

As Fases da Silvicultura no Brasil*

Alessandro Antonangelo**

Carlos José Caetano Bacha***

Sumário: 1. Introdução; 2. O período anterior aos incentivos fiscais concedidos ao reflorestamento/florestamento; 3. O período dos incentivos fiscais concedidos ao reflorestamento/florestamento; 4. O período posterior aos incentivos fiscais concedidos ao reflorestamento/florestamento; 5. Modelo econométrico de expansão da área reflorestada; 6. Teste da equação da área reflorestada/florestada; 7. Conclusões.

Palavras-chave: Silvicultura; área reflorestada; produtividade; custos.

Código JEL: Q00.

O objetivo deste trabalho é analisar a evolução da silvicultura brasileira, distinguindo as três fases pelas quais passou esta atividade. Auxiliando a análise, estima-se um modelo econométrico que explica a expansão da área reflorestada. A primeira fase da silvicultura brasileira, que vai do descobrimento do Brasil até 1965, se caracterizou, principalmente, por vários reflorestamentos de caráter científico ou ornamental e com algumas experiências localizadas de implantação de maciços florestais homogêneos. A segunda fase compreendeu o período de 1966 a 1988 e se caracterizou por grande expansão do reflorestamento, mas sem preocupação com os custos de produção, pois os incentivos fiscais, então existentes, cobriam generosamente os custos de implantação e condução das matas plantadas até o 4º ano. A terceira fase (que ocorre desde 1989 até o presente momento) caracteriza-se por uma silvicultura preocupada com a eficiência e, portanto, buscando controlar os custos de produção e aumentar a produtividade. Os resultados econométricos do modelo estimado para a área reflorestada quantificam as influências sobre a área reflorestada dos preços da madeira, dos incentivos fiscais, da produtividade e dos custos dos insumos e fatores de produção.

This paper discusses the Brazilian forestry evolution and presents an econometric model to explain the reforested area expansion. The evolution of the Brazilian forestry occurred in three phases. The first phase occurred until 1965, when happened some small scientific/ornamental reforestation and a few large scale reforestation in specific regions. The second phase occurred during the period from 1966 to 1988 and was characterized by the large scale reforestation without too much attention to efficiency issues. The fiscal incentives were abundant during this phase and covered all costs expended on the four initial years of reforestation. The third and actual phase has

* Artigo recebido em dez. 1996 e aprovado em ago. 1997.

** Mestre em economia aplicada, Esalq/USP.

*** Professor associado, Esalq/USP.

occurred since 1989, and it has been characterized by the search for efficiency through the control of production costs and efforts directed to increase yields. Our econometric model shows how reforested area is affected by wood prices, fiscal incentives, yields of reforested area, and costs of the inputs used in the reforestation.

1. Introdução

O objetivo deste trabalho é analisar a evolução da silvicultura no Brasil, distinguindo as diferentes fases pelas quais tem passado esta atividade em nosso país.

De acordo com IBGE (1984:66), “silvicultura é a cultura de essências florestais e extração de produtos dessas essências (madeira, lenha, amêndoas, ceras, gomas etc.)”. Em nosso trabalho nos ateremos mais ao aspecto do plantio de essências florestais, sendo a expansão da silvicultura avaliada através da expansão da área reflorestada/florestada.¹ Além disso, concentramos nossa atenção nos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, cujas espécies são as mais plantadas no Brasil.

A expansão da silvicultura no Brasil apresentou três fases.² A primeira fase correspondeu ao período que vai do descobrimento do Brasil até o início dos incentivos fiscais concedidos ao reflorestamento/florestamento (período de 1500 a 1965). A segunda fase abrangeu o período de vigência dos incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento (1966-88). A terceira fase cobre o período pós-incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento (de 1989 até hoje).

Dessas fases, a primeira foi abordada, superficialmente, por poucos trabalhos (ver Gurgel Filho, 1962; Canciulli, 1954), sendo que a segunda fase já foi foco de análise de diversos trabalhos, como: Beattie (1975), Berger (1979), Arienti (1983), Prado (1990), Bacha (1993), Santana, Bacha, Barros e Teixeira (1994), entre outros. Não obstante, nada foi documentado sobre a terceira fase. Assim, constata-se que ainda carecemos de um trabalho mais abrangente que aborde a evolução da silvicultura no Brasil, e que procure reunir as informações existentes sobre esta atividade.

¹ O plantio de florestas pode ser feito por florestamento ou reflorestamento, dependendo da composição vegetal original da região onde ocorre o plantio de árvores.

² A importância dos incentivos fiscais destinados ao reflorestamento já tinha feito Leite (1979) considerar duas fases na evolução da silvicultura brasileira, a saber: o período até 1965 e o período a partir de 1966. Acrescentamos, aqui, a terceira fase, que inicia-se após a extinção desses incentivos fiscais.

Por isso, o presente trabalho analisa a evolução da silvicultura brasileira, mostrando as diferenças que existiram entre as fases pelas quais passou esta atividade. Em seguida, elaboramos um modelo econométrico de expansão da área reflorestada, que é estimado de modo a evidenciar que variáveis exerceram maior influência sobre o reflorestamento. Por fim, apresentamos as conclusões do presente trabalho.

2. O Período Anterior aos Incentivos Fiscais Concedidos ao Reflorestamento/Florestamento

Quando o Brasil foi descoberto, iniciou-se um processo de destruição de suas matas nativas, ocorrendo poucos reflorestamentos até 1965. Durante todo esse período a nação assistiu, com relativa passividade, a esse processo. Tudo o que foi feito em termos de plantio e reconstituição do nosso patrimônio florestal foi sempre muito pouco significativo diante do que tínhamos em termos de desmatamento.

Conforme Siqueira (1990), a atividade florestal instalou-se no Brasil logo após o seu descobrimento, através da exploração do pau-brasil, que, por muito tempo, constituiu-se na principal atividade econômica aqui realizada.

Até o início dos incentivos fiscais ao florestamento e reflorestamento (aprovado em 1965 e iniciado em 1966), tínhamos uma atividade florestal extrativista, nômade, que se caracterizava como antecessora de grandes ciclos econômicos nacionais, como foram os casos, por exemplo, do café, da cana-de-açúcar e da própria pecuária, que sempre foram precedidos por um intenso desperdício de material lenhoso.

Segundo Pereira (1990), as primeiras décadas do presente século foram um período de crise e ao mesmo tempo de acontecimentos importantes (como, por exemplo, a introdução do eucalipto no Brasil) para o setor florestal brasileiro. Após longo tempo de intenso extrativismo, as matas de “madeiras duras”, mais próximas dos centros consumidores, começaram a se exaurir. As reservas de *Araucaria angustifolia*, única fonte viável de “madeira mole” e fibra longa do país, já apresentavam igual tendência. Além do mais, o manejo sustentado das formações naturais e o cultivo de essências nativas em grande escala não se mostravam animadores.

Enquanto isso, prossegue Pereira (1990), a demanda de produtos florestais aumentava, já que a população crescia e a nação iniciava o seu processo de industrialização.

Nesse período anterior à introdução dos incentivos fiscais na dinamização do reflorestamento, tivemos, principalmente, esforços pioneiros na introdução de plantios homogêneos de eucalipto e *pinus*, muitos dos quais com intuito científico ou ornamental.

2.1 A introdução da eucaliptocultura no Brasil

Segundo Joly (1975), “o *Eucalyptus*, L’Héritr, é um gênero de plantas da família das mirtáceas, da tribo das Leptospermeas, que conta com centenas de espécies e grande número de variedades e de híbridos”.

Sobre o eucalipto, Andrade (1961) nos diz que a quase totalidade das espécies são indígenas da Austrália,³ inclusive da Tasmânia, onde formavam densas e vastas florestas, constituindo boa parte da riqueza florestal da Oceania. Muitas espécies de eucalipto apresentam dimensões gigantescas, havendo, porém, um grande número de outras, de porte mediano e arbustivo.

É difícil determinar, com segurança, a data exata da introdução do eucalipto no Brasil. Sabe-se que tal introdução ocorreu no século passado mas, segundo Cianciulli (1954), foi Edmundo Navarro de Andrade quem, no presente século, trouxe o maior número de espécies de eucalipto da Austrália para o estado de São Paulo, e, conseqüentemente, para o Brasil como um todo.

Gurgel Filho (1962) também salienta os esforços empreendidos por Edmundo Navarro de Andrade para o estabelecimento, no Brasil, da cultura racional do eucalipto. Contudo, o citado autor relembra as atividades técnicas e científicas desenvolvidas pelo Serviço Florestal do Estado de São Paulo no estabelecimento da eucaliptocultura.

Edmundo Navarro de Andrade, em 1903, logo após a sua formatura (ocorrida em Coimbra), ao regressar ao Brasil, foi convidado pelo então presidente da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, conselheiro Antônio Prado, a assumir o cargo de diretor do Horto de Jundiaí, onde iniciou, em 1904, os estudos comparativos do desenvolvimento de essências florestais indígenas e exóticas de valor econômico.

Nesse ensaio, o eucalipto avantajou-se de tal forma sobre as demais essências que a Companhia Paulista não teve dúvidas, e, ao adquirir mais terras, em

³ Há exceções representadas por seis espécies (cinco das ilhas da Nova Guiné e Timor e uma das Molucas).

1909, em Rio Claro, optou pela opinião de Navarro de Andrade, intensificando a cultura do eucalipto.

Já em Rio Claro, em 1910, Navarro de Andrade plantava uma coleção de várias espécies de eucalipto e iniciava o trabalho de viveiros em maior escala, com 123 espécies das 144 que tentou introduzir em São Paulo.

Navarro de Andrade, como ele mesmo afirmou, não pretendeu resolver o problema do reflorestamento de São Paulo ou do Brasil com o eucalipto. Resolveu ele, apenas, o problema que lhe foi proposto e que era o de fornecer, rapidamente, combustível para as locomotivas da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, e, também, madeira para postes, dormentes e outras aplicações.

O que aconteceu, no entanto, foi que os lavradores do estado de São Paulo, desejando formar recursos florestais em suas propriedades e não tendo outras fontes de informações para orientar essas culturas, aproveitaram os ensinamentos de Navarro de Andrade e passaram a usar o eucalipto em seus reflorestamentos.

Em 1924, a Companhia Paulista de Estradas de Ferro possuía 8 milhões de árvores de eucalipto plantadas em nove propriedades agrícolas, ao longo de suas linhas férreas e distribuídas de acordo com a necessidade de combustível.

Nessa época, teve início uma campanha contra o eucalipto (críticas sobre a qualidade da madeira, principalmente), coincidindo com um período de depressão econômica do estado de São Paulo, o que levou a Companhia Paulista de Estradas de Ferro a suspender o plantio de novas glebas. Somente 10 anos depois, em 1934, as plantações foram reiniciadas com a compra de novas propriedades, sendo, então, o plantio feito com tal intensidade que cinco anos depois, em 1939, o Serviço Florestal da Companhia Paulista de Estradas de Ferro já possuía 19 milhões de árvores de eucalipto, mais que o dobro, portanto, das plantações efetuadas de 1904 a 1924.

Ao morrer, Edmundo Navarro de Andrade deixava plantadas, para a Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 24 milhões de árvores de eucalipto.

Segundo Cianciulli (1954), como resultado desse trabalho, “fruto” de anos de observação e experimentação, definiu-se no campo da silvicultura o lugar dessa “mirtácea” como árvore para múltiplas aplicações nas atividades agrícolas, silviculturais, industriais e comerciais do nosso país.

2.2 A introdução da pinocultura no Brasil

Segundo Joly (1975) “o *Pinus* é um gênero de plantas da ordem das coníferas, família das pináceas, que conta com cerca de 90 espécies”.

Segundo Pereira (1990), as coníferas são, em sua maioria, espécies de regiões frias, onde constituem-se na principal ou, às vezes, na única fonte de produtos florestais para as nações. Para os habitantes dos trópicos e em especial para os brasileiros, as coníferas eram, no século passado e início do atual, motivo de atração por serem diferentes das plantas tropicais comuns. Para os antigos imigrantes eram “um pedaço da Europa no Brasil”. Por isso, todos que para cá se mudavam ou de lá retornavam procuravam trazer sementes e mudas para serem plantadas em jardins, parques e fazendas. Podemos dizer que eram introduções para fins decorativos as que foram feitas inicialmente.

Precisar a época em que se introduziu as primeiras coníferas exóticas no Brasil, prossegue Pereira (1990), é praticamente impossível. Porém, alguns autores afirmam que as primeiras sementes ou mudas teriam sido trazidas logo após a criação do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, por d. João VI, no início do século XIX. Outros autores são da opinião de que isso teria sido feito posteriormente, por viajantes.

Pereira (1990) cita que uma informação mais ilustrativa e concreta seria a de Echenique (1940),⁴ que afirmava conhecer grupos de *Cryptomeria japonica* plantadas em 1870 no município de Pelotas, estado do Rio Grande do Sul, lugar onde existiam também vários exemplares de *Pinus canariensis* semeados em 1880, além de outras coníferas muito idosas.

Para Cianciulli (1954), as maiores e mais importantes introduções de coníferas para fins ornamentais no Brasil devem ser atribuídas a Alberto Loefgren, diretor do antigo Horto Botânico de São Paulo. No início deste século, foram notáveis os trabalhos desenvolvidos por esse botânico sueco, sendo que um dos seus livros, *Notas sobre as plantas exóticas introduzidas no estado de São Paulo*, publicado em 1906, constitui um dos mais seguros pontos de referências para a determinação da época do aparecimento das principais plantas exóticas aqui aclimatadas. Para fins produtivos, podemos observar algumas experiências do setor privado e dos órgãos públicos, quanto à pinocultura, até a década de 50. Não obstante, a grande expansão da pinocultura no Brasil

⁴Echenique, S. da C. *Contribuição para o estudo das coníferas no Rio Grande do Sul*. In: Congresso Riograndense de Agronomia, 1(2):113-29, 1940.

ocorre a partir do final da década de 50, isto devido à diminuição assustadora dos povoamentos nativos da nossa *Araucaria angustifolia* (Prates, 1979).

Pereira (1990) diz que a primeira participação do setor privado no processo de introdução de coníferas no Brasil deve ser creditada à Companhia Paulista de Estradas de Ferro, isso no ano de 1904. As informações disponíveis indicam que a Companhia Paulista de Estradas de Ferro, apesar de ter optado pelo eucalipto como material principal em seus reflorestamentos (como vimos no item anterior), manteve interesse por outras espécies por muitos anos, entre as quais as coníferas. Em 1953, a citada companhia chegou a instalar ensaios com coníferas em nove hortos de sua propriedade.

Pereira (1990) também comenta que o setor público teve forte participação no processo de introdução de coníferas com fins silviculturais no Brasil. O órgão líder dessa importante tarefa foi o Serviço (hoje Instituto) Florestal do Estado de São Paulo que, animado pelo sucesso dos programas de introdução conduzidos pela Austrália, Nova Zelândia, Argentina e outros países, realizou, em 1953, os primeiros ensaios com espécies de pinus em arboretos do Horto Florestal da Capital.

Pereira (1990), citando Guimarães (1957),⁵ afirma que embora os experimentos tenham tido início em 1953, nessa época já havia espécies que mostravam desenvolvimento inicial promissor, mesmo em solos arenosos e pobres.

No final da década de 50 e na década de 60, com a instalação de numerosas firmas ligadas à industrialização de madeira no país, as introduções de coníferas, e acima de tudo de pinus, aumentaram significativamente.

No IV Encontro Nacional de Reflorestadores (1978:34), encontramos informações que mostram que *Pinus elliottii* var. *elliottii* e *Pinus taeda*, nos idos de 1958, já estavam sendo estabelecidos em plantios com escala comercial, no Brasil. Continua o trabalho dizendo que foi somente a partir de 1963, após as grandes secas e incêndios florestais do Sul, que o *Pinus caribaea* e o *Pinus oocarpa* ganharam destaque.

⁵ Guimarães, R. F. Plantio experimental de coníferas no interior do estado de São Paulo. Jundiá, Cpef, 1957. 20p. (Boletim 9.)

Por volta de 1968, o Ipef – Instituto de Pesquisas Florestais da Universidade de São Paulo – iniciou um amplo programa de estudos de procedências de *pinus* na região Sul, em associação com várias empresas, o qual contribuiu para a racionalização das introduções e dos plantios destas árvores nos estados do Paraná e de Santa Catarina.

Quanto aos tipos de *pinus* plantados até a década de 60, podemos dizer que, em geral, primeiro foram introduzidas quase somente espécies de clima temperado, sendo que só mais tarde iniciou-se a introdução de coníferas com procedência tropical.

3. O Período dos Incentivos Fiscais Concedidos ao Reflorestamento/Florestamento

Com o início dos incentivos fiscais ao reflorestamento, passamos para outra fase na evolução da silvicultura brasileira. Nesta fase, houve o aumento da atividade empresarial na silvicultura, o aumento do número de profissionais vinculados à silvicultura, grande evolução da ciência florestal e grande crescimento da área reflorestada no Brasil.

Na década de 60 do presente século, quando o setor florestal passou a ser tratado com maior atenção, houve a criação do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, IBDF (incorporado pelo atual Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis, Ibama); houve o surgimento das primeiras escolas de Engenharia Florestal no Brasil; e, houve a implementação de facilidades fiscais que tornaram o reflorestamento uma operação de larga escala.

Comentemos, um pouco, os efeitos dessas facilidades fiscais.

Segundo Bacha (1993), existem dois mecanismos básicos para incentivar o reflorestamento: o primeiro é a elevação do custo de extração de toras provenientes de matas nativas e o segundo é a concessão de incentivos monetários ao plantio (como o crédito subsidiado, o incentivo fiscal e a doação de insumos), sendo que esses incentivos atuam como redutores do custo de implantação da floresta homogênea.

Na 1ª metade da década de 60, nos diz Bacha (1993:112), “já ocorria a utilização de incentivos fiscais para dinamizar atividades econômicas que diminuíssem as disparidades regionais. Por isso, para impulsionar o reflorestamento, foi escolhida, inicialmente, uma política de incentivos fiscais, que

vigorou de 1965 a 1988. Na segunda metade da década de 70, quando já era bem difundida a política de crédito subsidiado para dinamizar vários setores (entre eles o agropecuário), foi instituído um programa de crédito subsidiado para o plantio de árvores em pequenos e médios imóveis rurais (o Repemir). Na segunda metade da década de 80, quando se procurava ser mais rigoroso com os gastos públicos, realizou-se um programa de plantio de algarobeiras, na área da Sudene, com base na doação de insumos”.

De acordo com Bacha (1993:112), denominamos de Programa de Incentivos Fiscais ao Florestamento e Reflorestamento “o conjunto de atos normativos de origem federal (leis, decretos-lei, decretos e portarias) que, elaborados no período de 1965 a 1988, instituíram e regulamentaram os incentivos fiscais a essa atividade”.

Os incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento consistiam em uma pessoa física ou jurídica abater de sua renda tributável ou do imposto de renda a pagar, respectivamente, parcelas que seriam destinadas a projetos de reflorestamento/florestamento. Estes projetos poderiam pertencer à própria pessoa optante do desconto do imposto de renda (caso dos projetos próprios) ou serem projetos de propriedade de terceiros (projetos comuns) dos quais o contribuinte-optante recebia títulos de participação (como o Certificado de Participação em Reflorestamento).

Com a criação do Programa de Incentivos Fiscais ao Florestamento e Reflorestamento, percebemos que houve, a partir de 1967, uma grande expansão da área reflorestada no Brasil, que saltou de quase 500 mil hectares em 1964 para 5,9 milhões de hectares em 1984 (Bacha, 1993). Contudo, é importante ressaltar que tal expansão não se deveu apenas ao Programa de Incentivos Fiscais, mas, também, a outros programas públicos federais (caso do Repemir) e estaduais e ao plantio privado não incentivado pelo governo. Outro elemento que incentivou o reflorestamento/florestamento foi a demanda criada pelo Programa Nacional de Papel e Celulose, pelo Programa de Siderurgia a Carvão Vegetal e pelo Programa de Substituição Energética.

Bacha (1995) mostra que no período 1968-88 foram concedidos US\$7.046,04 milhões (a preços de dezembro de 1992) como incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento, que deveriam ter viabilizado o total de 6.217.723 hectares de área reflorestada/florestada. O citado autor ainda demonstra, através de uma análise custo-benefício baseada no excedente econômico, que o Programa de Incentivos Fiscais ao Refloresta-

mento/Florestamento teve um custo social mínimo de Cz\$386,44 por cada Cz\$1,00 de benefício social (valores em cruzados de março de 1986). Além disso, a literatura existente cita vários casos de fraudes no plantio (caso de empresas que tomaram os recursos e não fizeram a totalidade de reflorestamentos correspondentes) e plantios mal realizados (tanto no aspecto técnico como no econômico).

A grande concessão dos incentivos fiscais no período 1966-88 levou os reflorestadores a pouco se preocuparem com os custos das matas plantadas. Isso porque os incentivos fiscais cobriam a quase totalidade dos custos de implantação e condução até os quatro primeiros anos da mata plantada.

De acordo com o IV Encontro Nacional de Reflorestadores (1978), verificamos que dois foram os gêneros botânicos que se destacaram em área plantada durante o período de vigência dos incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento: o *pinus* e o *eucalyptus*.⁶

Conforme Bacha (1993) nos mostra, o reflorestamento concentrou-se em Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul. Esses seis estados tinham 97,33% das árvores plantadas existentes em 31-12-1970 e 88,76% em 31-12-1985.

Além dessa concentração em poucos estados, o reflorestamento concentrou-se em certas áreas dentro deles, formando “manchas” de florestas homogêneas.

Esses reflorestamentos foram conduzidos por empresas rurais, das quais boa parte são subsidiárias de grandes empresas industriais consumidoras de matéria-prima florestal.

Santana, Bacha, Barros e Teixeira (1994) avaliaram os impactos dos incentivos fiscais sobre a expansão da área reflorestada e os efeitos dessa expansão do reflorestamento sobre a geração de emprego, posse da terra e distribuição da riqueza. Os autores ressaltaram que os incentivos fiscais foram fator importante (juntamente com as variáveis preço da madeira e área reflorestada defasada) na explicação da expansão da área reflorestada no período 1970-85.

⁶ Os *pinus* representados pelo *Pinus elliottii* var. *elliottii*, *Pinus taeda* e *Pinus patula*, mais disseminados na região Sul; e o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa*, nas regiões de clima quente. Os *eucaliptos* representados pelo *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophilla*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus robusta*, *Eucalyptus citriodora* e outras espécies com menor participação.

Os autores mencionados também ressaltaram que a expansão da área reforestada no Brasil gerou pouco acréscimo de emprego (pois é uma atividade pouco intensiva em trabalho) e contribuiu para aumentar a concentração da posse da terra nas áreas que se dedicaram à silvicultura. Outro resultado importante do trabalho de Santana, Bacha, Barros e Teixeira (1994) foi a constatação de que os consumidores, mas não os produtores, é que se beneficiaram do excedente econômico gerado pela expansão da área reforestada induzida pelos incentivos fiscais.

Não obstante os elevados gastos com o programa de incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento em relação aos seus retornos, as fraudes ocorridas, os plantios mal conduzidos, a concentração regional das matas plantadas e os impactos negativos sobre a distribuição da posse da terra; foi durante o período do mencionado programa (1966-88) que ocorreu a formação da silvicultura moderna no Brasil, com impactos sobre as pesquisas, pois 1% dos recursos alocados como incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento foi utilizado para financiar a pesquisa silvicultural.

Antonangelo (1996) analisou a evolução tecnológica na silvicultura brasileira no período analisado no presente item, mostrando que a produtividade da eucaliptocultura cresceu 129% entre 1968 e 1988, passando de 17,5 para 40,0 estéreos/ha/ano, respectivamente. A produtividade da pinocultura cresceu 62,5% entre 1968 e 1988, passando de 20 para 32,5 estéreos/ha/ano, respectivamente.

4. O Período Posterior aos Incentivos Fiscais Concedidos ao Reflorestamento/Florestamento

Com o fim dos incentivos fiscais concedidos ao reflorestamento/florestamento (ocorrido em 1988) teve início a terceira fase na evolução da silvicultura brasileira. Neste período (de 1989 até hoje), as grandes empresas consumidoras de matéria-prima florestal dedicaram-se a reorganizar os seus maciços florestais objetivando reduzir custos e incrementaram, com o apoio de governos estaduais, programas de incentivo ao reflorestamento em pequenos e médios imóveis rurais.

As grandes firmas consumidoras de matéria-prima florestal (principalmente as das indústrias de papel e celulose e da indústria siderúrgica a carvão vegetal) ampliaram sua área reforestada/florestada com recursos próprios ou

tomando empréstimos de longo prazo em bancos de fomento estaduais ou federais (caso do Badep e BNDES).

Na ausência de informações sobre a área *total* reflorestada/florestada no Brasil neste período pós-incentivos fiscais ao florestamento e reflorestamento, construímos a tabela 1 com base nos dados sobre a área reflorestada/florestada pelas empresas siderúrgicas a carvão vegetal e de papel e celulose que, devido à importância que apresentam dentro do contexto florestal brasileiro, podem servir de base para generalizações. Também na tabela 1, temos dados de área reflorestada/florestada em pequenos e médios imóveis rurais em Minas Gerais através do Programa Fazendeiro Florestal.

Tabela 1
Área reflorestada/florestada no Brasil por certos grupos (em hectares)
1982-95

Ano	Indústrias de papel e celulose*	Indústria siderúrgica a carvão vegetal	Pequenos e médios imóveis rurais em programa estadual ou com empresas – MG
1982	77.503,0	—	—
1983	65.403,0	—	—
1984	77.295,0	—	—
1985	83.282,0	—	—
1986	81.597,0	—	—
1987	88.370,0	58.488	—
1988	102.054,0	54.352	3.374
1989	118.050,0	88.357	9.989
1990	122.562,0	125.000	12.378
1991	82.253,4	51.305	7.976
1992	84.756,9	80.067	13.244
1993	89.424,5	46.653	7.564
1994	82.391,4	37.026	6.502
1995	93.989,1	30.351	6.323

Fontes: *Anuário Estatístico da ANFPC* (1982-96); *Anuário Estatístico da Abracave* (1996).

*Os dados anuais sobre a área reflorestada/florestada pelas indústrias de papel e celulose foram obtidos considerando-se os maiores valores (para o período 1982-95) da área reflorestada/florestada e ainda existente em cada ano.

Através da tabela 1, percebemos que a área reflorestada anualmente pela indústria siderúrgica a carvão vegetal, de forma geral, aumentou até o ano de 1990, quando atingiu 125.000ha. Segundo a Abracave (1994), apesar do abalo provocado pelo fim dos incentivos fiscais, ocorrido em 1988, o aumento da área reflorestada/florestada pela Indústria Siderúrgica a Carvão Vegetal, verificado nos anos de 1989 e 1990, foi devido, principalmente, à vitalidade das empresas industriais consumidoras de carvão vegetal e ao investimento em pesquisa feito pelo setor privado (em articulação com as universidades), que resultaram numa melhor produtividade das florestas plantadas.

Já a tendência geral de diminuição da área anualmente reflorestada/florestada pela Indústria Siderúrgica a Carvão Vegetal no período 1991-95 pode ser explicada pela queda no consumo de carvão vegetal – que, por sua vez, foi provocada pela recessão que havia no Brasil nos três primeiros anos da década de 90, bem como pela redução do preço do coque mineral em relação ao preço do carvão vegetal⁷ (que são produtos substitutos).

A área reflorestada/florestada anualmente com eucalipto e *pinus* pelas indústrias de papel e celulose, de forma geral, também apresentou um crescimento até o ano de 1990, quando atingiu 122.562 hectares. Em 1991, ocorreu uma queda na área reflorestada/florestada (que foi de 82.253,4 hectares neste ano). A partir de então, com exceção de 1994, a tendência foi de aumentar a área reflorestada a cada ano.

A tabela 1 também mostra o comportamento do reflorestamento em pequenos e médios imóveis rurais em Minas Gerais. Esse reflorestamento foi incentivado por empresas siderúrgicas ou de celulose e por programas públicos estaduais. Trata-se de um mecanismo interessante de se promover a expansão da silvicultura, mas gerando menor impacto sobre a posse da terra em relação ao que ocorre quando grandes empresas estabelecem seus próprios maciços florestais homogêneos.

A análise dos dados da tabela 1 sobre as áreas reflorestadas/florestadas por alguns segmentos evidencia a existência de outros fatores – além dos incentivos fiscais – que influenciam a taxa anual de reflorestamento/florestamento. Isso pode ser comprovado, principalmente, pelo fato de que mesmo com o fim dos incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento, ocorrido em 1988,

⁷ De 1991 a 1994, o preço em dólar do coque importado pelo Brasil teve tendência decrescente. Em 1994 e 1995, o preço em reais do coque importado diminuiu devido à valorização cambial.

continuou havendo um crescimento da área reflorestada/florestada nos anos imediatamente seguintes (anos de 1989 e 1990).

Berger (1979) reforça esta nossa suposição dizendo que não ocorreu, até 1979, uma perfeita correlação entre mudanças no oferecimento de incentivos fiscais e variações anuais de área reflorestada. Entre os fatores que poderiam influenciar a área reflorestada/florestada, temos: o preço de mercado dos produtos oriundos da floresta, o preço dos insumos e dos fatores de produção e os benefícios das inovações tecnológicas, sendo que com o final dos incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento, estes fatores podem ter assumido uma maior importância.

Com o final dos incentivos fiscais, em 1988, ou seja, a partir do início da terceira fase da evolução da silvicultura brasileira, percebemos o início da estruturação *de um novo modelo de desenvolvimento da silvicultura*. Entre as possíveis características desse novo modelo, podemos citar: a valorização de aspectos como pesquisa e desenvolvimento tecnológico visando a reduções nos custos de produção e melhorias nos níveis de produtividade⁸ os quais proporcionariam uma maior competitividade no mercado; e, a descentralização da atividade silvicultora (através, por exemplo, de um maior envolvimento de segmentos da estrutura de poder local e participação de sistemas cooperativos) por meio de programas com o objetivo de apoiar a realização de reflorestamento/florestamento em pequenos e médios imóveis rurais.

5. Modelo Econométrico de Expansão da Área Reflorestada

Para avaliar a importância das variáveis que afetam a expansão da área reflorestada, desenvolvemos um modelo econométrico e o estimamos de modo a abranger a segunda e a terceira fases de expansão da silvicultura no Brasil. Nossa preocupação é mostrar como variou a importância das variáveis independentes na determinação da área reflorestada a cada ano.

O modelo econométrico que desenvolvemos é do tipo nerloviano. Considere as seguintes variáveis:

A_t^* = área que se deseja reflorestar/florestar no momento t .

⁸ A produtividade da eucaliptocultura e da pinocultura continuaram a crescer nesta terceira fase da evolução da silvicultura (Antonangelo, 1996).

P_{t-k}^p = preço de um estéreo de madeira oriunda de mata plantada no momento $t - k$.

I_t = incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento no momento t .

Pr_{t-k}^r = produtividade média da silvicultura brasileira⁹ no momento $t - k$.

C_{t-k} = custos do reflorestamento/florestamento no momento $t - k$ considerando um certo nível tecnológico (portanto, considera a produtividade como sendo constante). Na verdade, a variável C_{t-k} mede a evolução dos preços ponderados dos insumos e fatores de produção utilizados no reflorestamento.

Com estas variáveis, a equação de longo prazo da área reflorestada/florestada fica da seguinte forma:

$$A_t^* = f(P_{t-k}^p, I_t, Pr_{t-k}^r, C_{t-k}) \quad (1)$$

Em termos lineares, temos:

$$A_t^* = b_0 + b_1 \cdot P_{t-k}^p + b_2 \cdot I_t + b_3 \cdot Pr_{t-k}^r + b_4 \cdot C_{t-k} \quad (2)$$

Sendo: $b_1 > 0$, $b_2 > 0$, $b_3 > 0$, $b_4 < 0$.

A equação (2) é uma relação de comportamento que exprime a quantidade de *área que se deseja* reflorestar/florestar quando já tiver decorrido um período de tempo suficientemente longo (longo prazo) para que o equilíbrio seja atingido, em função dos preços da madeira, dos incentivos fiscais, da produtividade e dos preços reais dos insumos e fatores de produção. Entretanto, a *área que se deseja* reflorestar/florestar (A_t^*), no longo prazo, não pode ser quantificada, fazendo com que a equação (2) não possa ser estimada.

Utilizando a hipótese de ajustamento parcial proposta por Nerlove – que consiste no fato de que a *área plantada* efetivamente obtida no ano t é igual à *área plantada* no ano $t - k$ mais um acréscimo que é uma proporção da variação desejada da *área plantada* a longo prazo – chegamos à seguinte equação:

$$A_t - A_{t-k} = j \cdot (A_t^* - A_{t-k}) \quad (3)$$

⁹ A produtividade média da silvicultura brasileira é uma média ponderada das produtividades médias do eucalipto e do pinus. As ponderações são as respectivas áreas reflorestadas/florestadas com cada um desses gêneros de árvores.

onde j é o fator de ajustamento; $(A_t - A_{t-k})$ é a *mudança observada* na área reflorestada/florestada (no curto prazo); e, $(A_t^* - A_{t-k})$ é a *mudança desejada* na área reflorestada/florestada.

Com a expressão (3), temos que a *mudança observada* na área reflorestada/florestada entre $t - k$ e t é uma fração j da *mudança desejada* na área reflorestada/florestada no longo prazo. Se $j = 1$, a área reflorestada/florestada observada (A_t^*) é igual à área desejada (A_t^*). Se $j = 0$, não ocorre aumento do reflorestamento/florestamento, pois $A_t = A_{t-k}$. Na maioria dos casos, j deve situar-se entre 0 e 1, pois o ajustamento entre a *área observada* e a *área desejada* é incompleto, devido a diversas razões de funcionamento do próprio mercado.

Da expressão (3) temos :

$$A_t = j \cdot A_t^* + (1 - j) \cdot A_{t-k} \quad (4)$$

Substituindo (2) em (4) temos:

$$A_t = j \cdot b_0 + j \cdot b_1 \cdot P_{t-k}^P + j \cdot b_2 \cdot I_t + j \cdot b_3 \cdot Pr_{t-k} + j \cdot b_4 \cdot C_{t-k} + (1 - j) \cdot A_{t-k} \quad (5)$$

Considerando:

$$B_0 = j \cdot b_0 \quad B_1 = j \cdot b_1 \quad B_2 = j \cdot b_2 \quad B_3 = j \cdot b_3 \quad B_4 = j \cdot b_4 \quad B_5 = (1 - j),$$

temos

$$A_t = B_0 + B_1 \cdot P_{t-k}^P + B_2 \cdot I_t + B_3 \cdot Pr_{t-k} + B_4 \cdot C_{t-k} + B_5 \cdot A_{t-k} \quad (6)$$

Onde esperamos que $B_1 > 0$, $B_2 > 0$, $B_3 > 0$, $B_4 < 0$ e $B_5 > 0$.

A equação (6) é a *equação de curto prazo da área reflorestada/florestada*. Essa equação difere-se da estimada por Bacha (1993) e por Santana, Bacha, Barros e Teixeira (1994) por incluir as variáveis Pr_{t-k} e C_{t-k} (que não foram consideradas por estes autores).

6. Teste da Equação da Área Reflorestada/Florestada

Para testar a equação (6), consideramos $k = 1$ e utilizamos os dados que estão na tabela 2. Com esses dados desejamos avaliar como o preço da madeira, os incentivos fiscais, a produtividade e os custos de fatores e insumos afetaram o comportamento da área reflorestada na segunda fase de expansão da silvicultura brasileira.

Tabela 2

Acréscimo de área total reflorestada/florestada com incentivos fiscais no Brasil (A_t), acréscimo de área com *pinus* e eucalipto reflorestada/florestada com incentivos fiscais no Brasil (A_{ep}), preços médios recebidos pela lenha oriunda da área reflorestada/florestada (P^p), valor dos incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento (I), produtividade média da silvicultura brasileira (Pr) e custos do reflorestamento/florestamento (C)

Ano	A_t (A)	A_{ep} (B)	P^p (C)	I (D)	$\acute{I}ndice$ (E)	Pr (F)	C (G)
1968	102.910	90.956	—	12,51	100,00	19,17	—
1969	162.383	150.598	4,76	43,55	348,12	19,35	3.648,60
1970	222.005	203.522	4,79	83,20	665,07	19,54	3.749,36
1971	248.478	227.106	4,68	200,16	1.600,00	20,20	3.869,15
1972	304.357	273.500	5,45	223,92	1.789,93	20,81	4.336,23
1973	294.153	247.313	6,22	275,00	2.198,24	21,19	5.008,08
1974	324.379	271.581	7,06	339,29	2.712,15	21,58	5.581,34
1975	398.240	316.940	7,79	307,34	2.456,75	22,02	5.738,44
1976	449.249	349.338	7,09	539,88	4.315,59	23,82	5.306,82
1977	346.432	293.629	6,25	645,87	5.162,83	25,56	5.079,68
1978	411.737	368.794	6,47	774,76	6.193,13	26,26	5.267,56
1979	473.718	400.364	7,51	930,73	7.439,89	27,62	5.144,03
1980	435.575	360.200	6,04	530,91	4.243,88	28,97	5.146,38
1981	417.875	346.835	5,39	461,72	3.690,81	29,42	5.224,56
1982	430.985	345.155	4,94	437,34	3.495,92	29,44	5.248,45
1983	215.000	164.600	4,79	323,83	2.588,57	30,53	4.780,31
1984	286.200	195.110	4,02	237,23	1.896,32	32,47	4.929,36
1985	285.032	195.954	4,15	219,83	1.757,23	33,87	5.503,55
1986	409.015	259.540	4,28	277,40	2.217,43	35,08	5.764,12

Fontes: (A) e (B) são dados de arquivo do extinto IBDF; (C) retirado de Bacha (1993); (D) retirado de Bacha (1995:51); e (F) e (G) retirados de Antonangelo (1996).

Nota: A_t (hectares); A_{ep} (hectares); P^p (dólares de dezembro 1992 por st); I (milhões de dólares de dezembro 1992); $\acute{I}ndice$ (para I); Pr (estéreos por hectare por ano); C (dólares de dezembro 1992 por hectare).

Inicialmente, foi calculado um conjunto de regressões para o período de 1970-86, considerando os valores totais da área reflorestada/florestada no Brasil (isto é, a área reflorestada/florestada com todas as espécies arbóreas), visto que os recursos oriundos dos incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento não eram destinados somente aos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Entretanto, diante da observação de que os valores obtidos para

o preço médio recebido pela lenha oriunda da área reflorestada/florestada, para a produtividade da silvicultura brasileira e para os custos do reflorestamento/florestamento eram referentes aos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (devido às suas grandes importâncias no contexto da silvicultura brasileira, como já mencionamos anteriormente), resolvemos, também, realizar regressões utilizando dados de área reflorestada/florestada somente com *pinus* e eucalipto (*Aep*), juntamente com um índice para os valores dos incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento. O uso do índice para incentivos fiscais ocorre por não serem disponíveis dados específicos sobre o volume desses incentivos destinados ao plantio de eucalipto e *pinus*.¹⁰

Os resultados desses dois conjuntos de regressões (o primeiro conjunto utilizando a área total reflorestada/florestada, A_t , e o segundo conjunto utilizando a área reflorestada/florestada somente com *pinus* e com eucalipto, *Aep*) não foram satisfatórios (as variáveis C_{t-1} e A_{t-1} não apresentaram os sinais esperados e/ou apresentaram baixa significância estatística).

Estudando esses resultados, percebemos que o ano de 1986 foi atípico no que diz respeito aos investimentos realizados na silvicultura brasileira (devido ao Plano Cruzado, neste ano houve um maior volume de reflorestamento em comparação aos anos anteriores). Assim, resolvemos incluir no nosso modelo uma variável *dummy* (D_t) para tentar captar a atipicidade do ano de 1986.

Como na situação anterior, inicialmente, utilizamos dados da área total reflorestada/florestada em cada ano (A_t) e, mais uma vez, não encontramos, para as regressões estimadas, os sinais esperados para as variáveis C_{t-1} e A_{t-1} (ver o apêndice A). Assim, passamos a utilizar apenas a área reflorestada/florestada em cada ano com o eucalipto e com o *pinus* (*Aep*). Entre as estimativas realizadas pelo Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (ver o apêndice A), a melhor foi:

$$\begin{aligned}
 Aep_t = & 123.315 + 31.217.P_{t-1}^P + 21,858.I_t + 70.937,5.D_t + 662,98.Pr_{t-1} \\
 & (1,0377)^E \quad (1,2314)^E \quad (2,1819)^C \quad (1,167)^E \quad (0,1333) \\
 & -28,42.C_{t-1} + 0,108.Aep_{t-1} \\
 & (-0,6908) \quad (0,4145) \\
 R^2 = & 0,748 \qquad n = 17 \qquad F = 5,89^B
 \end{aligned}$$

¹⁰ A pressuposição que adotamos é a de que o volume de incentivos fiscais destinados ao plantio dessas duas espécies exóticas teve a mesma evolução do montante total de incentivos fiscais destinados ao reflorestamento/florestamento.

Onde: os valores entre parênteses sob os coeficientes estimados referem-se à estatística t e B indica o coeficiente ser estatisticamente significativo a 1%, C indica o coeficiente ser estatisticamente significativo a 5% e E indica o coeficiente ser significativo a 20%.

O valor do teste “F” apresenta alta significância estatística, o que nos permite rejeitar, a 1% de nível de significância, a hipótese de que os coeficientes sejam iguais a zero. O coeficiente de determinação (R^2) mostra um valor satisfatório, ou seja, 74,8% da variância da área reflorestada/florestada pode ser explicada pelas variáveis presentes no modelo.

Os coeficientes das variáveis desta equação apresentam os sinais esperados mas, com exceção da variável Incentivos Fiscais do Governo ao Reflorestamento/Florestamento (I_t), apresentam, juntamente com o termo constante, baixa significância estatística. Esses valores baixos da estatística t ocorreram porque utilizamos dados nacionais para estimar nossa regressão, o que implica numa grande variância nas observações. Infelizmente, não há dados regionalizados da variável I_t para estimarmos a equação (6), no período de 1970 a 1986, a nível de Estados e/ou por segmentos reflorestadores/florestadores. Se isto fosse possível, esperaríamos obter melhores valores para a estatística t .

Em várias regressões realizadas, o sinal da variável C_{t-1} foi inverso ao esperado (ver o apêndice A). Isto ocorreu pelo fato de no período de 1970 a 1986 ter sido dada pouca importância aos custos de produção. Os aumentos reais dos preços dos insumos e dos fatores de produção (que provocavam aumentos nos custos de produção) não eram considerados ou eram avaliados como secundários face às inúmeras vantagens concedidas para aumentar a área reflorestada/florestada. Em última análise, podemos dizer que os efeitos provocados por esses aumentos dos preços dos insumos e dos fatores de produção eram “mascarados” pela existência dessas outras vantagens.

Dessa forma, os custos do reflorestamento/florestamento influenciaram pouco a variação ocorrida na área reflorestada/florestada neste período de tempo referenciado. Isto trouxe algumas conseqüências importantes, como, por exemplo, um grande desperdício de recursos, bem como uma baixa eficiência dos projetos implantados.

Callahan (1979) reforça este nosso argumento com sua análise sobre o período de vigência, no Brasil, do Programa de Incentivos Fiscais ao Reflorestamento/Florestamento. Este autor menciona que o citado período foi marcado pela ineficiência econômica (altos custos de implantação das florestas,

gastos de recursos financeiros em práticas administrativas e de manejo ineficientes, plantio de árvores em terras de agricultura e fornecimento indireto de subsídios à remoção de árvores) e pela desigual distribuição de recursos.

Berger (1979) disse que há vários trabalhos que chamam atenção para os altos custos de implantação do reflorestamento/florestamento ocorridos durante a vigência dos incentivos fiscais concedidos a esta atividade e que acabaram (esses altos custos) sendo financiados pelo governo.

Assim, podemos dizer que mesmo num cenário de desenvolvimento tecnológico acentuado (devido, principalmente, ao desenvolvimento das pesquisas), à medida que questões importantes não eram consideradas – como levantamentos de custos e a escolha do sistema de produção mais adequado – contribuía-se para a baixa eficiência dos projetos de reflorestamento/florestamento.

Se o nosso modelo original fosse utilizado com dados dos últimos anos – período no qual já não houve o oferecimento de incentivos fiscais pelo governo federal ao reflorestamento/florestamento – certamente, em decorrência da tendência verificada de procura por eficiência, a variável custo do reflorestamento/florestamento teria uma participação mais importante na determinação da área reflorestada/florestada e, conseqüentemente, na expansão da silvicultura brasileira como um todo.

Como não há dados disponíveis para a área reflorestada/florestada para todo o Brasil após o ano de 1986, para testarmos essa nossa suposição, consideramos o reflorestamento/florestamento realizado pelas empresas de papel e celulose. Esta escolha foi devida, principalmente, à importância dessas empresas no contexto da silvicultura brasileira e à disponibilidade dos dados.

Assim, utilizamos dados do acréscimo de área reflorestada/florestada com eucalipto e pinus pelas empresas de papel e celulose; dados do preço médio do estéreo de madeira destinada à fabricação de celulose; um índice de evolução dos incentivos fiscais;¹¹ dados da produtividade média da silvicultura brasileira e dados de custos do reflorestamento/florestamento levantados para o estado de São Paulo (tabela 3).

¹¹ *Supusemos que o comportamento do volume de incentivos fiscais concedidos às empresas de papel e celulose foi o mesmo que o comportamento do volume nacional de incentivos fiscais destinados ao reflorestamento/florestamento.*

Tabela 3

Acréscimo de área reflorestada/florestada com *pinus* e eucalipto pelas empresas de papel e celulose (*Aep*), preço médio do estéreo de madeira destinada à fabricação de celulose (*P*), índice de evolução dos incentivos fiscais (*I*), produtividade média da silvicultura brasileira (*Pr*), e custos do reflorestamento/florestamento levantados para o estado de São Paulo (*C*).

Ano	<i>Aep</i> (A)	<i>P</i> (B)	<i>I</i> (C)	<i>Pr</i> (D)	<i>C</i> (E)
1980	—	—	—	28,97	—
1981	—	0,0130	—	29,42	6.318,89
1982	77.503,0	0,0118	3.495,92	29,44	6.194,37
1983	65.403,0	0,0118	2.588,57	30,53	5.416,60
1984	77.295,0	0,0118	1.896,32	32,47	5.735,22
1985	83.282,0	0,0123	1.757,23	33,87	6.701,54
1986	81.597,0	0,0129	2.217,43	35,08	6.354,24
1987	88.370,0	0,0133	1.287,29	36,27	5.887,07
1988	102.054,0	0,0139	164,11	37,98	6.307,46
1989	118.050,0	0,0402	0,00	39,62	6.315,07
1990	122.562,0	0,0098	0,00	40,98	5.101,99
1991	82.253,4	0,0096	0,00	43,99	4.929,76
1992	84.756,9	0,0091	0,00	41,36	4.699,35
1993	89.424,5	0,0145	0,00	41,07	4.788,05
1994	82.391,4	0,0128	0,00	43,37	5.569,14
1995	93.989,1	—	—	—	—

Fontes: (A) retirado dos Relatórios estatísticos da ANFPC; (B) retirado dos Anuários Estatísticos do Brasil; (C) calculado a partir dos dados de Bacha (1995:51); e, (D) e (E) são dados de Antonangelo (1996). *Aep* de 1981 foi suposta ser igual à *Aep* de 1982.

Nota: *Aep* (hectares); *P* (dólares de dezembro 1992); *I* (1968 = base 100); *Pr* (estéreos/hectare); *C* (dólares de dezembro 1992).

Entre as estimativas realizadas pelo Método dos Mínimos Quadrados para o período 1982-95 (ver o apêndice B), a melhor foi (nesta equação P^P e Pr são médias bianuais entre t e $t - 1$):

$$\begin{aligned} \text{Ln}Aep_t = & 12,584 + 0,566.\text{Ln}P_{t,t-1}^P + 0,0098.\text{Ln}I_t + 1,1495.\text{Ln}Pr_{t,t-1} \\ & (3,4179)^A \quad (4,6903)^A \quad (2,1366)^C \quad (3,2439)^B \\ & -0,517.\text{Ln}C_{t-1} + 0,148.\text{Ln}Aep_{t-1} \\ & (-1,2991)^E \quad (0,8336) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0,893$$

$$n = 14$$

$$F = 13,289^A$$

Onde: os valores entre parênteses sob os coeficientes estimados referem-se à estatística t e A indica o coeficiente ser estatisticamente significativo a 0,5%, B indica o coeficiente ser estatisticamente significativo a 1%, C indica o coeficiente ser estatisticamente significativo a 5%; e E indica o coeficiente ser estatisticamente significativo a 20%.

O valor do teste “F” apresenta alta significância estatística, o que nos permite rejeitar, a 0,5% de nível de significância, a hipótese de que os coeficientes sejam iguais a zero. O coeficiente de determinação (R^2) mostra um valor satisfatório, ou seja, 89,3% da variância da área reflorestada/florestada pode ser explicada pelas variáveis presentes no modelo. Os coeficientes das variáveis desta equação apresentam os sinais esperados e, juntamente com o termo constante, apresentam boa significância estatística.

Através desta equação (que está medida em logaritmos neperianos dos valores originais, sendo, portanto, os coeficientes dessas variáveis as elasticidades de Aep_t em relação a cada variável), constatamos que o valor absoluto da elasticidade de Aep_t em relação Pr_{t-1} é maior que os outros valores absolutos das elasticidades de Aep_t em relação às demais variáveis. O valor absoluto da elasticidade Aep_t em relação a P_{t-1}^p é maior que o valor absoluto da elasticidade de Aep_t em relação a C_{t-1} e este último valor é maior que o valor absoluto da elasticidade de Aep_t em relação a Aep_{t-1} . A menor elasticidade ocorre na relação de Aep_t com I_t .

Em suma, pudemos confirmar nossa suposição de que a importância atribuída aos custos do reflorestamento/florestamento na determinação da área reflorestada/florestada foi sensivelmente elevada nos últimos anos, principalmente devido ao fim do oferecimento dos incentivos fiscais por parte do governo.

Através da equação estimada, também pudemos confirmar a importância das inovações tecnológicas – à medida que provocam aumentos de produtividade – para a expansão da área reflorestada/florestada ocorrida nas empresas de papel e celulose.

7. Conclusões

O objetivo deste trabalho foi analisar a evolução da silvicultura brasileira, distinguindo as fases pelas quais passou esta atividade. Em termos globais, houve três fases na evolução da silvicultura, no Brasil: a primeira fase foi

do descobrimento do país até o ano anterior ao início dos incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento (isto é, até 1965), onde passamos de pequenos reflorestamentos científicos ou ornamentais para algumas experiências localizadas de maciços florestais; a segunda fase abrangeu o período de vigência dos incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento (1966-88), período onde houve grande reflorestamento devido, entre outros fatores, pela concessão de incentivos fiscais ao reflorestamento e onde pouca atenção foi dada aos custos de produção; e a terceira fase refere-se ao período pós-incentivos fiscais ao reflorestamento/florestamento (de 1989 até os dias de hoje), onde o reflorestamento é feito, principalmente, com recursos da iniciativa privada e dentro de uma nova concepção onde há preocupação maior com eficiência e, portanto, com custos de produção e com produtividade.

As estimativas do nosso modelo econométrico de expansão da área reflorestada para todo o Brasil no período 1970-86 e para o segmento de empresas de papel e celulose para o período 1982-95 demonstram, econometricamente, as características evidenciadas acima. As variáveis custo dos fatores e insumos de produção (C_{t-1}) e produtividade (Pr_{t-1}) nas equações estimadas para todo o Brasil, no período 1970-86, foram estatisticamente pouco significativas. O inverso ocorre no período 1982-95.

Atualmente, a silvicultura brasileira é uma atividade moderna, buscando maior eficiência a todo tempo. Contudo, ela é uma atividade muito concentrada em algumas espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, e implantada sob a forma de grandes maciços florestais homogêneos. Isto implica dois fatos negativos: pouca diversidade biológica nas áreas reflorestadas e grande concentração da posse da terra. Esses dois aspectos podem ser amenizados na medida em que se procurar montar mosaicos de espécies arbóreas nos maciços florestais e ampliar o reflorestamento em pequenos e médios imóveis rurais.

Referências Bibliográficas

Abracave (Associação Brasileira de Carvão Vegetal). *Anuário Estatístico Anual*. Belo Horizonte, 1994.

Andrade, E. Navarro de. *O eucalipto*. 2 ed. Jundiaí, Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 1961. 665p.

Antonangelo, A. *As inovações tecnológicas na silvicultura brasileira e seus impactos sobre a expansão desta atividade*. Piracicaba, Esalq/USP, 1996. (Dissertação de Mestrado em Economia Aplicada.)

Arienti, Wagner L. *Os investimentos em recursos florestais: um estudo do uso de despesa tributária como instrumento de política setorial*. Rio de Janeiro, PUC, 1983. (Dissertação de Mestrado.)

Bacha, C. J. C. *A dinâmica do desmatamento e do reflorestamento no Brasil*. Piracicaba, Esalq/USP, 1993. (Tese de Livre Docência.)

_____. Análise custo-benefício dos programas federais de incentivos ao reflorestamento no Brasil. Piracicaba, CNPq, mar. 1995. 93p. (Relatório de Pesquisa.)

Beattie, W. D. *An economic analysis of the Brazilian fiscal incentives for reforestation*. Purdue University, 1975. (Dissertation, Philosophy Doctor.)

Berger, R. *The Brazilian fiscal incentive act's influence on reforestation activity in São Paulo state*. Department of Forestry, Michigan State University, USA, 1979. (Dissertation, Philosophy Doctor.)

Callahan, J. C. Forestry fiscal incentive: the Brazilian experience. West Lafayette Ind., Department of Forestry and Natural Resources, Purdue University, USA, 1979.

Cianciulli, P. L. *Introdução de essências florestais*. São Paulo, Secretaria da Agricultura, Serviço Florestal, 1954. 30p.

Gurgel Filho, O. A. *O reflorestamento*. São Paulo, Secretaria da Agricultura, Serviço Florestal, 1962. 25p. (Boletim 6.)

IBGE. *Metodologia do censo agropecuário de 1980*, 1984. (Série Relatórios Metodológicos.)

Joly, A. B. *Botânica, introdução à taxonomia vegetal*. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1975. 777p.

Leite, N. B. Benefícios diretos e indiretos da atividade florestal. *Jornal dos Reflorestadores*. São Paulo, 1(2):12-3, 1979.

Pereira, B. A. S. Introdução de coníferas no Brasil, um esboço histórico. *Caderno de Geociências*. IBGE, Brasília, 4:25-38, 1990.

Prado, A. C. Uma avaliação dos incentivos fiscais do Fiset – florestamento/reflorestamento. *Brasil Florestal*. Brasília, 17(69):3-26, 1990.

Prates, F. B. O aproveitamento da madeira dos povoamentos de *pinus*. *Jornal dos Reflorestadores*. São Paulo, 1(2), 1979.

4º Encontro Nacional de Reflorestadores. Campo Grande, MS, 12 maio 1978. p. 113.

Santana, A. C.; Bacha, C. J. C.; Barros, A. A. A. & Teixeira, E. C. Ecological and socioeconomic conflicts in Brazilian reforestation policies. In: *Proceedings of the Twenty-Second International Conference of Agricultural Economists*. Harare, Zimbabwe, Aug. 1994. p. 477-84.

Siqueira, J. D. P. A atividade florestal como um dos instrumentos de desenvolvimento do Brasil. *Congresso Florestal Brasileiro*. Campos do Jordão, SP, 6:15-8, 1990.

Apêndice A

Teste da Equação da Área Reflorestada/Florestada para todo o Brasil

Os valores entre parênteses sob os coeficientes estimados referem-se à estatística t , sendo que: A indica o coeficiente ser estatisticamente significativo a 0,5%; B indica o coeficiente ser estatisticamente significativo a 1%; C indica o coeficiente ser estatisticamente significativo a 5%; D indica o coeficiente ser estatisticamente significativo a 10%; E indica o coeficiente ser estatisticamente significativo a 20%. Sendo h a estatística de Durbin.

Equações Estimadas Usando a Área Total Reflorestada

Utilizando valores anuais e variáveis defasadas em um ano (exceto I_t):

$$1^a) A_t = -55.371,71 + 46.439,46.P_{t-1}^P + 161,35.I_t + 111.571,3.D_t \\ (-0,3614) \quad (1,5431)^D \quad (1,7643)^D \quad (1,5501)^D \\ + 5.130,703.Pr_{t-1} - 4.1548.C_{t-1} - 0,1248.A_{t-1} \\ (0,8379) \quad (-0,0849) \quad (-0,4506)$$

$$R^2 = 0,7428 \quad n = 17 \quad F = 5,5223^B \quad h = \text{não é calculável}$$

$$\begin{aligned}
2^a) A_t = & -25.645,27 + 41.288,58.P_{t-1}^P + 149,1091.I_t + 119.165,4.D_t \\
& (-0,1925) \quad (1,54)^D \quad (1,773)^D \quad (1,7682)^D \\
& + 4.020,355.Pr_{t-1} - 6,06.C_{t-1} \\
& (0,7447) \quad (-0,1292) \\
R^2 = & 0,7376 \quad n = 17 \quad F = 7,3873^B \quad DW = 2,3391
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
3^a) A_t = & -26.201,67 + 38.580,75.P_{t-1}^P + 149,63.I_t + 115.731,5.D_t \\
& (-0,2054) \quad (2,4072)^C \quad (1,8591)^C \quad (1,9502)^C \\
& + 3.480,015.Pr_{t-1} \\
& (1,0634)^E \\
R^2 = & 0,7372 \quad n = 17 \quad F = 10,7229^B \quad DW = 2,3257
\end{aligned}$$

Utilizando logaritmos neperianos na situação anterior:

$$\begin{aligned}
4^a) \text{Ln}A_t = & 12,759 + 0,7689.\text{Ln}P_{t-1}^P + 0,25.\text{Ln}I_t + 0,359929.D_t \\
& (2,7793)^B \quad (1,5074)^D \quad (1,6963)^D \quad (1,6596)^D \\
& + 0,363.\text{Ln}Pr_{t-1} - 0,1319.C_{t-1} - 0,2273.\text{Ln}A_{t-1} \\
& (0,7582) \quad (-0,1902) \quad (-0,7664) \\
R^2 = & 0,7375 \quad n = 17 \quad F = 5,3524^C \quad h = \text{n\~{a}o \acute{e} calcul\~{a}vel}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
5^a) \text{Ln}A_t = & 11,3413 + 0,68843.\text{Ln}P_{t-1}^P + 0,1923.\text{Ln}I_t + 0,39229.D_t \\
& (2,7515)^B \quad (1,4058)^D \quad (1,5472)^D \quad (1,8797)^C \\
& + 0,269326.\text{Ln}Pr_{t-1} - 0,212838.C_{t-1} \\
& (0,5928) \quad (-0,3164) \\
R^2 = & 0,7221 \quad n = 17 \quad F = 6,7987^B \quad DW = 2,5243
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
6^a) \text{Ln}A_t = & 10,07443 + 0,593343.\text{Ln}P_{t-1}^P + 0,1896574.\text{Ln}I_t + 0,365647.D_t \\
& (10,699)^A \quad (1,6853)^D \quad (1,59)^D \quad (1,9909)^C \\
& + 0,1633157.\text{Ln}Pr_{t-1} \\
& (0,5535) \\
R^2 = & 0,7196 \quad n = 17 \quad F = 9,7637^B \quad DW = 2,4896
\end{aligned}$$

Utilizando média móvel anual para as variáveis P^P e C (t e $t-1$):

$$7^a) A_t = 6.145,466 + 8.118,14.P_{t,t-1}^P + 189,2588.I_t + 799.841,7.D_t$$

$$(0,0292) \quad (0,1754) \quad (1,5711)^D \quad (1,0607)^E$$

$$-1.205,889.Pr_{t-1} + 47,7117.C_{t,t-1} + 0,0293.A_{t-1}$$

$$(-0,1184) \quad (0,7209) \quad (0,0996)$$

$$R^2 = 0,7065 \quad n = 17 \quad F = 4,5912^C \quad h = 0,5849$$

$$8^a) A_t = -4.005,72 + 10.385,15.P_{t,t-1}^P + 189,85.I_t + 78.267,45.D_t$$

$$(-0,028) \quad (0,2701) \quad (1,6541)^D \quad (1,1149)^E$$

$$-669,64.Pr_{t-1} + 46,32.C_{t,t-1}$$

$$(-0,0818) \quad (0,7506)$$

$$R^2 = 0,7062 \quad n = 17 \quad F = 6,3039^B \quad DW = 2,0889$$

Utilizando logaritmos neperianos na situação anterior:

$$9^a) \text{Ln}A_t = 12,134 + 0,9875.\text{Ln}P_{t,t-1}^P + 0,184806.\text{Ln}I_t + 0,3282.D_t$$

$$(2,4225)^C \quad (1,4843)^D \quad (1,1255)^E \quad (1,5549)^D$$

$$+0,6264.\text{Ln}Pr_{t-1} - 0,1559.\text{Ln}C_{t,t-1} - 0,231.\text{Ln}A_{t-1}$$

$$(0,9761)^E \quad (-0,203) \quad (-0,8096)$$

$$R^2 = 0,7509 \quad n = 17 \quad F = 5,7459^B \quad h = \text{não é calculável}$$

$$10^a) \text{Ln}A_t = 10,40874 + 0,869203.\text{Ln}P_{t,t-1}^P + 0,1284114.\text{Ln}I_t + 0,359.D_t$$

$$(2,333)^C \quad (1,3607)^E \quad (0,8774)^E \quad (1,757)^D$$

$$+0,4794.\text{Ln}Pr_{t-1} - 0,174582.C_{t,t-1}$$

$$(0,7914)^E \quad (-0,2311)$$

$$R^2 = 0,7345 \quad n = 17 \quad F = 7,2455^B \quad DW = 2,5655$$

$$11^a) \text{Ln}A_t = 9,416936 + 0,760943.\text{Ln}P_{t,t-1}^P + 0,136458.\text{Ln}I_t + 0,33876.D_t$$

$$(8,0723)^A \quad (1,826)^C \quad (0,9998)^E \quad (1,9122)^C$$

$$+0,363119.\text{Ln}Pr_{t-1}$$

$$(1,0192)^E$$

$$R^2 = 0,7332 \quad n = 17 \quad F = 10,4687^B \quad DW = 2,5154$$

Utilizando média móvel bianual para as variáveis P^P , C (t e $t-1$) e Pr ($t-1$ e $t-2$):

$$12^a) A_t = 5.557,968 + 8.419,837.P_{t,t-1}^P + 188,139.I_t + 79.770,1.D_t \\ (0,025) \quad (0,1719) \quad (1,575)^D \quad (1,0594)^E \\ -1.162,067.Pr_{t-1,t-2} + 47,263.C_{t,t-1} + 0,029.A_{t-1} \\ (-0,1043) \quad (0,6872) \quad (0,0954) \\ R^2 = 0,7064 \quad n = 17 \quad F = 4,5891^C \quad h = -0,0599$$

$$13^a) A_t = -5.583,405 + 10.925,5.P_{t,t-1}^P + 188,412.I_t + 78.362,8.D_t \\ (-0,031) \quad (0,2772) \quad (1,654)^D \quad (1,1126)^E \\ -553,8865.Pr_{t-1,t-2} + 45,49145.C_{t,t-1} \\ (-0,0635) \quad (0,7202) \\ R^2 = 0,7064 \quad n = 17 \quad F = 6,3018^B \quad DW = 2,5126$$

$$14^a) A_t = -42.218,92 + 35.318,73.P_{t,t-1}^P + 149,3893.I_t + 98.082,95.D_t \\ (-0,2493) \quad (1,7875)^C \quad (1,5218)^D \quad (1,5427)^D \\ +4.909,313.Pr_{t-1,t-2} \\ (1,1649)^E \\ R^2 = 0,6923 \quad n = 17 \quad F = 8,5735^B \quad DW = 2,2809$$

Equações Estimadas Usando a Área com Eucalipto + *Pinus*

Utilizando valores anuais e variáveis defasadas em 1 ano (exceto I_t):

$$1^a) Aep_t = 123.314,9 + 31.216,66.P_{t-1}^P + 21,8579.I_t + 70.937,47.D_t \\ (1,0377)^E \quad (1,2314)^E \quad (2,1819)^C \quad (1,167)^E \\ +662,9829.Pr_{t-1} - 28,41675.C_{t-1} + 0,108.Aep_{t-1} \\ (0,1333) \quad (-0,6908) \quad (-0,4145) \\ R^2 = 0,7484 \quad n = 17 \quad F = 5,8901^B \quad h = \text{não é calculável} \\ (\text{equação selecionada})$$

$$\begin{aligned}
2^a) Aep_t &= 113.627,8 + 35.194,68.P_{t-1}^P + 23.49815.I_t + 64.788,29.D_t \\
&\quad (1,0142)^E \quad (1,5599)^D \quad (2,6552)^C \quad (1,1429)^E \\
&\quad + 1.308,173.Pr_{t-1} - 29.31696.C_{t-1} \\
&\quad (0,2879) \quad (-0,7422) \\
R^2 &= 0,7441 \quad n = 17 \quad F = 7,9156^B \quad DW = 2,0612
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
3^a) Aep_t &= 110.985,7 + 22.104,61.P_{t-1}^P + 23.81363.I_t + 48.206,92.D_t \\
&\quad (1,0102)^E \quad (1,6012)^D \quad (2,7458)^B \quad (0,9432)^E \\
&\quad - 1.304,75.Pr_{t-1} \\
&\quad (-0,4629) \\
R^2 &= 0,7313 \quad n = 17 \quad F = 10,7739^B \quad DW = 1,9301
\end{aligned}$$

Utilizando logaritmos neperianos na situação anterior:

$$\begin{aligned}
4^a) \text{Ln}Aep_t &= 15,9617 + 0,8588.\text{Ln}P_{t-1}^P + 0,291.\text{Ln}I_t + 0,3528.D_t \\
&\quad (3,0361)^B \quad (1,5747)^D \quad (1,813)^C \quad (0,2163) \\
&\quad + 0,10628.\text{Ln}Pr_{t-1} - 0,860.\text{Ln}C_{t-1} - 0,2277.\text{Ln}Aep_{t-1} \\
&\quad (0,2163) \quad (-0,1716) \quad (-0,079) \\
R^2 &= 0,7293 \quad n = 17 \quad F = 5,3654^C \quad h = \text{não é calculável}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
5^a) \text{Ln}Aep_t &= 15,746 + 0,8477.\text{Ln}P_{t-1}^P + 0,2841741.\text{Ln}I_t + 0,3566212.D_t \\
&\quad (3,6776)^A \quad (1,6865)^D \quad (2,2131)^C \quad (1,629)^D \\
&\quad + 0,10029.\text{Ln}Pr_{t-1} - 0,857.\text{Ln}C_{t-1} \\
&\quad (0,2166) \quad (-1,2258)^E \\
R^2 &= 0,7291 \quad n = 17 \quad F = 7,3711^B \quad DW = 2,3522
\end{aligned}$$

Utilizando média móvel anual para as variáveis P^P e C (t e $t-1$):

$$\begin{aligned}
6^a) Aep_t &= 41.910,4 + 41.696,03.P_{t,t-1}^P + 16.8198.I_t + 61.584,5.D_t \\
&\quad (0,2595) \quad (1,0119)^E \quad (1,3927)^D \quad (1,0087)^E \\
&\quad + 3.191,496.Pr_{t-1} - 32.8234.C_{t,t-1} + 0,0959.Aep_{t-1} \\
&\quad (0,3829) \quad (-0,5513) \quad (0,3647) \\
R^2 &= 0,7471 \quad n = 17 \quad F = 5,8487^B \quad h = 0,5849
\end{aligned}$$

$$7^a) Aep_t = 24.242,2 + 48.717,64.P_{t,t-1}^P + 17.55408.I_t + 57.244,02.D_t$$

$$(0,1639) \quad (1,3675)^D \quad (1,5359)^D \quad (0,996)^E$$

$$+4.524,598.Pr_{t-1} - 38,95462.C_{t,t-1}$$

$$(0,6294) \quad (-0,7106)$$

$$R^2 = 0,7437 \quad n = 17 \quad F = 7,9004^B \quad DW = 2,1029$$

$$8^a) Aep_t = 61.340,22 + 26.351,42.P_{t,t-1}^P + 21,76.I_t + 111.571,3.D_t$$

$$(0,4572) \quad (1,6131)^D \quad (2,2753)^C \quad (0,8893)^E$$

$$-16,925.Pr_{t-1}$$

$$(-0,0054)$$

$$R^2 = 0,7293 \quad n = 17 \quad F = 10,8116^B \quad DW = 2,5481$$

Utilizando logaritmos neperianos na situação anterior:

$$9^a) \text{Ln}Aep_t = 16,082 + 1,1356.\text{Ln}P_{t,t-1}^P + 0,2166\text{Ln}I_t + 0,3057D_t$$

$$(2,6104)^C \quad (1,5173)^D \quad (1,2207)^E \quad (1,3203)^E$$

$$+0,4157\text{Ln}Pr_{t-1} - 0,9105\text{Ln}C_{t,t-1} - 0,0676.\text{Ln}Aep_{t-1}$$

$$(0,5945) \quad (-1,0534)^E \quad (-0,2294)$$

$$R^2 = 0,7252 \quad n = 17 \quad F = 5,2555^C \quad h = \text{não é calculável}$$

$$10^a) \text{Ln}Aep_t = 15,263 + 1,07755.\text{Ln}P_{t,t-1}^P + 0,1991.\text{Ln}I_t + 0,3152.D_t$$

$$(3,181)^A \quad (1,6004)^D \quad (1,3002)^E \quad (1,4464)^D$$

$$+0,368773.\text{Ln}Pr_{t-1} - 0,86768.\text{Ln}C_{t,t-1}$$

$$(0,5769) \quad (-1,0755)^E$$

$$R^2 = 0,7237 \quad n = 17 \quad F = 7,174^B \quad DW = 2,3547$$

Utilizando média móvel bianual para as variáveis P^P , C (t e $t-1$) e Pr ($t-1$ e $t-2$):

$$11^a) Aep_t = 48.082,97 + 39.589.P_{t,t-1}^P + 17,478.I_t + 60.969,5.D_t$$

$$(0,2925) \quad (0,9513)^E \quad (1,4949)^D \quad (0,9978)^E$$

$$+2.765,54.Pr_{t-1,t-2} - 29,4742.C_{t,t-1} + 0,979.Aep_{t-1}$$

$$(0,3202) \quad (-0,4953) \quad (0,3647)$$

$$R^2 = 0,746 \quad n = 17 \quad F = 5,8146^B \quad h = \text{não é calculável}$$

$$\begin{aligned}
 12^a) \text{ } Aep_t = & 27.951 + 46.941,72.P_{t,t-1}^P + 18,2149.I_t + 56.780,32.D_t \\
 & (0,1881) \quad (1,3434)^E \quad (1,6479)^D \quad (0,9854)^E \\
 & + 4.279,363.Pr_{t-1,t-2} - 36,456.C_{t,t-1} \\
 & (0,5887) \quad (-0,6742) \\
 R^2 = & 0,7426 \quad n = 17 \quad F = 7,854^B \quad DW = 2,5437
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 13^a) \text{ } Aep_t = & 62.876,07 + 26.228,10.P_{t,t-1}^P + 21,82542.I_t + 39.684,51.D_t \\
 & (0,4621) \quad (1,6126)^D \quad (2,3103)^C \quad (0,785) \\
 & - 59,34168.Pr_{t-1,t-2} \\
 & (-0,018) \\
 R^2 = & 0,732 \quad n = 17 \quad F = 10,8119^B \quad DW = 2,3897
 \end{aligned}$$

Apêndice B

Teste da Equação da Área Reflorestada/Florestada para as Empresas de Papel e Celulose (1982–95)

Os valores entre parênteses sob os coeficientes estimados referem-se à estatística t , sendo que: A indica o coeficiente ser estatisticamente significativo a 0,5%; B indica o coeficiente ser estatisticamente significativo a 1%; C indica o coeficiente ser estatisticamente significativo a 5%; D indica o coeficiente ser estatisticamente significativo a 10%; e E indica o coeficiente ser estatisticamente significativo a 20%. A presença de autocorrelação entre os resíduos é medida pela estatística de Durbin (h).

Utilizando valores anuais e variáveis defasadas em um ano (exceto I_t):

$$\begin{aligned}
 1^a) \text{ } Aep_t = & 50.286,93 + 636.026,8.P_{t-1}^P - 14,055.I_t - 685,9631.Pr_{t-1} \\
 & (0,9365)^E \quad (1,7536)^D \quad (-3,1063)^B \quad (-0,6566) \\
 & + 13,21867.C_{t-1} - 0,0811.Aep_{t-1} \\
 & (2,7488)^C \quad (-0,4117) \\
 R^2 = & 0,8477 \quad n = 17 \quad F = 8,906^A \quad h = -0,9790
 \end{aligned}$$

Utilizando logaritmos neperianos na situação anterior:

$$\begin{aligned}
 2^a) \text{Ln}Aep_t &= 3,8368 + 0,1722.\text{Ln}P_{t-1}^P - 0,00129.\text{Ln}I_t \\
 &\quad (0,7609) \quad (1,3739)^E \quad (-0,2076) \\
 &\quad + 0,73815.\text{Ln}Pr_{t-1} + 0,62023.C_{t-1} + 0,0236.\text{Ln}Aep_{t-1} \\
 &\quad (1,3612)^E \quad (1,312)^E \quad (0,0766) \\
 R^2 &= 0,6825 \quad n = 14 \quad F = 3,4392^D \quad h = \text{não é calculável}
 \end{aligned}$$

Utilizando média móvel bianual para as variáveis P^P e Pr (t e $t-1$):

$$\begin{aligned}
 3^a) Aep_t &= 46.005,69 + 1.696.844.P_{t,t-1}^P - 8,115.I_t - 46,649.Pr_{t,t-1} \\
 &\quad (1,0152)^E \quad (2,9355)^B \quad (-1,8635)^C \quad (-0,0494) \\
 &\quad + 5,7117.C_{t,t-1} - 0,0404.Aep_{t-1} \\
 &\quad (1,1149)^E \quad (-0,2633) \\
 R^2 &= 0,8993 \quad n = 14 \quad F = 14,29^A \quad h = -1,875^D
 \end{aligned}$$

Utilizando método de correção de autocorrelação de erros onde há média móvel bianual para as variáveis P^P e Pr (t e $t-1$):

$$\begin{aligned}
 4^a) Aep_t &= 70.760,57 + 1.289.501.P_{t,t-1}^P - 13,545.I_t - 817,234.Pr_{t,t-1} \\
 &\quad (2,1821)^C \quad (3,3049)^B \quad (-3,7935)^A \quad (-1,1785)^E \\
 &\quad + 8,1024.C_{t,t-1} - 0,0451.Aep_{t-1} \\
 &\quad (2,7057)^C \quad (-0,4116) \\
 R^2 &= 0,9615 \quad n = 13 \quad F = 49,497^A \quad h = -0,7818 \quad \rho = -1,6851^D
 \end{aligned}$$

Utilizando logaritmos neperianos na situação em que há média móvel bianual para as variáveis P^P e Pr (t e $t-1$) – equação selecionada:

$$\begin{aligned}
 5^a) \text{Ln}Aep_t &= 12,5839 + 0,5662.\text{Ln}P_{t,t-1}^P + 0,00977.\text{Ln}I_t \\
 &\quad (3,4179)^A \quad (4,6903)^A \quad (2,1366)^C \\
 &\quad + 1,1495.\text{Ln}Pr_{t,t-1} - 0,51729.\text{Ln}C_{t-1} + 0,14771.\text{Ln}Aep_{t-1} \\
 &\quad (3,2439)^B \quad (-1,2991)^E \quad (0,8336) \\
 R^2 &= 0,8925 \quad n = 14 \quad F = 13,289^A \quad h = -1,4879
 \end{aligned}$$