

**Uso de SIG no zoneamento agroecológico de pequena escala para *Araucaria angustifolia*,  
*Hymenaea courbaril* e *Myrocarpus frondosus* para a Bacia Hidrográfica do Rio  
Itapemirim - ES**

Gabriel Souza Mendonça<sup>1</sup>  
Yhasmin Gabriel Paiva<sup>1</sup>  
Kennedy Ribeiro da Silva<sup>1</sup>  
Mauro Eloi Nappo<sup>1</sup>  
Roberto Avelino Cecílio<sup>1</sup>  
José Eduardo Macedo Pezzopane<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Espírito Santo - UFES/Nedtec

Caixa Postal 16 - 29500-000 - Alegre - ES, Brasil

forestgsm@yahoo.com.br/ yhasminp@hotmail.com / kennedyfloresta03@hotmail.com /  
mauro@cca.ufes.br/ rcecilio@cca.ufes.br / jemp@npd.ufes.br

**Abstract.** Geographic information systems are efficient tools for planning forest areas and silvicultural practices. Itapemirim river watershed (Espírito Santo – Brazil) has a great diversity climatic sites that allows good development of many commercial forest species. This paper presents the zoning of areas with ecological aptitude to the cultivation of *Araucaria angustifolia*, *Hymenaea courbaril* and *Myrocarpus frondosus* species at Itapemirim river watershed. Environmental (Brazilian laws), climatic (rainfall, water deficit and air temperature), soil and topographical (SRTM elevation data and slope aspect) data were used. The maps obtained had been satisfactory for the watershed macroregion, being an initial reference for implantation of commercial cultivation areas of the studied species.

**Palavras chave:** ecological zoning, geographical information system, silviculture, zoneamento agroecológico, sistema de informações geográficas, silvicultura.

## **1. Introdução**

O estado do Espírito Santo possui atualmente cerca de 189.600 ha de florestas plantadas, utilizadas para diversos fins (celulose, fabricação de móveis, caixas, artefatos para construção civil, carvão, entre outros), que movimentam R\$ 2,5 bilhões/ano, representando 16,3% do PIB estadual, e geram 60 mil empregos diretos e indiretos. Estudos elaborados pelo Fórum Socioeconômico do Estado do Espírito Santo, em 1992, apontaram que o estado possui 1/3 de sua área com aptidão para silvicultura, dos quais 3,01% (137.214 ha) são indicados exclusivamente para silvicultura e 31,67% (1.443.998 ha) com aptidão preferencial para silvicultura Seag-ES (2005). Diante da importância do setor florestal para o estado, a necessidade de informações técnicas coerentes na área florestal se torna cada vez maior, principalmente àquelas referentes às condições ideais de implantação de povoamentos florestais de produção.

Segundo Paiva (2004), para plantar árvores, deve-se cuidadosamente considerar o objetivo do plantio, as condições de clima e solo da região e a espécie desejada. Vários aspectos afetam o povoamento florestal, como variações de temperaturas, precipitação, redução da umidade relativa do ar, diminuição da intensidade luminosa, profundidade de solos e topografia, não podendo, na maioria das vezes, separá-los. Para cada planta, há um ambiente ecológico ótimo, no qual todas as funções são harmonicamente ajustadas.

Muitos povoamentos florestais não obtiveram bons resultados durante o período dos incentivos fiscais federais entre 1967 e 1986, pois o conhecimento da interação entre esses fatores base da silvicultura era incipiente.

Os sistemas de informações geográficas são ferramentas eficientes para a otimização do planejamento das práticas silviculturais no que tange a informações prévias para a implantação do povoamento florestal. Para Rocha (1995), elaborar um zoneamento consiste em dividir uma área em parcelas homogêneas, com características fisiográficas e ecológicas semelhantes, nas quais se autorizam determinados usos e atividades e se interditam outros.

Visto que, a bacia do Rio Itapemirim possui uma diversidade de sítios edafo-climáticos que proporcionam o bom desenvolvimento de várias espécies florestais de interesse comercial, o objetivo deste trabalho foi, a utilização do sistema de informações geográficas (SIG) com base de dados SRTM para identificação de áreas aptas na referida bacia para implantação de plantios comerciais de *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze (pinheiro-do-paraná), *Hymenaea courbaril* (Hayne) Lee & Langenheim (jatobá) e *Myrcarpus frondosus* Freire Alemão (cabriúva) determinando assim, regiões que apresentam as melhores condições para o desenvolvimento da cultura através do zoneamento agroecológico.

## 2. Materiais e Métodos

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do Rio Itapemirim, localizado no Sul do estado do Espírito Santo, possuindo área de 687.000 ha, e estando geograficamente situada entre os meridianos - 40°48'e - 41°52' e os paralelos - 20°10' e - 21°15'. O clima da região enquadra-se no tipo Cwa (inverno seco e verão chuvoso), de acordo com a classificação de Köppen. A região ainda é caracterizada por uma topografia muito acidentada, intercalada por reduzidas áreas planas.

A bacia em questão abrange 17 municípios, possuindo segundo o censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1996, uma população de cerca de 410 mil habitantes, o que corresponde a quase 25% da população do estado do Espírito Santo. As atividades agrícolas mais ocorrentes na área da bacia são a pecuária extensiva e cafeicultura.

As espécies utilizadas para o zoneamento foram *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná), *Hymenaea courbaril* (jatobá) e *Myrcarpus frondosus* (cabriúva) sendo a primeira de menor ocorrência no estado do Espírito Santo.

De acordo com trabalhos de Golfari (1975) e Nappo et al. (2005) definiu-se os seguintes parâmetros para a realização do zoneamento: climáticos, representados pela precipitação, déficit hídrico e temperatura; topográficos, através da altitude e aptidão agrícola em relação à declividade local e os tipos de solo presentes na bacia.

Para cada espécie, buscou-se a partir de trabalhos estabelecidos o conhecimento as exigências climáticas, edáficas e de relevo para que apresentassem o melhor potencial produtivo (**Tabela 1**).

Foram utilizados dados de precipitação média anual, coletados em 13 postos pluviométricos na bacia e três fora dos seus limites no período de 1976 a 1997. A inclusão de postos pluviométricos fora do limite da bacia teve como objetivo eliminar o efeito de borda no processo de interpolação, sendo também utilizado Andrade (1998).

**Tabela 1:** Exigências estabelecidas para a implantação de povoamentos de produção para as espécies trabalhadas, na Bacia (Adaptado de CARVALHO, 1994). T = temperatura, P = precipitação e DH = déficit hídrico.

Espécie	—Aspectos Climáticos—			— Aspectos Edáficos—	
	T (°C)	P (mm)	DH (mm)	Solos	Aptidão Agrícola
<i>Araucária angustifolia</i> *	13,2 a 21,4	1200 a 2000	0 a 400	De profundos a moderadamente profundos, bem estruturados e drenados	De acordo com a legislação florestal e o grau de tecnificação
<i>Hymenaea courbaril</i> *	18,1 a 26,2	1000 a 2400	0 a 400		
<i>Myrocarpus frondosus</i> *	16,4 a 26,1	1000 a 3700	0 a 400		

Fontes: \* Adaptado de Golfari (1975), Carvalho (1994) e Nappo et al. (2005).

Os dados topográficos relativos à altimetria foram obtidos dos modelos digitais de elevação originários de dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponibilizado pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) através do endereço eletrônico: [http://www.jpl.nasa.gov/srtm/southamerica\\_ra\\_dar\\_imagens.html](http://www.jpl.nasa.gov/srtm/southamerica_ra_dar_imagens.html). Estes apresentam resolução espacial de 90 m e escala de 1: 250.000.

Como nos postos pluviométricos da ANA não são realizadas medidas de temperatura do ar, essa variável foi estimada em função da altitude e latitude do local, através do modelo matemático desenvolvido por Pezzopane et al. (2004) ajustado para todo o estado do Espírito Santo (equação 1). Neste, a latitude e a altitude são as variáveis independentes do modelo, demonstrado a seguir:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 ALT + \beta_2 LAT \quad (1)$$

em que:  $Y_i$  = Temperatura do ar (°C); ALT = Altitude (m); LAT = Latitude, em graus e décimos;  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  = coeficientes da equação de regressão.

Através deste modelo, foram calculadas as temperaturas médias mensais do ar para cada célula (pixel) do modelo digital de elevação (MDE) e o mapa de latitude, a partir dos coeficientes ajustados pelos autores para cada mês possibilitando, assim, a geração de cartas digitais da condição térmica em toda a bacia do Rio Itapemirim.

O balanço Hídrico foi calculado para cada posto pelo modelo proposto por Thornthwaite e Mather (1955), que é baseado na temperatura média do ar e radiação solar no topo da atmosfera. A disponibilidade hídrica foi determinada a partir de resultados dos balanços hídricos climatológicos médios calculados em função dos dados de chuva e evapotranspiração mensais.

Na espacialização dos dados climáticos, foi utilizado o *software SURFER*, versão 6.01 para *Windows*. O método utilizado na interpolação foi o da Krigagem linear.

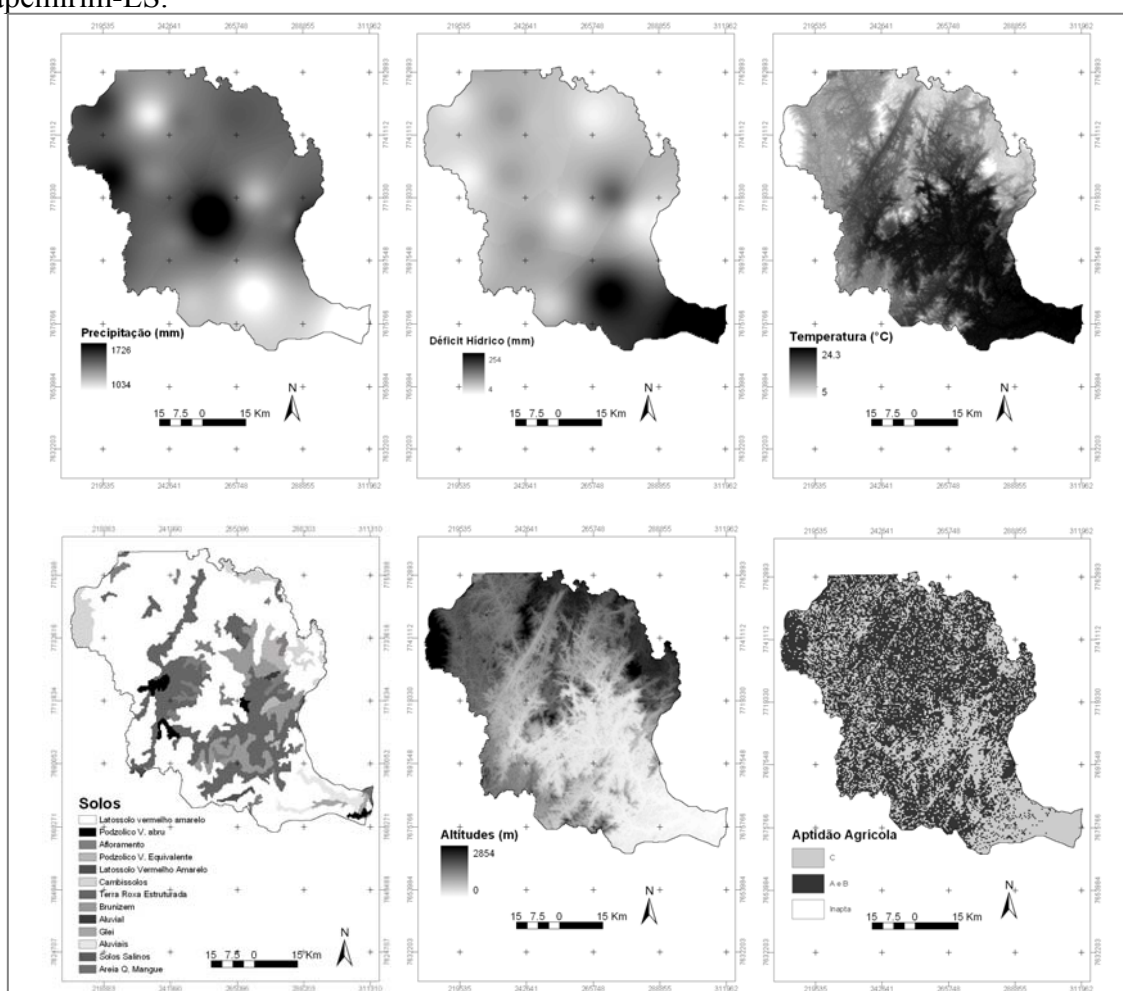
O mapa de aptidão agrícola foi definido a partir da declividade da região da bacia, produzida através dos dados SRTM de altitude. Segundo a legislação, no Novo Código Florestal Brasileiro, Lei N° 4.771, de 15 de setembro de 1965, as áreas de preservação permanente (APP's) são aquelas reservadas à manutenção dos ecossistemas intactos. Para efeito deste zoneamento as APP's associadas a proteção do recursos hídricos e as declaradas pelo poder público não foram observadas na escala deste trabalho. Sendo assim foram restritas as APP's: em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação; no topo de morros, montes, montanhas e serras; e nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive.

Para efeitos da aptidão do solo em relação ao nível de manejo foi convencionado que Nível A representa a ausência de práticas mecanizadas e baixo nível tecnológico, Nível B mecanização rudimentar e médio nível tecnológico, e Nível C mecanizado e alto nível tecnológico. Para esta classificação foram observadas as restrições a mecanização impostas

pela declividade do terreno onde de 0° (0%) até 11,3° (20%) aptas para manejo nível C, acima de 11,3° (20%) até 17° (30%) aptas para manejo nível B, maior que 17° até 45° (100%) aptas para manejo nível A, acima de 45° inapta para alteração do uso e ocupação do solo por ser área de preservação permanente. As classes de solos da bacia foram obtidas por meio da digitalização da carta do Estado do Espírito Santo, produzida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) realizada na escala 1: 400.000. De acordo com a carta, a bacia do Rio Itapemirim apresenta doze categorias de solos dos quais os considerados aptos para a implantação de povoamentos florestais foram os de perfis profundos a moderadamente profundos, bem estruturados e drenados.

De posse das informações ambientais da bacia, e tendo sido estabelecidas a exigência para cada uma das espécies foi realizada o cruzamento das informações selecionando assim as áreas aptas e inaptas para o plantio de cada espécie do com o nível de detalhamento permitido para um zoneamento de pequena escala.

Na **Figura 1**, são apresentados os mapas dos parâmetros ambientais da bacia do Rio Itapemirim-ES.



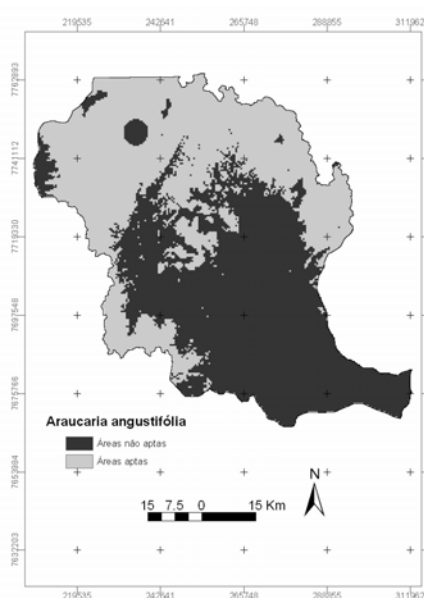
**Figura 1:** Mapas dos parâmetros climáticos, edáficos e de relevo da bacia do Rio Itapemirim.

### 3. Resultados e Discussão

Conforme ilustrado na **Figura 1**, a Bacia do Rio Itapemirim apresentou áreas potenciais para o plantio de todas as três espécies para reflorestamentos de produção conforme as exigências estabelecidas como base na **Tabela 1**.

A espécie *Araucaria angustifolia* que ocorre de forma natural no Brasil apresentou 46,9% (278.229,1 ha) de áreas aptas na bacia do Rio Itapemirim. A Figura 2 corrobora os estudos de Ruschi (1950) que constatou a presença da espécie em questão no estado do Espírito Santo, crescendo espontaneamente, em meio natural, num relicto na Serra do Caparaó, acima de 1.700 m de altitude, sendo encontrada, preferencialmente, em cotas altitudinais que variam de 500 a 1.800 m. Pode-se observar então que o fator preponderante para a identificação das zonas aptas foi a altitude, caracterizado na figura abaixo pelas áreas mais ao norte da bacia, que estão próximas a Serra do Caparaó onde se localiza o Pico da Bandeira, terceiro ponto mais alto do território brasileiro. As áreas mais ao sul e a região litorânea foram consideradas em sua maioria inaptas.

A bacia possui então, quase metade de sua área apta para o plantio do pinheiro-do-paraná cuja madeira serrada e roliça apresenta boas características físicas e mecânicas em relação à sua massa específica, sendo indicada para construções em geral, caixotaria, móveis, laminados e vários outros usos Mainieri e Chimelo (1989). Visto que, o pinheiro-do-paraná sob a forma de madeira serrada e laminada foi, por um longo período, um dos produtos mais importantes na exportação brasileira.

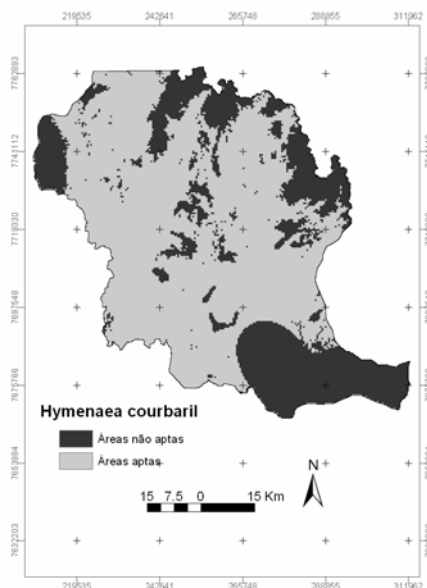


**Figura 2** – Áreas aptas e inaptas ao plantio de *Araucaria angustifolia* (Bertoloni).

A espécie *Hymenaea courbaril*, segundo os autores Jesus (1988) e Lopes et al. (2000), ocorre de forma natural no estado do Espírito Santo com variação altitudinal de 30 m, no Espírito Santo a 1.300 m de altitude, em Minas Gerais. Assim sendo, plantio do jatobá apresentou-se compatível para 68,7% da bacia abrangendo 406733,1 ha de áreas aptas, como pode ser observado na **Figura 3**.

Somente as áreas no sul da bacia, onde se localiza a cidade litorânea de Itapemirim e algumas zonas isoladas ao norte, não são indicadas ao plantio. A implantação de um povoamento florestal de jatobá justifica-se pela sua madeira, útil na construção civil e na carpintaria, em acabamentos internos e construções externas como obras hidráulicas, postes dormentes. O tronco, os ramos e as raízes do jatobá segregam resina avermelhada, conhecida por jutaicica, que é utilizada na fabricação de verniz Carvalho (1994). Os frutos são comestíveis Andersen e Andersen (1988) e, já podem ser encontrados em supermercados das

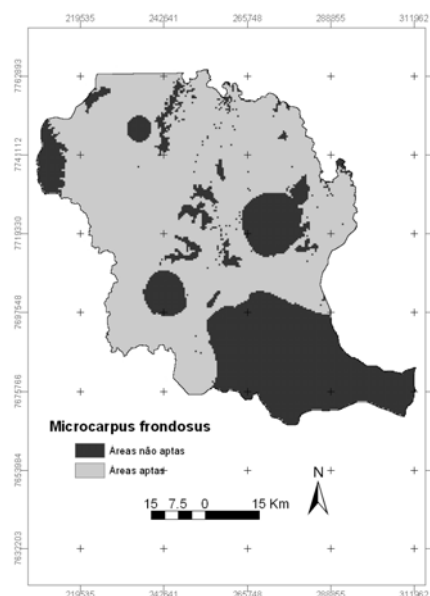
grandes cidades. Caracterizando-se assim, uma espécie florestal que se enquadra no conceito de floresta de usos múltiplos com potencial de mercado.



**Figura 3** – Áreas aptas e inaptas ao plantio de *Hymenaea courbaril* (Hayne).

A essência florestal *Myrocarpus frondosus* é encontrada, naturalmente, na Floresta Estacional Semidecidual, principalmente, onde ocupa o dossel superior Roderjan (1990). Ocorre de forma natural no Espírito Santo Rizzini et al. (1997) e Lopes et al. (2000), em altitudes que variam de 30 m a 1200 m. Cerca de 66,17% da área contida na bacia apresentou zonas aptas para a cultura florestal em questão, isso corresponde a 391843,4578 ha. Assim como as demais espécies, as áreas com baixa altitude e compreendidas no litoral foram restrita à implantação da cabriúva.

O plantio de cabriúva para fins econômicos pode ser rentável, pois, sua madeira é indicada para construção civil, marcenaria, construção naval, móveis comuns e de luxo, balcões, cabos de ferramentas e produz lenha de boa qualidade. Mourões de cabriúva têm uma vida útil de até doze anos Mucci et al. (1992).



**Figura 4** - Áreas aptas e inaptas ao plantio de *Microcarpus frondosus* Freire Alemão.

#### 4. Conclusões

O uso do sistema de informações geográficas (SIG) contribuiu de forma satisfatória nos resultados do zoneamento agroecológico das essências florestais, apesar do nível de detalhamento ser reduzido em função escala trabalhada nos mapas ser pequena.

A bacia do apresentou uma porcentagem significativa de áreas aptas para o plantio das três espécies, excluindo as zonas compreendidas na porção sul e no litoral consideradas inaptas, principalmente, devido às baixas altitudes.

#### 5. Referências

- Andersen, O.; Andersen, V. U. **As frutas silvestres brasileiras**. Rio de Janeiro: Globo, 1988. 203p.
- Andrade L. A. **Classificação ecológica do território brasileiro situado a leste do meridiano de 44° oeste e ao norte do paralelo de 16° sul**: uma abordagem climática. 1998. 147p. Dissertação (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.
- Carvalho, P. E. R., **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. - Colombo: EMBRAPA – CNPF; Brasília-DF, 1994. 640p.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 1999. 1412p.
- Golfari, L., **Zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento**. PNUD/FAO/IBDF – BRA/71/545, 1975. 65p. (Série Técnica nº 3).
- Jesus, R. M. de. A reserva florestal da CVRD. In: Congresso Florestal Estadual, 6., 1988, Nova Prata. **Anais**. Nova Prata: Prefeitura Municipal de Nova Prata / Meridional, 1988. v.1, p.59-112.
- Lopes, J. C.; Thomaz, L. D.; Areas, H.A.; Silva, D.M. Levantamento florístico e fitossociológico dos remanescente de Mata Atlântica no Parque Nacional do Caparaó – Ibitirama – ES. In: Congresso e Exposição Internacional Sobre Florestas, 6., 2000, Porto Seguro. **Resumos Técnicos**. Rio de Janeiro: Instituto Ambiental Biosfera, 2000. p.325-326.
- Mainieri, C.; Chimelo, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989. 418p.

- Mucci, E. S. F.; Lopez, G. A. C.; Montagna, R.G. Durabilidade natural de madeiras em contato com o solo IV. In: Congresso Nacional Sobre Essências Nativas, 2., 1992, São Paulo. **Anais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p.558-563. Publicado na Revista do Instituto Florestal, v.4, parte 2, edição especial, 1992.
- Nappo, M. E.; Nappo, A. E.; Paiva, H. N. Zoneamento Ecológico de Pequena Escala para Nove Espécies Arbóreas de Interesse Florestal no Estado de Minas Gerais. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. Periodicidade Semestral – Edição Número 5– Janeiro de 2005 - Issn 1678-3867.
- Paiva, H. N.; Vital, B.R. **Escolha da espécie florestal**. Viçosa: UFV, 2003. 42p. (Cadernos didáticos; 93).
- Pezzopane, J. E. M.; Santos, E.; Eleutério, M. M.; A.; Reis, E. F.; Santos, A. R. Espacialização da temperatura do ar no Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.12, n.1,p.151-158, 2004.
- Rizzini, C. M.; Aduan, R. E.; Jesus, R. De.; Garay, I. Floresta pluvial de tabuleiro, Linhares, ES, Brasil: sistemas primários e secundários. **Leandra**, Rio de Janeiro, v.12, p.54-76, 1997.
- Rocha, J. S. M. Da. **Área de proteção ambiental (APA) de Osório Morro da Borússia**. Osório: Prefeitura Municipal de Osório, 1995. 188 p.
- Roderjan, C. V. **Caracterização da vegetação do Parque Florestal Ibicatú em Centenário do Sul, PR**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1990. 10p. Mimeografado.
- Ruschi, A. Fitogeografia do Estado do Espírito Santo. **Boletim do Museu de Biologia Prof. Mello Leitão: Série Botânica**, Santa Tereza, n.1, p.2-353, 1950.
- Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (Seag). Silvicultura. Disponível em: <[http://www.seag.es.gov.br/silvicultura\\_facilitadores.htm](http://www.seag.es.gov.br/silvicultura_facilitadores.htm)>. Acesso em: 03 nov. 2006.
- Thorntwaite, C.W., Matter, J.R. **The water balance**. New Jersey: Publications in Climatology, 8, Centerton, New Jersey, 1955. 150p.