficiente para o objetivo aqui proposto.

5. Referências Bibliográficas

Bernardo, W.L. **Pluriatividade entre produtores de leite de Guiricema e Ubá: reflexões para a ação extensionista**. 2009. 159 f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2009.

Guariguata, M.; Ostertag, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, v. 148, n. 1-3, p. 185-206. 2001.

Mas, J.F.; Puig, H.; Palacio, J.L.; Sosa-López, A. Modelling deforestation using GIS and artificial neural networks. **Environmental Modelling & Software**, v. 19, n. 5, p. 461-471. 2004.



Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Da Fonseca, G. A.; Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

Ribeiro, M.C.; Metzger, J.P.; Martensen, A.C.; Ponzoni, F.J.; Hirota, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153. 2009.