

Análise dos processos de produção do carvão vegetal no Brasil frente aos princípios de Ecoeficiência

Flavio Numata Junior (FAE) flavio.numata@fae.edu

Resumo:

O artigo tem por objetivo analisar duas formas de produção de carvão vegetal no Brasil frente aos princípios de Ecoeficiência. Para tanto, contextualiza a produção de carvão vegetal dentro de um sistema delimitado pelas zonas de cultivo da matéria-prima (eucalipto) até a produção em dois tipos de fornos selecionados segundo a forma de geração de energia, por fontes internas e externas de calor. O escopo deste recorte seguiu as bases de inventário de ciclo de vida, com alinhamento a revisão da literatura e comparação aos conceitos de ecoeficiência, em sua metodologia de pesquisa. Esse procedimento de estudo permitiu, ao final, observar que os fornos que operam com fonte externa de calor atendem os princípios de Ecoeficiência.

Palavras chave: Carvão vegetal, Emissões de fornos de carvão vegetal, Ecoeficiência.

Analysis of charcoal production processes from Brazil ahead to the principles of eco-efficiency

Abstract

The goal of article is analyze two forms of charcoal production in Brazil ahead to the principles of eco-efficiency. To this end, it contextualizes the charcoal production within a system delimited by the growing areas of raw material (eucalyptus) to production in two selected types of furnaces according to the form of power generation, by internal and external heat sources. The scope of this crop followed the life cycle inventory databases, alignment with the literature review and comparison to the concepts of eco-efficiency in its research methodology. This study procedure allowed in the end, note that the furnaces operating without an external source of heat meets the principles of eco-efficiency.

Key-words: Charcoal, Oven emissions of charcoal, Eco-efficiency.

1. Introdução

O carvão vegetal é produto combustível que possui diferentes aplicações na indústria. Segundo sua tipologia, pode ser utilizada para uso doméstico, metalúrgico, gasogênio ou químico. Por esta versatilidade de uso, o Brasil intensificou sua produção alcançando a primeira posição mundial na produção de carvão vegetal (SBS, 2005). Boa parte da produção nacional é destinada a indústrias metalúrgicas e siderúrgicas para produção primária de aço. A fabricação de carvão vegetal pode envolver processos industriais modernos, no entanto, no Brasil, na maioria dos casos ainda são utilizados métodos rudimentares com uso de fornos de alvenaria, conhecidos por “Rabo-quente”, “Superfície” e “Encosta”, cada qual tendo características específicas de produção (CENBIO, 2008, p.10). Esta prática provoca descarte de produtos

químicos e impactos no ecossistema, mas ainda é considerada viável sob o ponto de vista ambiental por ser considerado um combustível renovável. Para se ter uma ideia, a origem de consumo do carvão vegetal está, em sua grande maioria, em florestas plantadas (AMS, 2012), que oferecem aspectos positivos como “conservação da mata nativa, regulação de recursos hídricos, sequestro de dióxido de carbono, recuperação de áreas degradadas, etc” (CENBIO, 2008, p. 5). Ao mesmo tempo, o estudo realizado pelo Instituto Brasileiro de Siderurgia (2006) demonstrou que os principais impactos ambientais causados nas zonas produtoras são erosão de terrenos e lançamento de resíduos e efluentes. A tecnologia atual de produção, fornada basicamente por fornos de alvenaria produziu 6,9 milhões de toneladas de carvão vegetal e emitiu cerca de 11,3 milhões de toneladas de CO₂ por ano (CGEE, 2014, p.7). Apesar destes impactos, o uso desta fonte de energia continua em franco crescimento pelo entendimento da importância desse ativo para indústria nacional do aço. Ciente desta realidade e da sua relação com os impactos ambientais, este trabalho tem o propósito de apresentar uma análise comparativa entre dois processos produtivos de carvão vegetal no Brasil, tendo como fator diferenciador, os princípios de ecoeficiência.

2. Metodologia

A metodologia de pesquisa determina o delineamento e os instrumentos que dirigem a investigação tanto na coleta de dados como na análise. Nesse sentido, a taxonomia deste estudo está baseada nos princípios adotados por Gil (2002), Malhotra (2001) e Yin (2001):

- Quanto ao objetivo: é uma pesquisa exploratória por apresentar informações que possibilitam a compreensão geral do objeto de estudo;
- Quanto ao seu delineamento: é uma pesquisa documental por coletar dados de estudos e relatórios de instituições governamentais e de pesquisa;
- Quanto à natureza: é uma pesquisa qualitativa com abordagem teórica por apresentar fundamentos e discussões sobre o tema pesquisado, destacando o uso da revisão da literatura;
- Quanto à análise de dados: é uma pesquisa com análise essencialmente qualitativa a partir das características identificadas em relatórios e pesquisas, e, a presença de dados quantitativos, também colaboram na diferenciação entre cada de sistema produtivo de carvão vegetal.

Considerando estas classificações, a pesquisa segue a organização apresentada na figura 2:

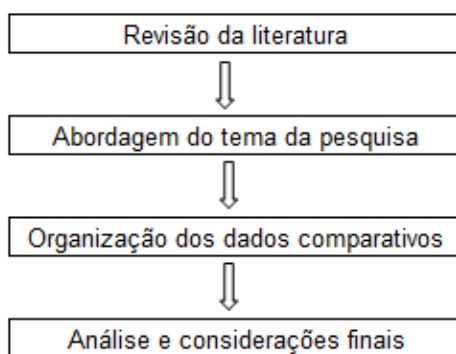


FIGURA 2: Fluxograma da pesquisa

À partir desta estrutura, a pesquisa fica sistematizada e orientada por meio de processos que poderão legitimar o alcance do objetivo proposto.

3. Revisão da literatura

3.1 Carvão Vegetal

Desde a década de 70, o Brasil tem conhecimento da importância do carvão vegetal como fonte de energia. Segundo dados do Ministério de Minas e Energia (MME, 2011) o consumo deste produto cresceu cerca de 40% no período de 1997 a 2007. O preço de mercado deste ativo é bastante competitivo, sendo considerado uma das fontes de energia mais barata do Brasil. O custo de produção de uma tonelada de carvão vegetal é de R\$ 337,24 considerando todos os fatores produtivos e os encargos financeiros envolvidos (CENBIO, 2008, p. 42).

A demanda continua se elevando e as regiões dedicadas ao plantio de eucaliptos para produção de carvão tem se proliferado para atender a produção das siderurgias. Estas áreas são conhecidas como “florestas energéticas” (ABRAF, 2012, p.94). De acordo com o Relatório “Balanço Energético 2012” foram produzidas 7,933 milhões de toneladas de carvão vegetal, dos quais 86% foram destinados para as indústrias (MME, 2012). Boa parte da produção de carvão vegetal provém das plantações reflorestadas de eucalipto que ocupam cerca de 21 milhões de hectares e produzem 55 milhões de metros cúbicos de carvão vegetal (IBGE, 2011). As regiões com as maiores reservas reflorestadas estão nos estados do sul e sudeste, correspondendo a 73% do volume nacional (ABRAF, 2012), sendo que a produção de carvão por reflorestamento tem suplantado a produção por origem nativa desde o ano de 2002 (ABRACAVE, 2002). Essas reservas florestais estão em crescimento e são compostas, principalmente, por Eucaliptos e Pinus, conforme ilustra a figura 3:

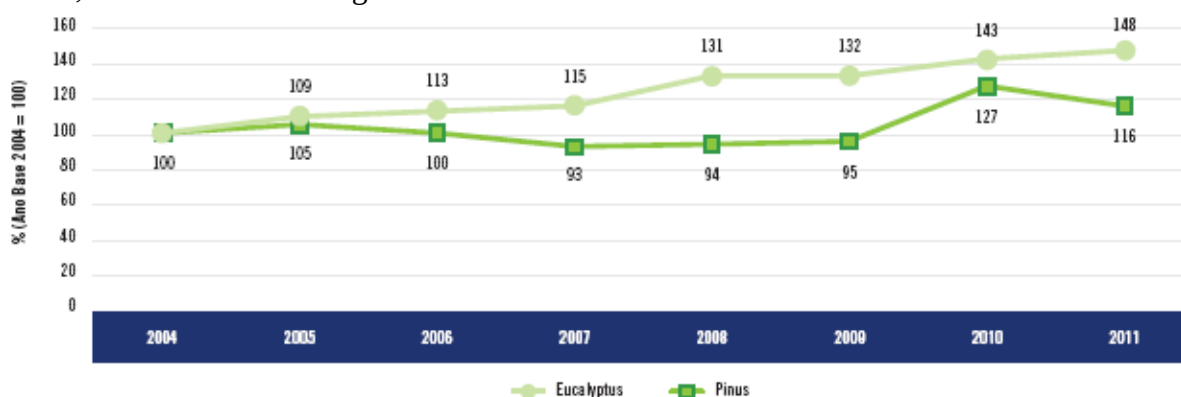


FIGURA 3: Evolução das áreas de plantio de Eucalyptus e Pinus para de carvão vegetal
Fonte: ABRAF, 2012

Em relação ao uso destas madeiras para geração do carvão vegetal, ele é matéria primordial ao abastecimento energético das indústrias de Papel e Celulose e Siderurgias. Apesar da sua importância energética, cada tonelada de madeira emite cerca de 160 Kg de CO₂ para atmosfera, e, cada tonelada de carvão, emite 1.050 Kg da mesma substância (LUCENA ET AL, 2011, p.4).

“As diferenças regionais, principalmente relacionadas ao ritmo de atividade econômica – que, em alguns casos, provoca fluxos migratórios – e à disponibilidade da oferta de eletricidade também interferiram nos volumes de energia elétrica absorvidos no país (ANEEL, 2008 , p.46)”.

O Brasil possui forte dependência de sua matriz energética concentrada em bens renováveis com as fontes hidráulicas e biomassa, que engloba também o carvão vegetal. A geração de energia por esse combustível gera impactos pela emissão de poluentes no meio ambiente. Esse reflexo ocorre, na esfera industrial, em emissões de “óxidos de enxofre e nitrogênio, monóxido

de carbono e material particulado suspenso” (FUKUROZAKI, 2011, p.29). O processo de queima, durante a produção do carvão, gera elementos que se propagam a longas distâncias provocando deposição ácida. O quadro de acidificação provoca danos desde a infraestrutura patrimonial em cidades até problemas complexos no ecossistema ambiental, com alterações na composição da atmosfera (FUKUROZAKI, 2011, p.30).

No Brasil existem 6,51 milhões de hectares de área total plantada de eucaliptos e pinus, desde 23,6% estão localizadas no estado de Minas Gerais. Este Estado é o maior produtor nacional de carvão vegetal do país (AMS, 2012). Cerca de 46,8% do carvão vegetal consumido no Brasil é proveniente de florestas nativas e o restante provém de florestas plantadas (AMS, 2012). A Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF), em seu “Anuário Estatístico” publicado no ano de 2009, apresentou, por meio da figura 4, a cadeia produtiva dos derivados da madeira. Nesta ilustração, em destaque, apresenta-se o fluxo do carvão vegetal e suas principais aplicações:

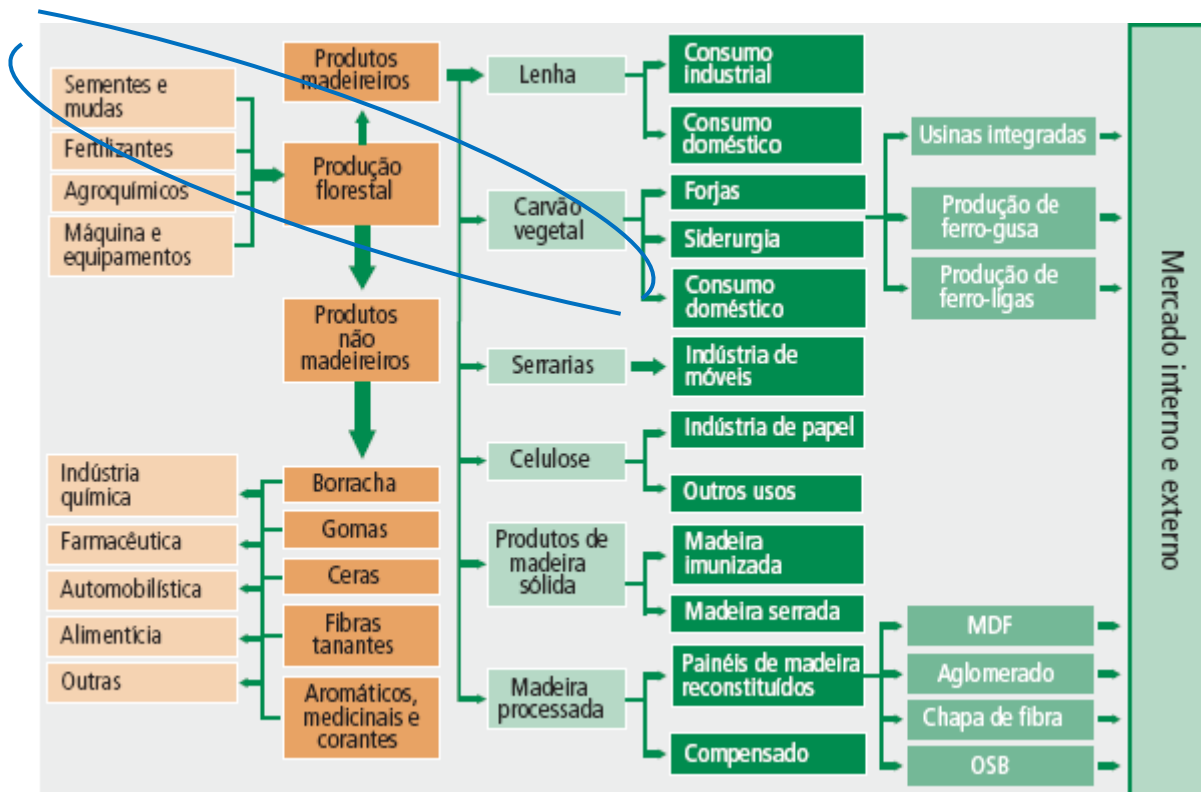


FIGURA 4: Cadeia produtiva dos derivados de madeira.

Fonte: adaptado de ABRAF, 2009.

Devido a natureza desta pesquisa, este trabalho possui uma abordagem mais sintética, tendo como perímetro de estudo a zona de plantio de árvores, em sua origem, até a produção do carvão vegetal, como produto final. O recorte aplicado no estudo deve-se ao entendimento da complexa cadeia produtiva do carvão vegetal, tendo como referência o conceito de Análise de Ciclo de Vida (ACV). A ACV é um princípio de análise das interferências ambientais geradas por produtos ou atividades, consideradas à partir de um inventário de entradas e saídas (materiais, produtos ou resíduos) de um sistema determinado (UNEP, 2009). Nesse sentido, o sistema do produto considerado para o carvão vegetal é apresentado na figura 5:

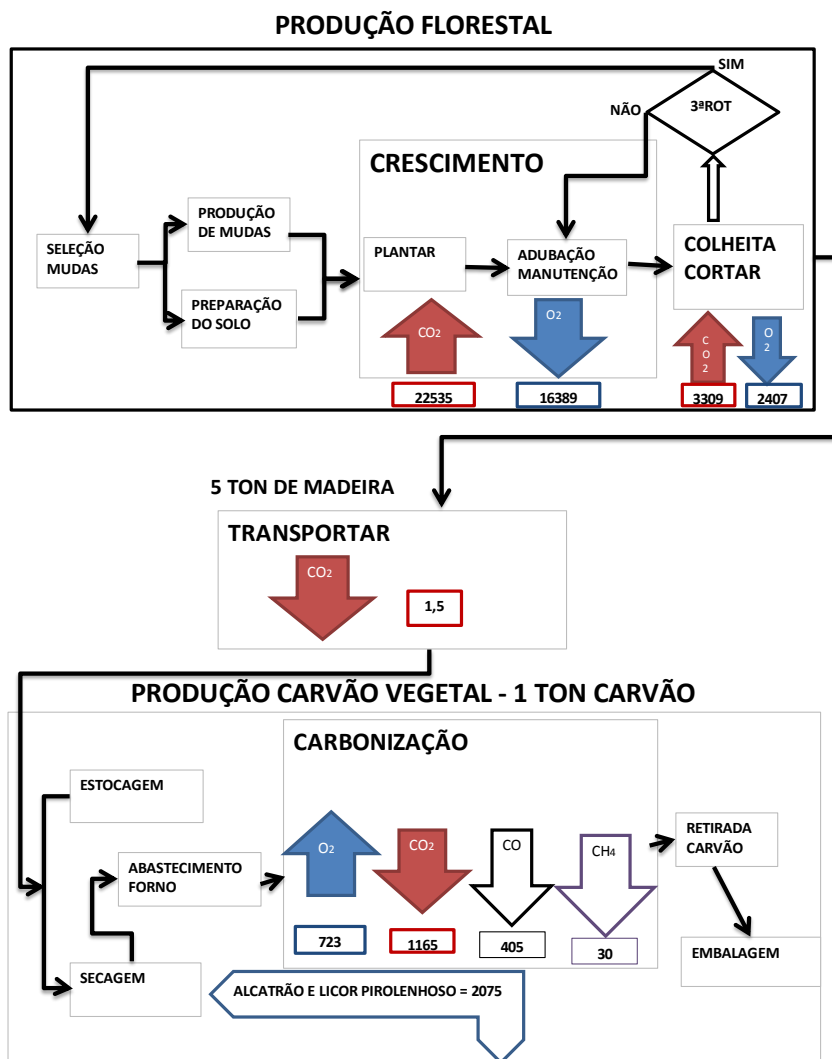


FIGURA 5: Sistema do produto para o carvão vegetal
Fonte: Elaborado pelo autor

O sistema leva em consideração uma plantação de Eucalipto em seis primeiros anos de crescimento, com o corte no ano seguinte. O inventário de carbono define que cada tonelada de carbono considerado no processo produtivo, a plantação de eucalipto armazena 6,8 toneladas de carbono, presente nos troncos e partes da árvore em desenvolvimento. Além deste fato, o balanço de massa demonstrado 0,41 toneladas de biomassa (folhas e pequenos galhos) que deixados na floresta à decomposição. Tomando como base os parâmetros de emissão de O_2 e retenção de CO_2 durante o crescimento e corte dos eucaliptos para uma produção de 0,725 toneladas de carvão, utilizando-se 3,6 toneladas de madeira seca; aplicando regra de três simples, chega-se aos valores de retenção de CO_2 e de liberação de oxigênio para uma base de 5 toneladas de madeira seca expressa na tabela 1:

Processo/Substância	Retenção CO_2	Liberação de O_2
Crescimento das árvores	22535 kg	16389 kg

Corte dos eucaliptos	3309 kg	2407 kg
----------------------	---------	---------

Fonte: elaborado pelo autor

TABELA 1 – Valores de retenção e emissão de gases

De acordo com Ferreira (2000) para produzir uma tonelada de carvão é necessário queimar aproximadamente cinco toneladas de madeira. Considerando que 5% do total da massa enforcada são queimadas para aquecer a carga do forno e transformadas somente em calor (fonte interna de energia), a tabela 2 apresenta as emissões de gases para queima de uma tonelada de madeira:

Produção de Carvão Vegetal – Queima de 1 tonelada de madeira			
Entrada	Saída	Emissão	Para saída de 1 tonelada de carvão, ocorre emissão de 1.165 kg de CO ₂ , 405 kg de CO, 30 kg de metano e 5 kg de etano.
0,05t madeira	Calor	CO ₂ = 0,086t	
0,95t madeira	0,19t de carvão	CO ₂ = 0,147t	
		CO = 0,081t	
		CH ₄ = 0,006t	
		C ₂ H ₆ < 0,001t	

Fonte: elaborado pelo autor.

TABELA 2 – Valores de emissão de gases na produção de uma tonelada de carvão vegetal

Outras considerações, provenientes, principalmente, do estudo do Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO) realizado em 2008 é apresentado a seguir.

3.2 Formas de produção do carvão vegetal

3.2.1 Fornos com fonte interna de calor (alvenaria)

Os fornos de alvenaria são sistemas rudimentares que utilizam a própria matéria-prima para geração de energia e são conhecidos, popularmente, como fornos “meia-laranja”, “encosta” ou “colméia”. A figura 6 apresenta os fornos do tipo “colméia”:



FIGURA 6: Fornos “colméia”

Fonte: CENBIO, 2008

Nos fornos de alvenaria a fonte de calor é gerada internamente com a queima da madeira, consumindo cerca de 10% a 20% da carga depositada. Basicamente, estes tipos de fornos

possuem características similares com produção média de 20 m³ de carvão vegetal ao longo do ciclo de 240 horas de carbonização (CENBIO, 2008, p. 10). No Brasil é predominante o uso da tecnologia mais simplificada, de fonte interna, nos fornos de alvenaria. Além disso, as características deste forno (pequeno porte) possibilita a geração de um carvão vegetal de melhor qualidade (SABLOWSKI, 2008, p.71).. Em relação aos fluxos de entradas e saídas deste sistema do carvão vegetal, os valores de base considerados na produção em fornos de alvenaria (CENBIO, 2008, p.28) são:

- Entradas: Madeira seca (eucalipto): 1.000 Kg; Saída de produto final: Carvão Vegetal: 330 Kg.
- Saídas: produtos sólidos (finos: partículas de carvão) e gasosos (água, gás carbônico, monóxido de carbono) e gases não-condensáveis*: 250 Kg, Alcatrão: 65 Kg e Licor pirolenhoso: 355 Kg.

(*Gases não-condensáveis: são compostos por hidrogênio, metano, monóxido de carbono, etano e dióxido de carbono)

- Se utilizar cálculos de balanço de massa da entalpia das substâncias de produtos e insumos (madeira, carvão, alcatrão e gases não condensáveis), observa-se que a eficiência teórica seria de 74% e a eficiência real (entalpia dos produtos/entalpia dos insumos) seria de apenas 51% (CENBIO, 2008, p. 17).
- Perdas ocorridas no transporte: cerca de 4% do volume produzido durante as operações logísticas de distribuição (CEMIG, 2005 apud UHLIG, 2008, p.80)
- Segundo dados da CEMIG (1988) apud CENBIO (2008), na queima de 1 tonelada de madeira são emitidas aproximadamente 233 Kg de CO₂, 81 Kg de CO e 6 Kg de CH₄ conforme mostra a figura 7:



FIGURA 7: Emissões geradas pela produção de 1 tonelada de carvão vegetal

Fonte: FERREIRA, 2000 apud CENBIO, 2008

Além disso, ocorrem trocas gasosas realizadas pelas florestas energéticas (CENBIO, 2008, pg. 27):

- Nas plantações florestais ocorre a remoção de CO₂ da atmosfera (1,8 t CO₂ / t madeira seca) (VITAL, 2007);
- Liberação de oxigênio para atmosfera (1,3 t O₂ / t de madeira seca), além da retenção e aumento do estoque de carbono (20 kg O₂ / árvore / ano);
- O sequestro de carbono é de 10 t / ha / ano para o Eucalyptus e 7 t / ha / ano para o Pinus (VITAL, 2007);
- Emissão de metano (cerca de 50 Kg) para cada tonelada de carvão vegetal produzido.

Em particular, a emissão de metano é extremamente danosa ao meio ambiente, pois este elemento é vinte e uma vezes mais poluente que o dióxido de carbono e o metano não é

capturado pela fotossíntese. Nesta forma de produção, os trabalhadores ficam expostos diretamente às emissões de gás carbônico, podendo causar diferentes impactos contra a saúde humana. Apesar de ser um processo rudimentar, alguns destes tipos de fornos são equipados com tecnologias para controle de emissões como o aproveitamento da fumaça expelida, queima de pedaços compactados de madeira ou serragem (briquetes). Neste caso, o empregado de tecnologia avançada nos processos de produção (fornos), pode reduzir substancialmente a geração de poluentes, que será tratada no tópico seguinte.

3.2.2 Fornos com fonte externa de calor (retorta)

“Retorta” é o nome designado aos fornos que utilizam fonte externa de calor. O ativo energético externo pode ser proveniente da queima de combustíveis que gera aquecimento à câmara de combustão da madeira, não ocorrendo, desta forma, queima do insumo. Este tipo de forno utiliza uma tecnologia eficiente de processo porque recupera os gases expelidos para geração de calor, proporcionando um ciclo produtivo fechado. As retortas podem ser construídas em sistemas horizontais ou verticais. Os gases recuperados são reaquecidos em fornalhas, para induzir a queima em processos precedentes, gerando maior eficiência do equipamento e produção de um carvão com maior qualidade devido à estabilidade em toda fase de combustão, conforme mostra a figura 8:

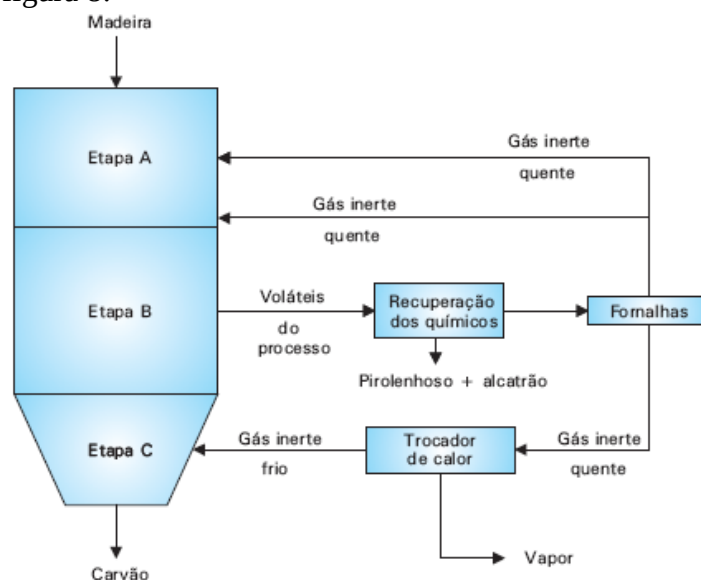


FIGURA 8: Sistema de carbonização de retorta
Fonte: EMBRAPA, 2007

Segundo Brito (1990) apud Embrapa (2007), um dispositivo de retorta pode produzir 320 m³ de carvão vegetal em um ciclo de doze dias. Em relação aos produtos de saída, são gerados cerca de 100 Kg de alcatrão, 65 Kg de ácido acético e 25 Kg de metanol para cada uma tonelada de madeira (CENBIO, 2008, p.14).

3.3 Ecoeficiência

A ecoeficiência pode ser alcançada mediante o fornecimento de bens e serviços a preços competitivos que satisfaçam necessidades humanas e que tragam qualidade de vida, ao mesmo tempo em que ocorre a busca da redução progressiva do impacto ambiental e do consumo de recursos ao longo do ciclo de vida até um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada da Terra (WBCSD, 1996).

De acordo com o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 2006), existem sete princípios fundamentais para a atuação ecoeficiente das organizações:

- Reduzir a intensidade de material utilizado em bens e serviços;
- Mitigar a intensidade de energia utilizada nos bens e serviços;
- Minimizar a dispersão de qualquer tipo de material tóxico;
- Apoiar os trabalhos de reciclagem;
- Maximizar o uso sustentável dos recursos naturais;
- Elevar a durabilidade dos produtos;
- Aumentar o nível de bens e serviços.

Trabalhar em direção destas ações é importante, além disso, mensurar as atividades e os resultados alcançados são elementos fundamentais para verificar um desenvolvimento contínuo das práticas ecoeficientes, e, “monitorar a ecoeficiência é um elemento chave para demonstrar o progresso corporativo e seu desenvolvimento sustentável” (WBCSD, 2000). Nesse sentido, os principais indicadores de ecoeficiência estão alinhados com (WBCSD, 2000):

- Redução do consumo de recursos: significa minimizar o uso de materiais, água ou energia na produção e reciclagem de produtos;
- Redução do impacto na natureza: eliminar ou reduzir as emissões, depósitos ou descargas de substâncias;
- Melhoria do valor de produtos ou serviços: tem interesse no desenvolvimento de produtos com menor utilização de materiais e composição de valor na questão de uso dos produtos.

Além destes indicadores, é possível mensurar a ecoeficiência por meio de duas dimensões: a econômica e a ecológica, expresso da seguinte forma (WBCSD, 2000):

$$\text{Ecoeficiência} = \frac{\text{valor do produto ou serviço}}{\text{Interferência ambiental}}$$

A conotação do numerador ou denominador da fração pode sofrer alterações conforme a natureza de avaliação desejada por uma organização. Por exemplo, uma indústria pode desejar avaliar sua ecoeficiência pelo seu consumo de energia, enquanto uma siderúrgica poderia avaliar seu resultado em relação ao volume de madeira consumida para produção de carvão vegetal, objeto deste trabalho. Desta forma, nota-se a importância de se delimitar a fronteira do estudo. A mensuração de ecoeficiência baseada em princípios de ACV é objeto de estudo na atualidade por considerar os fatores de produtos ou atividades em um dado processo em relação ao contexto econômico, conforme foi demonstrado no estudo “Sustainability management of businesses through eco-efficiency – na example” de Steen et al (2009).

4. Comparativo entre os sistemas de produção de carvão vegetal com fonte interna/externa de energia

Com base nas informações descritas anteriormente e seguindo o delineamento metodológico, a tabela 3 organiza e apresenta os dados comparativos entre os sistemas de produção de carvão vegetal:

Variáveis	Tipos de sistemas energéticos de fornos		Referências	Princípios de ecoeficiência atendidas pelos fornos de fonte externa de calor
	Fonte interna de calor	Fonte externa de calor		
Volume médio de produção (m ³)	36	320	CENBIO, 2008 VITAL, 2007	Maximizar o uso dos recursos
Rendimento gravimétrico (base seca)	0,16	0,27	CENBIO, 2008	Aumentar o nível dos produtos
Ciclo de produção (dias)	10	12	FERREIRA, 2000	Minimizar dispersão de resíduos
Queima da matéria-prima	20% da massa	sem queima	FERREIRA, 2000	Mitigar o uso de energia
Extensão da área plantada de árvores	maior	menor	CENBIO, 2008	Maximizar o uso dos recursos
Rendimento carvão (ton carvão / ton madeira)	25%	30% a 37%	VITAL; PINTO, 2011	Maximizar o uso dos recursos
Resíduos gerados	fragmentos de carvão	-	CENBIO, 2008	Minimizar dispersão de resíduos
Emissões gasosas (produção 1 ton carvão)	233 Kg CO ₂ 81 Kg CO 6 Kg CH ₄	100 Kg alcatrão 65 Kg ácido acético 25 Kg metanol	CENBIO, 2008	Minimizar dispersão de resíduos
Investimentos (R\$/ton ano instalado)	14	237	VITAL; PINTO, 2011	Maximizar o uso dos recursos sustentáveis
Tecnologias	Queima da fumaça gerada Recirculação de ar dentro do forno	Fumaça expelida sem controle Circulação natural	VITAL; PINTO, 2011	Minimizar dispersão de resíduos Apoiar trabalhos de reciclagem
"Nível de qualidade"	regular	elevada	CENBIO, 2008	Aumentar o nível dos produtos

Tabela 3: Comparativo dos sistemas de fornos de carvão vegetal

A tabela apresenta um resumo que mostra números favoráveis ao sistema de fonte externa de calor dos fornos para produção de carvão vegetal. O princípio de maximização do uso de recursos, proposto pelo WBCSD (2000), é atendido em relação ao fator de produtividade, pelo elevado volume de produção; e pela menor área dedicada ao plantio de eucalipto (matéria-prima). A redução do impacto na natureza, pode ser vista na mitigação das emissões gasosas e redução dos resíduos gerados. No que tange a melhoria do produto, a qualidade do carvão é considerada mais elevada nos fornos de fonte externa de calor pela possibilidade de manutenção constante de temperatura durante o processo de carbonização. Em relação à tecnologia, a reutilização dos gases expelidos para combustão e geração de energia térmica para a queima da madeira bruta, demonstra um exemplo importante para mitigação da interferência ambiental. Cada um dos aspectos apresenta características alinhadas com propósitos ecológicos e econômicos, portanto, direcionadas para o desenvolvimento sustentável e em concordância com os princípios de ecoeficiência.

5. Considerações finais

O presente estudo apresenta uma abordagem da cadeia produtiva do carvão vegetal baseada nos conceitos de ciclo de vida para apresentar informações de usos, descartes e emissões em seu sistema de produto (inventário). Consolida dados sobre os tipos de fornos de produção de carvão segundo sua fonte de energia e indica elementos que viabilizam a utilização dos fornos do tipo retorta em relação aos fornos rudimentares de alvenaria. O resultado agregado mostra que os fornos com fonte externa de calor não consomem a matéria-prima, madeira, e a reutilização dos gases para queima isenta suprimentos externos, assim como a elevada produtiva deste tipo de fornos, indicam uma alternativa consiste em relação aos aspectos econômicos e ambientais que determinam a ecoeficiência. Para trabalhos futuros, ressalta a importância das inovações verdes como importante alavanca para diferenciação e desenvolvimento sustentável de longo prazo.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. Anuário estatístico 2009. São Paulo: ABRAF, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS RENOVÁVEIS - ABRACAVE. Estatísticas da ABRACAVE, 2002. Disponível: <http://www.abracave.com>. Acesso em 02 abr 2013.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA – AMS. Florestas plantadas – um caminho para um desenvolvimento sustentável. Belo Horizonte: AMS, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 3ª Edição. Brasília: Aneel, 2008. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf> . Acesso em 01 abr 2013.

ALTHAUS, H; et al. Ecoinvent: overview and methodology. Data v 2.0. Dübendorf:

Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2007. 68 p.

CALAIS, D. Florestas Energéticas no Brasil – Demanda e Disponibilidade. Associação Mineira de Silvicultura (AMS). Belo Horizonte: MAS, 2012.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA – CENBIO. Carvão Vegetal: aspectos técnicos, sociais, ambientais e econômicos. Nota técnica da disciplina ENE5726: Biomassa como fonte de energia – conversão e utilização. . Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo – IEE/USP, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Panorama atual da produção de carvão vegetal no Brasil e no Cerrado. Documentos 197. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007.

FERREIRA, O. C. Teor de Carbono em combustível da biomassa. In: Economia e Energia. Revista Economia e Energia, texto para discussão, nº 57, Agosto-Setembro, 2006.

FRISCHKNECHT, Rolf et al. Overview and Methodology. Dübendorf: Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2007. Ecoinvent report No. 1.

FUKUROZAKI, S. H. Avaliação do Ciclo de Vida de Potenciais Rotas de Produção de Hidrogênio: Estudo dos Sistemas de Gaseificação da Biomassa e de Energia Solar Fotovoltaica. Tese de Doutorado em Ciência de Tecnologia Nuclear. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), autarquia associada a Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA – IBS. Relatório de sustentabilidade. Rio de Janeiro, 2006.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Geneva: National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006.

LUCENA, L. P.; NETO, F. J. K.; MASSUIA, F. M.; DE FREITAS, C. E. A demanda por carvão vegetal e suas conseqüências econômicas sobre o agronegócio do eucalipto no Brasil. Revista de Estudos Sociais. Nº. 25, vol. 13, 2011.

MALHOTRA, N. K. Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada. 3. .ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. Balanço Energético Nacional 2011. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2011. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2011.pdf Acesso em 03 abr 2013.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. Balanço Energético Nacional 2012. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2012. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2012.pdf A Acesso em 03 abr 2013.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. Plano Nacional de Energia 2030. Disponível em: http://epe.gov.br/PNE/20080512_1.pdf Acesso em 03 abr 2013.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA – SBS. Fatos e Números do Brasil Florestal, São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/SBS-2005.pdf>. Acesso em 24 abr 2013

SABLOWSKI, A. R. M. Balanço de materiais na gestão ambiental da cadeia produtiva do carvão vegetal para produção de ferro gusa em Minas Gerais. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Distrito Federal, 2008.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAME – UNEP. Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products. Paris: UNEP, 2009.

VITAL, M.H.F. Impactos ambientais de florestas de eucalipto. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, n. 28, 2007.

VITAL, M. H. F.; PINTO, M. A. C. Condições para sustentabilidade da produção de carvão vegetal para fabricação de ferro-gusa no Brasil. BNDES Setorial 30, p. 237-297, 2009. . Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3006.pdf Acesso em 04 abr 2013.

WEIDEMA, Bo P.; WESNAES, Marianne S. Data quality management for life cycle inventories – an example of using data quality indicators. Journal of Cleaner Production, [S. I.], v. 4, n. 3-4, p. 167-174, nov. 1996.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT – WBCSD. Ecoefficiency: Creating More Value With Less impact. Geneva, Switzerland, 2000.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001..