

A DEMANDA POR CARVÃO VEGETAL E SUAS CONSEQUÊNCIAS ECONÔMICAS SOBRE O AGRONEGÓCIO DO EUCALIPTO NO BRASIL

*Leandro Pessoa Lucena¹
Francisco José Kliemann Neto²
Fernanda Mariano Massuia³
Carlos Eduardo de Freitas⁴*

RESUMO

As agroindústrias que consomem biomassa florestal têm crescido a taxas expressivas nos últimos anos, principalmente as que demandam: celulose e papel, siderurgia a carvão vegetal, painéis de madeira para móveis e construções civis, toras extraídas para exportação in natura, entre outros. Porém, o que mais se tem destaque, e preocupações socioeconômicas e ambientais, é a produção de carvão vegetal como insumo-produto a atividade siderúrgica. Logo, esse trabalho teve como objetivo apresentar essa dependência de consumo das siderurgias pelo carvão vegetal e a relação desse consumo com a expansão da Silvicultura do Eucalipto. Para tanto, utilizou-se o Modelo de Correlação Linear e o MMMQ como instrumentos de análise estatística do grau de influência e relação do Carvão Vegetal sobre a Produção de Eucalipto e vice-versa. Os resultados encontrados apresentaram uma projeção crescente e linear da atividade Silvícola do Eucalipto, a fim de atender uma expressiva necessidade de elevação da produção de Carvão Vegetal como principal insumo-produto demandado pelas siderurgias. Sob o ponto de vista do agronegócio esses resultados podem ser dimensionados a uma produção industrial mais limpa e sustentável, atendendo assim as imposições globais, com a finalidade de se produzir com recursos renováveis.

Palavras – chaves: Economia florestal, Estruturas de mercado, Externalidades.

ABSTRACT

The Agro-industries that consume forest biomass has grown at rates significant in recent years, especially those that require: pulp and paper, steel, charcoal, wood boards for furniture and civil construction, logs harvested for export in nature, between others. But what has been most prominent and socioeconomic concerns and environment is the production of charcoal as a by-product steelmaking. For this work aimed to present this dependence for the consumption of charcoal and steel Mills relation of consumption with the expansion of Forestry Eucalyptus. To that, we used - the Model and Linear Correlation as MMMQ tools of statistical analysis of the degree of influence and relationship of Charcoal Production on Eucalyptus and reciprocally. The results showed a linear projection of the activity and growing Eucalyptus forestry in order to, meet a significant need to increase the production of charcoal as the main input-output demanded by the steel mills. From the point of view of agribusiness, these results can be scaled to an industrial cleaner production and sustainable global clients' taxes in order to produce renewable resources.

Key - words: Forest Economics, Market Structure, Externalities.

1. INTRODUÇÃO

¹ Professor da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT

² Professor da Universidade Federal de Rio Grande do Sul – UFRGS

³ Professora da Universidade de Cuiabá – UNIC

⁴ Professor da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT

No decorrer das últimas décadas a importância de fontes renováveis de energia tem ganhado expressiva representatividade dado a latente preocupação da escassez dos recursos naturais. E dentre as fontes de energia renováveis a madeira tradicionalmente chamada de lenha ressurgiu como uma das principais alternativas de estabilidade ao fornecimento de insumos para a produção agroindustrial.

Entende-se que a utilização da madeira, para fins de produção do carvão vegetal, ocupa uma posição estratégica para as principais empresas siderúrgicas no Brasil. A maior demanda por esse insumo tem se caracterizado devido ao próprio avanço desse segmento, o qual tem sido responsável por uma área reflorestada com eucalipto de aproximadamente 2,1 milhões de hectares e, que somados com a floresta nativa, tem obtido uma produção de 55 milhões de metros cúbicos de carvão, contribuindo para a produção de 19,5 milhões de toneladas de ferro-gusa (IBGE, 2011).

O fato é que a competitividade do aço brasileiro depende, entre outros fatores, da produção em escala e a baixos custos de ferro-gusa⁵. No entanto, a sustentabilidade da produção de carvão vegetal para fabricação de ferro-gusa depende da reposição da madeira utilizada para a fabricação de carvão, oriunda tanto de florestas plantadas quanto de florestas nativas tornando-se, por sua vez, um problema ambiental a ser superado.

Logo, a possibilidade de se utilizar um insumo sem desembolso imediato (florestas tropicais, cerrados e outras madeiras oriundas de matas nativas) acaba por gerar vantagens competitivas insustentáveis ou ilusórias na cadeia produtiva do ferro-gusa, com base em carvão vegetal. Sabe-se que em países com baixa capacidade de regulação e de monitoramento da conformidade das cadeias produtivas e abundância de florestas, como o Brasil, a questão tem se tornado um agravante.

Por outro lado, segundo dados do Ministério do Meio Ambiente – MMA, os plantios das empresas siderúrgicas não são capazes de, em regime sustentável, atender as suas demandas por carvão vegetal oriundo de florestas plantadas. Somente no Estado de Minas Gerais, a área anual de plantio atinge 45 mil hectares, quando deveriam ser plantados 190 mil hectares. Dado essas premissas, esse trabalho discorrerá sobre a importância do carvão vegetal e do reflorestamento do Eucalipto para o bom andamento das atividades econômicas siderúrgicas.

2. OBJETIVOS

Apurar a existência de correlação linear entre o agronegócio da produção de Carvão Vegetal e a produção silvícola do Eucalipto Reflorestado, a fim de confirmar se

⁵ O ferro-gusa é uma liga de ferro-carbono utilizada como um insumo-produto na produção de aço. Para que se possa produzir o ferro – gusa usualmente tem se utilizado o carvão vegetal como substituto funcional do carvão mineral (coque).

essas atividades são complementares do ponto de vista econômico e por fim, dimensionar os impactos dessas atividades para o segmento siderúrgico brasileiro.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para que se possam responder os objetivos propostos, esse trabalho buscou a utilização do método de correlação linear (r) que tem como objetivo estimar numericamente o grau de relação entre populações de duas ou mais variáveis, a partir da determinação obtida com base em amostras selecionadas destas populações focalizadas.

Logo, as variáveis escolhidas para estabelecer a existência de relação e influência sobre o setor siderúrgico brasileiro foram o Carvão Vegetal e a produção de Eucalipto Reflorestado. Para tanto, a expressão da fórmula para esse cálculo baseou-se conforme BRUNI (2007);

$$r = \frac{\left(\frac{\sum xy}{n} - \frac{\sum x}{n} \cdot \frac{\sum y}{n} \right)^2}{\left[\frac{\sum x^2}{n} - \left(\frac{\sum x}{n} \right)^2 \right] \cdot \left[\frac{\sum y^2}{n} - \left(\frac{\sum y}{n} \right)^2 \right]}$$

Entende-se que a correlação possibilita comprovar numericamente se é adequado a postulação lógica realizada, haver existência de relação entre as populações de duas ou mais variáveis. Na qual a faixa de variação de (r) pode compreender de (-1 ≤ r ≤ 1) em que;

| Grau de Correlação entre (X) e (Y)* | | |
|-------------------------------------|---------------|--|
| (0,0) a (-0,2) | (0,0) a (0,2) | Relação Inexistente entre (X) e (Y) |
| (-0,3) a (-0,5) | (0,3) a (0,5) | Relação Fraca entre (X) e (Y) |
| (-0,6) a (-0,8) | (0,6) a (0,8) | Relação Forte entre (X) e (Y) |
| (-0,9) a (-1) | (0,9) a (1) | Relação quase Perfeita entre (X) e (Y) |

* Adaptado de Gujarati (2000) e Bruni, (2007).

Nesse sentido a aplicação estatística desse modelo, pode ser assim caracterizada segundo GUJARATI (2000) quanto BRUNI, (2007):

$$I - \sum y = (n \cdot a) + (\sum x \cdot b)$$

$$II - \sum xy = \left(\sum x \cdot a \right) + \left(\sum x^2 \cdot b \right) \quad a = \frac{\sum y - b \cdot (\sum x)}{n} \quad b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x) \cdot (\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

Neste, as expressões (I) e (II) são os determinantes dos resultados do coeficiente linear (a) e angular (b). Em que "x" corresponde à variável a ser projetável. Logo a sintetização do cálculo pode ser expresso através da equação da reta;

$$y = a + b \cdot (x)$$

E no intuito de projetar um cenário futuro tanto para a produção de carvão vegetal quanto para a produção de Eucalipto reflorestado, utilizou-se, então, a equação da reta como parâmetro de análise.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

Há um bom tempo a humanidade e as principais economias desenvolvidas ou em processo de desenvolvimento passam pelo dilema do Custo – Benefício em seus sistemas de produção, ou seja, produzir com máxima eficiência e diluir os custos com máxima eficácia. No entanto, em boa medida a diluição desses custos industriais tem se voltado as externalidades negativas⁶ para a sociedade como um todo.

Por conta dessas externalidades negativas a Organização das Nações Unidas (ONU) somada a Organização Mundial do Comércio (OMC) e Organização Mundial da Saúde (OMS) exercem uma forte pressão sobre as mudanças dos atuais paradigmas de produção industrial em escala. E uma dessas mudanças está na reavaliação dos insumos-produtos utilizados como fonte de energias as indústrias, pois se considera necessária a utilização de fontes de energia renováveis e menos poluentes.

Conforme Antal e Grønli, (2003) quanto Botrel, Trugilho *et al.*, (2007) uma das fontes renováveis de energia e com alto potencial em atender as indústrias é o carvão vegetal proveniente do Eucalipto, pois cada tonelada dessa madeira utilizada na produção de carvão com fins industriais emite 160 kg de CO₂ na atmosfera. Isso significa que cada tonelada de carvão emite, em média, no Brasil, cerca de 1.050 kg de gás carbônico e, cada tonelada de ferro-gusa emite 1.300 kg aproximadamente. Se esse carvão for oriundo de matas nativas, a emissão é ainda maior. No caso do carvão feito com floresta plantada, há que se computar o sequestro de carbono realizado por florestas de eucalipto durante sete anos de crescimento, ao redor de 46 toneladas por hectare.

Atualmente, o Brasil lidera a produção mundial de carvão vegetal próximo a 50 milhões de toneladas/ ano. Boa parte dessa produção tem sido absorvida pelo estado de Minas Gerais (ABRACAVE, 2010). Segundo Swami, Steiner *et al.*, (2009) apesar de o Brasil ser o maior produtor mundial de carvão vegetal, o mesmo encontra-se entre os 10 maiores importadores dessa matéria prima, pois a atividade de carvoejamento tem se tornado altamente fornecedora às indústrias dependentes de caldeiras como as agroindústrias: Cargill, Bunge, ADM, Serrana, Amaggi, Coamo, Kraft Foods, Louis Dreyfus, Sadia, entre outros.

⁶ As externalidades negativas podem surgir entre produtores, entre consumidores ou entre consumidores e produtores. Ocorre quando a ação de uma das partes prejudica a outra, gerando uma perda socioeconômica, DOMAC, J. *ET AL* (2008).

Outro ponto a se destacar na atividade do carvão vegetal como recurso energético são as dependências de condições climáticas, pressões ecológicas, legislação e demais conjunturas externas que favorecem um ambiente de incerteza na cadeia produtiva (BRITO, 1997; 2007). Essas incertezas somadas à ausência de regras e demais oportunidades entre os agentes da cadeia produtiva têm contribuído para a elevação dos custos de transação, bem como, o valor médio cobrado pela tonelada (Gráfico 1 – IV).

Cabe ressaltar conforme Brito, (1990) quanto Fearnside, (1998) a produção de carvão vegetal, no Brasil, é destinada ao atendimento da demanda de diversos segmentos da indústria (siderurgia, metalurgia, cimento, entre outros), bem como, para a utilização residencial urbana e rural. A principal utilização, no entanto, se faz presente na indústria de siderurgia.

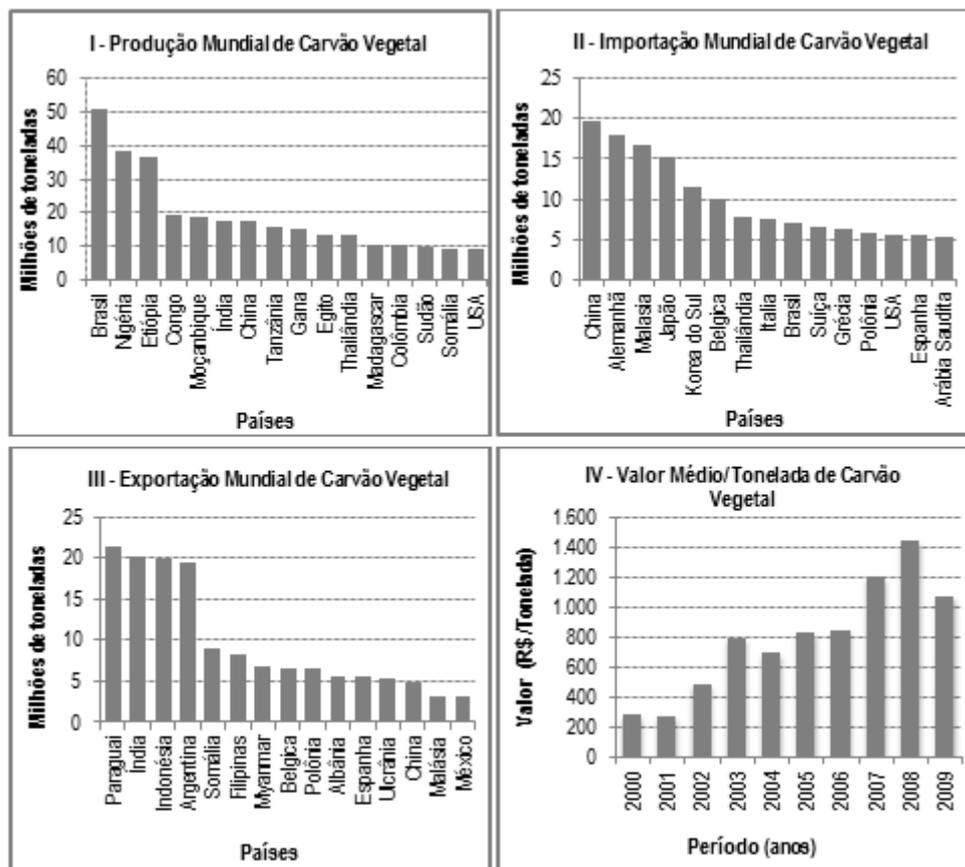


Gráfico 1 – Panorama comercial do Carvão Vegetal
 Fonte: Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO, 2011.

Por outro lado, Yatim e Hoi, (1987) e Ackerman e De Almeida, (1990) ressaltaram que o primeiro e, talvez, o mais importante dos problemas ligados ao carvão vegetal, seja o da oferta de matéria-prima para sua produção. Os dados mais recentes, segundo o Ministério do Meio Ambiente – MMA, indicam que 75% da matéria-prima usada na obtenção de carvão vegetal no Brasil têm origem na mata nativa.

Porém, para alguns estudiosos como: De Almeida *et al.*, (1992), Muylaert, Sala *et al.*, (1998) e Piketty, Wichert *et al.*, (2009) é fato real que a disponibilidade de material lenhoso proveniente de florestas nativas permitiu o desenvolvimento crescente da siderurgia a carvão vegetal. Pois, a demanda de produtos agrícolas cresceu com a população do País e com o aumento da exportação, criando fronteiras novas de produção. Logo, o conseqüente desmatamento, seja diretamente com recursos do produtor ou com financiamentos de programas do Governo, tem gerado, em Minas Gerais, Goiás, Sul da Bahia e Mato Grosso, condições para o fornecimento de madeira, que, ao invés de ser simplesmente queimada, vem sendo transformada em carvão vegetal (figura 1).

Independentemente desses aspectos, ocorre que a sustentação de uma importante parcela da produção siderúrgica, baseada no carvão vegetal obtido de madeira de matas nativas, está se tornando difícil. Atualmente, a mata nativa está sofrendo escassez principalmente junto às usinas siderúrgicas, porque grande parte do desenvolvimento agropecuário já se encontra estabelecida nessas áreas.

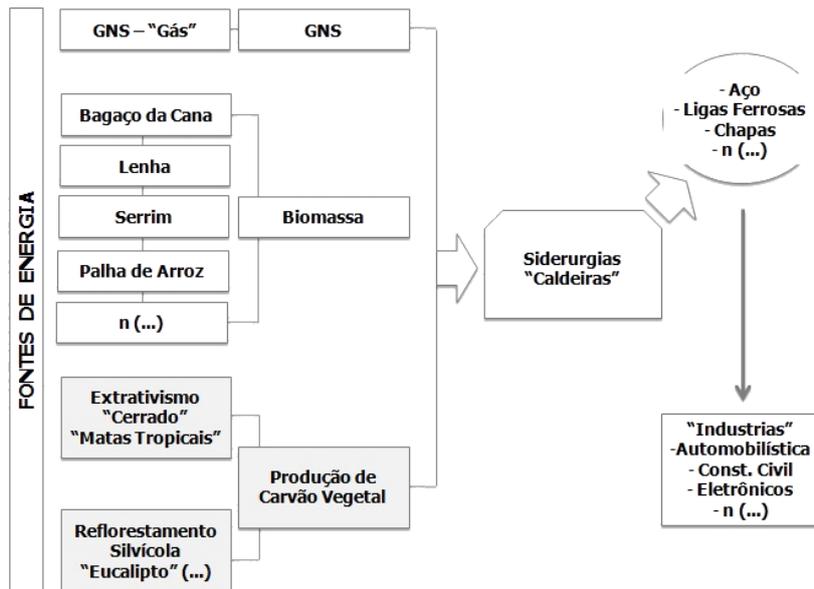


Figura 1 – Produção de Carvão Vegetal como Fonte de Energia as Siderurgias

Fonte: Elaborado pelo autor

Um exemplo desse aspecto são as imagens disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – INPE (Figura 2). Mais de ¾ da Floresta do Cerrado Brasileiro em menos de 30 anos já não existem mais.

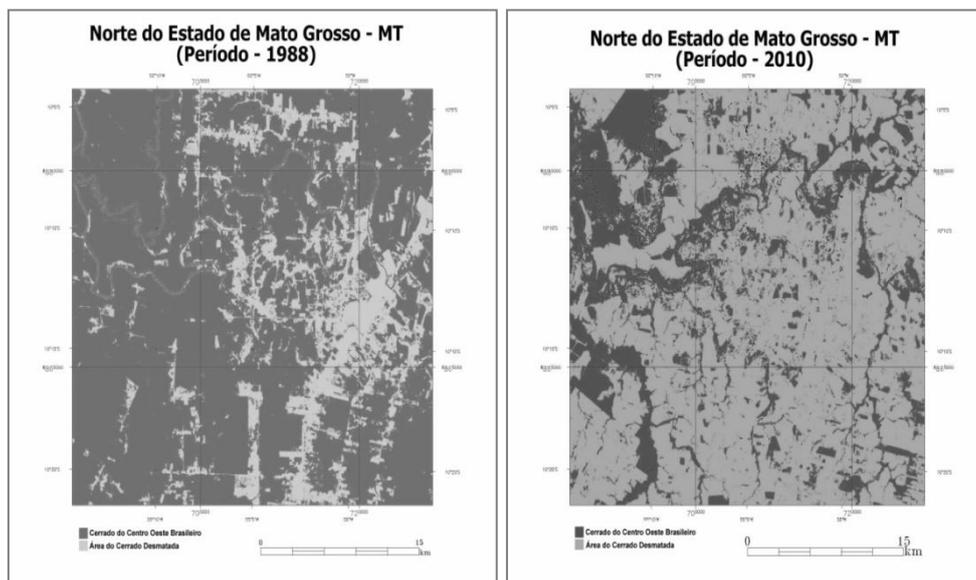


Figura 2 – Mapeamento Florestal do Cerrado Brasileiro

Fonte: Adaptado pelo autor através das imagens disponibilizadas pelo INPE.

* Imagens do “Satélite Landsat 5” do cerrado brasileiro períodos de 1988 (esquerda) e 2010 (direita).

** Cor Cinza Escuro (Área virgem) e Cor Branca (Área desmatada).

Quando a análise parte do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, essa queda contínua na produção de Carvão Vegetal por Extrativismo é confirmada pelo aumento da produção de Carvão Vegetal por Reflorestamento (gráfico 2).

A consequência desse fator para Ratter, Ribeiro *et al.*, (1997) e Rezende, Coelho *et al.*, (2007) tem sido o distanciamento cada vez maior dos pontos de produção de carvão vegetal, os quais muitas vezes estão localizados a 1000 km dos centros de consumo. Tal situação tem levado os consumidores a empenharem-se no estabelecimento de programas de reflorestamento com espécies de rápido crescimento para o atendimento da demanda de madeira. No aspecto mais amplo do contexto nacional, os reflorestamentos já conseguem suprir 25% do volume de carvão vegetal consumido em nosso País. No entanto, algumas importantes empresas do setor siderúrgico possuem índices que chegam a 100% de auto-suficiência.

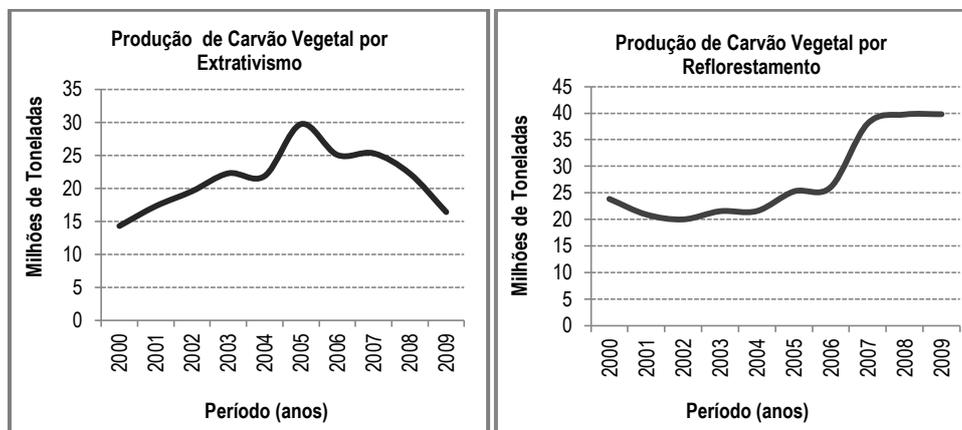


Gráfico 2 – Produção de Carvão Vegetal por Extrativismo e por Reflorestamento

Fonte: Adaptado pelo autor através dos dados IBGE/SIDRA, 2011.

Nesse sentido, a produção de carvão vegetal para fabricação de ferro-gusa afeta diretamente a demanda por madeira, contribuindo para o desmatamento e para a degradação de diferentes biomas brasileiros, em particular da Floresta Amazônica (no caso do extrativismo ao redor do pólo de Carajás), além da Mata Atlântica (norte do Espírito Santo e sul da Bahia), do Pampa (Rio Grande do Sul), do Pantanal e do Cerrado em Minas Gerais, já bastante devastado.

Logo, tem sido consenso entre alguns pesquisadores como: Kenyon, (1945); Hoogwijk, Faaij *et al.*, (2005); Domac, Benkovic *et al.*, (2008); Noce, Lorenzi Do Canto *et al.*, (2008) e Johnson, (2009) que a situação pode ser equacionada mediante o planejamento das condições necessárias para que florestas plantadas possam vir a atender idealmente à totalidade da demanda de madeira para a fabricação desse insumo. Devendo ressaltar que esse planejamento deve ter em seu escopo o período mínimo de seis a sete anos – caso a espécie escolhida seja o *Eucalyptus spp.*

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dados os objetivos desse trabalho em apurar a existência de correlação linear entre o agronegócio da produção de Carvão Vegetal e a produção Silvícola do Eucalipto Reflorestado – confirmando se essas atividades são complementares – bem como discutir os impactos desses setores para o segmento siderúrgico brasileiro, chegaram-se aos seguintes resultados:

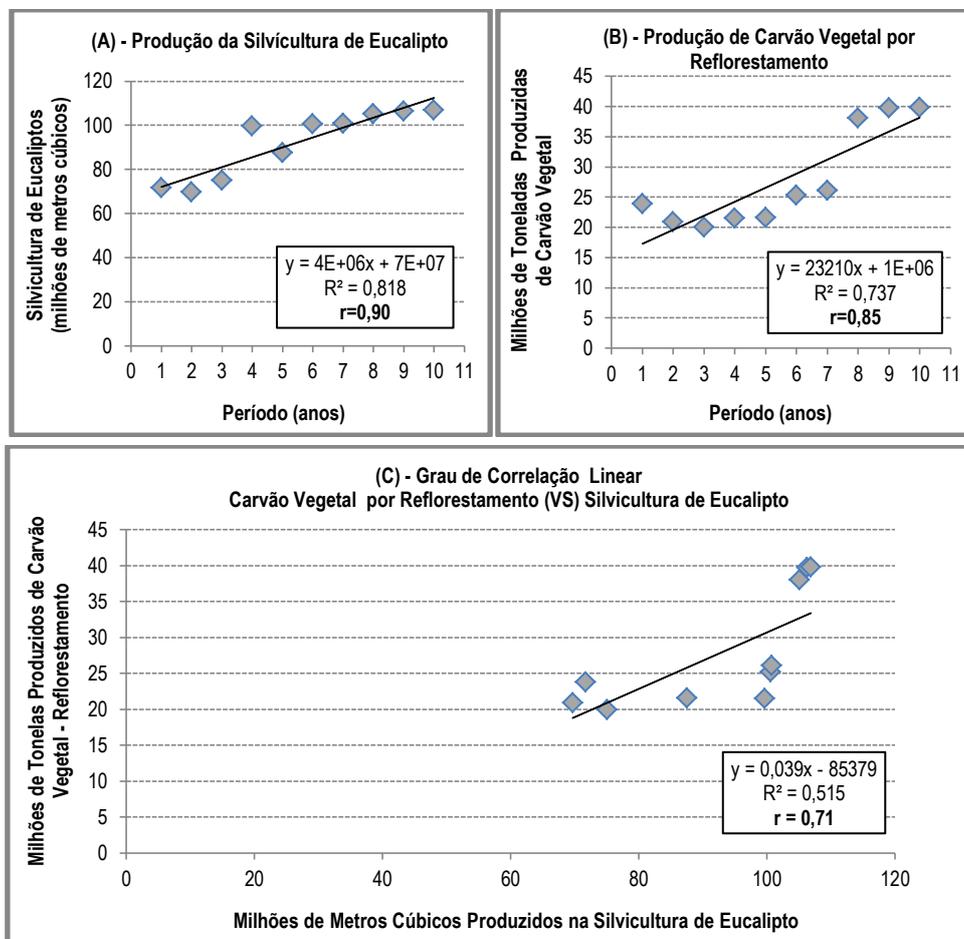


Gráfico 3 – Aplicação do modelo de correlação linear entre produção de Eucalipto e de Carvão Vegetal por reflorestamento

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados disponibilizados do SIDRA/IBGE

- ✓ A atividade comercial e produtiva do Eucalipto tem avançado nos últimos 10 anos [Gráfico – 3 (A)], em boa parte decorrente ao fornecimento de matérias-primas às carvoarias e, a visão estratégica das siderurgias em utilizar o Eucalipto como fonte de recursos renováveis e menos poluente.
- ✓ Segue uma tendência linear e positiva de crescimento da produção de Carvão Vegetal pela forma de “floresta plantada ou reflorestada” [Gráfico – 3 (B)]. Entende-se que essa tendência está sendo derivada de uma forte pressão internacional a favor da manutenção e da preservação das escassas florestas

nativas pelo mundo e, pelo fato do melhor custo-benefício, uma vez que, o preço da matéria-prima por extrativismo natural está se elevando muito nos últimos anos.

Em relação ao grau de correlação entre o que se produz em metros cúbicos de eucalipto (eixo x) e o que se transforma em Carvão Vegetal (eixo y), os resultados apresentaram uma forte correlação entre essas atividades [Gráfico – 3 (C)], pois “r” demonstra alto grau de correlação entre atividades distintas; porém, uma complementar a outra.

$$r = \sqrt{\frac{\left(\frac{2.636.014.653.805.780}{10} - \frac{923.440.326}{10} \times \frac{27.687.342}{10}\right)^2}{\left[\frac{87.294.509.143.245.900}{10} - \left(\frac{923.440.326}{10}\right)^2\right] \cdot \left[\frac{82.689.352.379.420}{10} - \left(\frac{27.687.342}{10}\right)^2\right]}}$$

r = 0,71 ∴ “Há relação forte entre (x) e (y)”

Portanto, caracterizado as atividades de Eucalipto quanto de Carvão Vegetal como atividade complementar, realizou-se o “TESTE DE PREVISÃO DE CRESCIMENTO” da produção de eucalipto. No qual o (quadro 1) é a representação do método estatístico MMMQ, nesse os resultados dessa previsão linear apontam um crescimento acumulado do setor produtivo do Eucalipto entre os períodos de (2010-2013) em torno de 10,68% (quadro 2).

Quadro 1 – Aplicação do Método da Média dos Mínimos Quadrados - MMMQ para determinar a Projeção Futura da Silvicultura de Eucalipto.

| Período | Eucaliptos (y) (Milhões de m ³ produzidos)** | MMMQ* | | |
|-----------|---|-----------------------------|---|---------------|
| | | PONDERAÇÃO Eucalipto (x) | PONDERAÇÃO Eucalipto (x ²) | (x.y) |
| 2000 | 71.717.511 | 0 | 0 | 0 |
| 2001 | 69.758.138 | 1 | 1 | 69.758.138 |
| 2002 | 75.065.442 | 2 | 4 | 150.130.884 |
| 2003 | 99.697.483 | 3 | 9 | 299.092.449 |
| 2004 | 87.515.161 | 4 | 16 | 350.060.644 |
| 2005 | 100.614.643 | 5 | 25 | 503.073.215 |
| 2006 | 100.766.899 | 6 | 36 | 604.601.394 |
| 2007 | 105.131.741 | 7 | 49 | 735.922.187 |
| 2008 | 106.261.900 | 8 | 64 | 850.095.200 |
| 2009 | 106.911.408 | 9 | 81 | 962.202.672 |
| Total (Σ) | 923.440.326 | 45 | 285 | 4.524.936.783 |

Fonte: Elaborado pelo autor

* Método das Médias dos Mínimos Quadrados – MMMQ. ** Dados da plataforma SIDRA/IBGE

$$b = \frac{10 \cdot (4.524.936.783) - (45) \cdot (923.440.326)}{10 \cdot (285) - (45)^2} = 4.478.246,25 \quad (i)$$

$$a = \frac{923.440.326 - 4.478.246,25 \cdot (45)}{10} = 72.191.924,45 \quad (\text{ii})$$

$$Y = 72.191.924,45 + 4.478.246,25 X \quad (\text{iii})$$

Quadro 2 – Projeção da produção de Eucalipto para os períodos 2010-2013.

| Período Projetado | Equação de Previsão Ajustada $Y = a + b(x)$ | Projeção de Eucalipto Produzido (Milhões de metros cúbicos) | Projeção (%) de Crescimento | |
|--|--|---|-----------------------------|-------|
| Projeção Eucalipto | 2010* | $y = 72.191.924,45 + 4.478.246,25 \cdot (10)$ | 116.974.387 | - |
| | 2011 | $y = 72.191.924,45 + 4.478.246,25 \cdot (11)$ | 121.452.633 | 3,69% |
| | 2012 | $y = 72.191.924,45 + 4.478.246,25 \cdot (12)$ | 125.930.880 | 3,56% |
| | 2013 | $y = 72.191.924,45 + 4.478.246,25 \cdot (13)$ | 130.409.126 | 3,43% |
| (Σ) Projeção acumulada de crescimento** | | | 10,68% | |

Fonte: Elaborado pelo autor

* Período Ajustado devido à ausência de dados na plataforma SIDRA/IBGE.

** Projeção considerada sob a perspectiva *Ceteris Paribus*.

Quadro 3 – Aplicação do Método da Média dos Mínimos Quadrados - MMMQ para determinar a Relação do Eucalipto sob a produção de Carvão Vegetal.

| Período | Eucaliptos* (x) | C.Vegetal** (y) | MMMQ*** | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | (x) ² | (y) ² | (x.y) |
| 2000 | 71.717.511 | 2.385.516 | 5.143.401+3E | 5.690.686+2E | 171.083.269+2E |
| 2001 | 69.758.138 | 2.092.309 | 4.866.197+3E | 4.377.756+2E | 145.955.579+2E |
| 2002 | 75.065.442 | 2.000.266 | 5.634.820+3E | 4.001.064+2E | 150.150.851+2E |
| 2003 | 99.697.483 | 2.154.386 | 9.939.588+3E | 4.641.379+2E | 214.786.861+2E |
| 2004 | 87.515.161 | 2.157.652 | 7.658.903+3E | 4.655.462+2E | 188.827.262+2E |
| 2005 | 100.614.643 | 2.526.437 | 10.123.306+3E | 6.382.883+2E | 254.196.556+2E |
| 2006 | 100.766.899 | 2.608.847 | 10.153.967+3E | 6.806.082+2E | 262.885.422+2E |
| 2007 | 105.131.741 | 3.806.044 | 11.052.682+3E | 14.485.970+2E | 400.136.032+2E |
| 2008 | 106.261.900 | 3.975.393 | 11.291.591+3E | 15.803.749+2E | 422.432.813+2E |
| 2009 | 106.911.408 | 3.980.492 | 11.430.049+3E | 15.844.316+2E | 425.560.004+2E |
| Total (Σ) | 923.440.326 | 27.687.342 | 87.294.509+3E | 82.689.352+2E | 2.636.014.653+2E |

Fonte: Elaborado pelo autor.

* Milhões de m³ produzidos.

** Milhões de toneladas produzidos.

*** Método das Médias dos Mínimos Quadrados – MMMQ.

Para confirmar se a projeção de crescimento da atividade de eucalipto impactará na atividade agroindustrial do carvão vegetal por reflorestamento, foi realizado também o "TESTE DE PREVISÃO FUTURA DE CRESCIMENTO", porém, dessa vez envolvendo as duas atividades em conjunto (quadro 3). Pois o objetivo seria compreender se as atividades

são complementares do ponto de vista econômico, isto é, quando se eleva a demanda por carvão vegetal automaticamente há uma tendência a aumentar a procura por madeiras de eucalipto (quadro 4).

$$b = \frac{10 \cdot (2.636.014.653.805.780) - (923.440.326) \cdot (27.687.342)}{10 \cdot (87.294.509.143.245.900) - (923.440.326)^2} = 0,039 \quad (i)$$

$$a = \frac{27.687.342 - 0,039 \cdot (923.440.326)}{10} = - 85379 \quad (ii)$$

$$Y = a + b(x) \quad y = - 85379 + 0,039(x) \quad (iii)$$

Dado a premissa de complementaridade entre os setores produtivos, os resultados do modelo estatístico apresentaram também um cenário de crescimento positivo e linear da atividade de Carvão Vegetal a cada aumento da produção de Eucalipto. Logo, interpreta-se que o crescimento acelerado das siderurgias brasileiras atua como agentes propulsores ao aquecimento e expansão agroindustrial das atividades de “Carvão Vegetal Reflorestado” e “Eucalipto”.

Quadro 4 – Projeção da produção de Carvão Vegetal por Reflorestamento para os períodos 2010-2013.

| Período Projetado | | Equação de Previsão Ajustada | Projeção de Carvão Vegetal Produzido (Milhões de Toneladas) | Projeção (%) de Crescimento |
|--|-------|---|---|-----------------------------|
| Projeção C. Vegetal | 2010* | $y = - 85379 + 0,039 \cdot (116.974.387)$ | 4.476.622 | - |
| | 2011 | $y = - 85379 + 0,039 \cdot (121.452.633)$ | 4.651.274 | 3,75% |
| | 2012 | $y = - 85379 + 0,039 \cdot (125.930.880)$ | 4.825.925 | 3,62% |
| | 2013 | $y = - 85379 + 0,039 \cdot (130.409.126)$ | 5.000.577 | 3,49% |
| (Σ) Projeção acumulada de crescimento** | | | | 10,86% |

Fonte: Elaborado pelo autor

* Período Ajustado devido à ausência de dados na plataforma SIDRA/IBGE.

** Projeção considerada sob a perspectiva *Ceteris Paribus*

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho pôde evidenciar o principal papel do Carvão Vegetal como Insumo-Produto das siderurgias e a certeza cada vez maior da transformação de conceitos e práticas a ela vinculados, como a substituição gradativa e sem volta da floresta nativa pela floresta plantada. E sob essa perspectiva, a cultura de Eucalipto vem passando a assumir um importante papel na cadeia produtiva do Carvão Vegetal.

Dessa forma, atenta – se que o Brasil manterá seu parque siderúrgico a carvão vegetal, além de outros segmentos consumidores desse produto, ficando também, sem

sombra de dúvidas, as questões de ordem ambiental e econômica a qual terão grande incumbência para o desenvolvimento contínuo dessas atividades.

Por fim, ficou claro, dados os resultados obtidos, a transformação que conduzirá necessariamente ao incremento da área reflorestada em boa parte do território brasileiro, além do emprego de novas tecnologias mais racionais de manejo e exploração florestal, em adequada conjugação com o que recomendam as mais modernas estratégias ecológicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS RENOVÁVEIS ABRACAVE. **Anuário estatístico de consumo de carvão vegetal**. Belo Horizonte, 2010. 11 p.

ACKERMAN, F.; DE ALMEIDA, P. E. F. **Iron and charcoal the industrial fuelwood crisis in Minas Gerais**. *Energy Policy* [S.l.], v. 18, n. 7, p. 661-668, 1990.

ANTAL, M. J.; GRØNLI, M. **The Art, Science, and Technology of Charcoal Production**. *Industrial & Engineering Chemistry Research* [S.l.], v. 42, n. 8, p. 1619-1640, 2003.

BOTREL, M. C. G. *et al.* **Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de Eucalyptus**. *Revista Árvore* [S.l.], v. 31, p. 391-398, 2007.

BRITO, J. O. **Carvão vegetal no Brasil: gestões econômicas e ambientais**. *Estudos Avançados* [S.l.], v. 4, p. 221-227, 1990.

_____. **Fuelwood utilization in Brazil**. *Biomass and Bioenergy* [S.l.], v. 12, n. 1, p. 69-74, 1997.

_____. **O uso energético da madeira**. *Estudos Avançados* [S.l.], v. 21, p. 185-193, 2007.

BRUNI, Adriano Leal. **Estatística Aplicada à Gestão Empresarial**. São Paulo: Atlas, 2007.

DE ALMEIDA SARAIVA PONTINHA, A. *et al.* **Charcoal production using tropical pine thinnings**. *Energy* [S.l.], v. 17, n. 8, p. 757-760, 1992.

DOMAC, J. *et al.* **Development of a sustainable charcoal industry**. *Sumarski List* [S.l.], v. 132, n. 11-12, p. 555-561, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Disponível em: < <http://www.fao.org/forestry/databases/29420/en/> < Acesso em: 21 de maio de 2011.

FEARNSIDE, P. M. **Plantation forestry in Brazil: projections to 2050**. *Biomass and Bioenergy* [S.l.], v. 15, n. 6, p. 437-450, 1998.

GUJARATI, Damodar N. **Econometria Básica**. 3ª edição. Makron Books do Brasil Editora Ltda. São Paulo. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=VS&z=t&o=18> < Acesso em: 20 de maio de 2011.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA – IPEADATA. Disponível em: < <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx> < Acesso em: 20 de maio de 2011.

HOOGWIK, M. *et al.* **Potential of biomass energy out to 2100, for four IPCC SRES land-use scenarios**. *Biomass and Bioenergy* [S.l.], v. 29, n. 4, p. 225-257, 2005.

JOHNSON, E. **Charcoal versus LPG grilling: A carbon-footprint comparison**. *Environmental Impact Assessment Review* [S.l.], v. 29, n. 6, p. 370-378, 2009.

KENYON, L. G. T. **Charcoal production**. *Forestry* [S.l.], v. 19, n. 1, p. 86-94, 1945.

MUYLAERT, M. S. *et al.* **The charcoal's production in Brazil -- process efficiency and environmental effects**. *Renewable Energy* [S.l.], v. 16, n. 1-4, p. 1037-1040, 1998.

NOCE, R. *et al.* **Price shock of the market of charcoal: 1997/2005**. *Cerne* [S.l.], v. 14, n. 1, p. 17-22, Jan-Mar 2008.

PIKETTY, M.-G. *et al.* **Assessing land availability to produce biomass for energy: The case of Brazilian charcoal for steel making**. *Biomass and Bioenergy* [S.l.], v. 33, n. 2, p. 180-190, 2009.

RATTER, J. A. *et al.* **The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity**. *Annals of Botany* [S.l.], v. 80, n. 3, p. 223-230, Sep 1997.

REZENDE, J. L. P. *et al.* **Economical plans effects on charcoal prices.** *Cerne* [S.l.], v. 13, n. 2, p. 188-199, Apr-Jun 2007.

SWAMI, S. N. *et al.* **Charcoal Making in the Brazilian Amazon: Economic Aspects of Production and Carbon Conversion Efficiencies of Kilns.** In: WOODS, W. I. *et al.* (Ed.). *Amazonian Dark Earths: Wim Sombroek's Vision*: Springer Netherlands, 2009. p. 411-422-422.

YATIM, B. B.; HOI, W. K. **The quality of charcoal from various types of wood.** *Fuel* [S.l.], v. 66, n. 9, p. 1305-1306, 1987.