

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA DO CARVÃO
VEGETAL ORIUNDO DE *Eucalyptus* sp. NO BRASIL**

FABRÍCIA CONCEIÇÃO MENEZ MOTA

**ORIENTADOR: REGINALDO SÉRGIO PEREIRA
CO-ORIENTADOR: ANTÔNIO MARIA GOMES DE CASTRO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL - UnB**

PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM- 201/2013

BRASÍLIA/DF MARÇO – 2013

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA DO CARVÃO VEGETAL
ORIUNDO DE *Eucalyptus* sp. NO BRASIL**

FABRÍCIA CONCEIÇÃO MENEZ MOTA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

Aprovado por:

**Prof. Dr. Reginaldo Sérgio Pereira (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Orientador)**

**Prof. Dr. Antônio Maria Gomes de Castro (Programa de pós-graduação em Agronegócio, UnB);
(Co-orientador)**

**Prof. Dr. Ailton Teixeira do Vale (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Examinador interno)**

**Prof. Dr. Nilton César Fiedler (Universidade Federal do Espírito Santo, UFES);
(Examinador externo)**

**Prof. Dr. Álvaro Nogueira de Souza (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Suplente)**

M917a Mota, Fabrícia Conceição Menez.
Análise da cadeia produtiva do carvão vegetal oriundo
de *Eucalyptus* sp. no Brasil / Fabrícia Conceição Menez Mota.
-- 2013.
169 p. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília, Faculdade
de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Programa
de Pós-Graduação em Ciências Florestais, 2013.
Inclui bibliografia.
Orientação: Reginaldo Sérgio Pereira ; Coorientação:
Antônio Maria Gomes de Castro.

1. Carvão vegetal - Sustentabilidade. 2. Carvão vegetal
- Planejamento da produção. 3. Madeira - Exploração.
I. Pereira, Reginaldo Sérgio. II. Castro, Antônio Maria
Gomes de. III. Título.

CDU 662.711(81)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MOTA, F. C. M. (2013). Análise da cadeia produtiva do carvão vegetal oriundo de *Eucalyptus* sp. no Brasil. Dissertação de mestrado em Ciências Florestais. Publicação **PPGEFL.DM – 201/2013**. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília – UnB, Brasília/DF. 2013. 169p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Fabrícia Conceição Menez Mota

TÍTULO: Análise da cadeia produtiva do carvão vegetal oriundo de *Eucalyptus* sp. no Brasil

GRAU: MESTRE

ANO: 2013

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta Dissertação de Mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta Dissertação de Mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do mesmo.

Dedico aos meus pais e aos meus avôs,
Rosário da Mota e Esterlina Mota,
Florisbello Menezes (*in memoriam*)
e Eulália Barbosa (*in memoriam*)

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as bênçãos derramadas antes e durante a realização desse trabalho.

Aos meus pais, José Socorro da Mota Corrêa e Elizabete dos Santos Menezes, ao meu irmão, Diego Menez da Mota, Eloá Oliveira, aos meus afilhadinhos, Leonai e Alexandre

Aos meus familiares pelo incentivo, Vovó Telu, Vovô Rosário, tia Rosária, Dinda, tio Branco, Padrinhos Juvênciã e Valdemar, tia Carmelita. E aos meus primos: Fred, Flávio, Nayelle, Wasington, José Ocássio, Táina e Bianca.

Aos amigos de sempre; Layse Ennes, Érica Martins, Luiz Ricardo, Lauana, Renielton, Gorety, Gean, Anita, Marcos, André Rodriguez, Shigueke e Marina.

Aos amigos da pós-graduação, Olívia, Michelle, Fabio, Lamartine, Luciane, Fabiano, Barbará, Raul e Henrique, Ludovico.

Aos companheiros de estudos: Alexandre, obrigada por todas as correções e companheirismo. Fabrício, obrigada pela paciência, e infinitos ensinamentos. Glória, obrigada pelo ombro amigo nos dias de choros e alegrias.

Às amigas de república, Larissa, Claudia (Psicóloga), Ana, Klênia, Fabiana e Samyra.

Aos amigos e irmãos em Cristo: Glenda, Zanata, Jéssica, Priscila, Renato, Renam, Gelly e à célula.

Aos secretários da pós-graduação, Pedrinho e Francisco, por toda atenção e carinho. Secretários de graduação: Paula e Frederico.

Aos meus orientadores: Reginaldo Sérgio Pereira e Antônio Maria Gomes de Castro, pela oportunidade de orientação. Obrigada por TUDO!!!!

Aos professores: Imanã, Eraldo Matricard, Álvaro, Alba Valéria, Ildeu, Mauro.

Aos professores Nilton Fiedler e Ailton pelas contribuições e sugestões, e atenção!

Ao Departamento de Engenharia Florestal e aos professores que contribuíram para o meu aprendizado.

A Empresa Votorantim Siderurgia, por toda contribuição na coleta de dados, assistência e logística. Agradeço a todos que colaboraram em especial ao Raul Melido, Cláudio Ofugi e sua equipe; Carlos Antônio, Thiago, Daniel Magalhães entre outros.

A Empresa Inova Prospectiva Tecnologia, pela experiência no trabalho realizado sobre cadeias produtivas, em especial à Suzana do Vale, Vieira, Sarmiento e ao meu orientador Antônio Maria.

A empresa GETAF, Gestão de Ativos Florestais.

A CNA (Confederação Nacional da Agricultura), em especial a Camila Braga.

A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

À Universidade de Brasília pelo auxílio na pesquisa de campo, financiamento de congressos e por toda estrutura oferecida aos alunos de pós-graduação.

RESUMO

Elaborar pesquisas na cadeia produtiva do carvão vegetal é necessário para detectar gargalos e sugerir iniciativas que visem o aumento da eficiência técnica operacional. O objetivo dessa pesquisa foi descrever, por meio da análise diagnóstica, a cadeia produtiva do carvão vegetal no Brasil, oriundo de floresta plantada, modelando-a e identificando os fatores críticos, as restrições e a influência dos ambientes organizacional e institucional que a envolvem. A metodologia consistiu de duas etapas. a) Análise diagnóstica da cadeia produtiva do carvão vegetal, por meio da análise de dados secundários e entrevistas a especialistas; foi possível identificar os fatores limitantes e a partir da aplicação do método de Painel de Juízes, aplicação de questionários a especialistas, identificaram-se os fatores críticos. Os fatores críticos foram classificados em fatores críticos tecnológicos, não tecnológicos e de mercado. b) O estudo de caso, análise do sistema produtivo do segmento de empresas capitalistas, que buscou analisar com foco na gestão de eficiência e estudo de tempos e movimentos, a produtividade e custos para os dois sistemas de produção, Sistema I: toras de 2 m utilizadas na carbonização em fornos cilíndricos parabólicos e o Sistema II: toras de 6 m utilizadas na carbonização de fornos retangular (RAC). Os fatores críticos tecnológicos da cadeia produtiva do carvão vegetal são: falta de material genético adequado para produção de carvão vegetal; alto custo de fertilizantes; alto custo de máquinas e equipamentos na colheita florestal; deficiência no manejo florestal; falta de reaproveitamento de gases dos fornos de produção; baixa qualidade da madeira; pouco desenvolvimento e incorporação de novas tecnologias; baixo rendimento dos fornos utilizados para produção de carvão vegetal. Os fatores críticos não tecnológicos são: falta de mão de obra qualificada; elevados encargos sociais e impostos; baixa produção de carvão vegetal oriundo de floresta plantada. Os fatores críticos de mercado são: a falta de planejamento de suprimento do carvão vegetal pelas siderúrgicas; aquisição e uso de carvão vegetal oriundo de mata nativa; qualidade do carvão vegetal (teor de finos) e aumento da produção de ferro provocado por preços favoráveis no mercado internacional. Para o estudo de caso conclui-se que: as etapas de traçamento, carregamento e descarregamento florestal alcançou maior produtividade para toras de 6 m. O custo de produção e transporte de carvão vegetal foi maior para o sistema I 23,28 R\$/t enquanto que para o sistema II apresentou o valor de 14,68 R\$/t. Para aumentar o desempenho produtivo na produção de carvão vegetal é primordial a adoção de inovações tecnológicas que atenda os aspectos de qualidade, eficiência produtiva, sustentabilidade e competitividade dessa cadeia. É necessário também o conhecimento sobre a demanda e o consumo do carvão vegetal no Brasil, para o desenvolvimento de planos e diretrizes ao incentivo de plantios florestais, sendo imprescindível conhecer, quais são as características socioeconômicas dos produtores de madeira para produção de carvão. A fim de investir em políticas públicas, especialmente ao acesso do crédito rural, pois esses fatores são responsáveis pelo sucesso ou fracasso do programa de incentivo à produção de carvão vegetal.

Palavras Chaves: Carvão Vegetal, Fatores críticos, Colheita Florestal, Sustentabilidade.

ABSTRACT

It is important to research the vegetal coal production chain in order to find gaps and suggest initiatives that aim increasing the operational efficiency. The aim of this research was to describe, through diagnosis analysis, the vegetal coal production chain in Brazil, originated from planted forest, modelling and identifying the critical factors, the restrictions and the influence of organization and institutional environments that evolve it. The methodology consisted of two stages. a) Diagnosis analysis of the coal production chain through analysis of secondary data and interviewing specialists; it was possible to identify limiting factors and through the application of the method of Panel of Judges, application of questionnaires to specialists, the critical factors were identified. The critical factors were classified as technologic, non technologic and market critical factors. b) The study case, analysis of the production system of the segment of capitalist companies, which aimed at analyzing with focus on efficiency management and study of times and movements, the productivity and the costs for both production systems, System I: 2-m logs used in the carbonization in parabolic cylinder ovens and the System II: 6-m logs used in the carbonization of rectangular ovens (RAC). The technologic critical factors of the vegetal coal production chain are: lack of appropriate genetic material to produce vegetal coal; high cost of the fertilizers; high cost of machinery and equipments of forest harvesting; unefficient forest management; lack of reuse of gases from production ovens; low quality of the wood; low development and incorporation of new technologies; low performance of the ovens used to produce the vegetal coal. The non technologic critical factors are: lack of qualified workers; high taxes; low production of vegetal coal from planted forest. The market critical factors are: the lack of planning for vegetal coal supply by the foundries; acquisition and use of vegetal coal from native forest; quality of the vegetal coal (content of fines) and increase in the production of iron due to favorable prices in the international market. With respect to this study case it may be concluded that: the stages of forest logging, loading and unloading reached the highest productivity for 6-m logs. The cost of production and transportation of vegetal coal was higher for system I, 23.28 R\$/t, while system II presented the value of 14.68 R\$/t. In order to increase the productive performance in the vegetal coal production it is necessary to adopt technological innovations which fulfill the aspects of quality, productive efficiency, sustainability and competitiveness of this chain. It is also necessary to know about the demand and the consumption of vegetal coal in Brazil, so as to develop plans and guidelines to support forest plantations, being important to know which are the socioeconomic characteristics of the wood producers for coal production. It is also important to invest in public policies, especially with regard to rural credit, as these factors are responsible for the success or failure of the program for support of vegetal coal production.

Key-words: Vegetal Coal, Critical factors, Forest Logging, Sustainability.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. QUESTÕES DE PESQUISA	18
1.2. OBJETIVOS	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1. HISTÓRICO DE CONSUMO DE CARVÃO VEGETAL NO BRASIL	19
2.2. PRODUÇÃO DO CARVÃO VEGETAL	21
2.2. FLORESTAS ENÉRGICAS DE EUCALIPTO	22
2.3 POLOS PRODUTORES DE CARVÃO VEGETAL	23
2.4. MERCADO DO CARVÃO VEGETAL	26
2.4.1. Competitividade da cadeia produtiva do carvão vegetal	29
2.5 SIDERURGIA	30
2.5.1. Setor Siderúrgico	31
2.5.2. Carvão mineral <i>versus</i> carvão vegetal	34
2.6. QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL	35
2.7 SUSTENTABILIDADE	38
3. MARCO CONCEITUAL	41
3.1 ENFOQUE SISTÊMICO	41
3.2 CADEIA PRODUTIVA E SISTEMA PRODUTIVO	43
3.3. DESEMPENHO DE CADEIAS PRODUTIVAS	44
4. MATERIAL E METODOS	45
4.1. ANÁLISE DIAGNÓSTICA DA CADEIA PRODUTIVA DO CARVÃO VEGETAL	46
4.1.1. Análise da cadeia produtiva e do sistema produtivo	46
4.1.2. Técnicas de pesquisa empregadas	48
4.1.3. Levantamento de dados secundários	49
4.1.4. Diagnóstico rural rápido	49
4.1.5 Modelagem	50
4.2. ANÁLISE DO SISTEMA PRODUTIVO DA EMPRESA VOTORANTIM SIDERURGICA	51
4.2.1. Localização e caracterização da área de estudo	51
4.2.2. Coleta de dados	51
4.2.3. Avaliação técnica	70
4.2.4. Análise de custos	71
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
5.1. CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA	74
5.2. MERCADO	77
5.3. SISTEMA PRODUTIVO	81
5.3.1 Avaliação técnica da Silvicultura	82
5.3.2 Análise de custo da Silvicultura	87
5.3.3 Análise técnica da Colheita Florestal	87
5.3.4 Análise de custo da colheita florestal	98
5.3.5 Avaliação técnica da Unidade de Produção Vegetal	102
5.3.6 Análise de custo da Unidade de Produção de Carvão Vegetal	116
5.3.7 Custo de produção do carvão vegetal	116
5.4. AMBIENTE ORGANIZACIONAL E INSTITUCIONAL	118
5.4.1. Ambiente Organizacional	118
5.4.2. Ambiente Institucional	122
5.5. DESEMPENHO DA CADEIA PRODUTIVA	124

5.5.1. Qualidade do carvão vegetal.....	124
5.5.2. Eficiência produtiva.....	125
5.5.3. Competitividade.....	134
5.5.4. Sustentabilidade.....	136
5.6. FATORES LIMITANTES E CRÍTICOS	138
5.6.1 Fatores limitantes da cadeia produtiva do carvão vegetal.....	138
5.6.2. Fatores críticos da cadeia produtiva do carvão vegetal.....	140
5.7. AGENDA DE INOVAÇÃO PARA COMPETITIVIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DO CARVÃO VEGETAL.....	142
5.8. QUESTÕES DE PESQUISA REVISITADAS.....	144
6. CONCLUSÕES.....	146
7. RECOMENDAÇÕES.....	147
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	149

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Principais países importadores do carvão vegetal brasileiro - US\$ FOB.....	28
Tabela 2 - Principais etapas para análise diagnóstica da cadeia produtiva e sistema produtivo do carvão vegetal.	47
Tabela 3 - Características dendrométricas das áreas pesquisadas na coleta dos dados de tempos das máquinas.	59
Tabela 4 - Fórmulas utilizadas para calcular os custos fixos.	72
Tabela 5 - Fórmulas utilizadas para calcular os custos variáveis.	72
Tabela 6 - Tempo médio gasto para descarregar 48.000 mudas, emergir na solução fungicida e retirada de tubetes, baseado na média do descarregamento de seis caminhões.	82
Tabela 7 - Rendimento operacional do trator na operação de gradagem. EO – eficiência operacional, Prod. (ha/he) – produtividade operacional.....	83
Tabela 8 - Rendimento operacional do trator subsolador. EO – eficiência operacional, Prod. (ha/he) – produtividade operacional.	84
Tabela 9 - Rendimento operacional do operador no plantio semimecanizado. Prod (m/h) – produtividade operacional, mudas plantadas por hora efetiva, Prod (ha/he) – produtividade operacional, EO – eficiência operacional.	85
Tabela 10 - Rendimento operacional do trator acoplado com tanque. Prod (ha/he)– produtividade operacional.	87
Tabela 11- Rendimento operacional do <i>feller- buncher</i> . AD – árvores derrubadas por ciclo de trabalho, Prod – produtividade operacional.....	88
Tabela 12 - Rendimento operacional do <i>skidder</i> . AD – média de árvores por ciclo de trabalho.	90
Tabela 13 - Média dos elementos do ciclo operacional em segundos da Garra traçadora. .	92
Tabela 14 - Rendimento operacional das Garras traçadoras I, II e III. AD – média de árvores por ciclo de trabalho.	94
Tabela 15 - Média dos elementos do ciclo operacional em segundos do Carregador Florestal, em segundos.	95
Tabela 16 - Rendimento operacional dos carregadores florestais.	97
Tabela 17 - Custo de produção do <i>feller buncher</i> para a derrubada e empilhamento.	98
Tabela 18 - Custo de produção para o traçamento de toras de 3, 6 e 2m e simulação dos custos na gestão verticalizada e terceirizada.	100
Tabela 19 - Custo de produção para o traçamento de toras de 6 e 2m e simulação dos custos na gestão verticalizada e terceirizada.	101
Tabela 20 - Comparação do custo de produção de toras de eucalipto (R\$/m ³) para abastecimento dos fornos cilíndricos parabólicos e RAC.	102
Tabela 21 - Média dos elementos do ciclo operacional do Carregador Florestal, em segundos, no descarregamento de toras de 2 m e 6 m.....	103
Tabela 22 - Rendimento operacional do descarregador florestal.	105

Tabela 23 - Rendimento operacional do carregador florestal no enchimento do forno cilíndrico parabólico. AD – média de toras por ciclo de trabalho. Prod – produtividade operacional, EO – eficiência operacional.	108
Tabela 24 - Tempo médio dos elementos, em segundos, do ciclo operacional do trator carregador florestal.	110
Tabela 25 - Rendimento operacional do descarregador florestal no descarregamento do forno cilíndrico parabólico. Prod – produtividade operacional, EO – eficiência operacional.	111
Tabela 26 - Número de ciclos coletados, suficiência amostral e tempo gasto para o enchimento dos fornos RAC com toras de 3 m e 6 m.	111
Tabela 27 - Distribuição de tempos médios dos elementos operacionais para o carregamento dos fornos RAC com toras de madeira, 3 e 6 m.	112
Tabela 28 - Rendimento operacional do carregador florestal no enchimento dos fornos RAC, 220 e 330, com toras de madeira de 3 e 6 m.	113
Tabela 29 - Distribuição do tempo médio dos elementos operacionais do carregador florestal na retirada do carvão dos fornos RAC 220 e 330.	113
Tabela 30 - Rendimento operacional do carregador florestal no descarregamento dos fornos RAC 220 e 330.	114
Tabela 31 - Média em segundos dos elementos do ciclo operacional no carregamento dos caminhões com carvão vegetal, expedição de carvão.	115
Tabela 32 - Rendimento operacional carregador florestal no carregamento os caminhões com carvão vegetal.	116
Tabela 33 - Custo de produção e transporte de uma tonelada (t) de carvão vegetal.	117
Tabela 34 - Eficiência produtiva dos sistemas de produção de carvão vegetal da Empresa Votorantim Siderúrgica.	118
Tabela 35 - Custo de produção do processo de carbonização para empresas capitalistas, grandes, médios e pequenos produtores.	129
Tabela 36 - Custo da produção de uma tonelada de carvão vegetal para os segmentos de Empresas capitalistas, grandes e médios e pequenos produtores.	132
Tabela 37 - Eficiência produtiva dos sistemas de produção de carvão vegetal.	133
Tabela 38 - Fatores críticos ao desempenho da cadeia produtiva do carvão vegetal.	141
Tabela 39 - Principais demandas tecnológicas de P&D para a cadeia produtiva do carvão vegetal.	142
Tabela 40 - Principais demandas tecnológicas e não tecnológicas de ATER para a cadeia produtiva do carvão vegetal.	143
Tabela 41 - Custo de produção de eucalipto classificado por grandes produtores, médios e pequenos produtores.	163
Tabela 42 - Custo de implantação e manutenção de eucalipto, espaçamento 3 x 3.	166
Tabela 43 - Calculo do custo da hora trabalhada de mão de obra braçal, data base - abr: 2007.	168

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução da produção de Carvão Vegetal (Extração), por regiões e pelos principais Estados Produtores.....	27
Figura 2: Consumo de madeira em tora de eucalipto no Brasil para o segmento de carvão vegetal.....	28
Figura 3: Evolução da área plantada de eucalipto por estados.....	33
Figura 4: Desenho ilustrativo da variação da temperatura em toras de mesmo comprimento e diâmetros diferentes.....	37
Figura 5: Efeito da rota de carvão vegetal e mineral na emissão de gases.....	40
Figura 6: Modelo geral da cadeia produtiva.....	48
Figura 7: Fluxograma das atividades realizadas no setor de silvicultura.....	53
Figura 8: Fluxograma das etapas da colheita e transporte florestal.....	57
Figura 9: A - forno RAC e B - forno cilíndrico parabólico de produção de carvão vegetal.....	62
Figura 10: Sistema de oxigenação do forno RAC 220.....	62
Figura 11: Sistema de oxigenação do forno RAC 330.....	63
Figura 12: Depósito dos resíduos, alcatrão e ácido pirolenhoso, dos fornos RAC, antes e depois das modificações.....	63
Figura 13: Modelo da cadeia produtiva do carvão vegetal.....	74
Figura 14: Preço médio do carvão vegetal de Sete Lagoas no ano de 2012.....	81
Figura 15: Modelo da cadeia produtiva do carvão vegetal, segmentos analisados no estudo de caso.....	81
Figura 16: A- Percentual dos elementos do ciclo operacional do trator acoplado com grade de disco, B - percentual consumido pelas interrupções na irrigação.....	83
Figura 17: Composição percentual do ciclo operacional do <i>trator subsolador</i> . A – percentual do tempo total consumido pelos elementos operacionais, B – consumo efetivo dos elementos do ciclo operacional e C – percentual das interrupções inerentes e das técnicas e operacionais.....	84
Figura 18: A - Percentual do tempo consumido no plantio de mudas de eucalipto, B - percentual consumido pelas interrupções na irrigação.....	85
Figura 19: A - Percentual do tempo consumido na irrigação de mudas de eucalipto, B - percentual consumido pelas interrupções na irrigação.....	86
Figura 20: Composição percentual do ciclo operacional do <i>feller-buncher</i> . A – percentual do tempo total consumido pelos elementos operacionais, B – consumo efetivo dos elementos do ciclo operacional e C – percentual das interrupções inerentes e das técnicas e operacionais.....	88
Figura 21: Composição percentual do ciclo operacional do <i>skidder</i> . A – percentual do tempo total consumido pelos elementos operacionais, B – consumo efetivo dos elementos do ciclo operacional e C – percentual das interrupções inerentes e das técnicas e operacionais.....	89
Figura 22: Composição percentual do ciclo operacional das garras traçadoras I, II e III. A – percentual do tempo total consumido pelos elementos operacionais, B – consumo efetivo	

dos elementos do ciclo operacional e C – percentual das interrupções inerentes e das técnicas e operacionais.	92
Figura 23: Composição percentual do ciclo operacional dos carregadores florestais. A – percentual do tempo total consumido pelos elementos operacionais, B – consumo efetivo dos elementos do ciclo operacional e C – percentual das interrupções inerentes e das técnicas e operacionais.	96
Figura 24: Custo operacional do <i>feller buncher</i>	98
Figura 25: Percentual do custo operacional do <i>skidder</i>	99
Figura 26: Composição percentual do ciclo operacional do carregador florestal. A – percentual do tempo total consumido pelos elementos operacionais, B – consumo efetivo dos elementos do ciclo operacional e C – percentual das interrupções inerentes e das técnicas e operacionais.	104
Figura 27: Percentual das principais operações, mecanizadas e manual no ciclo total do enchimento de um forno cilíndrico parabólico.	106
Figura 28: Percentual do consumo dos elementos do ciclo operacional manual.	107
Figura 29: Percentual do ciclo operacional do carregador florestal no enchimento de oito fornos de fornos cilíndricos parabólicos.	108
Figura 30: A - Quebra da porta do forno durante o processo de carbonização, B - foto tirada um dia após a queima descontrolada do carvão vegetal.	109
Figura 31: Composição percentual do ciclo operacional do trator descarregador no descarregamento do forno cilíndrico parabólico. A – percentual do tempo total consumido pelos elementos operacionais, B – consumo efetivo dos elementos do ciclo operacional e C – percentual das interrupções inerentes e das técnicas e operacionais.	110
Figura 32: Composição percentual do ciclo operacional do carregador florestal. A – percentual do tempo total consumido pelos elementos operacionais, B – consumo efetivo dos elementos do ciclo operacional e C – percentual das interrupções inerentes e das técnicas e operacionais.	115
Figura 33: Custo das operações para produção e transporte de uma tonelada de carvão vegetal.	117
Figura 34: Custo de implantação por hectare de uma floresta de eucalipto em Minas Gerais.	126
Figura 35: Percentual das operações e insumos no custo de implantação, por hectare, de uma floresta de eucalipto em Minas Gerais.	127
Figura 36: Distribuição da carga tributária na produção de carvão vegetal.	132

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição das operações, máquinas utilizadas e das atividades realizadas no setor da Silvicultura.	53
Quadro 2: Descrição das máquinas e das atividades realizadas no setor da colheita e transporte florestal.	57
Quadro 3: Descrição das máquinas e das atividades realizadas na unidade de produção de carvão vegetal.	66
Quadro 4: Operações realizadas no sistema produtivo utilizado pelos segmentos de grandes empresas, médios e pequenos produtores de carvão vegetal.	75

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABC	Agricultura de Baixo Carbono
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABRAF	Associação Brasileira de Produtores de Floresta Plantada
ACV	Avaliação de Ciclo de Vida
AMS	Associação Mineira de Silvicultura
ATER	Assistência Técnica e Extensão Rural
BNDS	Banco Nacional do Desenvolvimento Social
CA	Custo Administrativo
CF	Custo Fixo
COFINS	Contribuição para financiamento da Seguridade Social
CSLL	Contribuição Social sobre Lucro Líquido
CV	Custo Variável
DDS	Diálogo Diário de Segurança
DRR	Diagnóstico Rural Rápido
ECRRA	Emolumento de Cadastro, Registro e Renovação Anual
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária
EP	Eficiência Produtiva
EUA	Estados Unidos da América
FCO	Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
FISET	Fundo de Investimento Setorial
FNE	Fundo Constitucional de Financiamento no Nordeste
FNO	Fundo Constitucional de Financiamento do Norte
FOB	Free on Board
H	Horas
ha	Hectares
he	Horas Efetivas
IMA	Incremento Médio Anual
INSS	Instituto Nacional de Seguridade Social
IRPJ	Imposto de Renda da Pessoa Jurídica
ITR	Imposto sobre Propriedade Territorial Rural
JG	Forno de Alvenaria
M ³	Metro cúbico
MAPA	Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
MDC	Metro de cúbico de carvão vegetal
MIDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MIN	Minutos
PGC	Projeto Grande Carájas
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PIS	Programa de Integração Social
PROD	Produtividade
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
RAC	Forno Retangular Acesita
s	segundos
t	tonelada
TFA	Taxa de Fiscalização Ambiental

TF
TFAMG
UPC

Taxa Florestal
Taxa de Fiscalização Ambiental do Estado de Minas Gerais
Unidade de Produção Vegetal

1. INTRODUÇÃO

A importância de estudos relacionados com a produção do carvão vegetal e pesquisas que geram ganhos no seu rendimento eleva a dimensão das questões discutidas como mudanças climáticas, desmatamentos, sustentabilidade, produtividade e mercado.

Entende-se que diagnosticar os problemas do setor florestal e dos subsetores que o compõem seja o ponto inicial, assim como ter melhor clareza sobre as limitações e os fatores que são críticos, bem como as diretrizes básicas que devem ser implementadas na cadeia produtiva da madeira para energia. O diagnóstico constitui um importante passo para que o setor possa sugerir e programar medidas de política de desenvolvimento setorial e intersetorial (FONTES, 2005; SIMIONI, 2007).

Para Rezende e Santos (2010) são escassos os estudos sobre a cadeia produtiva do carvão vegetal, e não foram observados estudos específicos sistematizados sobre a dinâmica e estrutura da cadeia do carvão vegetal revelando a análise das inter-relações entre os agentes.

O estudo de cadeia produtiva é necessário para detectar gargalos e sugerir iniciativas que visem o aumento da eficiência técnica operacional, uma vez que substituir ou propor mudanças nas atividades desenvolvidas é essencial para tomada de decisões e formulação de uma política mais eficiente no âmbito da cadeia produtiva.

Neste contexto a cadeia produtiva do carvão vegetal foi analisada por meio de uma sequência de operações em conjunto com as atividades econômicas, que se articulam desde o início da elaboração do produto até o segmento do produto final, o consumidor.

O carvão vegetal é uma matéria prima renovável, pouco poluente quando comparado a combustíveis fósseis e é usado como agente redutor na fabricação de ferro-gusa e como fonte de energia (ARRUDA, 2005). Os altos fornos a carvão vegetal representam apenas 1% da produção de ferro gusa no mundo e 1/3 da produção brasileira (CGEE, 2008).

O carvão vegetal chega a atingir 70% do custo de produção do ferro gusa. No entanto, as siderúrgicas que consomem essa matéria prima apresentam maior vantagem comparativa em termos ambientais e sociais (GOMES, 2006). Em média esses valores podem representar de 45 a 49% dos custos da produção do ferro-gusa (JUNIOR, 2011).

Atualmente, o maior consumo de carvão vegetal está concentrado em polos siderúrgicos. Esses polos estão localizados em Minas Gerais (maior consumidor de carvão vegetal), Polo siderúrgico de Carajás, localizado nos Estados do Maranhão e Pará, onde

predomina o consumo de carvão obtido de matas nativas, Polo do Espírito Santo e do Mato Grosso do Sul (Corumbá, Aquidauana, Ribas e Rio Pardo), mais novo polo guseiro do país (REZENDE; SANTOS, 2010).

Diante da falta de pesquisas, bem como a necessidade de informação da origem, produção e mercado, essa pesquisa contemplou uma análise diagnóstica da cadeia produtiva de carvão vegetal com foco no segmento de produção de carvão vegetal por meio de florestas plantadas de eucalipto. Nesse contexto, identificar os fatores críticos e potencializar o desempenho da cadeia produtiva de carvão vegetal poderá significar uma contribuição para o desenvolvimento e eficiência produtiva da cadeia.

1.1. QUESTÕES DE PESQUISA

A análise da cadeia produtiva do carvão vegetal contribuirá para o desenvolvimento do setor na economia do Brasil. A partir da caracterização dos segmentos, entendimento da dinâmica e identificação dos pontos críticos, bem como a formulação de estratégias para apoio dessa atividade florestal e ferramentas para que aumentem a eficiência e competitividade.

Diante desse contexto o estudo levantou as seguintes questões:

- 1- Diante do processo histórico da produção de carvão vegetal para suprimento de siderurgias, por que atualmente se utiliza ainda o carvão vegetal de vegetação nativa?
- 2- Quais os fatores críticos dos segmentos da cadeia produtiva do carvão vegetal oriundo de florestas plantadas e, conseqüentemente qual a influência sobre o desempenho do sistema?

1.2. OBJETIVOS

Analisar a cadeia produtiva do carvão vegetal no Brasil, oriundo de floresta plantada, modelando e identificando os fatores críticos, restrições e a influência dos ambientes institucional e organizacional que a envolve.

Como objetivos específicos, citam-se:

- Analisar o desempenho da cadeia produtiva do carvão vegetal por meio da quantificação de indicadores, tais como produtividade, danos ao meio ambiente, qualidade do produto e competitividade.
- Identificar os fatores críticos da cadeia produtiva do carvão vegetal no Brasil.

- Propor uma agenda de inovação para a competitividade da cadeia produtiva do carvão vegetal.
- Aplicar a análise de eficiência em um estudo de caso, na Unidade Aço Florestal, Votorantim Siderurgia, para determinar fatores que limitam a produtividade e custos, visando fornecer subsídios para aumentar o desempenho do sistema produtivo.
- Avaliar os dois sistemas utilizados para produção de carvão vegetal na Empresa Votorantim Siderurgia, Sistema I – utilização de toras de 2 m para carbonização em fornos cilíndricos parabólicos – Sistema II – utilização de toras de 6 m para carbonização em fornos RAC.
- Avaliar o custo de produção, terceirização x verticalização das máquinas utilizadas nas operações de colheita e transporte florestal.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. HISTÓRICO DE CONSUMO DE CARVÃO VEGETAL NO BRASIL

O carvão vegetal foi o grande responsável pelo surgimento da indústria siderúrgica no Brasil. A falta de reservas de carvão mineral, disponibilidade de florestas e vegetação nativa propiciaram as condições para a utilização do carvão vegetal como termo redutor na produção siderúrgica (BRITO, 1990 a ; MOYEN, 2007).

O carvão surgiu em escala comercial no estado de Minas Gerais, responsável na década de 1950 e 1960 por 90% da produção de ferro-gusa do país e na década de 1970 tornou-se o maior produtor polo siderúrgico a carvão vegetal do mundo (REZENDE; SANTOS, 2010).

De 1979 a 1988 a taxa de consumo de carvão vegetal oriundo de mata nativa evidenciou um crescimento de 189%, enquanto que a taxa de consumo de carvão proveniente de florestas plantadas cresceu 369%, fornecendo o equivalente a 16 milhões de metros cúbicos de madeira para a produção do carvão vegetal (BRITO, 1990 a).

A partir da década de 1950, a siderurgia mineira a carvão vegetal começou a utilizar tecnologias de redução e carbonização semelhantes à de países como França e Estados Unidos, embora dentre os produtores independentes prevalecessem os fornos do tipo rabo-quente no qual permite baixo poder de controle do operador (MORELLO, 2009).

Na década de 60 surgiram os plantios florestais fortemente influenciados pelas políticas de incentivos fiscais do Governo Federal, entre 1966 e 1988, houve elevado aumento na produção de carvão vegetal. Em um primeiro momento estabeleceu-se o reembolso de 50% do imposto de renda para siderúrgicas que comprovassem que os projetos seriam destinados a formação de plantações florestais, diversificou-se as vias de financiamento e criou o Fundo de Financiamento Setorial (FISSET), o qual previa condições favoráveis em termos de custo do crédito, prazos de pagamentos e garantias em relação ao mercado (MENDES, 2004; MONTEIRO, 2006; VITAL; PINTO, 2011).

Nas décadas de 70 e 80 foram adotadas medidas de redirecionamentos ao uso de energia no Brasil. Diante da crise do petróleo, surgiram várias indicações para o uso de opções energéticas novas e renováveis, e então a biomassa foi caracterizada como um grande potencial energético. O resultado disso foi o lançamento de vários programas, dentre esses se destaca o PRÓ- ÁLCOOL (BRITO, 1990a).

Nessa caracterização houve várias propostas para o uso de biomassa florestal para fins energéticos e conseqüentemente quanto ao papel da madeira como fonte de energia em nosso país. O principal aspecto foi o reconhecimento da expressiva participação da madeira na história do consumo energético nacional até o ano de 1972, que representava a primeira fonte de energia do país. Somente em 1973 foi perdida a sua liderança para a energia derivada do petróleo e em 1978 é que ela foi suplantada pela hidroeletricidade (BRITO, 1990 a; VITAL; PINTO, 2011).

Essa política foi conciliada com a utilização da madeira de vegetação nativa, principalmente na região do Cerrado, devido ao avanço da fronteira agrícola (REZENDE; SANTOS, 2010). O consumo de carvão vegetal de matas nativas foi precursor de desmatamentos e conseqüentemente perturbação do meio ambiente. Notou-se a necessidade de substituir esse consumo por carvão de florestas plantadas.

O consumo de carvão vegetal no País no ano de 2009 foi de 22 milhões de metro de carvão (mdc), o carvão de matas nativas foi responsável por aproximadamente 45% do consumo, justificado pela insuficiência de florestas plantadas para esse fim (ABRAF, 2010).

Para que haja suprimento do carvão vegetal são necessários novos plantios de florestas, mesmo que exista tendência de estabilização no consumo e na produção vegetal. Isso se deve ao fato do esgotamento dos maciços próximos às indústrias consumidoras e às exigências restritivas ao uso de madeira proveniente de matas nativas, conforme a legislação em vigor (JUVENAL; MATTOS, 2002).

Apesar de o Brasil ser o maior produtor mundial de carvão vegetal, historicamente a maioria das indústrias não adotam novas tendências à inovação e adoção de tecnologias aperfeiçoadas nas atividades de carbonização, prevalecendo processos produtivos primitivos, com baixa eficiência energética e operacional (TACCINI, 2010). Assim, há grandes impactos negativos dessa atividade, pois apresenta significativa emissão gasosa prejudicial ao meio ambiente, principalmente quanto ao nível de produtos químicos que poderiam ser economicamente recuperados.

2.2. PRODUÇÃO DO CARVÃO VEGETAL

O processo de produção de carvão vegetal se inicia com a secagem, perda de água livre ou capilar e água de adesão e com a transformação decorrente da decomposição térmico físico-químico irreversível (FREDERICO, 2009).

A degradação total ou parcial da madeira e a eliminação de componentes voláteis são ocasionadas pela ação do calor. Este fenômeno é denominado pirólise, um dos fenômenos mais antigos que apresenta como resultado uma série de produtos, entre eles, o carvão vegetal. Contudo, esse processo está associado ao nível de temperatura do forno (BRITO, 1990 b). A carbonização entra com ar para queima parcial de voláteis da madeira, viabilizando a energia necessária ao processo (SAMPAIO, 2008).

Segundo esse mesmo autor a energia do carvão vegetal é praticamente o dobro do conteúdo de energia da madeira seca (900kJ/kg). Carbonizado a temperaturas máximas de 400°C e poder calorífico inferior a 1690 kJ/kg, pode se obter o carvão vegetal com 75% de carbono fixo. É função da carbonização concentrar energia no volume disponível de madeira.

A produção de carvão vegetal ocorre em carvoarias. Dá-se o nome de carvoaria ao local onde se concentram os fornos e das operações que envolvam as atividades de recebimento e despacho da produção do carvão (BRITO, 1990 b). O carvoejamento é o processo de transformação da madeira em carvão (VITAL; PINTO, 2011).

Há diferentes tipos de carvoarias para produção de carvão vegetal, algumas com aplicação de tecnologias que foram projetadas para diminuir os impactos sociais, ambientais e aumentar a eficiência, e outras com processo rudimentar caracterizada pela baixa produtividade e grandes impactos sociais e ambientais.

É necessário investir na identificação e/ou desenvolvimento de tecnologias que maximizem a eficiência da conversão da madeira na carbonização em carvão siderúrgico,

bem como a recuperação de forma sustentada de co-produtos voláteis do processo, para a conversão em eletricidade por co-geração (SAMPAIO, 2008).

Há outras preocupações em relação à produção do carvão vegetal, e uma delas é o que fazer com os subprodutos gerados. Existem algumas pesquisas que fornecem uma finalidade para os mesmos. Dentre esses, pode-se citar: Capobianco (2000) que indica a potencialidade de aplicação de fibras de carbono ativadas a partir do piche vegetal em áreas onde normalmente são utilizados outros tipos de materiais com alta capacidade de adsorção. Machado (2009) estudou a utilização de finos de carvão vegetal com carvão mineral na injeção em alto forno e concluiu que há ganhos ambientais e comerciais com essa mistura.

2.2. FLORESTAS ENÉRGICAS DE EUCALIPTO

O grande impulso para o aumento na área reflorestada existente no País foi a vigência do FISET nas décadas de 70 e 80. Esse instrumento contribuiu para a execução de plantios florestais em larga escala por meio do incentivo financeiro, pois foi possível abater o Imposto de Renda se comprovada a aplicação em reflorestamentos, limite de 50% do imposto, e alcançar investimentos tecnológicos no setor florestal (JUVENAL; MATTOS, 2002; REZENDE; SANTOS, 2010).

O aumento de áreas cobertas por florestas plantadas também é decorrente da pressão em reduzir os desmatamentos das florestas nativas obedecendo às leis ambientais vigentes. Isto permite a substituição da madeira proveniente de florestas nativas por madeira proveniente de florestas plantadas.

O eucalipto é a principal espécie utilizada em plantios florestais para fins industriais no Brasil. A produtividade brasileira é considerada a maior do mundo (STCP, 2012) e a sua área plantada ocupa a 6ª posição (FAO, 2010). O Brasil aumentou sua área de plantios florestais na última década. Esse fato aconteceu em função de políticas incentivadoras, como programas de fomentos, linhas de financiamento e crédito.

Segundo ABRAF (2010) o aumento da área plantada com *Eucalyptus* sp. no Brasil é resultado de vários fatores, entre eles, a crescente demanda de madeira, o rápido crescimento em ciclo de curta rotação, a alta produtividade florestal e investimentos em tecnologias que visam aprimorar as propriedades da madeira para atender diferentes mercados.

Por meio de pesquisas e melhoramento genético em espécies de eucalipto, o Brasil mostrou um grande salto na produtividade média anual, mensurada pelo Incremento Médio Anual (IMA), de 25m³, em 1990 para 40m³ no ano de 2011 (ABRAF, 2006, 2012).

A produção de eucalipto está concentrada em grande parte no Sudeste (54,2%) e Sul do país (11,80%). O que pode ser explicado pela concentração de indústrias de papel e celulose, siderúrgicas e a indústria madeireira, nessas regiões (ABRAF, 2012).

Segundo ABRAF (2012) a Siderurgia a Carvão Vegetal corresponde a 18,4 % da distribuição de áreas com plantios florestais de *Eucalyptus*. sp, o que corresponde a aproximadamente 896.810 hectares de florestas plantadas com finalidade de produção de carvão vegetal. Dentre os segmentos industriais consumidores de madeira de eucalipto o setor de papel e celulose apresenta 71,2% da distribuição da área plantada.

De acordo com a ABRAF (2010) o mercado tem mostrado um aumento elevado na demanda por madeira de origem plantada, sem o correspondente aumento na oferta, o que tem provocado elevações no preço, esse fator reflete no incentivo de plantios florestais com espécies exóticas, principalmente o eucalipto. Segundo a AMS (2009b) as florestas energéticas no Brasil não são suficientes para suprir à demanda atual de carvão e menos ainda a uma perspectiva de crescimento.

2.3 POLOS PRODUTORES DE CARVÃO VEGETAL

Os principais polos produtores de carvão no país estão localizados no estado de Minas Gerais, Pará e Maranhão, Mato Grosso do Sul e Espírito Santo. Destacam se também pelo consumo de carvão vegetal para suprir as siderúrgicas instaladas nessas regiões (MONTEIRO, 2006; AMS, 2009 b; RESENDE; SANTOS, 2010; VITAL; PINTO, 2011).

A região do Cerrado concentra grande parte da produção de carvão vegetal, o que pode ser explicado pela concentração de reservas de minérios no estado de Minas Gerais, nesse Estado está situado o quadrilátero ferrífero região fundamental para o desempenho da balança comercial brasileira, que compreende os município de Belo Horizonte, Ouro Preto, Santa Bárbara, Itabira e Mariana, e é responsável por cerca de 60% da extração de minério de ferro (VITAL; PINTO, 2011).

Segundo esse mesmo autor, outro produto de destaque nesse Estado é a produção de aço, esse item tem como principal finalidade a exportação e o abastecimento da

indústria automotiva, principalmente no setor de autopeças. Outros setores também tem participação na compra de ferro-gusa e aço, tais como o ferroviário, infraestrutura e o de bens de capital.

O estado de Minas Gerais apresenta como principais agentes reflorestadores em ordem de importância as indústrias: siderúrgicas independentes (guseiras), e integradas; produtoras de celulose (inclusive aquelas com unidades industriais localizadas em outros estados como SP, BA e ES); produtoras de ferroliga; e os produtores independentes. Dentre esses, os quatro primeiros agentes reflorestadores são responsáveis pela maioria do consumo de matéria prima florestal no estado (REZENDE; SANTOS, 2010).

Segundo Rezende e Santos (2010), em Minas Gerais, a implantação de novos empreendimentos e ampliação de outros especialmente para siderurgia, independente e integrada, para produção de gusa e aço a carvão vegetal está contribuindo para a expansão das plantações florestais de eucalipto.

O aumento na produção se faz necessária para atender a nova legislação ambiental que impulsiona a redução de carvão vegetal oriundo de florestas nativas e atenda a crescente demanda de florestas plantadas. As florestas energéticas de Minas Gerais não são suficientes para atender a uma expectativa de crescimento econômico e a demanda atual de carvão vegetal (REZENDE; SANTOS, 2010).

A Região Amazônica também apresenta outro grande polo produtor e consumidor de carvão vegetal situado na região dos Carajás, no estado do Pará. Nessa região, encontra-se o segundo polo guseiro do Brasil na fabricação de ferro - gusa. O processo de ocupação foi semelhante ao que ocorreu no estado de Minas Gerais, influenciado pela possibilidade de madeira “gratuita”, e reservas de minério de ferro, várias empresas produtoras de gusa instalaram na região, e não apresentavam certificação de florestas e de seus produtos (VITAL; PINTO, 2011).

O deslocamento nas últimas décadas de siderúrgicas para a Amazônia Oriental brasileira ocorreu principalmente nos anos 80, por meio de políticas de incentivo fiscal e crédito pelo Estado, vinculados ao Programa Grande Carajás – PGC, atualmente extinto. Os planos estatais daquela época tinham como objetivo a criação de um complexo industrial no corredor da Estrada de Ferro Carajás a partir das atividades siderúrgicas. Porém o que se assistiu não foi o surgimento de um complexo industrial e sim a ampliação da produção de ferro-gusa no Corredor da Estrada de Ferro Carajás, consumindo grandes quantidades de carvão vegetal como insumo em seu processo produtivo (MONTEIRO, 2006).

Segundo esse mesmo autor, nos primeiros anos o impulso das siderúrgicas em produção guseira na Amazônia oriental brasileira foi por meio do abastecimento de carvão vegetal de origem de floresta nativa, aliado à existência de políticas federais de financiamento, por intermédio do Fundo Constitucional de Financiamento do Norte (FNO) à redução de imposto de renda e, por último, ao aumento da demanda dos preços do ferro-gusa

Conseqüentemente, houve um aumento da pressão na floresta amazônica, o que ampliou o desmatamento nas últimas décadas. Atualmente, as siderúrgicas têm áreas destinadas à silvicultura e parcerias com pequenos agricultores (MONTEIRO, 2006). Porém existem dúvidas se essas áreas e convênios são suficientes, se faz necessária uma política, em longo prazo, para diminuir a taxa de consumo de carvão vegetal proveniente da floresta amazônica.

Segundo Vital e Pinto (2011), em 2009 40% da produção de ferro-gusa à base de carvão vegetal foi concentrada na região dos Carajás e somente 10% da demanda de madeira era atendida por florestas plantadas. O restante era suprido por resíduos de serraria, o que evidentemente é oriundo de matas nativas. As unidades de produção desse polo são voltadas para o mercado de exportação pelo Porto de Itaquí.

Cabe ressaltar que, para o aproveitamento de resíduos de serraria, geralmente é necessário o desdobramento de toras em fatias menores o que consome uma maior quantidade de energia, tornando a utilização antieconômica. Para a carbonização, são utilizadas lenhas cujo diâmetro não seja inferior a cinco cm e nem superior a 50 cm. Essas limitações se devem ao fato de que as árvores com diâmetro acima de 50 cm apresentam dificuldade no transporte e carbonização (MONTEIRO, 2006).

O polo guseiro mais recente no Brasil é o do Mato Grosso do Sul. A primeira empresa instalada na região iniciou a operação em 1995. Esse polo também utiliza carvão de resíduos naturais e deve continuar o consumo nos próximos anos. Há um déficit total de 64.000 hectares de floresta de eucalipto para suprir as empresas consumidoras de carvão. O outro polo guseiro está localizado no Espírito Santo, apresenta quatro usinas em funcionamento e uma demanda de colheita anual de 12.000 hectares de eucalipto (AMS, 2009 b).

2.4. MERCADO DO CARVÃO VEGETAL

O Carvão vegetal é umas das fontes de energia utilizadas no Brasil. Fatores como temperatura, disponibilidade de áreas agricultáveis e clima, influem na viabilidade da produção de energia por meio de recursos renováveis.

O consumo de energia renovável no Brasil por biomassa de cana, hidráulica e eletricidade, lenha e carvão vegetal, lixo e outras renováveis é considerado um dos mais altos do mundo, com aproximadamente 44,1% de participação na Matriz Energética Brasileira. Os recursos não renováveis, petróleo e derivados, gás natural, carvão mineral e urânio, são responsáveis por 55,9% de participação (EPE, 2012).

As contribuições para o consumo energético do país estão divididas em setores, são eles: serviços, agropecuária, setor energético, residências, transportes e indústrias. O setor de indústrias foi responsável por 35,9% do consumo de energia em 2011. O carvão vegetal por respondeu pela oferta de 5% do total para esse setor (EPE, 2012).

A produção de carvão vegetal está concentrada nos seguintes estados do Brasil: Pará; Maranhão; Piauí; Bahia; Minas Gerais; Paraná, Mato Grosso do Sul; Mato Grosso e Goiás conforme a Figura 1, E. Os destaques de produção provenientes do extrativismo, com 90% do obtido no país, no ano de 2010, foram: Maranhão, Mato Grosso do Sul, Bahia, Goiás e Pará (IBGE, 2010).

Na Figura 1 (A, B, C e D), são apresentados os estados das regiões Norte, Nordeste, Sul e Sudeste com produção menor do que 25.000 t/ano (série histórica de 2002 a 2010) foram mostrados na figura das respectivas regiões (FIGURA 1, A, B, C e D). Já os estados com extração superior a 25.000 t/ano estão destacados no gráfico dos principais estados produtores (FIGURA 1, E).

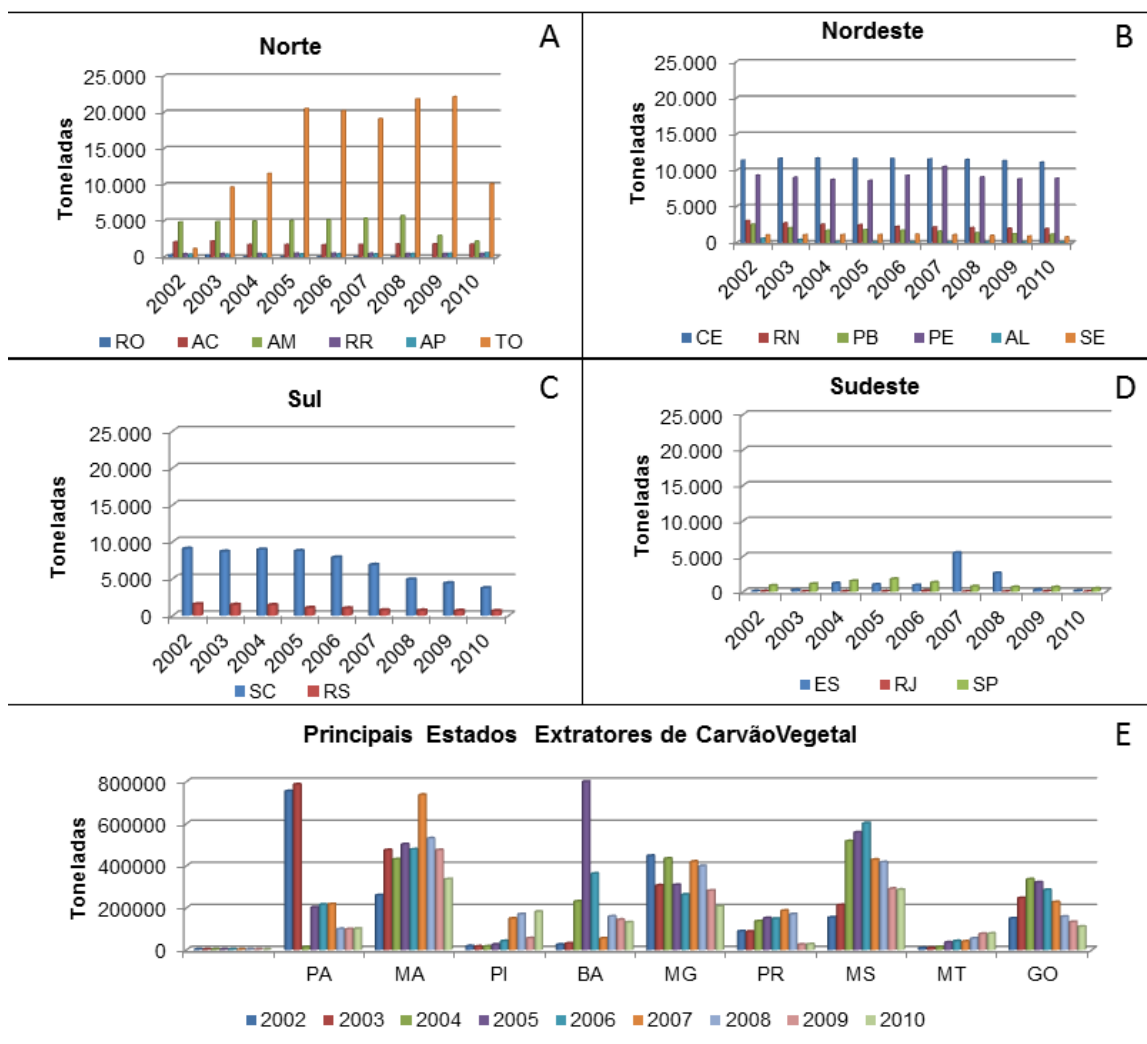


Figura 1: Evolução da produção de Carvão Vegetal (Extração), por regiões e pelos principais Estados Produtores.

Fonte: adaptado (FNP, 2012).

O consumo de carvão vegetal advindo de florestas plantadas no Brasil, de acordo com a Figura 2, decresceu nos últimos anos (2007 a 2011), decorrente da crise mundial no ano de 2008. Essa crise afetou diretamente o setor florestal, principalmente o setor de carvão vegetal, pois ele é insumo para produção de ferro-gusa e aço. A diminuição da produção desses subprodutos foi uma das consequências desse período recessivo, pois a siderurgia no Brasil é voltada, sobretudo, para o mercado externo.

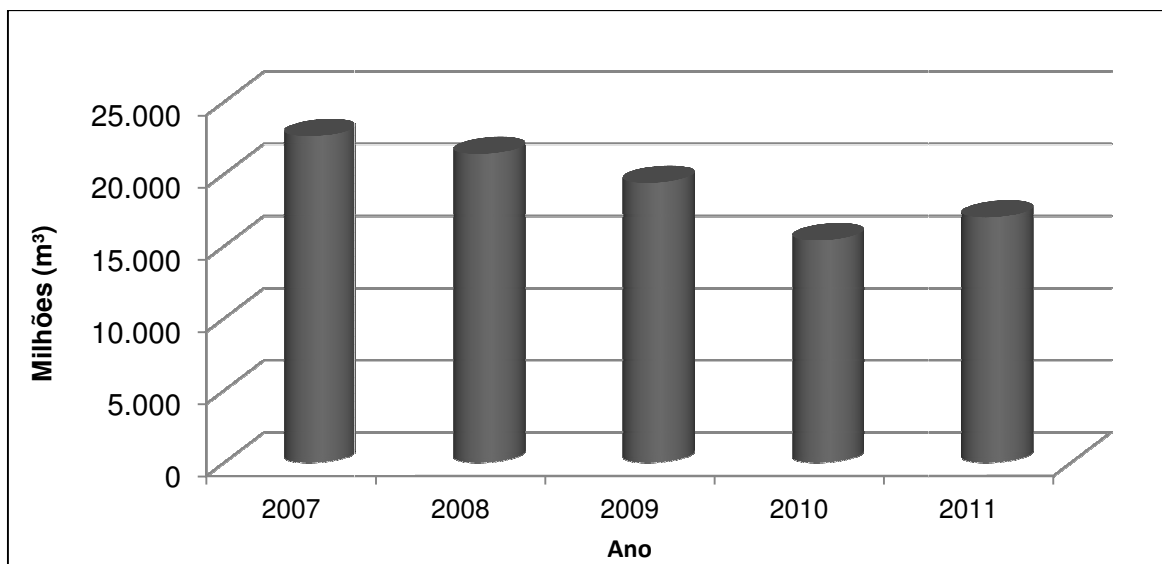


Figura 2: Consumo de madeira em tora de eucalipto no Brasil para o segmento de carvão vegetal.

Fonte: adaptado (ABRAF; 2008, 2009, 2010, 2011, 2012).

Os principais importadores de carvão vegetal brasileiro são os EUA, Reino Unido, Alemanha, Itália e Polônia (TABELA 1). No ano de 2008 as importações para os EUA, Reino Unido, França, Bélgica e Alemanha apresentaram 25%, 22%, 14%, 11% e 10%, respectivamente (ABRAF, 2009). Em 2009 os EUA foram responsáveis por 25% do total de exportações do Brasil, equivalentes a 1,6 milhão de tonelada do produto (ABRAF, 2010).

Tabela 1- Principais países importadores do carvão vegetal brasileiro - US\$ FOB.

País	2010	2011
Estados Unidos	431.398	444.020
Reino Unido	395.563	-
Polônia	28.124	-
França	-	102.311
Alemanha	121.448	-
Itália	65.710	-
Israel	9.457	9.457
Outros	64.377	4.484
Total	1.116.077	560.272

Fonte: Adaptado Remade (2012).

2.4.1. COMPETITIVIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DO CARVÃO VEGETAL

O Brasil é o maior produtor mundial desde o século XIX de carvão vegetal (REZENDE; SANTOS, 2010). Contribui diretamente para o parque siderúrgico, que tem como produto final o Aço, Ferro-Gusa e Ferro Liga.

Ao analisar o complexo agroindustrial do carvão vegetal, a perda do produto final, acaba refletindo em toda a cadeia produtiva (AMS, 2009 a). Esses produtos são destaques na economia brasileira. Como exemplo pode-se citar a indústria do aço que ocupa a nona posição no Ranking mundial de produção (IAB, 2010).

A indústria brasileira tem como base um modelo exportador, influenciado pelas *commodities* ou pela larga utilização de produtos provenientes de recursos naturais, abundantes no meio. Isso gera, em determinados momentos de instabilidade, tanto na economia global quanto na economia doméstica, depreciações da taxa de câmbio, desvalorização do real e aumento de vendas desses produtos. Na utilização de matérias-primas, uma amplamente utilizada é a madeira (VITAL; PINTO, 2011).

A cadeia produtiva do carvão vegetal está inserida na indústria de base florestal. Sua competitividade se encontra em processo de redução no cenário internacional, em função de fatores sistêmicos. Conforme dados da ABRAF, (2012) os principais fatores são:

- Aumento de salários, o que afeta diretamente os custos industriais. Desde 2008 o setor ainda não conseguiu superar a crise mundial. Nesse período houve aumento de 10% dos salários dos trabalhadores, somado aos 22,5% dos gastos com pessoal da indústria brasileira (encargos como o INSS do empregador, entre outros). Esse aumento de custo não incide nos principais concorrentes do Brasil;
- Tarifa de energia elétrica que é uma das mais caras do mundo, no setor industrial, o que pode ser explicado pela sua carga tributária. Isso diminui a competitividade da indústria brasileira;
- O elevado custo de produção, relacionado ao cumprimento de normas fiscais no país, representa um fator importante na condução de preços dos produtos e limita o desempenho internacional da atividade industrial brasileira. Fica, assim, evidente o efeito cascata da elevada carga tributária da cadeia produtiva do carvão vegetal; e
- O custo de logística no Brasil é equivalente a 9,5% da receita líquida, enquanto nos EUA este item é de aproximadamente 7%.

O mercado do carvão vegetal e a economia mundial são interligados. Uma crise financeira em um país pode afetar a economia de vários outros. Um dos exemplos é a crise

mundial de 2008, iniciada nos Estados Unidos e na Europa. Essa crise mudou o cenário do grande crescimento, nos anos de 2005 a 2008. A economia mundial e consequentemente a brasileira entraram em um período de desaceleração (ABRAF, 2009).

A instabilidade da economia mundial atinge a siderurgia e diretamente o mercado do carvão vegetal. A crise de 2008 atingiu a siderurgia, principalmente no momento em que afetou as indústrias de construção civil e automobilística. Esse setor industrial demonstrou forte queda nas vendas aos consumidores finais nos meses de recessão. Outro aspecto, ligado ao mercado externo e que cerca de 30% das vendas dos produtores de aço e 60% dos produtores de ferro-gusa são dirigidos à exportação (LOFTI, 2010).

Os resultados obtidos dessa crise foram economias com superávits negativos, principalmente em países emergentes. No Brasil, com a diminuição do crédito mundial, houve a diminuição da demanda por *commodities* agrícolas e industriais, entre elas subprodutos florestais, voltados para consumo interno e exportação, gusa, aço, celulose, móveis e painéis reconstituídos (ABRAF, 2009).

A última crise mundial, ocorrida em 2011, também afetou a cadeia produtiva do carvão vegetal. Nesse ano, ocorreu a desativação de unidades de produção de ferro-gusa no Polo de Carajás, formado pelas siderúrgicas independentes localizadas nos estados do Pará e do Maranhão, e também no polo de Minas Gerais (ABRAF, 2012).

Somada à crise mundial, há diversos fatores que contribuíram para desativação e diminuição da capacidade instalada das indústrias produtoras de ferro-gusa independente. Dentre esses fatores, tem-se destaque: a elevação das taxas de juros; a sobrevalorização cambial; as dificuldades burocráticas na exportação; sobrevalorização cambial da moeda brasileira frente ao dólar norte-americano, no mercado internacional de ferro gusa; e a ampliação, consolidação do *Market share* de competidores tradicionais como a Rússia e a Ucrânia (ABRAF, 2012).

2.5 SIDERURGIA

O tipo de processo utilizado na produção do carvão pode reduzir os custos e aumentar a qualidade do ferro gusa e aço, duas matérias-primas essencial no desenvolvimento industrial do país, inclusive em épocas progressas. Tanto o carvão vegetal quanto o minério de ferro apresentam, no seu custo de aquisição, um diferencial para a

produção dos subprodutos mencionados, já que dependem dos preços unitários daqueles (CGEE, 2008).

Para conseguir resultados que possam ser expandidos para toda a cadeia produtiva, há fatores que merecem análise, entre os quais se destaca o social, ambiental e qualidade do produto nos segmentos de produção realizados pelas grandes empresas e nos artesanais, geralmente advindos dos pequenos produtores.

A produção artesanal, por sua vez, necessita da integração entre políticas sociais e intervenções técnicas, junto com a articulação da saúde e a melhoria nas condições de vida dos trabalhadores – carvoeiros – ante a situação precária oferecida pela natureza do trabalho. Assim, pode-se transformar a situação social, cultural e laboral na qual eles estão envolvidos (DIAS et al., 2002). Ambientalmente, esse tipo de produção contribui para a baixa eficiência produtiva, o que favorece a liberação de gases de efeito estufa (GEE) como, por exemplo, o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄), resultantes da carbonização (LOFTI, 2010).

Em contraponto, veem-se as grandes empresas pressionadas pela sociedade, órgãos ambientais, legislação e mercado – principalmente o internacional –, com exigências acerca da certificação dos seus produtos. Quando se tem como matéria prima o carvão vegetal, é necessário que toda a cadeia seja sustentável, pois há restrição e perda de competitividade em relação a outros produtos provenientes de cadeias sustentáveis.

Dentre o questionamento ambiental da produção de carvão vegetal, a liberação de gases na fase da pirólise figura um dos principais fatores de discussão quanto à perda de sustentabilidade da cadeia produtiva, embora grande parte das emissões de gases seja proveniente da mudança do uso da terra e florestas, geradas pelo desmatamento ilegal de florestas (MORELLO, 2009).

2.5.1. SETOR SIDERÚRGICO

É primordial analisar o setor siderúrgico – destaque no consumo de carvão vegetal – quando se almeja o entendimento da cadeia produtiva dessa matéria-prima. Conforme Vital e Pinto (2011) 86% de todo carvão produzido no Brasil são utilizados com fins de obtenção da gusa.

O setor siderúrgico é dividido em siderúrgicas integradas e independentes. A última é voltada somente para a produção de ferro-gusa e seu produto pode ser denominado (*merchant pig iron*), enquanto aquelas (*integrated steel mills*), operam em escala de

produção ampla, que parte do minério de ferro e chega ao produto final. Além disso, as siderúrgicas integradas apresentam controle de todo o processo e algumas são responsáveis pela fabricação de produtos advindos do aço. Apresentam-se, como exemplos, os tarugos, placas, chapas, bobinas, vergalhões e cabos (MONTEIRO, 2006).

No Brasil, o setor é o responsável pelo maior consumo energético, baseado, principalmente, em coque de carvão mineral, carvão vegetal e eletricidade (JUNIOR, 2011). Além disso, ainda reflete os acontecimentos macroeconômicos globais ocorridos em 2008 (ABRAF, 2012). Entretanto, no ano de 2010, a ociosidade de produção guseira mostrou uma utilização de apenas 56% dos fornos, 1/3 da capacidade instalada (ABRAF, 2011).

O país está entre os maiores produtores mundiais de ferro-gusa proveniente do carvão vegetal. Nos processos industriais de sua produção está a liga de ferro e carbono. O carbono, por sua vez, corresponde entre 4 a 4,5 % da produção da referida liga (VITAL; PINTO, 2011).

Minas Gerais é o maior produtor nacional de gusa e utiliza apenas metade da capacidade instalada, enquanto o maior exportador nacional, o polo de Carajás (Maranhão-Pará), conta com apenas 30% dos fornos em funcionamento, a partir dos quais a produção atingiu 59% da capacidade instalada (ABRAF, 2011). Todavia, as exportações de carvão vegetal aumentaram em relação aos anos de 2009 e 2010, o que contribuiu para o incentivo ao aumento de plantios florestais, com destaque aos de eucalipto.

O Brasil necessitará de aproximadamente dois milhões de hectares de florestas plantadas para atender o mercado de gusa. Contudo, o país assumiu, na COP-15, um compromisso com as Nações Unidas para reduzir, até 2020, de 8 a 10 milhões de toneladas de CO₂ na siderurgia. Entre uma das formas viáveis de se alcançar essa meta está o uso do carvão vegetal advindo de floresta plantada para a produção do ferro-gusa (REMADE, 2012).

A cadeia produtiva do carvão vegetal está ligada diretamente ao setor siderúrgico. Os polos da siderurgia concentram-se em estados com grandes reservas de minério de ferro e área de floresta plantada. As principais reservas do minério de ferro estão localizadas nos estados de Minas Gerais (72,2%), Pará (22,3%), Mato Grosso do Sul (4,3%), São Paulo (1,0%), nos quais se constata a existência de 60% dos plantios de Eucalipto (FIGURA 3). Os demais estados contam com apenas 0,2% das reservas do minério do Brasil (VITAL ; PINTO, 2011).

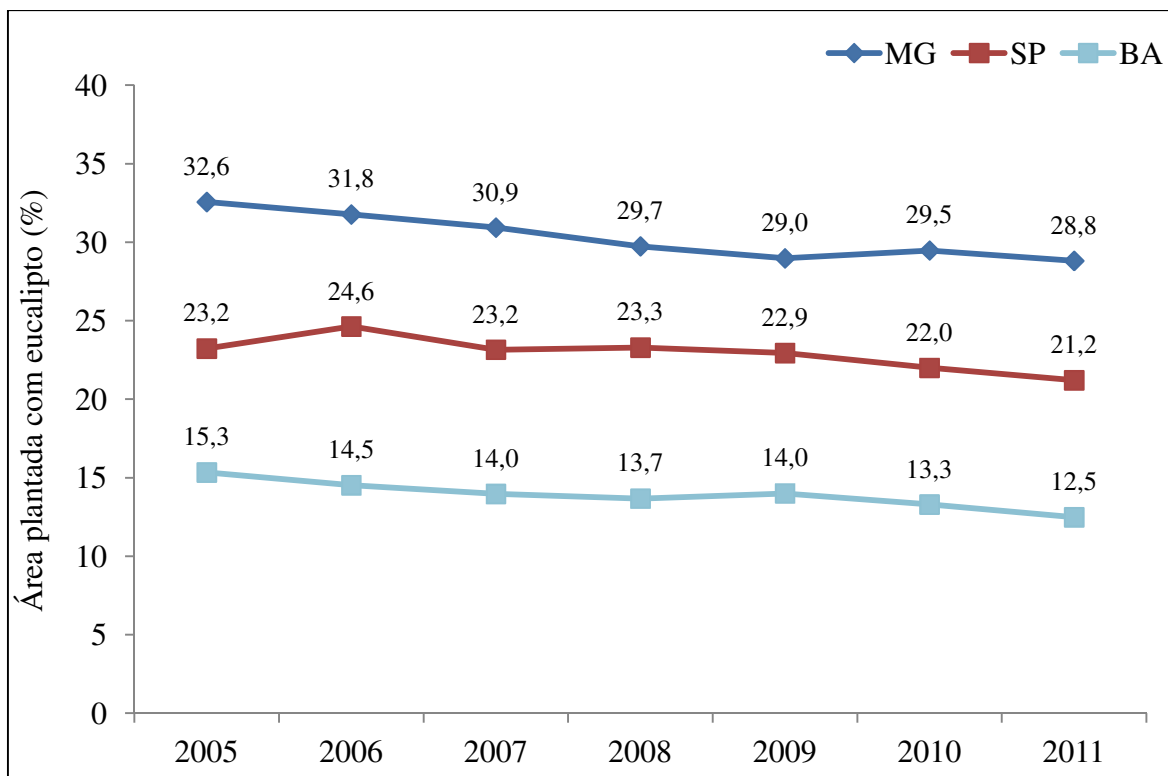


Figura 3: Evolução da área plantada de eucalipto por estados.
 Fonte: adaptado (ABRAF, 2012).

As duas regiões de maior destaque na produção de gusa para comercialização, embora possuam características distintas, são a região dos Carajás, localizada nos Estados do Pará e Maranhão, e a Região Sudeste, compreendendo os estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo (VITAL; PINTO, 2011). No Sudeste se destaca o estado de Minas Gerais que apresenta a maior área plantada de floresta e consome aproximadamente 60% do carvão vegetal produzido no país.

O polo de Carajás apresenta como característica uma produção considerada extrativista e não propriamente siderúrgica (VITAL; PINTO, 2011). Em 2008, esse polo atingiu 73% do consumo de carvão vegetal oriundo de resíduos nativos (AMS, 2009 b). Sua produção de ferro gusa é destinada, principalmente, para a exportação, sendo os Estados Unidos o principal país importador. O restante da produção, com baixa expressividade, destina-se ao mercado nacional e passa por processos de transformação industrial que lhe agregam valor (MONTEIRO, 2006).

O polo de Açailândia localizado no Estado do Maranhão é outro que também se destaca pela participação e capacidade de produção de gusa no país. Além dele, outro destaque é o polo guseiro de Mato Grosso do Sul, localizado em Corumbá, o mais recente do Brasil (AMS, 2009 b). A região é constituída pelos municípios de Corumbá e Ladário,

com expressiva vocação metalúrgica, o que pode ser explicado pela disponibilidade de recursos e reservas de minério de ferro e de manganês. A infraestrutura caracterizada, entre outros, pelos transportes hidroviários e ferroviários é um dos destaques do aludido polo (VITAL; PINTO, 2011).

Segundo esse mesmo autor o polo produtor de gusa no Espírito Santo está localizado na região de Grande Vitória e detém infraestrutura de qualidade e suprimento de minério de ferro, oriundo do estado de Minas Gerais, e abastecimento das carvoarias por madeiras provenientes do Sul do estado e da Bahia.

2.5.2. CARVÃO MINERAL *VERSUS* CARVÃO VEGETAL

Ao comparar o processo de produção do ferro gusa utilizando os insumos, carvão vegetal e carvão mineral, pode se inferir que a utilização do carvão vegetal é mais sustentável, portanto quando se compara economicamente os dois processos de produção, via carvão vegetal e via carvão mineral, a utilização do carvão mineral é mais viável, pois o custo de implantação de uma siderúrgica à carvão vegetal é mais oneroso, devido ao investimento na silvicultura, floresta plantada, que tem como finalidade suprir o carbono necessário na produção do ferro gusa.

Segundo Junior (2011), o carvão mineral e o vegetal possuem funções semelhantes na siderurgia. O coque possui propriedades físicas, químicas e geométricas diferentes das do carvão vegetal. Ademais, o nível de conhecimento e suas funções no alto-forno são maiores. Os estudos para sua aplicação na siderurgia têm, aproximadamente, 150 anos, enquanto que para o carvão vegetal, além de serem recentes, requerem mais atenção, principalmente nos campos experimentais (CGEE, 2008).

Os fornos a coque (subproduto do carvão mineral) detêm níveis de desempenho mais elevados. Isso é constatado para os aspectos do tratamento térmico dos minérios, uso de aglomerados (sinter e pelotas), injeção de finos e um sistema de carregamentos dos componentes de carga mais contínuo e rigoroso (JUNIOR, 2011).

Em 2011 foi realizado um estudo comparando o preço dos redutores, carvão vegetal e coque, para a produção do ferro-gusa, tendo como base altos-fornos com capacidade produtiva de 300 mil toneladas por ano. Como resultado, ao se utilizar o carvão vegetal, a média encontrada para os custos esteve entre 45% e 49%. Nos altos fornos a coque de carvão mineral, o resultado esteve entre 49% a 54 % dos custos (JUNIOR, 2011). Esses

custos também podem ser estabelecidos para a produção do aço. Após a produção do ferro-gusa os custos da cadeia se assemelham aos supramencionados.

Em se comparando os custos médios de uma unidade que produz o carvão vegetal a partir de florestas plantadas e uma unidade que produz o ferro-gusa em coqueria própria, os custos de produção do ferro-gusa a carvão vegetal seriam 46,5% mais caros do que os de gusa a carvão mineral (JUNIOR, 2011).

Cabe ressaltar que o Brasil não apresenta reservas minerais suficientes, e a produção do ferro-gusa a carvão vegetal, quando de florestas plantadas é mais sustentável, pois retém mais CO₂ e libera mais O₂.

Como exemplo, pode-se citar um projeto executado para produção de dois altos-fornos na Siderúrgica Ferro Carajás S.A.: de um total de US\$ 116,5 milhões de investimento, 58,51% dos gastos foram destinados à silvicultura e à montagem das estruturas direcionadas ao carvoejamento; o restante, em torno de 41,49 %, foi investido no projeto de dois fornos (MONTEIRO, 2006).

Enquanto o custo do carvão mineral seria responsável por 41,5% do custo da produção do gusa, o do carvão vegetal representaria cerca de 52% da produção do ferro-gusa. Em relação à produção do aço, o carvão mineral representa 29,1% e o vegetal 40,1% dos custos totais (JUNIOR, 2011).

O impacto da implantação de uma usina siderúrgica no consumo de carvão vegetal é expressivo. Uma usina locada no estado de Minas Gerais, com capacidade de produção de 1,0 milhão de toneladas de tubos de aço sem costura, poderia provocar um incremento anual de consumo de 10% de carvão vegetal no estado, o equivalente a 2,5 milhões de mdc/ano (REZENDE; SANTOS, 2010).

2.6. QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL

As siderúrgicas preferem um carvão com densidade superior a 240 kg/m³, pois quanto maior a resistência mecânica do carvão, melhor o desempenho do alto-forno (GOMES, 2006). A quantidade de carbono por metro cúbico apresenta-se maior em madeiras que têm densidade mais alta, o que evidencia reflexo importante no processo de redução e conseqüentemente, maior produtividade (FREDERICO, 2009). Madeira com maiores densidades e elevados teores de lignina apresentam bons rendimentos e qualidade do carvão (PEREIRA, 2000; SAMPAIO, 2008; SANTOS, 2008; VALE et al., 2010)

Dentre as características físico-químicas do carvão para siderurgia, deve-se observar na caracterização da qualidade, o teor de carbono fixo, que necessita apresentar de 75 a 80%; e as substâncias voláteis. A análise desses fatores é importante na produção do ferro-gusa (GOMES, 2006).

O diâmetro e o comprimento da tora para produção de carvão vegetal também são características a serem consideradas no aspecto da qualidade. Tais elementos influenciam na distribuição da temperatura e na qualidade do carvão. Por qualidade, pode-se entender, por exemplo, fatores como a quantidade de tiço¹ e o teor de cinzas. Essas características devem ser analisadas na compra do carvão, uma vez que podem interferir na oxigenação do alto-forno (GOMES, 2006).

Em análise realizada por Oliveira (2009) em toras de mesmo comprimento e diâmetros diferentes mostrou que quanto maior o diâmetro, mais tempo é gasto para a temperatura ficar homogênea na tora. O autor confirma que a contribuição para a formação do tiço (em madeiras verdes) e cinzas (em madeiras com diâmetro menor) é justificada pela temperatura no interior das toras de menor diâmetro, por serem elas homogêneas, enquanto no interior e superfície da tora de maior diâmetro os valores das temperaturas são diferentes (FIGURA 4).

¹ Resultado da carbonização incompleta, quando na sua parte interior não apresenta carbonizado, entretanto, esse material é passível de reutilização em futura carbonização.

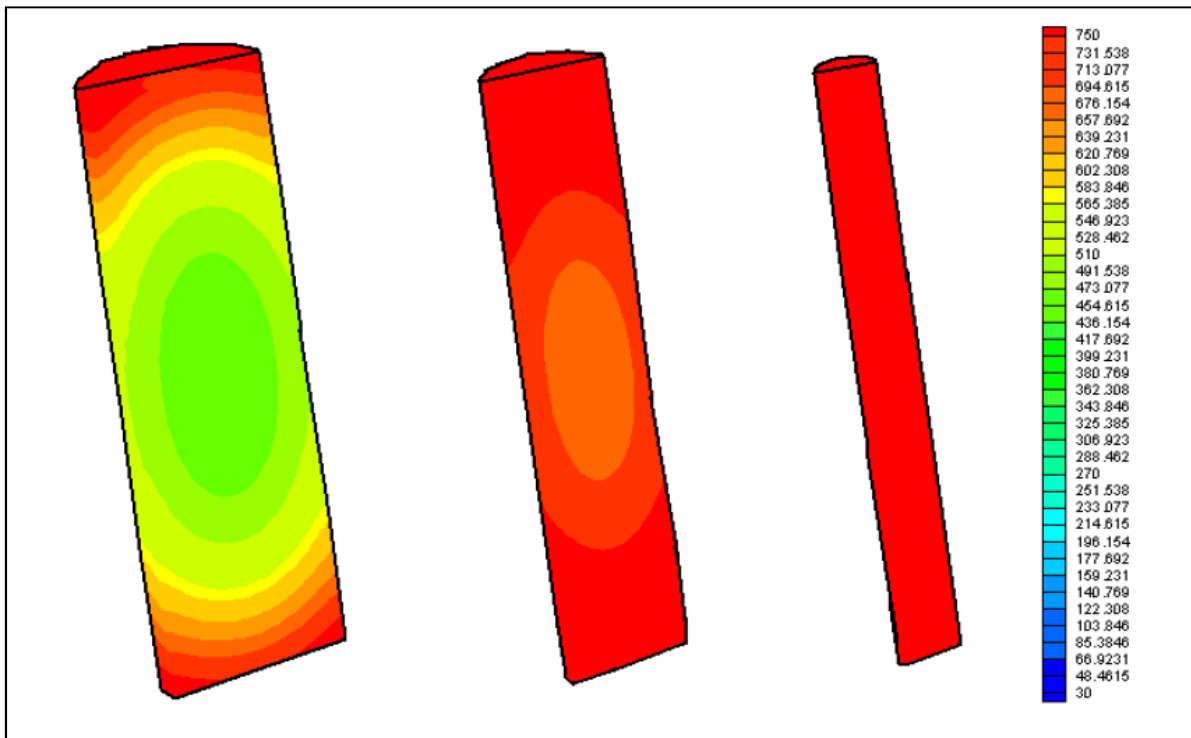


Figura 4: Desenho ilustrativo da variação da temperatura em toras de mesmo comprimento e diâmetros diferentes.

Fonte: Oliveira (2009).

Embora a temperatura final de carbonização seja uma variável importante, a pressão também apresenta impacto significativo nas propriedades do carvão vegetal (FIGUEIREDO, 2009).

Outro fator de destaque é a umidade, uma vez que para se conseguir um produto com maior poder calorífico é necessário baixo teor de umidade, pois valores superiores comprometem o rendimento do alto-forno (GOMES, 2006). Essa importância é tão expressiva que a cada variação de 1% de umidade chega a reduzir o rendimento gravimétrico em até 0,37%. A partir dessa razão, é prioridade o uso do conteúdo energético dos fumos para a secagem da madeira, ao invés de recupera-los para captação de alcatrão e outros insumos (SAMPAIO, 2008).

A qualidade da madeira interfere na produção do carvão vegetal por meio das características químicas, físicas e mecânicas provendo diferenças na qualidade e quantidade (SAMPAIO, 2008). Há outros fatores que contribuem para a qualidade da madeira, cita-se, entre eles: o material genético, fatores edafoclimáticos, condução e tratos silviculturais.

Estudo realizado por Frederico (2009) verificou que as propriedades do carvão vegetal, provenientes de clones de eucalipto, foram influenciadas pelo efeito da região e

das características físico-químicas da madeira. Esse estudo apresentou as propriedades consideradas ideais para o bom rendimento no uso siderúrgico e, ainda, o efeito das condições ambientais em relação às propriedades da madeira e do carvão dela advindo.

Resultados da aplicação do melhoramento genético em nove clones de híbridos de *Eucalyptus*, para a finalidade de produção de carvão vegetal, cultivados em Taiobeiras/MG, mostrou que houve um efeito significativo no rendimento gravimétrico, carbono fixo e a densidade relativa aparente no carvão vegetal (BOTREL et al., 2007). Portanto, pode-se concluir que, além da carbonização, contribuem como, por exemplo, a influência da espécie na característica química do carvão (SILVA, 2007).

Um dos fatores limitantes para a cadeia produtiva do carvão vegetal no Brasil é a qualidade do carvão vegetal (teor de finos). A qualidade do carvão vegetal é essencial para o rendimento dos usos finais, siderurgia, pizzarias, fornos, entre outros.

2.7 SUSTENTABILIDADE

Para que a cadeia produtiva do carvão vegetal mantenha competitividade em relação aos outros setores, produtos naturais ou de origem fóssil, é necessária uma análise ampla da sustentabilidade. Isso é importante para países exportadores de madeira, tal como é o Brasil, pois sem essa análise torna-se difícil a aceitação dos produtos pelos países importadores. A União Europeia, por exemplo, para a importação de bioenergia, estabelece barreiras contra a produção não sustentável (BECKER et al., 2011).

No contexto de sustentabilidade, tem-se o aumento do interesse na substituição de combustíveis fósseis por fontes de energias alternativas e de menor impacto ambiental (SIMIONI; HOEFLICH, 2010). Essa pressão mercadológica crescente leva à procura pelo carvão vegetal, dito sustentável, como fonte de energia renovável (SILVA et al., 2007).

Na siderurgia existe a opção de duas rotas de produção, ambas impactantes: a primeira, ao utilizar o carvão mineral como insumo na produção do ferro gusa; e a segunda, ao inserir o carvão vegetal. A etapa extrativista mineral é mais onerosa e requer desmatamentos de grandes áreas. Geralmente são criados grandes morros esculpidos em forma de escadas – para facilitar a extração e o transporte –, mas há com isso, significativo impacto local (VITAL; PINTO, 2011).

Comparando esses dois tipos de produção, as indústrias que utilizam o carvão vegetal, sem a opção de desmatamentos de florestas nativas, seriam mais ecológicas,

produzindo menos poluentes e, por isso, podendo ser chamadas de ambientalmente corretas. Entretanto, as siderúrgicas mais eficientes são preparadas para operar apenas com o carvão mineral (VITAL ; PINTO, 2011).

A partir dessa questão, a madeira tem se tornado uma opção para a geração de energia, principalmente a partir da criação de políticas setoriais, para o incentivo ao desenvolvimento de tecnologias mais eficientes na conversão da biomassa em energia (SIMIONI, 2007; SIMIONI; HOEFLICH, 2009).

O processo que transformou plantios de florestas em reserva de carbono para a siderurgia brasileira se estabeleceu em função da falta de suprimento de carvão vegetal nas siderúrgicas em meados do século XX. Então, criou-se uma solução original em relação ao que prevaleceu nos países desenvolvidos para libertar a siderurgia da inexorável finitude do uso das florestas naturais, fez-se o uso de plantios florestais sem, para isso, abrir mão do carbono de origem vegetal (MORELLO, 2009).

Empresas siderúrgicas integradas que utilizam carvão vegetal proporcionam uma redução de carbono lançados na atmosfera, ou seja, são mais sustentáveis, somente quando consomem carvão vegetal oriundo de floresta plantada. Nestas condições há uma redução de 17,98 t de CO₂ e 7 kg de SO₂ para produção de uma tonelada de aço (FERREIRA, 2000). Essas usinas por meio da comercialização em larga escala de aço proveniente de uma indústria com baixas emissões de CO₂ apresentam a possibilidade de influenciar a competitividade brasileira no mercado mundial.

Na produção do ferro-gusa, segundo CGEE (2010) tem-se uma diferença entre os balanços de emissões de CO₂ e O₂. Via carvão mineral há emissões de 1883 kg de CO₂ e remoção de 1274 kg de O₂ em todas as fases da cadeia. Enquanto a via de carvão vegetal, na fase da floresta plantada, apresenta captura de 3697 kg de CO₂ e emissão de 1789 kg de O₂ para cada tonelada de ferro-gusa. No restante da cadeia, assim como a rota do coque de carvão mineral, há emissões de CO₂ e remoção de O₂, respectivamente, porém, ao contrário da rota do coque, tem-se um total líquido de remoção de CO₂ de 1111 kg e emissão de 164 kg de O₂ por tonelada de ferro-gusa, no decorrer da cadeia (FIGURA 5).

CICLO DE PRODUÇÃO DE 1ton DE FERRO

➤ Rota do Carvão Mineral



➤ Rota do Carvão Vegetal



Figura 5: Efeito da rota de carvão vegetal e mineral na emissão de gases.

Fonte: Moura (2006).

Em relação ao consumo de energia, quando se compara com o setor de transformação a carvão mineral (coque), observa-se que quanto maior a taxa do carvão vegetal nas siderúrgicas, menor é o consumo total de energia (JUNIOR, 2011).

A história do carvão vegetal está associada à supressão de florestas. Alguns esforços, apostando em uma siderurgia cuja fonte de carbono é oriunda de plantações de florestas e não de matas nativas com alto valor ecológico, vêm sendo realizados por parte de industriais mineiros para romper esse espectro projetado pelo passado (MORELLO, 2009).

Cabe ressaltar que ainda há um déficit anual médio de quase 50% de florestas plantadas (100 mil ha, no mínimo) para suprir toda a demanda das empresas (AMS, 2009 b).

Os fatores que mantiveram a siderurgia mineira a carvão vegetal no século XX, enquanto elemento de pressão sobre florestas nativas foram: a forma com a qual a produção do termorreduzidor assumia o nível mais baixo da hierarquia; as prioridades de alocação de capital; e a possibilidade da produção independente do termorreduzidor de ter como concepção o desenvolvimento das atividades siderúrgicas (MORELLO, 2009).

Atualmente o desmatamento ilegal de florestas visa à expansão da fronteira agropecuária, o que faz com que o perfil de emissões do Brasil seja diferente do dos países

desenvolvidos, nos quais as emissões são provenientes de combustíveis fósseis e representam um desafio às emissões controladas (UHLIG, 2008).

Nesse contexto, o estudo da cadeia produtiva do carvão vegetal deve ser analisado ante um novo prisma que a influencia. Seria ele melhor detalhado quando se verifica: a forte pressão sobre as organizações privadas e públicas decorrente da globalização; da super competição; da crescente demanda por responsabilidade social; sustentabilidade ambiental; e do surgimento de novas tecnologias (REZENDE; SANTOS, 2010).

Outro fator para ser analisado são as pressões institucionais por parte de mineradoras e produtores de aço para que os guseiros estejam em conformidade com padrões ambientais, trabalhistas e legais. Somado a isso, também a pressão realizada pela sociedade, representada em debates e legislações que buscam reduções nas emissões de gases de efeito estufa (LOTFI, 2010).

Mesmo diante dessas pressões, a promessa de uma siderurgia a carvão vegetal oriundo de floresta plantada, nos dias atuais, não concebeu tal inovação tecnológica, pois são diversas as razões apontadas na literatura e entre os atores do setor. Algumas apontam para fatores externos e não controlados diretamente pelas empresas entusiastas de tal via (MORELLO, 2009). Outras apresentando falta de compromisso por parte das siderúrgicas.

“Uma situação que parece ter ligação direta com as estratégias das empresas produtoras de ferro-gusa é a de transferirem a responsabilidade da produção do carvão vegetal para uma grande rede de centenas de fornecedores pouco capitalizados e desprovidos de condições de fazerem investimentos em equipamentos de carbonização dotados de tecnologias que permitissem maior eficiência e amplo aproveitamento de todos os produtos advindos da pirólise da madeira” (MONTEIRO, 2006).

3. MARCO CONCEITUAL

3.1 ENFOQUE SISTÊMICO

A teoria geral de sistemas surgiu devido à insatisfação com as limitações do reducionismo. A partir desse momento nasceu a motivação para o enfoque sistêmico (CASTRO et al., 2002; CASTRO et al., 2005 a). Ludwig Von Bertalanffy estabeleceu a teoria de sistemas (BERTALANFFY, 1977).

O reducionismo tem como principio a redução da complexidade de fenômenos e teorias, enquanto que as leis mecanicistas não foram adequadas para interpretar e explicar as

interações de variáveis biológicas e econômicas na natureza, e então, optou-se por buscas que fossem aplicáveis no estudo de seres vivos, com baixa tendenciosidade das leis da física clássica newtoniana. Em paralelo descobriu-se que o reducionismo não abrangia interfaces entre as ciências sociais, a física e a biologia (CASTRO et al., 2002; CASTRO et al., 2005 a).

A origem da teoria geral de sistemas surgiu ao longo de um processo que visava o conhecimento do comportamento geral e de suas relações complexas, onde esse não era obtido apenas por um somatório, contudo, resultado de complexas interações de um “todo visível” (CASTRO et al., 2002). Com isso originou a definição de um sistema, que pode ser definido como conjunto de partes inter-relacionadas e produto de partes interativas que tem como objetivo o estudo do relacionamento das partes em relação ao todo (CASTRO et al., 2005 a).

Os principais conceitos do enfoque sistêmico são o de limite do sistema, hierarquia e modelo (CASTRO et al., 2002). A noção de limite de sistema é necessária para facilitar o funcionamento, devido à complexidade de componentes que compõem o universo, pois este conceito permite estabelecer a apreciação de conjuntos menores dentro de um todo.

Após o entendimento do sistema, torna-se fundamental identificar subsistemas dentro de sistemas em escala hierárquica, o que deriva o conceito de hierarquia dentro de um sistema. Outrossim, depois de estabelecer o limite e a hierarquia pode-se representar o sistema de acordo com modelos, que vão desde físicos e diagramas, até modelos matemáticos, que são fundamentais para aumentar a compreensão do fenômenos (CASTRO et al., 2005 b).

Analisar um sistema é estabelecer um limite e identificar os níveis hierárquicos inferiores e superiores, bem como representa-los em um modelo, conhecer e compreender as interações dos níveis. Uma das aplicações do enfoque de sistemas é a modelagem que é usada para compreender a natureza dos fenômenos e pode ser aplicada na metodologia de pesquisa de muitas formas. A prospecção tecnológica é fundamentada na utilização dos conceitos de sistemas e das suas ferramentas de análises para a caracterização das tendências tecnológicas, econômicas ou sociais (CASTRO et al., 2005 c).

Um sistema é analisado quando se definem os seus objetivos, a entrada e saída de elementos do sistema, insumos e produtos, bem como os fluxos que movimentam os componentes, definindo as variáveis que podem medir o comportamento e o desempenho.

A análise do enfoque sistêmico na cadeia produtiva do carvão vegetal é capaz de fornecer estratégias de planejamento por meio da análise do ambiente externo e orientações de mudanças no ambiente institucional.

3.2 CADEIA PRODUTIVA E SISTEMA PRODUTIVO

A produção, comercialização e industrialização do carvão vegetal estão inseridos em uma Cadeia Produtiva. Para Castro et al. (2005 a), e Castro et al. (1998) uma cadeia produtiva pode ser compreendida por um conjunto de componentes interativos que incluem insumos e serviços, indústrias processadoras e transformadoras, distribuição, armazenamento, consumidores e produtos agropecuários e agroflorestais.

O conceito de cadeia produtiva originou-se no setor agrícola, com a necessidade de uma ampliação da visão de dentro da porteira para antes e depois da porteira da fazenda (DAVIS; GOLDBERG, 1957). Esse conceito apresenta como base a afirmação de que a produção de bens pode ser representada como um sistema, em que os atores da cadeia estão conectados por fluxos de capital, materiais e de informação, no qual o objetivo é abastecer o mercado consumidor final (CASTRO, 2001; CASTRO et al., 2002).

De acordo com a complexidade dos processos dentro de uma cadeia produtiva e pelo fato da abrangência nem sempre ser de interesse de um determinado estudo é necessário estabelecer limites que permitam a análise de conjuntos menores de componentes interativos cuja função é facilitar o entendimento do seu funcionamento (CASTRO et al., 2005 b).

O enfoque de cadeia produtiva mostrou sua conveniência e utilidade na análise e organização da compreensão dos complexos macroprocessos de produção e para o exame do desempenho de sistemas, determinação de gargalos ao desempenho, propriedades não exploradas, processos produtivos, tecnológicos e gerenciais (CASTRO et al., 2002).

Dentro das cadeias produtivas têm-se os componentes ou subsistemas. O sistema produtivo pode ser classificado como um subsistema, no qual ocorre a produção dos produtos agropecuários (CASTRO et al., 1995).

O sistema produtivo tem como finalidade a produção de fibras, energéticos, alimentos e outras matérias primas de origem animal e vegetal (CASTRO; LIMA, 2003). Para analisar o sistema produtivo é necessário conhecer o desempenho do sistema.

Diante da competitividade de cadeias produtivas, a análise diagnóstica, desempenho atual e passado, é primordial para compreender os elementos essenciais das relações entre o sistema produtivo, complexo agroindustrial e a comercialização de insumos e dos principais subprodutos e a influência do ambiente institucional e organizacional.

O ambiente organizacional e institucional é responsável pela implementação e regulação de ações políticas na cadeia produtiva do carvão vegetal. No ambiente organizacional há as organizações de crédito, assistência técnica, extensão agrícola, serviços de informação, investigação científica, tecnológica entre outros. O ambiente institucional é formado pelo conjunto de normas que regulam as transações físico-financeiras, fluxo de capital e material, levadas de acordo com os distintos atores sociais das cadeias produtivas (LIMA et al., 2001).

“O desenho da cadeia produtiva consiste na delimitação da cadeia, identificando os segmentos que a compõem, bem como o fluxo físico dos materiais desde a origem (segmento insumos) até o consumidor final” (SIMIONI, 2007; SIMIONI; HOEFLICH, 2009).

Existem diversos estudos sobre análises em cadeias produtivas de produtos florestais, entre eles cita: Cadeia produtiva e estrutura de custos do setor florestal de produtos resinosos (FERREIRA, 2001); Eficiência produtiva do segmento da madeira de compensado no Estado do Paraná (POLZL et al., 2008); Cadeia produtiva de biomassa no planalto sul de Santa Catarina (SIMIONI, 2007); Transações na cadeia produtiva de energia de biomassa de origem florestal (SIMIONI et al., 2009). Porém não existe um estudo sistematizado da cadeia produtiva do carvão vegetal no Brasil.

3.3. DESEMPENHO DE CADEIAS PRODUTIVAS

O desempenho de um sistema é “a capacidade de transformar insumos (entradas) em produtos (saídas)”. O desempenho de um processo produtivo deve ser orientado e aferido por um conjunto de critérios (CASTRO et al., 1998).

Para analisar o desempenho das cadeias produtivas é necessária uma referência para constituir sua avaliação, estabelecida a partir da formulação de critérios e indicadores. Essa análise pode ser regida considerando o fluxo de capital ou material. Dentre os critérios de mensuração pode-se citar: qualidade, eficiência produtiva, sustentabilidade e competitividade (CASTRO et al., 1999).

A qualidade pode ser definida como um conjunto de normas e padrões a serem atingidos por serviços e produtos, oferecidos pelos sistemas e cadeias produtivas (CASTRO et al., 2010). Segundo Tirado (2009) “a qualidade deve ser avaliada por indicadores, preferencialmente quantitativos, cujo conjunto irá compor uma norma de qualidade para determinado produto ou processo produtivo”.

A eficiência produtiva (EP) é mensurada pela relação entre os insumos ou *inputs* necessários à formação dos produtos dos sistemas, *outputs*. Os *inputs* e *outputs* devem ser mensurados em um mesmo elemento de fluxo: energia; capital, materiais e informações (SPEDDING, 1975).

Define-se como sustentabilidade, a capacidade do sistema produtivo (agropecuário ou agro- florestal) produzir de acordo com determinados padrões de eficiência e qualidade. O qual a influência e o impacto gerado pela exploração podem ser neutralizados por tecnologias que evitam a degeneração do meio ambiente (CASTRO et al., 2010).

O conceito de competitividade é abrangente e dada a diversidade de variáveis que caracterizam as economias é um termo de difícil definição (PINHEIRO; HORTA, 1992; JANK, 1996; FARINA, 1999).

Medir o desempenho de um sistema é um dos primeiros passos para a análise. A partir dos resultados, são determinados os fatores determinantes do desempenho, ou seja, as variáveis, fatores que podem ter influência sobre esse. O passo seguinte é a medição das variáveis, fator limitante, que permitem identificar os fatores críticos (LIMA et al., 2001).

Segundo esse mesmo autor, entende-se como fator limitante os problemas de natureza tecnológica ou não tecnológica que exercem influência sobre o desempenho. Enquanto que, as variáveis com maior impacto sobre esse desempenho são conceituadas como um fator crítico. Um fator crítico de desempenho pode apresentar forma positiva e negativa. Quando o desempenho de um sistema é afetado de forma positiva, representa oportunidades potenciais para o desenvolvimento, enquanto que a forma negativa é limitante, e por isso é importante planejar estratégias de superação.

Ao analisar o desempenho de sistemas (determinação de gargalos e oportunidades não exploradas) e incorporar na metodologia alternativa para análise de seus componentes individuais, tais como a qualidade, eficiência, competitividade, sustentabilidade e a equidade são possíveis abranger campos econômicos, gerencias e tecnológicos (CASTRO et al., 2002).

4. MATERIAL E METODOS

Neste trabalho foi realizado um diagnóstico da cadeia produtiva do carvão vegetal no Brasil, que possibilitou a compreensão e percepção, de forma sistemática, do comportamento de variáveis do ambiente organizacional, relevantes para a definição de rumos e estratégia. A análise disponibilizou informações para planejamento estratégico que

permitirá à organização compreender e responder adequadamente a mudanças que ocorreram e que estejam ocorrendo, no seu ambiente externo.

Para análise do sistema produtivo de produção de carvão vegetal foi coletado dados de tempos e custos na empresa Votorantim Siderúrgica. Essa unidade foi escolhida de acordo com a produção (grande escala) e localização, pois está inserida no Estado, Minas Gerais, considerado como maior produtor de carvão vegetal no País, bem como a proximidade dos grandes polos de siderúrgicas a carvão vegetal. Esse estudo de caso foi necessário para mostrar os processos que ocorrem dentro do sistema de produção: implantação de floresta, manutenção, colheita e transporte florestal e produção de carvão vegetal (produção tecnológica e semimecanizada).

A metodologia consistiu de duas etapas:

- I. Análise diagnóstica da Cadeia Produtiva do carvão vegetal; e
- II. Estudo de caso, análise do sistema produtivo da empresa Votorantim Siderúrgica que buscou analisar com foco na gestão de eficiência, produtividade e custos, o processo produtivo para produção de carvão vegetal oriundo de floresta plantada em dois sistemas de produção, Sistema I: toras de 2 m utilizadas na carbonização em fornos cilíndricos parabólicos; Sistema II: toras de 6 m utilizadas na carbonização de fornos RAC.

4.1. ANÁLISE DIAGNÓSTICA DA CADEIA PRODUTIVA DO CARVÃO VEGETAL

4.1.1. ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA E DO SISTEMA PRODUTIVO

A metodologia que foi aplicada é utilizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA), proposta por Castro et al. (2010), Castro (2002), Castro et al. (1998), e Castro et al. (1995). Foi necessário realizar um diagnóstico e aplicar técnicas de análise sistêmica na cadeia produtiva do Carvão Vegetal e do Sistema produtivo. As principais etapas da metodologia de análise de cadeia produtiva e sistema produtivo estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais etapas para análise diagnóstica da cadeia produtiva e sistema produtivo do carvão vegetal.

Etapas	Cadeia Produtiva	Sistema Produtivo (Estudo de Caso)
<i>Diagnóstico</i>	Definição de objetivos	Definição de objetivos
	Hierarquia e relações com o agronegócio	Hierarquia e relações com a cadeia produtiva
	Modelagem, limites e segmentação	Limites e segmentação (tipologia)
	Análise quantitativa (eficiência, qualidade, competitividade e sustentabilidade)	Análise quantitativa (eficiência)
	Fatores críticos	Fatores críticos
	Demandas atuais	Demandas atuais

Fonte: Adaptado (Castro et al., 2002)

Após a definição dos objetivos, hierarquia e relações com o agronegócio e com a cadeia produtiva, foram realizadas a modelagem, limite, segmentação e análises do desempenho da cadeia e sistema em estudo. Essa metodologia foi adaptada às características e necessidades da cadeia produtiva do carvão vegetal e dos processos do sistema produtivo.

Para descrever e quantificar o estado atual e passado da cadeia produtiva, foi realizado um diagnóstico, com objetivo de analisar o comportamento passado e presente dessa cadeia, assim como identificar os fatores críticos, foco desta pesquisa.

A representação e comportamento de como funciona a cadeia produtiva do carvão vegetal foi analisada considerando o modelo genérico estrutural, com fluxos de capital entre os componentes do sistema modelado de acordo com a Figura 6. Foi analisado o processo produtivo de cada componente, e por meio desta fez-se a identificação dos fatores críticos de desempenho, que são variáveis limitantes na eficiência da cadeia e do sistema produtivo.

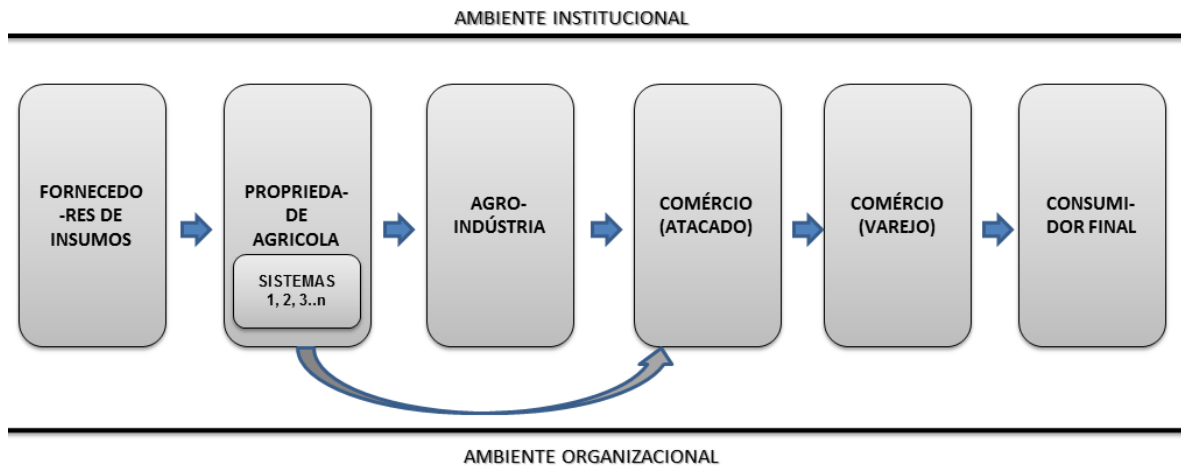


Figura 6: Modelo geral da cadeia produtiva.
 Fonte: adaptado (Castro et al., 2005a).

Os critérios utilizados nesse estudo para medir o desempenho da cadeia produtiva do carvão vegetal foram à qualidade, eficiência produtiva, danos ao meio ambiente e competitividade. O uso do termo competitividade estabelecido neste trabalho foi de acordo com a qualidade do produto e principalmente pelo baixo custo, resultado de uma maior eficiência, ao longo da cadeia.

Os fatores limitantes identificados na análise diagnóstica são relacionados a diversas necessidades, as necessidades constituem demandas. Neste estudo são classificadas em demandas atuais. Essas demandas podem indicar solução tecnológica, geração ou difusão de tecnologia e demandas não tecnológicas.

As demandas de inovação tecnológicas podem ser do tipo D1, quando já existe solução e está disponível a transferência para organizações de assistência técnica (ATER). E as demandas do tipo D2, quando não existe solução e necessita do desenvolvimento de um projeto P&D (CASTRO et al., 1995; CASTRO; LIMA, 2010).

4.1.2. TÉCNICAS DE PESQUISA EMPREGADAS

Para coletar informações sobre dados de cadeias foram desenvolvidas técnicas de análises, tais como: Levantamento de dados secundários (Bibliográficos e Internet); Diagnóstico Rural Rápido; Análise de Conteúdo e Modelagem (CASTRO, 2000).

4.1.3. LEVANTAMENTO DE DADOS SECUNDÁRIOS

Foram coletados dados secundários antes de realizar a coleta de dados primários, pois essa análise pode ser utilizada para indicar demandas de novas informações que serão coletadas por meio de entrevistas e questionários.

A informação de dados secundários foi coletada em fontes escrita e eletrônica, abrangendo desde a compra de insumos até o consumidor final da cadeia produtiva, a partir de bancos de informações, estatísticas organizadas por entidades representativas dos segmentos de produção, consumidores, organizações não-governamentais e governamentais.

4.1.4. DIAGNÓSTICO RURAL RÁPIDO

O Diagnóstico Rural Rápido (DRR) é um método desenvolvido por Robert Chambers nos Estados Unidos (GOMES et al., 2001). A metodologia consiste no levantamento de dados participativo, onde se leva em conta as opiniões dos envolvidos, entrevistados (VERDEJO, 2003).

A coleta de dados dessa pesquisa foi realizada por meio de entrevistas – total de doze especialistas entrevistados - e aplicação do método de Painel de Juízes, foram enviados 42 questionários e se obteve a resposta de nove .

Os especialistas entrevistados são das áreas de: mercado florestal, manejo florestal e melhoramento genético, consultores e empresários do setor florestal. O perfil dos especialistas que participaram do Painel de Juízes corresponde ao mesmo perfil dos especialistas entrevistados.

O método de Painel de Juízes consiste na aplicação de um questionário à especialistas, em que é fornecido uma escala de peso para cada fator limitante da cadeia produtiva e seus impactos na eficiência produtiva, qualidade do carvão vegetal, danos ambientais, demanda e preço do carvão vegetal (ANEXO I).

A escala utilizada na avaliação do painel de juízes abrangeu os pontos: 0= nenhum impacto; 1= baixo impacto; 2= médio impacto e 3= impacto muito elevado. Para seleção dos fatores críticos, considerou-se pelo menos um dos critérios de desempenho com variável maior ou igual a 2= médio impacto.

Para a análise da eficiência do carvão vegetal oriundo de matas nativas, aplicaram-se questionários; á carvoeiros, caminhoneiros (transportam carvão vegetal) e produtores

rurais que trabalham na área de produção e comercialização de carvão vegetal, total de seis questionários (ANEXO III).

Foi analisado o custo de produção de uma tonelada de carvão vegetal para florestas plantadas. Os cálculos foram realizados de acordo com os custos de empresas capitalistas, grandes e médios e pequenos produtores de carvão vegetal. O custo para a produção de uma tonelada de carvão foi dividido em: custo de implantação e manutenção da floresta de eucalipto, colheita e transporte florestal, carbonização, transporte do carvão, impostos e custos de administração.

Para calcular a eficiência produtiva do carvão proveniente de florestas plantadas foram utilizados custos de implantação e manutenção da Pesquisa de campo em 2012; FNP (2012) e GETAF (2012) (ANEXO II). Os valores referentes aos cálculos de colheita florestal, transporte, custo de carbonização e transporte de carvão vegetal oriundo de floresta plantada foram baseados em dados da literatura e empresas de consultorias. Para a análise do custo de produção adotou-se as conversões: 5 m³ de lenha = 1 tonelada de carvão e 4,8 m³ de carvão = 1 tonelada de carvão. O tipo de forno utilizado foi classificado de acordo com os processos; mecanizado, semimecanizado e artesanal. Considerou-se para o cálculo da eficiência produtiva o preço do carvão vegetal de floresta plantada e carvão de matas nativas de R\$ 130,00 o mdc e R\$ 100,00 o mdc, respectivamente.

Os custos de produção do carvão oriundo de floresta plantada foram comparados ao custo de produção de carvão proveniente de matas nativas. Essa comparação é justificada pela influência da aquisição de carvão oriundo de mata nativa na demanda e consumo de carvão proveniente de floresta plantada.

Para o cálculo do custo de carbonização de produtores de carvão vegetal, oriundo de mata nativa, utilizou-se a média dos dados diagnosticados por meio da aplicação de questionário (ANEXO III).

4.1.5 MODELAGEM

A modelagem é uma ferramenta para compreensão das principais variáveis constituintes entre elas e orientação das análises dos segmentos da cadeia produtiva. A partir da modelagem foram quantificadas e qualificadas as relações da cadeia produtiva do carvão vegetal. A análise foi conduzida considerando-se o fluxo de capital, que inicia no consumidor final e desenvolve na direção do elo final da cadeia, os fornecedores de

insumos. As entradas e saídas de capital em cada componente foram estimadas, para estudo individual da eficiência.

A análise diagnóstica foi realizada a partir do modelo geral da cadeia produtiva e contemplou as seguintes etapas básicas:

- 1 – Esquematização da cadeia produtiva;
- 2 – Identificação dos componentes da cadeia;
- 3 – Análise do fluxo de capital;
- 4 – Análise do ambiente Institucional;
- 5 – Análise do ambiente organizacional;
- 6 – Análise do mercado interno e externo;
- 7 – Análise de conteúdo;
- 8 – Identificação de variáveis limitantes;
- 9 – Aplicações de questionários;
- 10 – Identificação dos fatores críticos; e
- 11 - Agenda de Inovação para competitividade da Cadeia.

4.2. ANÁLISE DO SISTEMA PRODUTIVO DA EMPRESA VOTORANTIM SIDERURGICA

4.2.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo pertence à Votorantim Siderurgia, Grupo Votorantim, localizada no Noroeste do Estado de Minas Gerais, nos municípios de Vazante e Paracatu. O clima da região é tropical úmido com subtipo clima de savana e possuem duas estações bem definidas, inverno seco de maio a setembro e chuvoso de outubro a abril (SILVA et al., 2008). O relevo é plano. A latitude é 17°36'09" e a longitude é 46°42'02" Oeste de Greenwich, e altitude de 550 m (SOUZA, 2005). Apresenta temperatura média entre 21°C e 26°C, sendo que nos meses de junho e julho possui variações entre 17° C e 22° C (VAZANTE, 2011).

4.2.2. COLETA DE DADOS

A análise do sistema produtivo e das máquinas utilizadas nos setores de produção de eucalipto e do carvão vegetal foi realizada de acordo com as seguintes etapas:

- Silvicultura – compreende os setores; viveiro, plantio e tratos silviculturais.
- Colheita Florestal – compreende os setores de corte, traçamento, carregamento e transporte da madeira do talhão até a Unidade de produção de Carvão Vegetal (UPC).
- Unidade de Produção de Carvão Vegetal – compreende as etapas desde ao descarregamento da madeira nos boxes² dos fornos, carregamento dos fornos RAC, 220, 330 e fornos cilíndricos parabólicos e seus descarregamentos de carvão vegetal, até o carregamento das carretas com carvão para o transporte da UPC até as siderúrgicas localizadas em Curvelo/MG e Rezende/RJ.

Os dados de tempos e movimentos foram coletados de acordo com as etapas do sistema produtivo do carvão vegetal produzido pela Empresa, em período diurno de trabalho. Foi adotado o método do tempo contínuo para a marcação dos tempos, ou seja, sem detenção do cronômetro. Utilizou-se formulários específicos contendo as etapas dos tempos e movimentos para as operações mecanizadas e manuais. Os tempos referentes a cada etapa da produção foram obtidos por subtração e transformados em segundos para padronizar os dados coletados para posterior comparação. Utilizou-se o cronômetro EXTECH 365535, Split memory 500 Lap para coleta desses dados.

Silvicultura

Na empresa, a área de silvicultura compreende os setores do viveiro florestal, plantio, irrigação e manutenção da florestal (FIGURA 7).

² Depósito de toras ao lado dos fornos RAC (toras de 3 m e 6 m) e depósito próximo aos fornos cilíndricos parabólicos (toras de 2 m).

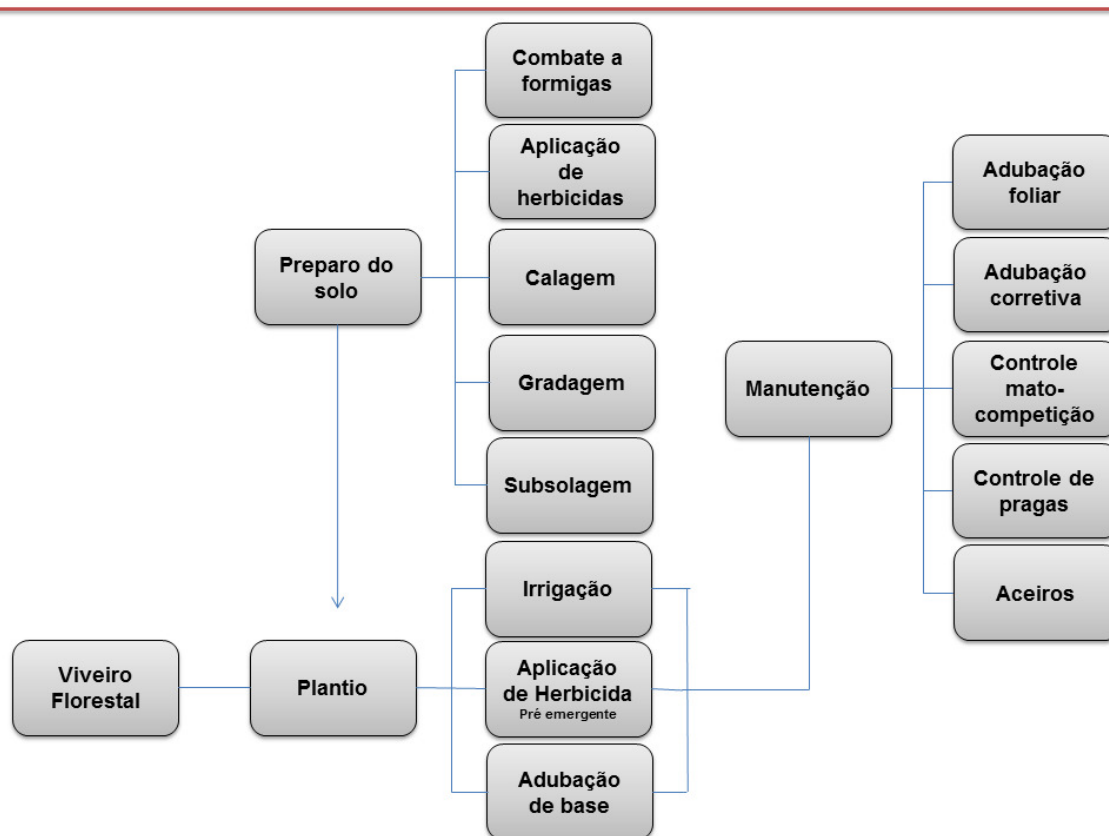


Figura 7: Fluxograma das atividades realizadas no setor de silvicultura.

Realizou-se a descrição das operações, máquinas e atividade do setor da silvicultura: viveiro, gradagem, subsolagem, plantio e irrigação (QUADRO 1). O rendimento das outras atividades vinculadas à silvicultura foi estabelecido de acordo com os dados fornecidos pela empresa.

Quadro 1 - Descrição das operações, máquinas utilizadas e das atividades realizadas no setor da Silvicultura.

Viveiro
<p>Descrição da operação: Foi realizado o estudo de tempos e movimentos no descarregamento de 288 mil mudas, equivalente à capacidade de transporte de seis caminhões. O caminhão utilizado no transporte do viveiro de origem até o viveiro da empresa apresentou capacidade de transportar 48.000 mudas/viagem. As mudas antes de serem enviadas para a área de plantio, são tratadas em solução cupinizada confidor, com uma imersão durante 15 s. Após o tratamento das mudas na solução, são retirados os tubetes.</p>
<p>Descrição da atividade: As mudas utilizadas no plantio são de origem de um viveiro terceirizado, localizado no estado do Goiás. Após a retirada dos tubetes das mudas, essas são transportadas até a área do plantio, essa operação é realizada por uma empresa terceirizada. O caminhão utilizado nessa operação apresenta capacidade para 63 caixas, média de 200 mudas/caixa, correspondendo a 12.600 mudas/carga. São levadas para campo aproximadamente duas cargas diárias, correspondendo a 25.200 mudas/diárias.</p>

Quadro 1: Continuação...



Gradagem

Descrição da máquina: Trator da marca New Rolland TM 20, tanque combustível com capacidade de 280 l, e consumo de 18 l/h (litros/hora). A grade de disco acoplada é da marca Tatu com 3 m de largura.

Descrição da atividade: A coleta foi realizada no talhão com dimensão de 500 m x 500 m, relevo plano. A gradagem é um serviço prestado por uma empresa terceirizada. Essa operação é utilizada na empresa para reforma em áreas de espaçamento maior, entre linhas. A área de estudo apresentou como histórico o SAF's (Sistemas Agroflorestais).



Subsolagem e adubação

Descrição da máquina: O trator utilizado é da marca Valtra, modelo BH 165, tanque de combustível com capacidade de 330 l e consumo médio de 21 l/h. O subsolador é acoplado ao trator. O subsolador apresenta estrutura de armazenamento de aproximadamente 800 kg de NPK. A profundidade da subsolagem foi de 40 a 50 cm do solo e a adubação a 20 cm de profundidade.

Descrição da atividade: A área de estudo, talhão, apresentou as dimensões de 500 m x 500 m (25 hectares), relevo plano. A subsolagem apresenta como função a descompactação do solo e a aplicação de adubação com NPK e foi realizada de acordo com espaçamento para plantio (3 x 3 m).



Plantio

Descrição da operação: O plantio é semimecanizado, os operadores utilizam plantadoras florestais.

Descrição da atividade: A área de estudo, talhão, apresentou as dimensões de 500 m x 500 m (25 hectares), relevo plano. O espaçamento foi de 3 m x 0,8 m. O plantio se inicia após a DDS (Diálogo Diário de Segurança), com uma interrupção para almoço e termino aproximadamente às 15 horas. Os operadores carregam as mudas para plantio em caixas. Para o abastecimento dessas caixas é necessário o acompanhamento realizado por um trator acoplado a uma carreta dentro do talhão. O relevo da área de estudo é plano.

Continua...

Quadro 1: Continuação...


Irrigação
Descrição da operação: A irrigação é semimecanizada. O trator utilizado para irrigação possuem tanques acoplados com capacidade de armazenamento de 7000 l, o suficiente para irrigar três linhas, que tem aproximadamente 6 m de largura. O espaçamento foi de 3 m x 0,8 m.
Descrição da atividade: . A irrigação é utilizada principalmente no período da seca, a água utilizada na irrigação possui uma substância que contribui para a sobrevivência, resistência durante o período com baixa precipitação, o gel, concentração de 400 gr para cada 7000 l de água. A área de estudo pertencia ao sistema <i>short rotation</i> , espaçamento de 3 m x 0,8 m. As mudas são irrigadas no mínimo três vezes. A primeira irrigação é realizada logo após o plantio. As irrigações seguintes são de acordo com a necessidade da manutenção, sobrevivência da planta. Para a prestação do serviço são utilizados quatro tratores acoplados com tanques, esses tratores são abastecidos com combustível uma vez por semana. Para o abastecimento dos tanques acoplados nos tratores são necessários dois caminhões pipa, com capacidade de armazenamento de 15000 l, o suficiente para abastecer dois tratores. Para cada trator são necessários três operadores na irrigação. Cada operador é responsável pela irrigação de uma linha de plantio.


Para este estudo foram coletados tempos e movimentos das seguintes operações e máquinas.

Gradagem

I- Tempo de operação: tempo gasto no deslocamento do trator no comprimento total das linhas de plantio.

II- Tempo de manobra: tempo gasto na virada do trator para voltar a realizar a gradagem na linha de plantio.

III- Interrupções: tempo gasto em interrupção durante a atividade de gradagem.

Subsolagem

I- Tempo de preparação: tempo gasto no início da atividade na verificação dos movimentos do subsolador.

II- Tempo de operação: tempo gasto no deslocamento do trator no comprimento total das linhas de plantio.

III- Tempo de erguida do subsolador: tempo gasto na retirada do subsolador de dentro do solo para realizar a manobra do trator.

IV- Tempo de manobra: tempo gasto na virada do trator para voltar a realizar a gradagem na linha de plantio.

V- Interrupções: tempo gasto em interrupção durante a realização da subsolagem.

Plantio

I- Tempo de plantio: tempo necessário para pegar a muda de dentro da caixa, e plantar.

II- Interrupções: tempo gasto em interrupção durante o plantio.

Irrigação

I- Tempo de irrigação: tempo necessário para irrigar três linhas de plantio.

II- Interrupções: tempo gasto em interrupção durante a irrigação.

Colheita e transporte florestal

O setor da colheita florestal compreende as atividades de derrubada e embandeiramento, arraste das árvores até a margem da estrada, traçamento das árvores em toras e carregamento para o transporte do campo à UPC. O sistema de colheita florestal analisado é o de árvores inteiras. Foram utilizadas cinco tipos de máquinas (FIGURA 8).

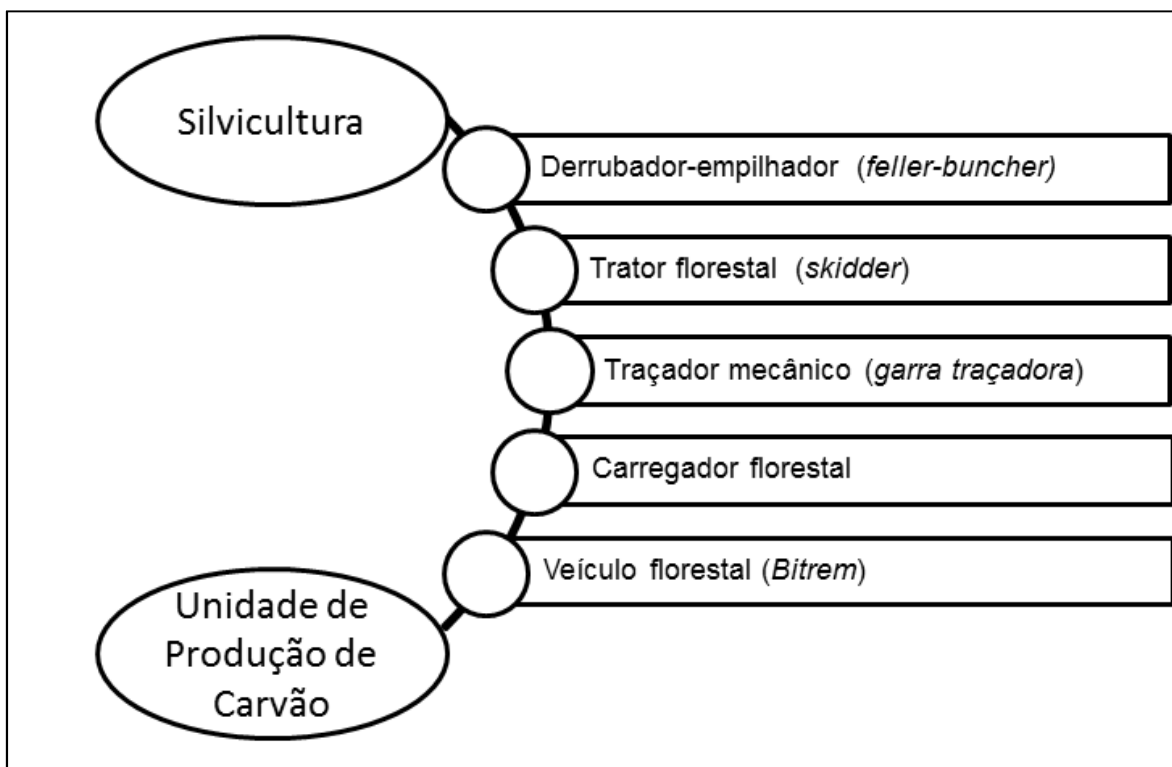




Figura 8: Fluxograma das etapas da colheita e transporte florestal.

Realizou-se a descrição das máquinas e atividade do setor da colheita e transporte florestal (QUADRO 2).


Quadro 2: Descrição das máquinas e das atividades realizadas no setor da colheita e transporte florestal.

<i>Feller buncher</i>	
Descrição da máquina: A máquina analisada era composta por uma escavadeira hidráulica, com esteiras, marca Caterpillar, modelo 320 C, potência de 187CC. O cabeçote de <i>feller-buncher</i> com sistema de disco da marca Caterpillar, modelo HF 181, rotação de 3700 RPM e braços acumuladores com alcance de 7 m. O <i>feller-buncher</i> utilizado na pesquisa tinha 30.000 horas de uso.	
Descrição da atividade: A função do <i>feller buncher</i> é derrubar as árvores e embandeirar. A área de trabalho apresentava relevo plano.	
<i>Skidder</i>	
Descrição da máquina: O <i>skidder</i> é um trator florestal equipado com uma garra e uma lâmina na parte frontal com um sistema rodante dianteiro e traseiro. O <i>skidder</i> avaliado é da marca Caterpillar, modelo 545 C. A garra hidráulica é da marca Caterpillar, modelo 320C, potência de 187 CC. O <i>skidder</i> utilizado na pesquisa tinha 7.450 horas de uso.	
Descrição da atividade: A função do <i>skidder</i> é o arraste dos feixes do interior até a margem do talhão.	
Garra Traçadora I	

Quadro 2: Continuação...

<p>Descrição da máquina: A garra traçadora I é adaptada, escavadeira da marca Hyundai, modelo 1806 C, potência de 160 CC, possui uma garra traçadora marca MSU e sabre da marca Oregon 11BC/H. A escavadeira apresentou aproximadamente 30.000 horas de uso.</p>	
<p>Descrição da atividade: Essa máquina foi utilizada para o traçamento da madeira de 3 m. As toras de 3 m foram utilizadas para o enchimento dos fornos RAC. As árvores derrubadas nessa área pertenciam ao SAF's, e apresentaram diâmetros e alturas com média de 25,26 cm e 23,29 m, respectivamente (TABELA 3).</p>	
<p>Garra Traçadora II</p>	
<p>Descrição da máquina: A garra traçadora II possui uma garra traçadora e sabre, escavadeira da marca Doosan 225 LCA. A escavadeira possui aproximadamente 6.000 horas de uso.</p>	
<p>Descrição da atividade: Foi utilizada para o traçamento da madeira em toras de 6 m. As toras foram utilizadas para abastecimento dos fornos RAC. As características dendrométricas da área de pesquisa esta apresentada na tabela 3.</p>	
<p>Garra Traçadora III</p>	
<p>Descrição da máquina: A garra traçadora III é uma máquina adaptada, escavadeira da marca Caterpillar, modelo 320 D com garra traçadora e sabre. A escavadeira tinha aproximadamente 2.900 horas de uso.</p>	
<p>Descrição da atividade: A máquina foi utilizada para o traçamento da madeira em toras de 2 m. As toras foram utilizadas para abastecimento dos fornos cilíndricos parabólicos. As características dendrométricas da área de pesquisa esta apresentada na tabela 3.</p>	
<p>Carregador florestal I</p>	
<p>Descrição da máquina: O carregador florestal utilizado é da marca Komatsu PC 160. A máquina apresentou aproximadamente 6.000 horas de uso.</p>	
<p>Descrição da atividade: Essa máquina foi utilizada para o carregamento de toras de 2 m. O carregamento foi realizado na margem do talhão.</p>	
<p>Carregador florestal II</p>	
<p>Descrição da máquina: O carregador florestal utilizado é da marca Caterpillar 1798 C. A máquina utilizada tinha aproximadamente 25.000 horas de uso.</p>	

Quadro 2: continuação...

Descrição da atividade: A máquina avaliada foi utilizada para o carregamento de toras de 6 m. O carregamento foi realizado na margem do talhão.	
Veículo florestal (Bitrem)	
Descrição da máquina: O veículo utilizado é da marca Volvo FH 540, potência de 320 CV e tinha um ano de uso.	
Descrição da atividade: A distância média estabelecida foi de 10 km de transporte até a Unidade de Produção de Carvão Vegetal, 20 km/viagem. Em média os veículos realizavam até cinco viagens com carga/dia. A capacidade média de carga foi de 35 m ³ /viagem. Essa capacidade está relacionada com o limite de carga por eixo do veículo.	

As características dendrométricas das áreas trabalhadas esta apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Características dendrométricas das áreas pesquisadas na coleta dos dados de tempos das máquinas.

Máquina	Projeto (Área)	DAP médio (cm)	Altura média (m)	Volume (m ³ /ha)	Volume médio	Nº de arv. /ha
<i>Feller buncher</i>	Projeto I (talhão A)	13,49	21,74	316,37	0,261	1293
<i>Skidder</i>	Projeto I (talhão A)	14,01	22,27	345,52	0,277	1249
<i>Garra traçadora I</i>	Projeto II (talhão A)	23,29	25,26	110,46	0,442	249
<i>Garra traçadora II</i>	Projeto I (talhão C)	14,24	22,32	328,26	0,277	1183
<i>Garra traçadora III</i>	Projeto III (talhão A)	14,19	22,85	235,39	0,181	1300
<i>Carregador florestal I</i>	Projeto III (talhão A)	14,70	23,18	248	0,202	1226
<i>Carregador florestal II</i>	Projeto III (talhão B)	14,19	22,85	235,39	0,181	1300

Foram coletados os elementos do ciclo operacional das seguintes máquinas do setor da Colheita Florestal:

Feller-Buncher

I- Tempo de deslocamento: tempo necessário para a máquina deslocar e posicionar o cabeçote na árvore que será cortada.

II- Tempo de abate: é o tempo gasto para o corte da árvore rente ao nível do solo, enquanto os braços do cabeçote permanecem fechados.

III- Tempo de tombamento: tempo gasto com o deslocamento do cabeçote, após o corte da árvore, até o rebaixamento e abertura dos braços do cabeçote para o depósito das árvores no feixe.

IV- Interrupções: tempo gasto em interrupção durante a realização do corte das árvores.

Skidder

I- Tempo de deslocamento sem carga: tempo de deslocamento da margem da estrada em direção aos feixes no interior do talhão.

II- Tempo de manobra: tempo necessário para a máquina manobrar e posicionar a pinça no feixe, para o processo do carregamento.

III- Tempo de carregamento: inicia-se após a manobra, e posicionamento do *skidder* no feixe, com a abertura da pinça e termina quando essa se encontrava carregada e com a base do feixe suspenso. .

IV- Tempo de deslocamento carregado: tempo gasto com o deslocamento dos feixes do interior do talhão à margem da estrada.

V- Tempo de descarregamento: tempo de abertura das pinças até a liberação do feixe na pilha de madeira.

VI- Interrupções: tempo gasto em interrupção durante a realização do transporte dos feixes do interior do talhão até a margem da estrada com a liberação dos feixes na pilha de madeira.

Garra traçadora

I- Tempo de deslocamento: tempo necessário para o deslocamento da máquina até o feixe.

II- Tempo de pegada: é o tempo contabilizado desde a abertura da garra até o deslocamento do feixe para a pilha formada.

III- Tempo de posicionamento: tempo necessário para a adaptação e medição da tora de acordo com as especificações da empresa

IV- Tempo de traçamento: inicia-se com o acionamento do sabre sobre a tora e assim, ocorrendo o seccionamento das árvores em toras.

V- Tempo de soltura: movimento gerado pela abertura da garra traçadora e depósito no feixe de toras traçadas.

VI- Interrupções: tempo gasto em interrupção durante a realização do traçamento das toras.

Carregador florestal

I- Tempo de deslocamento: deslocamento da máquina ate o feixe.

II- Tempo de deslocamento sem carga: deslocamento da garra ate o feixe.

III- Tempo de pegada: é o tempo contabilizado desde a abertura da garra para pegar o feixe, ate o fechamento.

IV- Tempo de deslocamento carregado: deslocamento do feixe ate o posicionamento no caminhão.

V- Tempo de soltura: movimento gerado pela abertura da garra ate o depósito do feixe no caminhão.

VI- Interrupções: interrupção durante a realização do carregamento das toras.

Veículo florestal (Bitrem)

Para essa etapa utilizou-se para cálculos o valor médio de tempo gasto em uma viagem carregada e vazia (campo/ UPC). Considerou cinco viagens diárias, com média de 100 km/dia.

Unidade de produção de carvão vegetal

A unidade de produção de carvão vegetal da empresa é localizada no município de Vazante, MG. Há dois tipos de fornos na unidade de produção, fornos RAC e fornos cilíndricos parabólicos (FIGURA 9). Os fornos RAC são classificados em RAC 220 (tamanho de 26 m x 4 m) e RAC 330 (tamanho de 39 m x 4 m). Vale ressaltar que para o enchimento dos fornos RAC são utilizadas toras de 6 m e 3 m, enquanto que nos fornos

cilíndricos parabólicos é necessário toras de 2 m, justificado pelo tamanho, largura e altura desses fornos.



Figura 9: A - forno RAC e B - forno cilíndrico parabólico de produção de carvão vegetal.

Forno RAC

A empresa possui 62 fornos RAC 220, esse forno apresenta capacidade de produção média de 130 m³ de carvão vegetal e fornos RAC 330, total de 18 fornos com capacidade média de produção por forno de 210 m³ de carvão vegetal.

Os fornos RAC 220 apresentam quatro câmeras cuja função é fornecer oxigênio para a combustão do material lenhoso, cada câmera possui quatro tâmaras (FIGURA 10). Essas tâmaras são retiradas quando o processo de carbonização é finalizado.

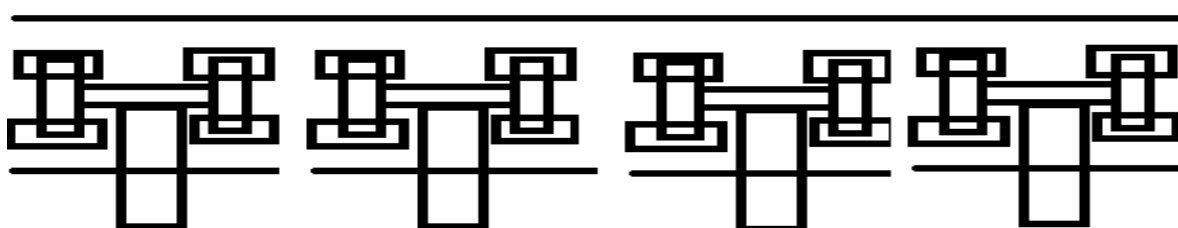


Figura 10: Sistema de oxigenação do forno RAC 220.

Para o início da combustão, dentro do forno, é necessário colocar fogo nas duas câmeras centrais do forno. Após algumas horas é colocado fogo nas câmeras laterais. A diferença do início da combustão entre as câmeras é justificada pelo volume de fumaça que não é suficiente no início para as duas chaminés.

Os fornos RAC 330 apresentam seis câmeras, cuja função é fornecer oxigênio para a combustão do material lenhoso, cada câmera possui quatro tâmaras (FIGURA 11). Essas tâmaras são retiradas quando o processo de carbonização é finalizado.

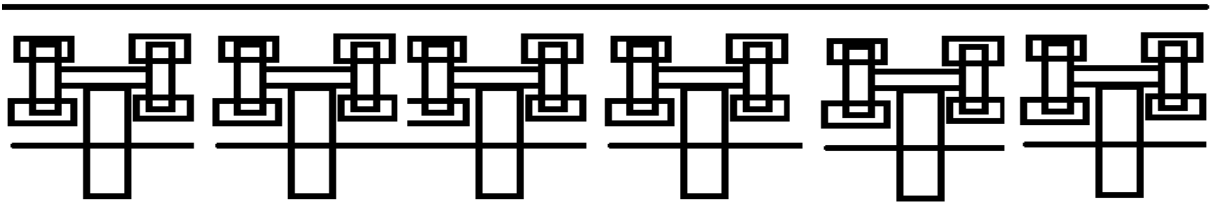


Figura 11: Sistema de oxigenação do forno RAC 330.

A combustão do forno RAC 330 se inicia nas duas câmeras laterais, posteriormente, em média de 15 a 25 horas, o que depende do tipo de madeira dentro do forno. É colocado fogo nas duas câmeras centrais. Essas etapas são diferentes, pois o volume de fumaça não é suficiente para três chaminés.

Cabe destacar que a empresa realizou modificações na localização das chaminés, para aumentar a sustentabilidade ambiental, econômica e melhorar as condições de trabalho. Havia geração de resíduos, alcatrão e ácido pirolenhoso, durante o processo de carbonização. Esses resíduos eram acumulados em tambores de 200 l e estocados, tornando-se susceptível à poluição e mau aspecto visual (FIGURA 12).



Figura 12: Depósito dos resíduos, alcatrão e ácido pirolenhoso, dos fornos RAC, antes e depois das modificações.

Com a mudança houve a redução em 90% da produção de alcatrão, pois nesse sistema o alcatrão é queimado dentro do forno e apresenta redução de aproximadamente 100% do ácido pirolenhoso no processo de carbonização da madeira utilizada na produção de carvão. Apresentaram-se ganhos qualitativos em: processo, facilidade na manutenção das chaminés; saúde e segurança – menor desgaste físico e diminuição dos riscos ergonômicos; e principalmente ao meio ambiente – redução de geração do ácido pirolenhoso e alcatrão (PAULA, 2012).

Processo de produção de carvão vegetal no forno RAC

O processo de produção do carvão vegetal foi realizado de acordo com as seguintes etapas;

I- Preparação do forno, retirada de resíduos e limpeza.

II- Carregamento do forno com as toras de madeira.

III- Fechamento do forno

IV- Processo de carbonização, início do processo de pirólise e combustão da madeira (tempo médio de cinco dias), temperatura média dentro do forno de aproximadamente 400C°. Após 18 horas do início da carbonização tem-se o começo da liberação do gás metano.

V- Vedação do forno. Após a carbonização a entrada de oxigênio é fechada, início do processo de resfriamento do forno. Nessa etapa é utilizada a “barrela mecânica”, após 48 horas da vedação do forno, cuja função é o resfriamento do forno, realizado em média entre o sétimo ao décimo segundo dia.

VI- Abertura do forno.

VII- Descarregamento do forno. O carvão vegetal é colocado no depósito.

VII- Expedição do carvão vegetal do depósito, após 48 horas da fase do descarregamento do forno. Esse tempo é necessário para evitar a queima do carvão vegetal no caminhão transportador.

Maquinários utilizados na produção de carvão vegetal, fornos RAC.

Os maquinários utilizados na produção e expedição de carvão vegetal foram:

- Carregador florestal acoplado com garra
- Carregador florestal acoplado com concha de descarga
- Carregador florestal acoplado com concha de expedição vazada
- Carregador florestal acoplado com concha de limpeza
- Trator pipa; e
- Caminhão pipa

Fornos cilíndricos parabólicos

A unidade de produção apresentou 100 fornos cilíndricos parabólicos com capacidade de produção média por forno de 18 m³ de carvão vegetal.

Processo de produção de carvão vegetal

O processo de produção de carvão vegetal nos fornos cilíndricos parabólicos foi realizado de acordo com as seguintes etapas;

I- Preparação do forno, retirada de resíduos e limpeza.

II- Carregamento do forno com as toras de madeira.

III- Fechamento do forno.

IV- Processo de carbonização, início do processo de pirólise e combustão da madeira (tempo médio de quatro dias), temperatura média dentro do forno de aproximadamente 400C°. Após 18 horas do início da carbonização tem-se o começo da liberação do gás metano.

V- Vedação do forno. Após a carbonização, é fechada a entrada de oxigênio. Inicia-se o processo de resfriamento do forno. Nessa etapa é utilizada a “barrela mecânica”. Após 24 horas da vedação do forno, cuja função é o resfriamento.

VI- Abertura do forno.

VII- Descarregamento do forno. O carvão é colocado no depósito.


VII- Expedição do carvão vegetal no depósito. Após 48 horas da fase do descarregamento do forno. Esse tempo é necessário para evitar a queima do carvão vegetal no caminhão transportador.

Maquinários utilizados na produção do carvão vegetal em fornos cilíndricos parabólicos

- Carregador florestal acoplado com garra
- Trator acoplado com concha de descarga
- Carregador florestal acoplado com concha de expedição vazada
- Trator pipa
- Caminhão pipa

Realizou-se a descrição das máquinas e atividade do setor unidade de produção de carvão vegetal (QUADRO 3).

Quadro 3: Descrição das máquinas e das atividades realizadas na unidade de produção de carvão vegetal.

Descarregador florestal	
Descrição da máquina: O descarregador florestal avaliado na pesquisa é uma máquina de rodados de pneu da marca Dossan, modelo 210 WV.	
Descrição da atividade: O descarregador florestal opera dentro da UPC e tem a função de descarregar a madeira dos veículos transportadores (Bitrem) nos boxes, ao lado da porta dos fornos RAC e em um depósito de toras de 2 m, próximo aos fornos cilíndricos parabólicos. Essa máquina foi utilizada para o descarregamento de toras de 2 m e 6 m.	
Carregador florestal adaptado com garra	
Descrição da máquina: O carregador florestal é um trator Caterpillar modelo 924 H acoplado com uma garra.	
Descrição da atividade: A função do trator Caterpillar é o enchimento dos fornos RAC 220 e RAC 330 com toras de 2 m, 3 m, e 6 m. No processo do enchimento é necessário um operador auxiliar responsável por colocar as chapas, estábulo e se necessário pegar as toras caídas no chão.	
Carregador florestal adaptado com concha de descarga	
Descrição da máquina: O carregador florestal é um trator Caterpillar modelo 924 H acoplado com uma concha de descarga.	
Descrição da atividade: Essa máquina foi utilizada para pegar o carvão de dentro dos fornos RAC e colocar no depósito. Nessa etapa há dois auxiliares, responsáveis pela retirada de tiços. Após a retirada do carvão do forno é realizada a limpeza e preparação para o enchimento.	
Carregador florestal adaptado com concha de expedição	
Descrição da máquina: O carregador florestal é um trator Caterpillar modelo 924 H acoplado com uma concha de expedição.	
Descrição da atividade: A expedição de carvão se inicia com o carregamento das carretas transportadoras e deslocamento até as siderúrgicas em Sete Lagoas – MG e Rezende – RJ. O carregamento das carretas é do carvão proveniente dos fornos RAC e cilíndricos parabólicos. A capacidade média de carga dos caminhões transportadores é de 115 m ³ /viagem.	
Carregador florestal adaptado com garra (enchimento forno cilíndrico parabólico)	
Descrição da máquina: O carregador florestal é um	

Continua...

Quadro 3: Continuação...

<p>trator Caterpillar modelo 924 H acoplado com uma garra.</p>	
<p>Descrição da atividade: O enchimento do forno é semimecanizado. Quando a atividade de enchimento está no início, o feixe de toras é depositado pelo carregador florestal dentro do forno, na fase final do enchimento, em que o forno encontra-se semicheio, o descarregamento das toras de 2 m é realizado na porta do forno. O operador responsável pelo enchimento do forno, operação manual, tem a função de empilhar as toras dentro do forno em posição vertical. Para a análise do ciclo operacional do enchimento dos fornos cilíndricos foram coletados dados do ciclo operacional do carregador florestal no enchimento de oito fornos e a operação manual foi coletada em apenas um forno.</p>	
<p>Trator descarregador adaptado com garra (descarregamento do forno cilíndrico parabólico)</p>	
<p>Descrição da máquina: Foi utilizado um trator acoplado com uma concha de descarga.</p>	
<p>Descrição da atividade: A equipe de descarregamento é constituída por quatro auxiliares, dois permaneciam dentro do forno e dois no depósito, as funções são amontoar o carvão dentro do forno e retirar os tiços do carvão do depósito, respectivamente.</p>	

Coletou-se o ciclo operacional das seguintes máquinas e atividades do setor da UPC:

Descarregador florestal

- I- Tempo de deslocamento sem carga: é o tempo gasto para deslocar e posicionar a garra no feixe.
- I- Tempo de carga: tempo gasto na abertura, pegada e fechamento das pinças da garra no feixe.
- III- Tempo de deslocamento carregado: tempo gasto para deslocar o feixe de toras até o box.
- IV- Tempo de depósito: tempo gasto na abertura e liberação do feixe de madeira no box.
- V- Interrupções: tempo gasto em interrupção durante a realização do descarregamento das toras de madeira.

Carregador florestal adaptado com garra (enchimento forno RAC)

- I- Tempo de deslocamento sem carga: é o tempo gasto para deslocar e posicionar a garra no feixe.
- II- Tempo de carga: tempo gasto na abertura, pegada e fechamento das pinças da garra no feixe.
- III- Tempo de deslocamento carregado: tempo gasto para deslocar o feixe de toras até o forno.
- IV- Tempo de depósito: tempo gasto na abertura e liberação do feixe de madeira dentro do forno.
- V- Interrupções: tempo gasto em interrupção durante a realização do enchimento do forno.

Carregador florestal adaptado com concha de descarga

- I- Tempo de deslocamento sem carga: é o tempo gasto para deslocar e posicionar a concha no chão.
- II- Tempo de carga: tempo gasto para carregar, encher a concha com carvão vegetal.
- III- Tempo de deslocamento carregado: tempo gasto no deslocamento com a concha carregada até o depósito.
- IV- Tempo de depósito: tempo gasto no abaixamento da concha e depósito do carvão.
- V- Interrupções: tempo gasto em interrupção durante a realização do descarregamento do forno.

Carregador florestal adaptado com concha de expedição

- I- Tempo de deslocamento sem carga: é o tempo gasto para deslocar e posicionar a garra de expedição em direção ao monte de carvão vegetal
- II- Tempo de carga: tempo gasto no posicionamento da garra e carregamento do carvão vegetal.
- III- Tempo de retirada de finos: tempo gasto no balanceamento da garra para retirada de finos do carvão vegetal.
- IV- Tempo de deslocamento carregado: tempo gasto com a movimentação do braço em direção à carreta.

V- Tempo de depósito: tempo gasto no posicionamento e depósito do carvão vegetal no veículo transportador

VI- Interrupções: tempo gasto em interrupção durante a realização da expedição do carvão vegetal

Carregador florestal adaptado com garra (enchimento forno cilíndrico parabólico)

I- Tempo de deslocamento sem carga: é o tempo gasto para deslocar e posicionar a garra para pegar as toras no feixe (box).

II- Tempo de pegada: tempo gasto para pegar as toras no feixe principal (box)

III- Tempo de deslocamento carregado: tempo gasto com o deslocamento do feixe de toras em direção ao forno.

IV- Tempo de depósito: tempo gasto no posicionamento e depósito das toras dentro e/ou, ao lado do forno.

V- Interrupções: tempo gasto em interrupção durante o enchimento dos fornos.

O ciclo total do tempo de enchimento do forno cilíndrico parabólico é compreendido em: mecanizado (ciclo operacional do carregador florestal) e operação manual. Entende-se que:

- Operação manual: é o enchimento manual realizado por um funcionário, empilhamento na vertical das toras dentro do forno.
- Abastecimento de toras: é o tempo de espera pelo operador manual, enquanto o carregador florestal abastecia outros fornos com toras, feixes.

Cabe ressaltar que o carregador florestal abastecia de toras cortadas, lenha, oito fornos ao mesmo tempo.

Trator descarregador

I- Tempo de deslocamento sem carga: é o tempo gasto para deslocar e posicionar a concha de descarga.

II- Tempo de carga: tempo gasto no rebaixamento da concha de descarga e levantamento com o carvão vegetal.

III- Tempo de deslocamento carregado: tempo gasto para deslocar a concha de descarga em direção ao depósito.

V- Tempo de depósito: tempo gasto no posicionamento e descarregamento do carvão vegetal no depósito.

VI- Interrupções: tempo gasto em interrupção durante a realização do descarregamento do forno cilíndrico parabólico.

4.2.3. AVALIAÇÃO TÉCNICA

O número mínimo de amostras de cada etapa foi estabelecido com base na precisão de erro estabelecido de 10%. Adotou-se a probabilidade de 95% e 5% de significância. O número de amostras foi determinado através da fórmula (BARNES, 1977);

$$n \geq \frac{t^2 \times cv^2}{le}, \quad (1)$$

Em que, n = número de intensidade amostral; t = valor t de *Student*, obtido em função do grau de liberdade; cv = coeficiente de variação (%); le = Limite de erro pré-estabelecido.

Cabe ressaltar que não foram consideradas as interrupções técnicas e operacionais para o cálculo da intensidade amostral. O limite de erro (LE) foi diferenciado para o sistema, adotou-se para o setor da Silvicultura e Colheita Florestal um LE de 5% de significância e 95% de probabilidade, enquanto que para a Unidade de Produção de Carvão Vegetal o LE foi de 10% de significância e 90% de probabilidade, justifica-se pelo menor número de ciclos operacionais das atividades analisadas e o maior tempo de interrupções entre uma atividade e outra para a máquina analisada.

Para a análise técnica procedeu-se a coleta dos tempos de cada etapa do sistema produtivo, como também foram contabilizadas as interrupções durante as operações. Com base nos tempos obtidos determinaram-se os parâmetros técnicos: produtividade (*Prod*) e eficiência operacional (*EO*) dos processos produtivo na empresa. As interrupções foram classificadas em:

- Interrupções inerentes ao ciclo operacional;
- Interrupções técnicas, tais como: abastecimentos, manutenções periódicas; deslocamento da máquina para operar em outra atividade e a falta de matéria-prima para trabalho; e
- Interrupções operacionais: refeições, orientação sobre as atividades a serem desenvolvidas, DDS (Diálogo Diário de Segurança) e deslocamento até à área de trabalho.

Para a determinação da produtividade operacional foi considerado o número total de horas trabalhadas menos as interrupções mecânicas e operacionais. A produtividade foi determinada pela expressão:

$$PROD = \frac{\sum_{i=1}^n X}{he} \quad (2)$$

Em que, $PROD$ = produtividade operacional; i = número de amostras ($i = 1, 2, 3, \dots, n$); X = volume; he = horas efetivas de trabalho obtidas pelo estudo de tempos e movimentos (h).

A eficiência operacional foi determinada pela seguinte expressão (BIRRO, 2002):

$$EO = \frac{he}{(he + hp)} \times 100 \quad (3)$$

Em que, EO = eficiência operacional (%); he = tempo de trabalho efetivo (h); hp = horas paradas (h).

4.2.4. ANÁLISE DE CUSTOS

A avaliação econômica envolveu a determinação dos custos operacionais e do custo de produção. O custo operacional total do sistema produtivo foi dividido em custos fixos (CF), variáveis (CV) e de administração (CA). Os custos fixos foram divididos em depreciação, juros e seguros, as fórmulas estão descritas na Tabela 4. Os custos fixos foram analisados utilizando a metodologia proposta pela FAO (1974). A metodologia proposta para a análise dos custos variáveis foi a de (MACHADO; MALINOVSKI, 1988).

Tabela 4 - Fórmulas utilizadas para calcular os custos fixos.

Item	Fórmula
Juros e Seguros	$JS = \frac{IMA \times i}{he}$ $IMA = \frac{(Va - Vr) \times (N + 1)}{2 \times N} + Vr$
Depreciação	$Dp = \frac{Va - Vr}{N \times he}$

³ Legenda das fórmulas.

Os custos variáveis foram calculados para a aquisição de óleo lubrificante, manutenção e reparos, equipamentos de proteção individual (EPI), transporte de funcionários e remuneração de pessoal operacional. As fórmulas utilizadas para calcular os custos variáveis estão descritas na Tabela 5.

Tabela 5 - Fórmulas utilizadas para calcular os custos variáveis.

Item	Fórmula
Custo de combustível	$CC = Pl \times c$
Custo de lubrificante e graxa	$CLG = c \times CC$
Custo de óleo hidráulico	$COH = c \times CC$
Custo material rodante	$CMR = (n \times pn) \times \frac{Vp}{H}$

⁴ Legenda das fórmulas.

³ JS = custos com juros + seguros (R\$/he); i = taxa de juros + seguros anuais simples (%); he = horas efetivas de uso anual (h); e, IMA = investimento médio anual (R\$); Va = valor de aquisição do equipamento (R\$); Vr = valor residual (%); e, N = vida útil estimada (anos). A depreciação das máquinas foi obtida pelo método da depreciação linear; Dp = depreciação linear dos equipamentos (R\$/he); N = vida útil estimada (anos).

⁴ CC = Custo combustível (R\$/he); Pl = preço de um litro de óleo diesel (R\$/L); e c = consumo de óleo por hora efetiva (L/he). CLG = Custo de lubrificantes e graxas (R\$/he); CC = custo combustível (R\$/he); COH = Custo de óleo hidráulico (R\$/he); CMR = Custo material rodante (R\$/he); e Vp = valor de aquisição de um jogo de rodante da máquina (R\$); pn = número de rodantes da máquina; H = vida útil do pneu (R\$/he).

O custo com pessoal operacional e manutenção foi obtido pela empresa e por empresas terceirizadas que realizam algumas etapas de produção. Compreende salários diretos e benefícios sociais como décimo terceiro, férias e seguros, alimentação, cestas básicas e indenizações.

O custo de administração representou os custos de trabalhos de escritório e supervisão das atividades de campo. Esses foram obtidos na empresa prestadora do serviço.

Custo operacional total

O custo operacional total foi obtido pelo somatório dos custos fixos, variáveis e de administração em horas efetivas:

$$CT = CF + CV + CA \quad (5)$$

Custo de produção

O custo de produção da tonelada (t) do carvão vegetal foi obtido pela divisão dos custos operacionais pela produtividade, conforme a expressão:

$$CPR = \frac{CT}{Prod} \quad (6)$$

Em que, CPR = custo de produção (R\$/m³); CT = custo operacional (R\$/he); e, $Prod$ = produtividade (t/he).

A eficiência do sistema produtivo da empresa foi analisada de acordo Lima et al. (2001). A qual é medida pela relação do produto, saída, do sistema e dos insumos necessários para a produção desse produto. Neste estudo foram caracterizados também os custos necessários para a produção do carvão vegetal, permitindo que sistemas produtivos diferentes possam ser comparados, pois a eficiência é uma medida sem dimensão.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA

A Figura 13 mostra o modelo da cadeia produtiva do carvão vegetal. Inclui-se o fluxo de materiais que se inicia pelo fornecimento de insumos e ou máquinas e equipamentos e finaliza com o mercado nacional e internacional.

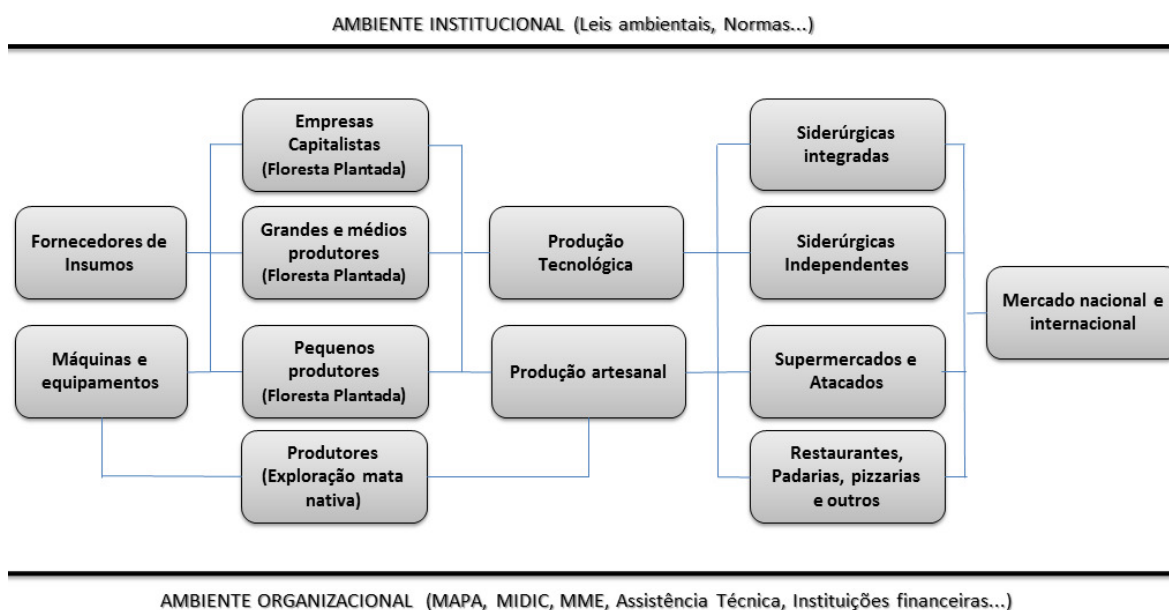


Figura 13: Modelo da cadeia produtiva do carvão vegetal.

O segmento de empresas capitalistas, grandes, médios e pequenos produtores exigem o fornecimento de insumos, máquinas e equipamentos, enquanto que para o segmento dos produtores que exploram mata nativa para produção de carvão é necessário apenas o fornecimento de máquinas e equipamentos. Tal fato é justificado, pois não é necessário implantar floresta, então, não há gasto com insumos (mudas, fertilizante, defensivos agrícolas).

O segmento de floresta plantada de eucalipto para a produção de carvão vegetal – insumo na produção de ferro-gusa, ferro-liga e aço – é dividido em empresas verticalizadas: (produtor/beneficiador e o produtor/beneficiador/ processador), cuja finalidade do carvão vegetal é abastecer as indústrias siderúrgicas; empresas independentes: (Beneficiador e ou processador) e os produtores, responsáveis por abastecer o seguimento industrial, as empresas independentes e o mercado atacadista e varejista.

O segmento para produção de carvão vegetal oriundo de matas nativas é dividido em: produtores, que realizam as etapas de desmatamento e processamento; terceirizados,

que desmatam a mata nativa e processam o carvão; arrendatários, sem vínculo empregatício com o produtor, porém responsáveis pelas etapas desde o desmatamento até a limpeza da área; os “carvoeiros”, que compram a área já desmatada e ficam responsáveis pelo processo de produção.

Para melhor compreensão da diferença entre o sistema produtivo empregado pelas Empresas capitalistas e pelos grandes e médios e pequenos produtores foi realizada uma descrição resumida dos processos utilizados na implantação, manejo e colheita florestal do eucalipto destinado à produção de carvão vegetal (QUADRO 4).

Quadro 4: Operações realizadas no sistema produtivo utilizado pelos segmentos de grandes empresas, médios e pequenos produtores de carvão vegetal.

Principais operações do processo produtivo	Descrição Resumida da Operação	Segmentos de produtores de eucalipto	
		Empresas Capitalistas, grandes e médios produtores.	Pequenos Produtores
Preparo do solo	Utilização de máquinas para instalação do plantio.	Uso de maquinário para revolvimento do solo e subsolagem, mecanização própria, terceirizada ou alugada.	Mecanização por suporte de associações, prefeituras ou terceirizadas.
Adubação e Calagem	Aplicação de corretivos antes do plantio e fertilizantes durante o plantio.	Aplicação de calagem e adubação de acordo com a análise do solo.	Geralmente não utiliza calagem e a adubação em grande parte é incorreta, sem a utilização da análise do solo.
Adubação de base	Mecânico ou manual. Utiliza o NPK com maior concentração de P (fósforo). Devido à necessidade, maior demanda do eucalipto por esse nutriente no estágio inicial de desenvolvimento.	Mecanizada ou manual.	Manual.

Continua...

Plantio	Manual ou semimecanizado ou mecanizado. Utilização de diferentes espaçamentos, os principais são (3x2), (3x3), (3x1). Prioridade para espaçamento maior entre linhas, cuja finalidade é a utilização de maquinários para aplicação de herbicidas, fertilizantes, irrigação entre outras atividades.	Plantio semimecanizado ou mecanizado. A escolha do material genético é de acordo com as condições edafoclimáticas e com a finalidade do plantio (energia, serrados, celulose e papel...).	Plantio manual por coveamento ou em linhas por subsolagem. Não é realizado um planejamento de indicação de material genético para o local de plantio.
Irrigação	Mecanizada utilização de trator acoplado com tanque pipa. Semimecanizada ; trator acoplado com tanque pipa e aplicação manual nas linhas de plantio.	A irrigação ocorre na época do plantio, no período da seca (maio a outubro) é usual a utilização de hidrogel. Geralmente é necessário irrigar de duas a quatro vezes ou de acordo com a necessidade da planta.	Não se aplica devido ao elevado custo.
Adubação de cobertura	Mecanizado, semimecanizado ou manual. Utiliza se geralmente o adubo NPK com maiores concentrações de N (nitrogênio) e K (potássio). Pois o Eucalyptus exige uma demanda maior desses nutrientes na fase de desenvolvimento da planta.	Adubação aérea foliar, mecanizada, semimecanizada ou manual.	Aplicação manual, geralmente não se utiliza essa adubação.
Controle do mato-competição	Eliminação de plantas invasoras nas linhas e entrelinhas do plantio que competem por nutrientes, água e luz.	Utilização de maquinário para aplicação de herbicidas	Capina manual química ou mecânica nas linhas e entrelinhas.
Desbaste	De acordo com o manejo e a finalidade do plantio é necessário o Desbaste. Tem a finalidade de diminuir a competição das árvores por luz, nutrientes e água. E obter uma renda nos primeiros anos do plantio.	Mecanizado ou semimecanizado, é realizado por meio da aplicação de técnicas de manejo adequadas. Cujos objetivos são obter a melhor produtividade de acordo com a intensidade de desbaste.	Semimecanizado, geralmente não se aplica uma análise do manejo florestal.

Controle de doenças e pragas	Cuidados desde o viveiro com aplicação de medidas de prevenção e controle químico. Aplicação de formicidas e cupinidas para combater formigas e cupins.	Combate manual e com técnicas adequadas	Combate manual.
Colheita	Semimecanizada com utilização de motosserra aplicadas em pequenas áreas ou em áreas com relevo ondulado e Mecanizada para áreas maiores.	Utilização de máquinas, <i>Feller Buncher</i> , <i>Skidder</i> , <i>Garra traçadora e Carregador florestal</i> . Para produção de celulose e papel utiliza se o <i>Harvester</i> , para produção de carvão vegetal utiliza se o <i>Feller Buncher</i> . Em médias propriedades que apresentam relevo ondulado, utiliza a colheita semimecanizada.	Colheita Semimecanizada, não se justifica a utilização de maquinários devido ao elevado custo da colheita florestal.
Reforma de povoamentos	Mecanizada com aplicação de destocagem.	Processo realizado geralmente com a utilização da lâmina KG.	Não se utiliza esse processo devido ao alto custo de execução.

A descrição resumida do processo produtivo mostra os diferentes níveis tecnológicos empregados pelas empresas capitalistas, grandes, médios e pequenos produtores, assim como a diferença nas práticas de manejo florestal utilizadas. Durante o processo de produção devem ser observados aspectos como a qualidade, os fatores econômicos e a promoção social a ela agregados. Nesse contexto, a origem da madeira ganha papel de destaque na produção do carvão, principalmente em se tratando do papel ambiental.

5.2 MERCADO

O mercado do carvão vegetal no Brasil é influenciado por alguns setores da economia, dentre esses se elenca o setor siderúrgico. Pode-se, portanto, afirmar que uma crise no setor siderúrgico afeta o consumo do carvão vegetal no Brasil. Assim como, um

aumento da produção de ferro provocado por preços favoráveis no mercado internacional influência no consumo e demanda de carvão vegetal no país. Esse problema de natureza não tecnológica é um fator crítico na cadeia produtiva do carvão no Brasil.

Para o entendimento da produção e consumo do carvão é imprescindível ao estudo do carvão vegetal o vínculo com o parque siderúrgico no Brasil, pois grande parte do abastecimento das empresas siderúrgicas vem dele. Ressalta-se que um dos principais fatores que influenciam no mercado do carvão é o preço do ferro gusa, já que o acompanha (VITAL; PINTO, 2011). O preço do ferro-gusa exerce influência direta sobre o carvão vegetal, podendo ela ser positiva, maior produção de carvão, ou negativa, menor produção de carvão.

O carvão vegetal tem pouca participação nas exportações brasileiras. Entretanto, o ramo da siderurgia, maior consumidor de carvão vegetal no país, apresenta valores expressivos de exportação de ferro gusa (ABRAF, 2010), o que eleva a contribuição e importância dessa matéria-prima na economia brasileira.

O estudo e análise da produção de carvão vegetal em níveis regionais e nacional são importantes para detectar as necessidades, demandas e investimentos em reposição florestal. Nas regiões onde há atividade e dependência, em relação à produção de carvão vegetal, essas análises são necessárias para definir políticas públicas, ligadas à cadeia produtiva. Os Balanços Energéticos Nacionais são fundamentais para o planejamento energético do país, que necessitam de dados e de métodos e análises confiáveis, pois compromissos internacionais, ou até mesmo a oferta para consumo interno, podem ser questionados (UHLIG, 2008).

Em relação à avaliação dessa atividade em alguns municípios, existem alguns estudos que mostram determinadas aspirações. Dentre esses pode se citar, Meire et al. (2005) que ao estudar a produção de carvão vegetal no município de Pedra Bela no Estado de São Paulo, concluíram haver precisão do fortalecimento institucional de ações ligadas à atividade e que a madeira de eucalipto estava em falta, o que poderia comprometer a atividade de carvão vegetal na Região, afetando os pequenos, médios e grandes produtores da matéria prima.

No diagnóstico realizado por Uhlig (2008) ao pesquisar o uso de carvão vegetal no Brasil, identificaram-se problemas suscetíveis de oferta que devem ser estudados, para não comprometer a disponibilidade em forma sustentável. Segundo esse autor as regiões mais críticas no que se refere à produção de madeira para fins energéticos são os estados do Mato Grosso do Sul, Bahia e Minas Gerais. Esse balanço foi resultado da diferença entre

produção e oferta de madeira em nível municipal, pois corresponde à menor unidade espacial com informação disponível para o Brasil.

Estudo realizado por Vital e Pinto (2011) mostrou que as regiões produtoras de carvão enfrentam problemas na demanda de madeira oriunda de floresta plantada. O que pode favorecer o desmatamento e a degradação de diferentes biomas brasileiros, em destaque: a Floresta Amazônica (extrativismo ao redor do polo de Carajás); Mata Atlântica (norte do Espírito Santo e Sul da Bahia); Pampa (Rio Grande do Sul); Pantanal, e do Cerrado, em Minas Gerais, que se encontra em alto potencial de devastação.

A baixa produção de carvão vegetal oriundo de floresta plantada e a aquisição e uso de carvão proveniente de mata nativa são fatores críticos na cadeia produtiva do carvão vegetal no Brasil.

Tal fator pode ser justificado pelo crescimento do consumo de carvão vegetal no Brasil no período de 2001 a 2008, apresentou o valor 36,4%, e cabe ressaltar que esse incremento foi sustentado pela produção de origem nativa, enquanto o consumo de floresta plantada permaneceu constante. A produção do carvão proveniente de mata nativa quase dobrou (96,3%) e como seu custo é menor fica justificado o aumento referido (REZENDE; SANTOS, 2010).

Estudo realizado por Gomes (2006) mostrou que 88% das siderúrgicas produtoras de ferro-gusa de Minas Gerais dependiam do mercado para abastecimento de carvão vegetal. O estado tem o segmento de produção de mais importante dentro do complexo agroindustrial de florestas plantadas. Os números refletem ações conjuntas e coordenadas de agentes públicos e privados para a ampliação das plantações florestais, evitando-se o apagão florestal (PAES; ALVARENGA, 2011).

A instabilidade pelo setor de floresta plantada reforça a obtenção de alta eficiência produtiva, a fim de aumentar a produtividade para o abastecimento da siderurgia. De acordo com esse dado, é necessário uma política para aumentar a produção de carvão e auto suprimento das empresas. Nesse contexto, da falta de planejamento e suprimento de carvão vegetal, pelas siderúrgicas é fator crítico na cadeia do carvão, pois essa situação gera instabilidade na quantidade de carvão consumida e afeta diretamente a demanda e preço do carvão vegetal no mercado.

Dentre as políticas elaboradas para ampliação de florestas plantadas tem-se a utilização de parcerias entre empresas e produtores e incentivos governamentais, por meio de linhas de créditos específicos para plantios de eucalipto.

Um dos fatores limitantes na cadeia do carvão é a falta de incentivo ao fomento florestal por empresas verticalizadas e independentes de produção de carvão. Assim, o fomento poderá aumentar a produção de floresta energética para suprir a demanda das empresas consumidoras de carvão e diminuir os custos de implantação para pequenos produtores, bem como diminuir os custos com transporte de madeira ou carvão para consumo.

O aumento da competitividade e desempenho ambiental das empresas do setor de ferro-gusa pode ser realizado por meio de parcerias e processos de verticalização ao longo da cadeia produtiva. É necessário a análise do aspecto do ambiente que, de acordo com a especificidade de local, é relevante na redução de custos logísticos no acesso a matérias-primas - minério de ferro e carvão vegetal – (LOFTI, 2010),

Segundo Fontes et al. (2005), a quantidade de produtores e fornecedores do insumo, aliado às condições climáticas, pressões ecológicas, legislação, conjunturas interna e externa e a concorrência do carvão mineral importado, eleva a incerteza para os agentes dessa cadeia agroindustrial. Atribuindo aos grandes consumidores e as siderúrgicas a se auto abastecerem.

Ao analisar o complexo agroindustrial de floresta plantada em Minas Gerais, verificou-se a existência de organizações vinculadas às grandes corporações, produtoras e consumidoras de carvão vegetal que atuam oferecendo suportes tecnológicos de informação e representação setorial. Todavia, os produtores independentes e fomentados não agem de forma organizada. Conseqüentemente sua competitividade no mercado fica comprometida ante os oligopólios formados pelas empresas consumidoras de carvão (PAES; ALVARENGA, 2011).

Em relação ao mercado, preços, pode-se afirmar que são integrados espacialmente via preços. Como exemplo pode-se citar o mercado de carvão nas regiões de Belo Horizonte, Sete Lagoas, Divinópolis, e Vertentes, ou seja, uma mudança de oferta ou demanda em um desses mercados afeta os preços de carvão vegetal nos demais mercados (FONTES et al., 2005). Entre 2002 e 2006, os preços reais do metro de carvão nas quatro regiões tiveram comportamento semelhantes (GOMES, 2006).

O preço também é influenciado pelo mercado nacional e, principalmente, o internacional. Verifica-se na Figura 14 que o preço do carvão apresentou oscilações no início do ano de 2012, decorrente da crise siderúrgica. O motivo foi à queda de exportação do ferro gusa, em função da crise que ocorreu nos EUA no mesmo período.

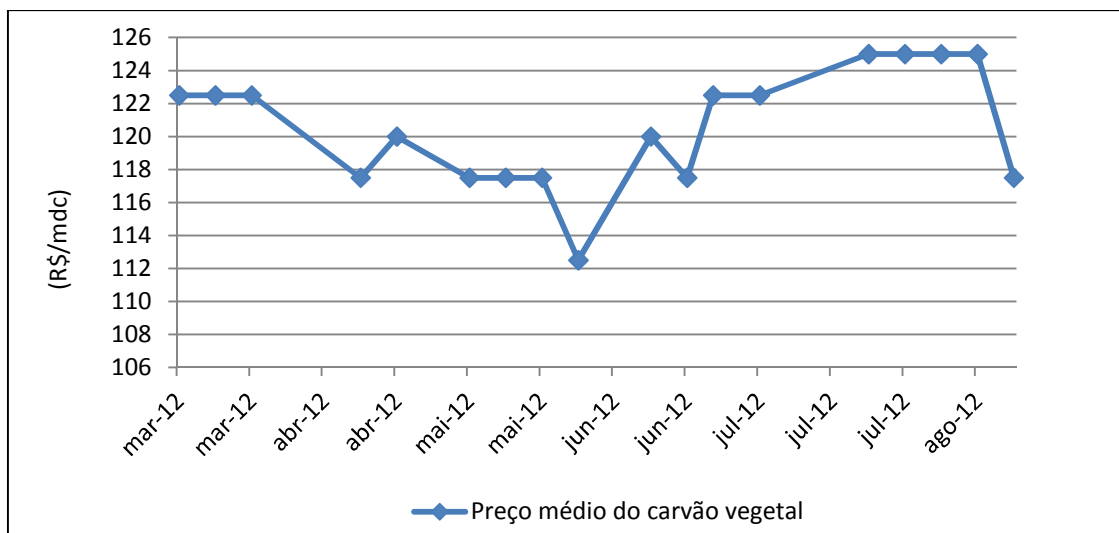


Figura 14: Preço médio do carvão vegetal de Sete Lagoas no ano de 2012.
 Fonte: Adaptado SIF (2012).

5.3. SISTEMA PRODUTIVO

Os processos de produção que compreende os segmentos da empresa Votorantim na cadeia produtiva do carvão vegetal no Brasil são: Empresa Capitalista; Produção tecnológica e Siderúrgica Integrada, como pode ser visto na Figura 15.

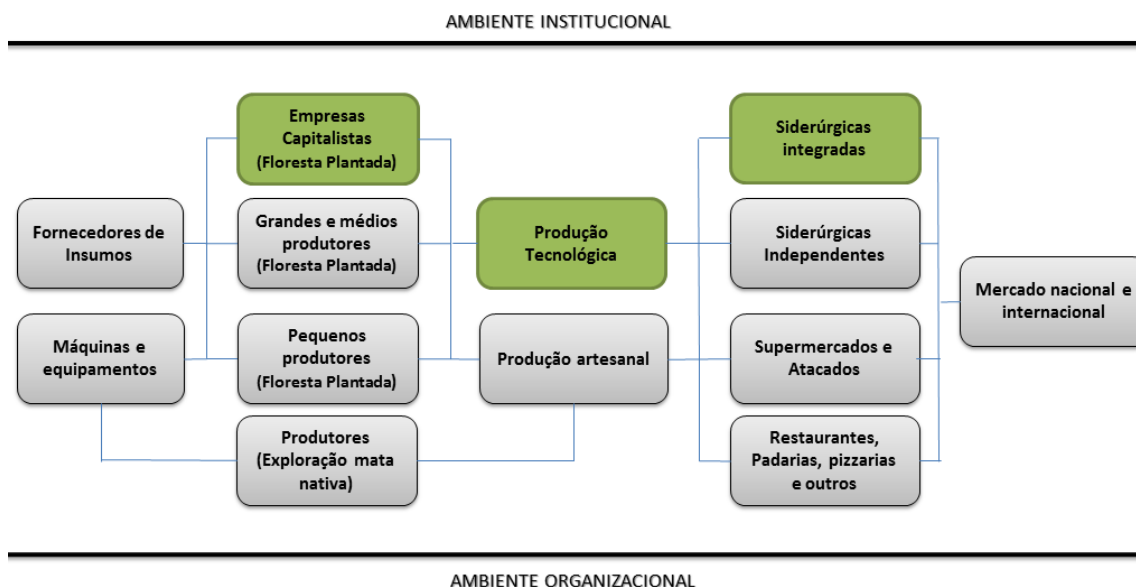


Figura 15: Modelo da cadeia produtiva do carvão vegetal, segmentos analisados no estudo de caso.

Segmentos analisados no estudo de Caso: Empresa Capitalista (Floresta Plantada); Produção Tecnológica e Siderúrgica Integrada.

5.3.1 AVALIAÇÃO TÉCNICA DA SILVICULTURA

Para a avaliação técnica do setor da silvicultura foi possível à coleta de tempos e movimentos das atividades: viveiro, gradagem, subsolagem; plantio e irrigação. A avaliação econômica dos custos de implantação e manutenção foi baseada em dados fornecidos pela empresa.

Viveiro

Foi realizado o estudo de tempos e movimentos no descarregamento de 288 mil mudas, equivalente à capacidade de transporte de seis caminhões. Foram necessários três funcionários para descarregar, gastaram em média 36 min (TABELA 6), seis funcionários para emersão das mudas na solução fungicida, Confedor e oito funcionários para retirada dos tubetes.

Tabela 6 - Tempo médio gasto para descarregar 48.000 mudas, emergir na solução fungicida e retirada de tubetes, baseado na média do descarregamento de seis caminhões.

Tempo médio (min)	Descrição da operação
04	Estacionar e retirar as cintas e preparar a bancada lateral
36	Descarregamento
30	Emersão das mudas na solução cupinicida
32	Retirada das mudas do tubetes.
12	Interrupções
82	TEMPO MÉDIO TOTAL

A principal interrupção foi relacionada ao abastecimento do recipiente com solução fungicida. O rendimento médio diário de oito funcionários trabalhando no viveiro foi à retirada máxima de 45.000 mudas dos tubetes.

Gradagem

Para a análise do trator acoplado com grade de disco, o estudo de tempos e movimentos mostrou a necessidade da coleta de 24 ciclos operacionais. Foram cronometrados 50 ciclos, garantindo maior credibilidade na análise. A média do ciclo operacional foi de 295,04 segundos, o tempo total de coleta de dados foi de aproximadamente 4,10 h.

O elemento do ciclo operacional que consumiu maior tempo foi o tempo de gradagem, 86,80 % do tempo total (FIGURA 16, A), média de 256,09 s, tempo justificado pela dimensão do talhão (500 m x 500 m), esse elemento respondeu por 3,55 h.

As interrupções foram responsáveis por 7,66 % do tempo total. As interrupções inerentes consumiram 23,43 % do tempo gasto em interrupção (FIGURA 16, B).

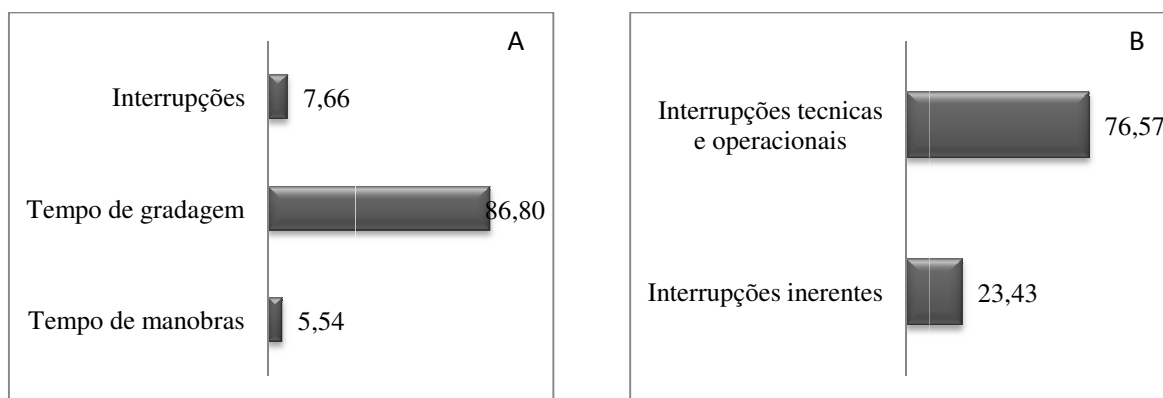


Figura 16: A- Percentual dos elementos do ciclo operacional do trator acoplado com grade de disco, B - percentual consumido pelas interrupções na irrigação.

O desvio de tocos de madeira e resíduos de construção civil acarretou o percentual consumido pelas interrupções inerentes. As interrupções ocasionaram uma eficiência operacional de 92,34 % (TABELA 7). O rendimento operacional, produtividade foi de 1,94 hectares por hora efetiva.

Tabela 7 - Rendimento operacional do trator na operação de gradagem. EO – eficiência operacional, Prod. (ha/he) – produtividade operacional.

Máquina	EO%	Prod (ha/he)
Trator	92,34	1,94

Subsolagem

Para a análise da subsolagem foram coletados 52 ciclos operacionais, enquanto que a intensidade amostral mostrou a necessidade de seis ciclos. O tempo médio do ciclo operacional foi de 691,77 s. Foram subsoladas 7,65 hectares, em 9,99 h.

Os elementos do ciclo operacional que consumiram maior percentual de tempo foram: as interrupções, tempo de operação e tempo de manobra com 43,95, 47,02 e 7,99 %, respectivamente (FIGURA 17, A).

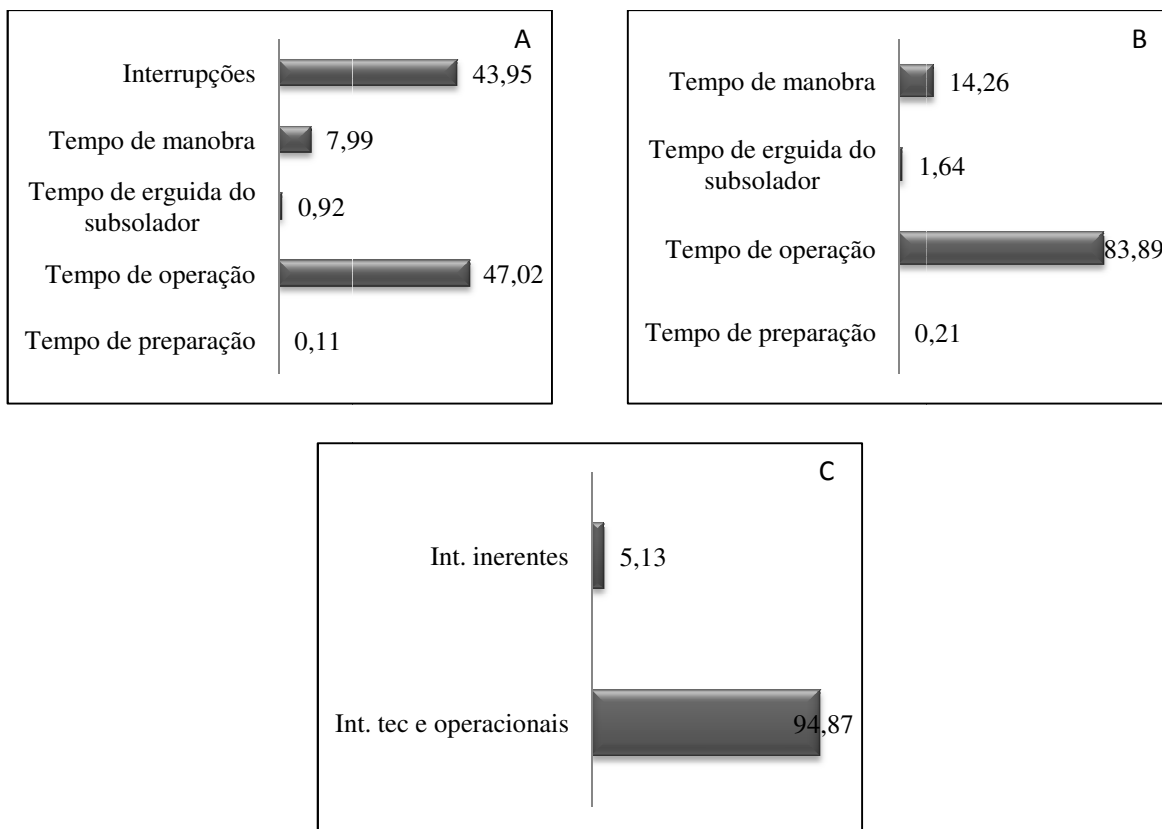


Figura 17: Composição percentual do ciclo operacional do *trator subsolador*. A – percentual do tempo total consumido pelos elementos operacionais, B – consumo efetivo dos elementos do ciclo operacional e C – percentual das interrupções inerentes e das técnicas e operacionais.

O tempo médio de operação foi de 325,25 s, gasto em uma distância de 500 m. A dimensão do talhão é de (500 m x 500 m), total de 25 hectares. Entre as interrupções técnicas e operacionais (FIGURA 17, C), tem-se destaque para o tempo destinado ao, abastecimento do tanque do subsolador com adubo e calibração da vazão da adubação, com 0,8 e 0,9 h, respectivamente. O maior tempo gasto em interrupções foi relacionado ao deslocamento do trator para a área de trabalho, 2,3 h. Essa interrupção foi ocasionada pela falta de logística da empresa terceirizada.

Como pode ser visto na Tabela 8 as interrupções acarretaram uma eficiência operacional de 56,04%. A produtividade do trator subsolador foi de 1,36 hectare por hora efetiva para a subsolagem e adubação em espaçamento 3 m x 3 m.

Tabela 8 - Rendimento operacional do trator subsolador. EO – eficiência operacional, Prod. (ha/he) – produtividade operacional.

Máquina	EO (%)	Prod (ha/he)
Trator agrícola com subsolador	56,04	1,36

Plantio

Para análise do plantio foram coletados 1727 ciclos operacionais, enquanto que a intensidade amostral necessária foi de 1214 ciclos. O tempo médio de plantio foi de 12,02 s. Analisou-se o tempo total de dois operadores no plantio. Foram plantadas 1737 mudas, corresponde a 0,5 hectares em espaçamento de 3,6 m x 0,8 m.

Como pode ser visto na Figura 18, 50,49 % do tempo total foi consumido por interrupções. O tempo efetivo de plantio consumiu aproximadamente 49,51%.

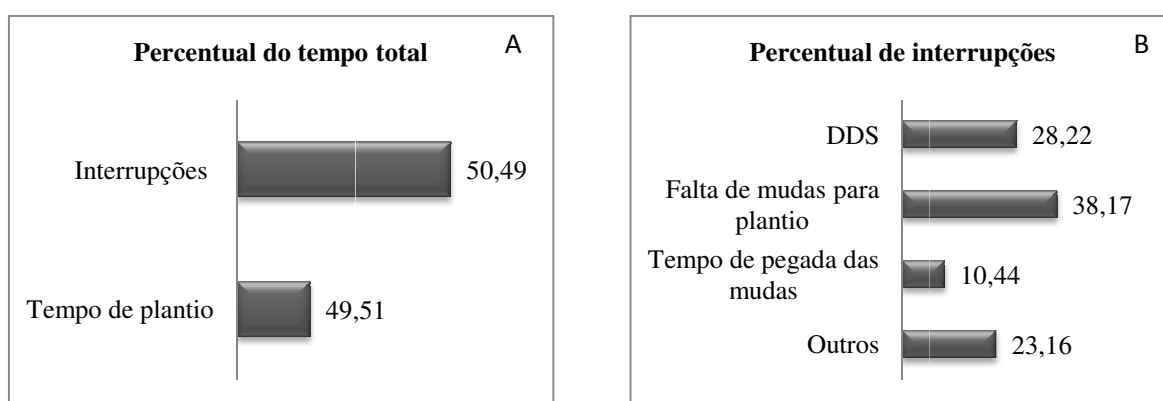


Figura 18: A - Percentual do tempo consumido no plantio de mudas de eucalipto, B - percentual consumido pelas interrupções na irrigação.

As interrupções inerentes, tempo de pegada das mudas, foram responsáveis por 10,44 % do tempo total destinado às interrupções. Esse tempo foi gasto no deslocamento do operador até o trator transportador de mudas, abastecimento da caixa com mudas, deslocamento carregado, e chegada à linha de plantio. Dentre as interrupções técnicas operacionais elenca-se a falta de mudas para plantio, consumiu aproximadamente 38,17 % do total de interrupções. Essa interrupção foi ocasionada devido à falta de mudas em campo.

As interrupções acarretaram uma eficiência operacional de 40,51 % e produtividade de plantio de 0,21 hectare/hora efetiva, correspondendo a 731 mudas plantadas por hora efetiva (TABELA 9).

Tabela 9 - Rendimento operacional do operador no plantio semimecanizado. Prod (m/h) – produtividade operacional, mudas plantadas por hora efetiva, Prod (ha/he) – produtividade operacional, EO – eficiência operacional.

Descrição	Prod (m/he)	Prod (ha/he)	EO%
Operador florestal	731	0,21	40,51

Irrigação

Foi coletado o tempo gasto em irrigação. Foram analisados dois turnos de trabalho, total de 13,47 h, e irrigação de 5,44 hectares. A média de área irrigada por trator é de 2,72 hectares/dia.

A Figura 19 mostra o percentual de tempo destinado na irrigação das mudas de eucalipto e do tempo consumido pelas interrupções.

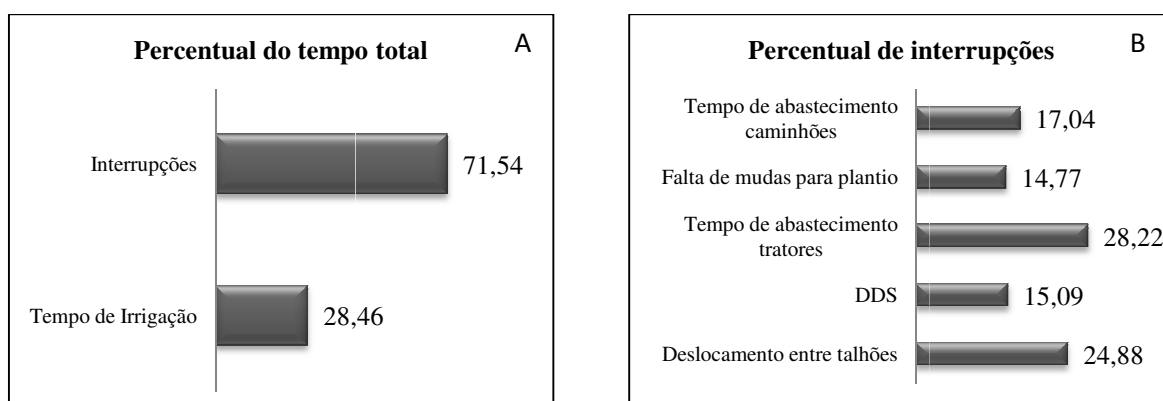


Figura 19: A - Percentual do tempo consumido na irrigação de mudas de eucalipto, B - percentual consumido pelas interrupções na irrigação.

As interrupções foram responsáveis por 71,54 % do tempo total, equivalente a 9,64 h. O abastecimento do tanque dos tratores com água foi o elemento que gastou maior percentual de tempo das interrupções, 28,22 %.

O elevado consumo de tempo no abastecimento dos tanques dos tratores pode ser explicado pelo tipo de operação realizada. Os tratores iniciam a irrigação das linhas ao mesmo tempo, conseqüentemente, chegam ao mesmo momento, vazios do outro lado do talhão, final da linha. Há apenas dois caminhões para abastecer, então dois tratores ficam na espera. Sugere-se, que cada trator inicie a irrigação em tempos diferentes. Assim o caminhão estaria disponível para abastecer, e não haverá tempo em espera para abastecimento de água.

Outro fator que diminui a produtividade é o abastecimento de água realizado pelos caminhões pipa, consumiu 17,04 % do tempo de interrupções (FIGURA 19, B). O elevado tempo de espera para o enchimento dos tanques dos tratores pode ser explicado pela diferença das médias de tempo gasto pelos tratores na irrigação de três linhas de plantio, 15 min, enquanto que o tempo gasto para abastecer os caminhões pipa, foi em média de 25 min.

O local de abastecimento dos caminhões pipa, localizado em um ponto específico do riacho, é distante das áreas de plantio, às vezes havia filas para abastecimento, o que

aumenta o tempo de interrupções para o abastecimento. A estrada de acesso ao riacho é estreita e com pouca visibilidade o que pode aumentar a probabilidade de acidentes.

Como visto na Tabela 10, as interrupções geraram uma eficiência operacional de 28,46 %. A produtividade média de foi de 1,41 hectares.

Tabela 10 - Rendimento operacional do trator acoplado com tanque. Prod (ha/he)– produtividade operacional.

Máquina	Prod (ha/he)	EO %
Trator	1,41	28,46

5.3.2 ANÁLISE DE CUSTO DA SILVICULTURA

A análise econômica do setor da silvicultura foi realizada de acordo com os custos fornecidos pela empresa para implantação de eucalipto para fins energéticos (MELIDO, 2012). O valor do custo de implantação e manutenção por hectare apresentaram valores de R\$ 2.483,30 e R\$ 2.138,62, respectivamente. Esses custos englobam o custo da terra, projeto florestal, serviços topográficos, licenciamento, abertura de estradas e aceiros, encascalhamento dos carregadores, combate à formiga, aplicação de herbicidas, adubação, plantio, irrigação, tratos silviculturais, inventário florestal (APENDICE I).

5.3.3 ANÁLISE TÉCNICA DA COLHEITA FLORESTAL

Para a análise econômica considerou-se os sistemas de produção I e II - Sistema I – colheita direcionada para produção de toras de 2 m, abastecimento dos fornos cilíndricos parabólicos - Sistema II; colheita direcionada para produção de toras de 6 m, abastecimento dos fornos RAC. Ao final desta avaliação foi possível comparar os custos da colheita florestal para os diferentes sistemas, I e II.

Feller-buncher

Foram coletados 596 ciclos operacionais para o *feller-buncher* enquanto que a intensidade amostral mostrou a necessidade de coleta de aproximadamente 376 ciclos. O tempo médio do ciclo de trabalho foi de 61,90 segundos.

O percentual dos elementos do ciclo operacional do *feller-buncher* é mostrado na Figura 20. Os elementos que gastaram maior tempo (FIGURA 20, A) foram: o abate; interrupções e tombamento, corresponderam à 52,22 %, 21,52 % e 12,07 %, respectivamente.

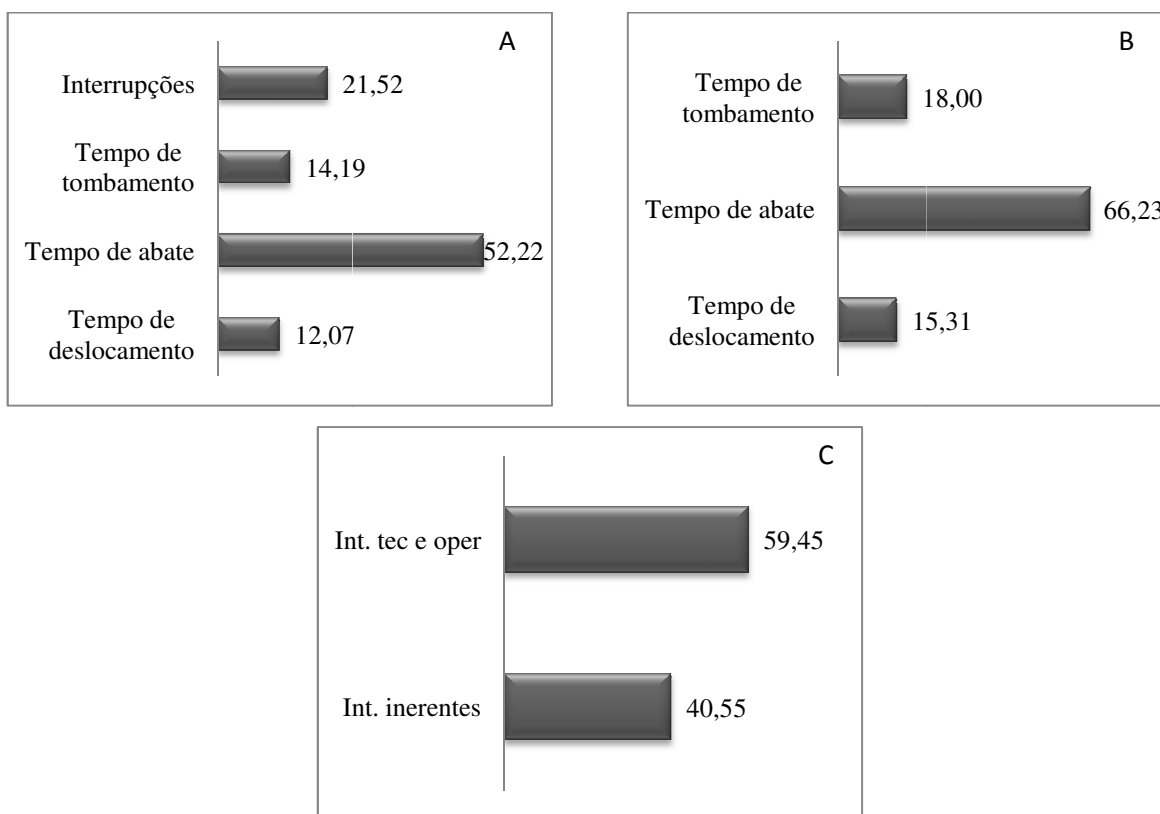


Figura 20: Composição percentual do ciclo operacional do *feller-buncher*. A – percentual do tempo total consumido pelos elementos operacionais, B – consumo efetivo dos elementos do ciclo operacional e C – percentual das interrupções inerentes e das técnicas e operacionais.

Ao analisar o tempo efetivo gasto pelos elementos do ciclo operacional (FIGURA 20, B). O abate consumiu o maior percentual de tempo. As interrupções inerentes e as técnicas e operacionais (FIGURA 20, C) para o *feller-buncher* corresponderam a 40,55 % e 59,45 %, respectivamente. O maior consumo de tempo das interrupções inerentes foi relacionado ao ajuste de feixe (14 %) e ajuste das árvores no cabeçote do *feller buncher*, responsável por aproximadamente 41 % das interrupções inerentes. Essas interrupções estão relacionadas com o nível de treinamento do operador florestal. As interrupções acarretaram uma eficiência operacional de 78,45 % (TABELA 11).

Tabela 11- Rendimento operacional do *feller- buncher*. AD – árvores derrubadas por ciclo de trabalho, Prod – produtividade operacional.

Máquina	AD	Prod (m ³ /he)	EO%
<i>Feller buncher</i>	4,7	99,82	78,45

O rendimento operacional da área de estudo pode ser justificado por vários fatores, dentre eles, pode se destacar o fato que o corte foi realizado para primeira rotação no manejo. Estudos realizados por Bertin (2010) mostrou a partir da análise técnica e rendimento operacional que a utilização do *feller-buncher* é indicada para a colheita florestal de eucalipto em primeira rotação

Skidder

Para análise do *skidder* foram coletados 131 ciclos. A intensidade amostral mostrou a necessidade de coleta de aproximadamente 120 ciclos. O tempo médio do ciclo de trabalho foi de 197,99 segundos.

O percentual dos elementos do ciclo operacional do *skidder* é mostrado na Figura 46. Os elementos que gastaram maior tempo (FIGURA 21, A) foram: interrupções; deslocamento carregado e deslocamento sem carga corresponderam a 36,88 %, 27,11 % e 23,32 %, respectivamente.

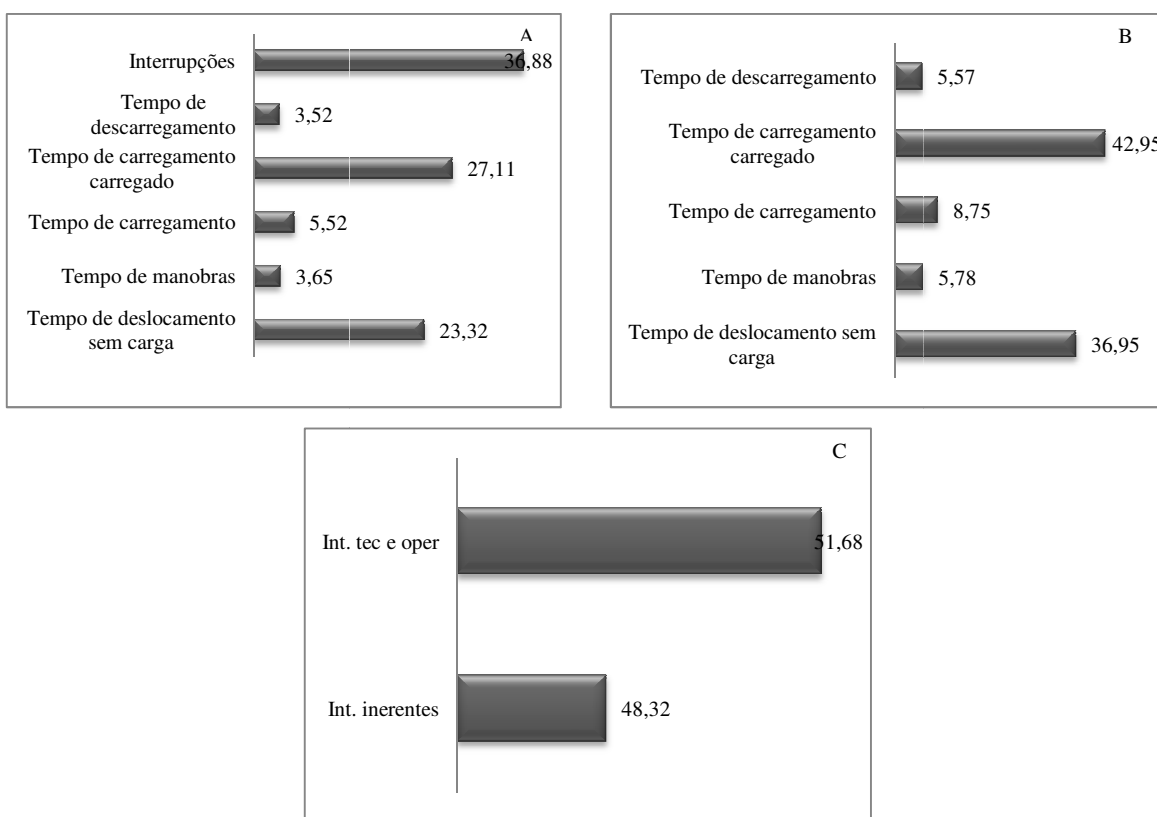


Figura 21: Composição percentual do ciclo operacional do *skidder*. A – percentual do tempo total consumido pelos elementos operacionais, B – consumo efetivo dos elementos do ciclo operacional e C – percentual das interrupções inerentes e das técnicas e operacionais.

Para o tempo efetivo gasto pelos elementos do ciclo operacional (FIGURA 21, B). O tempo do deslocamento carregado e o tempo do deslocamento sem carga apresentaram o maior percentual de consumo.

As interrupções inerentes e as técnicas e operacionais (FIGURA 21, C) para o *skidder* corresponderam a 48,32 % e 51,68 %, o equivalente a 1,58 h e 1,69 h respectivamente. Aproximadamente 53,25 % das interrupções técnicas e operacionais foram destinadas a outra atividade – arraste de árvores em talhão próximo – essa atividade correspondeu a 55 minutos. Os restantes do percentual das interrupções técnicas operacionais destinaram-se ao abastecimento, rádio, DDS entre outros.

O maior consumo de tempo das interrupções inerentes foi relacionado ao ajuste de feixe (16,50%, correspondeu a 16 min), quebra de galhos (30%, correspondem à aproximadamente 30 min), balizar feixe (55%,correspondem a 55 min). A quebra de galhos é uma atividade realizada no final do turno de trabalho. A movimentação do skidder sobre as pontas das árvores no feixe contribui para o desgalhamento.

A função do *skidder* é arrastar a madeira até o local do processamento, realizado pela Garra traçadora. As interrupções inerentes ao ciclo operacional são necessárias para aumentar a eficiência da garra traçadora, pois o processamento das árvores do feixe exige padronização em altura e distância da margem da estrada.

As interrupções inerentes e as técnicas e operacionais acarretaram uma eficiência operacional de 63,11% (TABELA 12).

Tabela 12 - Rendimento operacional do *skidder*. AD – média de árvores por ciclo de trabalho.

Máquina	AD	Prod (m ³ /he)	EO%
Skidder	19	122,71	63,11

O *skidder* não apresentou interrupção de trabalho para manutenções e falhas mecânicas. Tal fato é justificado devido à máquina apresentar baixa quantidade de horas trabalhadas, aproximadamente 5.000 horas de uso, sendo considerada dentro do período de vida útil.

Garra Traçadora

Foram coletadas para as Garras traçadoras I, II e III: 412; 352 e 438 ciclos operacionais, respectivamente. A intensidade amostral mostrou a necessidade de coleta de aproximadamente 409, 350 e 436 ciclos. O tempo médio do ciclo de trabalho foi de: 45,16; 96,94 e 88,65 s para a garra traçadora I, garra traçadora II e garra traçadora III.

O tempo médio do ciclo operacional para a Garra traçadora I, responsável pelo traçamento de árvores em toras de 3 metros, apresentou o menor tempo médio do ciclo de trabalho, comparado ao tempo médio da garra traçadora II - traçamento de árvores em toras de 6 m – e a Garra traçadora III, utilizada para o traçamento de árvores em toras de 2 m.

O menor tempo médio por ciclo da garra traçadora I é justificado pelo número de árvores por ciclo operacional, média de 1,67 árvore. A garra traçadora mostrou maior facilidade de operar quando havia menor número de árvores por ciclo, justificado pelo elevado diâmetro das árvores. As árvores foram oriundas de SAF's e apresentaram em média DAP de 23,29 cm e altura de 25,26 m, o que explica o menor número de árvores agarradas pela garra traçadora.

O percentual dos elementos do ciclo operacional das garras traçadoras é mostrado na Figura 22.

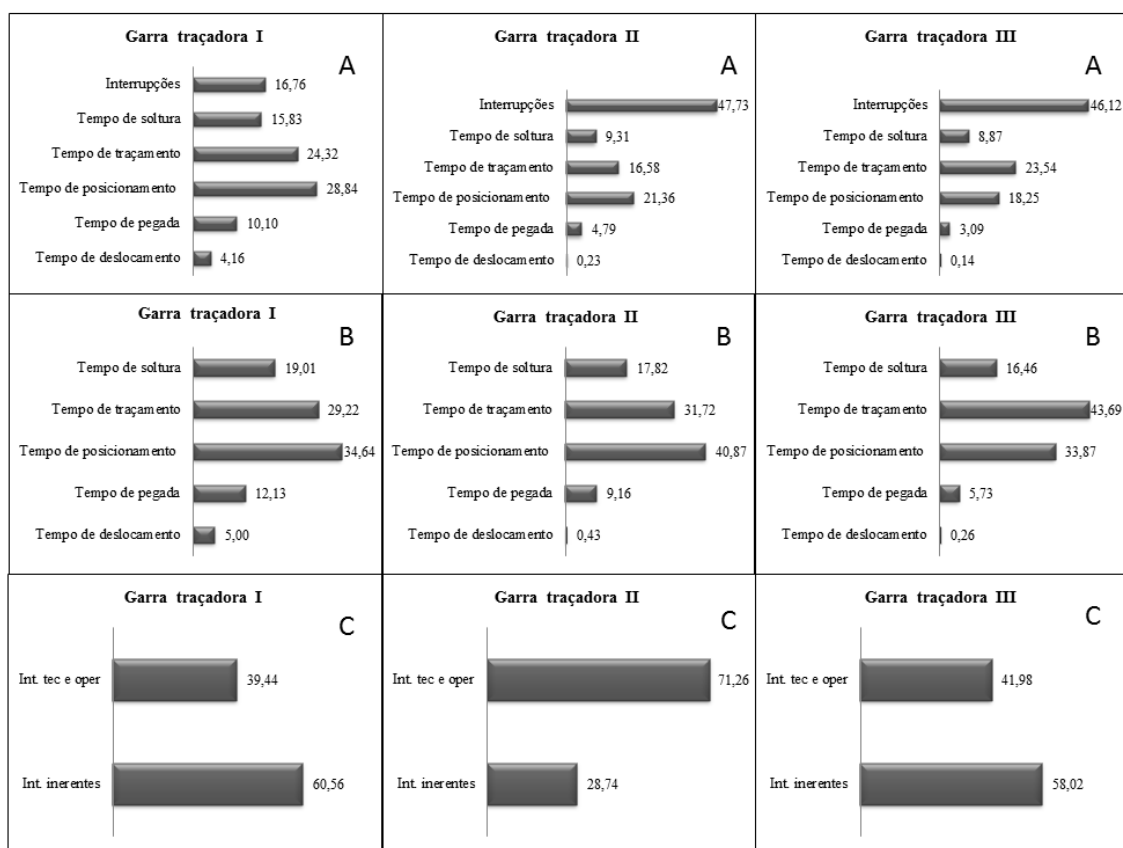


Figura 22: Composição percentual do ciclo operacional das garras traçadoras I, II e III. A – percentual do tempo total consumido pelos elementos operacionais, B – consumo efetivo dos elementos do ciclo operacional e C – percentual das interrupções inerentes e das técnicas e operacionais.

Os elementos que gastaram maior tempo (FIGURA 22, A) para a garra traçadora I foram: tempo de posicionamento; traçamento e interrupções que corresponderam à 28,84%, 24,32% e 6,76%. Esses elementos apresentaram as maiores médias do ciclo operacional (TABELA 13).

Tabela 13 - Média dos elementos do ciclo operacional em segundos da Garra traçadora.

Máquina	Variáveis				
	TPU	TTR	TS	TP	DS
Garra traçadora I (toras 3 m)	13,02	10,98	7,14	4,56	1,87
Garra traçadora II (toras 6 m)	20,86	16,54	9,49	4,67	0,39
Garra traçadora III (toras 2 m)	18,87	14,63	7,10	2,47	0,11

TPU: Tempo de puxada; TTR: Tempo de traçamento; TS: Tempo de soldura; TP: Tempo de pegada; DS: Deslocamento sem carga.

A garra traçadora II apresentou maior tempo gasto no ciclo operacional em interrupções, tempo de posicionamento e traçamento que corresponderam a 47,73%; 21,36 % e 16,58 %, respectivamente. Para a garra traçadora III, os elementos: interrupções; traçamento e tempo de posicionamento corresponderam a 46,12%; 23,54% e 18,25% (FIGURA 22).

O elevado tempo gasto com o posicionamento para as três máquinas utilizadas estão relacionados: a medição das toras e posicionamento adequado para o corte. Para o elemento de traçamento a garra traçadora III mostrou maior percentual (Figura 22, A). Justifica-se pelo número médio de árvores (20 árvores) seguradas pela garra traçadora, por ciclo operacional.

As interrupções inerentes e as técnicas e operacionais (FIGURA 22, C) para a garra traçadora I corresponderam a 60,56 % e 39,44 %, respectivamente. O maior consumo de tempo das interrupções inerentes foi relacionado ao ajuste de toras no feixe, empilhamento das toras cortadas, essa interrupção foi responsável por 61,37% do consumo de tempo gasto pelas interrupções inerentes, seguida pelo ajuste de árvores bifurcadas pela garra traçadora, 27,75%, presentes nas etapas de deslocamento e traçamento. Essas interrupções são relacionadas com as características do povoamento, qualidade do fuste e manejo florestal adequado.

O elevado tempo gasto com o traçamento para a garra traçadora I (FIGURA 22, A), pode ser explicado pelo teor de umidade da madeira, pois, quanto menor o teor de umidade, maior tempo gasto com o corte e maior consumo de corrente.

Ao analisar a idade do talhão, 10 anos, e o espaçamento de 10 m x 4 m para a finalidade de produção de carvão vegetal, há prejuízo para a empresa, em relação à idade: em 10 anos poderia obter dois ciclos de corte. Em relação à produção de carvão vegetal: toras de elevado diâmetro dificulta a homogeneização da temperatura dentro dos fornos, além de aumentar do custo de transporte e carbonização.

Para cada turno de trabalho, 12 horas, é realizado o abastecimento das garras traçadoras. Tem-se um caminhão que auxilia, em campo, na função do abastecimento. Possui equipamentos necessários para o abastecimento de óleos e lubrificantes para a escavadeira e a garra traçadora.

As interrupções inerentes e as técnicas e operacionais (FIGURA 22, C), para a garra traçadora II, corresponderam a 28,74 % e 71,26 %, respectivamente. O maior consumo de tempo das interrupções inerentes foi relacionado ao ajuste de feixe, 40 %, e ajuste de toras no feixe cortado, responsável por 28,97 % das interrupções inerentes.

Essas interrupções estão relacionadas com a estrutura do feixe de toras cortadas, empilhadas, esse feixe deve apresentar como características dimensionamento desejado, em altura, largura e distância da margem da estrada. Dentre as interrupções operacionais elencam-se as trocas de correntes de sabre. Fiedler et al. (2008) ao avaliar o ciclo operacional da garra traçadora constatou que 70% do tempo consumido nas interrupções foi ocasionado pelas trocas de correntes do sabre.

As interrupções inerentes e as técnicas e operacionais (FIGURA 22, C) para a garra traçadora III corresponderam a 58,02 % e 41,98 %, respectivamente. O maior consumo de tempo das interrupções inerentes foi relacionado ao ajuste de feixe, 20,11% e o deslocamento de toras cortadas 68,89 %. Devido ao menor comprimento das toras traçadas, 2 m, há maior volume de toras, se considerado apenas um feixe de lenha cortada. Para diminuir o tempo de deslocamento da garra traçadora é necessário o deslocamento de madeira cortada do feixe, principal, onde há a soltura das toras cortadas pela garra traçadora.

As interrupções acarretaram uma eficiência operacional de 83,24 %, 52,27 % e 53,87 % para garra traçadora I, II e III, respectivamente (TABELA 14).

Tabela 14 - Rendimento operacional das Garras traçadoras I, II e III. AD – média de árvores por ciclo de trabalho.

Máquina	AD	Prod (m ³ /he)	EO
Garra traçadora I	1,67	13,97	83,24
Garra traçadora II	18	108,68	52,27
Garra traçadora III	20	50,97	53,87

A produtividade da garra traçadora I (TABELA 14) foi menor, em relação ao traçamento de toras em 6 m e 2 m. Tal resultado pode ser explicado pelo número de árvores traçadas por ciclo de trabalho e potência da garra traçadora. A máquina utilizada apresentou uso de aproximadamente 30.000 horas.

A garra traçadora II, traçamento de árvores em toras de 6 m, (TABELA 14) alcançou produtividade de 108,68 m³/he. Tal rendimento é justificado pelo menor número de traçamento por árvore, conseqüentemente maior rendimento no traçamento por árvore. Como exemplo, pode-se citar o traçamento de uma árvore de 24 m de altura em toras de 6 m, 3 m e 2 m. Para toras de 6 m é necessário quatro traçamentos, enquanto que para toras de 3 m e 2 m são necessários oito e doze traçamentos, respectivamente.

Carregador florestal

Para análise dos carregadores florestais no carregamento de madeira de 2 m e 6 m, coletou-se 111 e 70 ciclos operacionais, enquanto que a intensidade amostral mostrou a necessidade de coleta de aproximadamente 54 e 65 ciclos. O tempo médio do ciclo operacional foi de 40 e 91,97 segundos para o carregador florestal I (carregamento toras de 2 m) e carregador florestal II (carregamento toras de 6 m), respectivamente. Os elementos que apresentaram maior média em segundos no ciclo operacional para o carregamento de toras de 2 m e 6 m foram o deslocamento carregado e o deslocamento sem carga (TABELA 15)

Tabela 15 - Média dos elementos do ciclo operacional em segundos do Carregador Florestal, em segundos.

Máquina	Variáveis			
	DC	DS	TP	TS
Carregamento (toras 2 m)	10,35	10,16	4,11	3,69
Carregamento (toras 6 m)	18,50	12,78	6,78	3,83

DC: Deslocamento carregado; DS: Deslocamento sem carga; TP: Tempo de pegada; TS: Tempo de soltura.

O percentual dos elementos do ciclo operacional dos carregadores florestais é mostrado na Figura 23. Os elementos que gastaram maior tempo (FIGURA 23, A) foram: interrupções, deslocamento carregado e deslocamento vazio, corresponderam a 30,90%, 25,25% e 20,80% para o carregador florestal I, e 45,13%, 25,52% e 15,68% para o carregador florestal II.

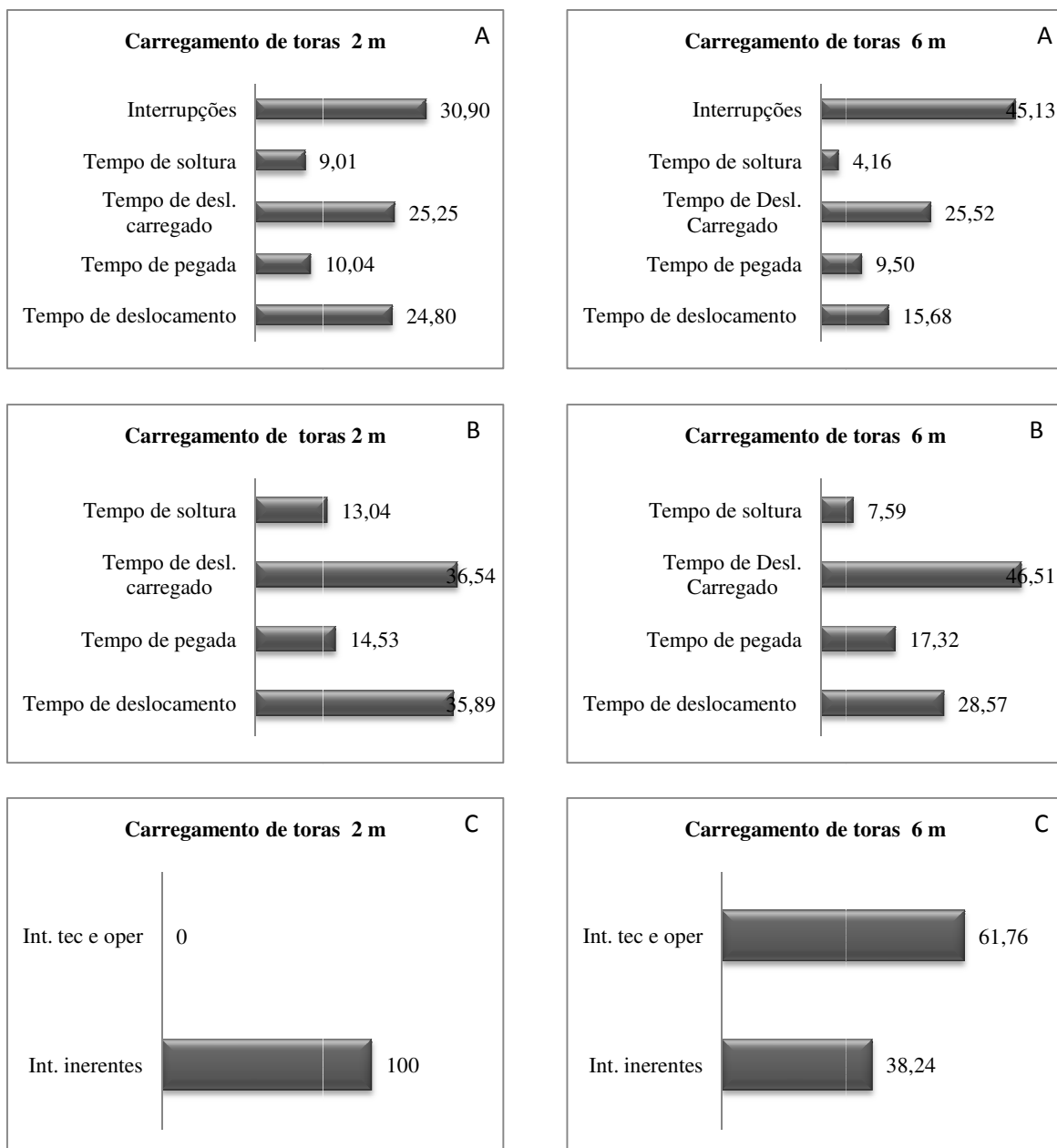


Figura 23: Composição percentual do ciclo operacional dos carregadores florestais. A – percentual do tempo total consumido pelos elementos operacionais, B – consumo efetivo dos elementos do ciclo operacional e C – percentual das interrupções inerentes e das técnicas e operacionais.

Ao analisar o tempo efetivo gasto pelos elementos do ciclo operacional (FIGURA 23, B). O deslocamento carregado apresentou o maior percentual de tempo consumido por ciclo. A média do tempo para o carregador florestal I foi de 10,34 segundos, enquanto que para o carregador florestal II foi de 23,39 segundos. O carregamento de madeira de 6 m apresentou maior média no deslocamento carregado.

O rotator da garra do carregador florestal II não respondia com precisão aos comandos do operador florestal, essa falha mecânica pode explicar o maior tempo

consumido pelo deslocamento carregado. Outro fator que contribui para o maior tempo consumido é explicado pela falta de estabilização da movimentação do feixe para o depósito, no caminhão. Essa movimentação é influenciada pelo comprimento das toras e pela distribuição de peso nas extremidades do feixe. Segundo Machado (2008) a maior rapidez da garra depende da potência da máquina e da menor capacidade de carga.

Para o carregador florestal I (FIGURA 23, C) não foram apresentadas interrupções técnicas e operacionais. Aproximadamente 46% do consumo de tempo das interrupções inerentes foram relacionados ao ajuste das toras dentro da carreta pegada e 40% destinados ao ajuste de feixe pela garra no deslocamento carregado.

O carregador florestal II apresentou aproximadamente 62% das interrupções, classificadas em interrupções técnicas e operacionais (FIGURA 23, C). Dessas interrupções, 64,35 % foram geradas pelo deslocamento do carregador florestal para outro lado talhão florestal e 28% relacionada ao ajuste de toras dentro da carreta.

As interrupções conduziram a uma eficiência operacional de 60,10% para o carregamento de toras de 2 m e 54,87% para o carregamento de toras de 6 m (TABELA 16).

Tabela 16 - Rendimento operacional dos carregadores florestais.

Máquina	Prod (m ³ /he)	EO%
Carregamento (toras 2 m)	90,17	60,10
Carregamento (toras 6 m)	214,70	54,87

A produtividade para o carregamento de toras de 6 m foi maior do que o carregamento de toras de 2 m (TABELA 16), o que é explicado pelo comprimento das toras, 6m, maior volume de madeira por ciclo operacional. O comprimento da tora também influencia significamente a produtividade e o custo do transporte florestal (MACHADO; LOPES, 2000).

5.3.4 ANALISE DE CUSTO DA COLHEITA FLORESTAL

Feller buncher

A Figura 24 mostra a composição do custo operacional para o *feller buncher*. Considerou a taxa de juros de 12% a.a e seguros de 4% a.a.

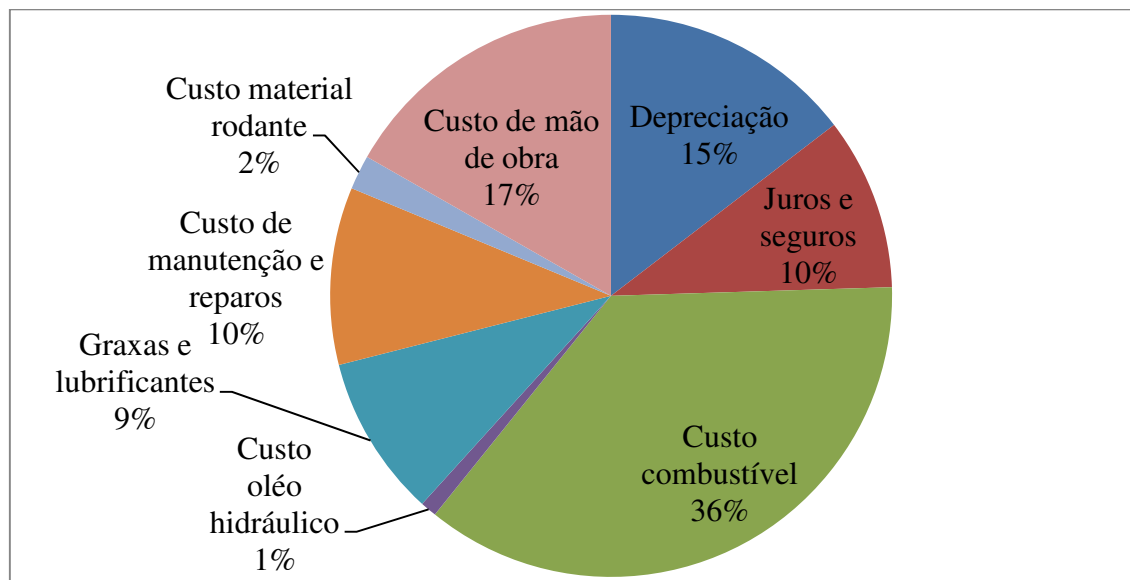


Figura 24: Custo operacional do *feller buncher*.

Os custos operacionais que mostraram maior percentual foram: custo com combustível, custo de mão de obra e depreciação. De acordo com a Tabela 17, o custo de produção, para o *feller buncher* foi de 1,10 R\$/m³. Lopes (2007), Fernandes et al. (2009), encontraram valor de 1,64 US\$ m³ para a mesma média de produtividade analisada nesse estudo (300 m³/ha). Nascimento et al. (2011) ao avaliar a produtividade e o custo operacional do corte florestal com *feller buncher*, em área com média de 195,82 m³/ha, alcançou os valores de 48,8 m³/he e 94,29 US\$/he, respectivamente.

Tabela 17 - Custo de produção do *feller buncher* para a derrubada e empilhamento.

Máquina	EO%	CT (R\$/he)	C prod(R\$/m ³)
<i>Feller buncher</i>	78,45	114,99	1,10

CT: Custo operacional; C prod: Custo de produção.

Skidder

Como pode ser verificado, na Figura 25, os elementos do custo operacional com maior percentual foram: custo combustível, custo material rodante e custo de mão de obra.

O custo com a mão de obra abrange os mesmos custos aplicados na análise econômica do *feller buncher*.

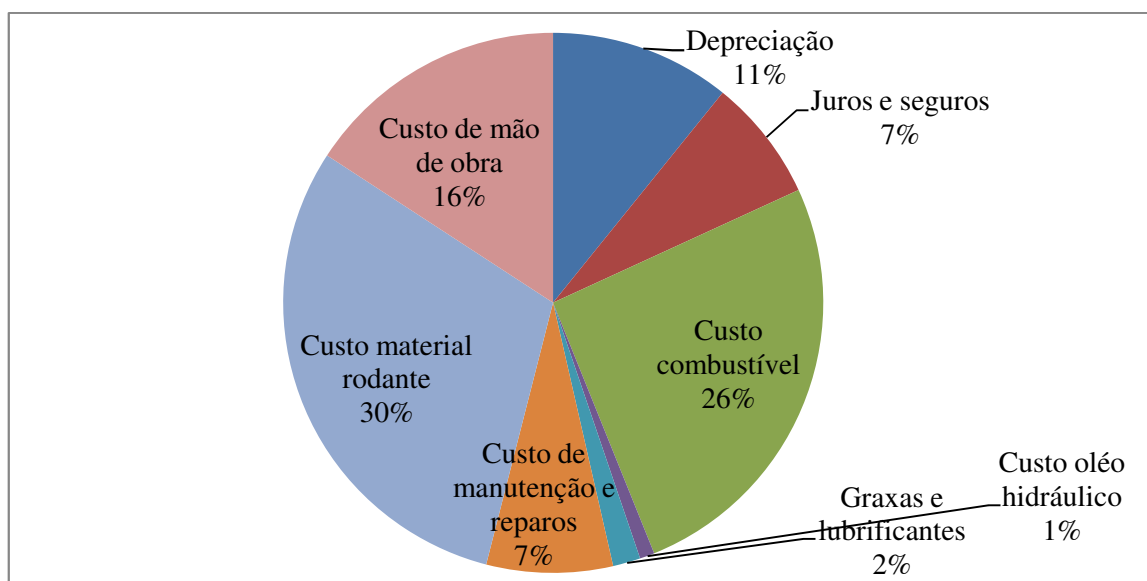


Figura 25: Percentual do custo operacional do *skidder*.

Considerando a taxa de juros (12% a.a) e seguros (4% a.a) e eficiência operacional de 57,17 %, obteve-se o custo/hora trabalhada de 162,07 R\$/he e custo de produção de 1,30 R\$/m³. Estudos realizados por Lopes (2007), Fernandes et al. (2009) encontraram o valor de 1,26 US\$/m³ para a mesma média de produtividade do povoamento analisado nesse estudo

Garra traçadora

Nesse estudo o traçamento das árvores em toras foi classificado em toras de 2 m – fornos cilíndricos parabólicos – toras de 3 e 6 m para o abastecimento de lenha nos fornos RAC. Cabe ressaltar que a empresa apresenta máquinas próprias, alugadas e terceirizadas. A garra traçadora utilizada para o traçamento de toras de 3 m pertence à empresa, enquanto que as garras utilizadas no traçamento de toras de 6 e 2m são terceirizadas.

O custo de produção para o traçamento de árvores em toras de 3 m foi de 6,65 R\$/m³, enquanto que para o traçamento de toras em 6 m e 2 m foi de 2,26 e 4,85 R\$/m³, respectivamente (TABELA 18).

Tabela 18 - Custo de produção para o traçamento de toras de 3, 6 e 2m e simulação dos custos na gestão verticalizada e terceirizada.

Máquina	EO %	CT (R\$/he)	C prod (R\$/m ³)
Garra traçadora 3 m	83,24	93,04	6,65
Garra traçadora 6 m	52,27	247,26	2,26
¹ Garra traçadora 6 m	52,27	132,25	1,20
Garra traçadora 2 m	53,87	247,98	4,85
¹ Garra traçadora 2 m	53,87	133,45	2,61

¹ Simulação dos custos para gestão verticalizada.

Estudos realizados por Lopes (2007) e Lopes et al. (2008), na avaliação econômica de uma garra traçadora, traçamento de toras de 6 m, em área com produtividade de 300 m³/ha, alcançou o valor de 0,63 US\$/m³, valor abaixo ao encontrado nesse estudo, 2,26 R\$/m³ e semelhante ao valor simulado para a gestão verticalizada 1,20 R\$/m³. Essa simulação foi necessária para comparar os custos da operação de uma máquina própria da empresa (gestão verticalizada) com uma máquina terceirizada ou alugada.

Ao analisar o custo de produção para o traçamento de toras de 6 e 2 m na gestão verticalizada, mostraram se menor, comparado ao custo na produção terceirizada (TABELA 18). A variação percentual do custo de produção terceirizado apresentou valor aproximado menor do que 100%. Corroborando com essa análise, Moraes (2012) ao avaliar a colheita e transporte de madeira: terceirização x verticalização das operações, conclui que a gestão terceirizada, com cumprimento de legislação, níveis de remuneração dos operadores e gestores iguais aos da empresa contratante, conduz a custos mais elevados. O que pode ser justificado pela margem de lucro da empresa terceirizada somado a soma de tributos maiores do que na gestão verticalizada.

Carregador florestal

De acordo com a Tabela 19, os custos de produção no carregamento diferenciaram em tamanho de toras e também pela gestão, verticalizada ou terceirizada. Vale ressaltar que o carregador florestal utilizado no carregamento de toras de 6 m, pertence a empresa Votorantim Siderúrgica, enquanto que o carregador empregado no carregamento de toras de 2 m é terceirizado.

O custo de produção da empresa para o carregamento de toras de 6 m e 2 m foi de 0,93 e 6,93 R\$/m³, respectivamente. O alto valor alcançado no carregamento das toras de 2 m é justificado pela terceirização da máquina. Estudo realizado por Minette et al. (2008),

verificaram que a técnica e econômica do carregador florestal apresentou custo de produção médio de 0,51 R\$/m³, corroborando com o resultado encontrado nesse estudo para o carregamento de toras de 6 m.

Tabela 19 - Custo de produção para o traçamento de toras de 6 e 2m e simulação dos custos na gestão verticalizada e terceirizada.

Máquina	EO %	CT (R\$/he)	C prod (R\$/m ³)
Carregamento 2 m	60,10	720,89	6,93
¹ Carregamento 2 m	60,10	299,79	2,87
Carregamento 6 m	54,87	206,34	0,93

¹ Simulação dos custos para gestão verticalizada.

Veículo florestal (Bitrem)

Nesse estudo a capacidade do transporte florestal, bitrem, é de 35m³/viagem. A eficiência operacional correspondeu a 87,5%, o custo de transporte, foi de aproximadamente 9,00 R\$/m³. Ressalta-se que para as análises de custo operacional levou em consideração o custo para 100 km por dia, correspondente a aproximadamente cinco viagens com carga, distância média de 10 km do campo até a Unidade de Produção Vegetal.

De acordo com o custo do transporte florestal, a baixa qualidade dos carregadores dentro do sistema produtivo e estradas influenciam diretamente no custo final do transporte, sendo assim esse item foi considerado um fator limitante na cadeia produtiva do carvão. Visto que o transporte florestal apresentou grande percentual de custo dentro do processo produtivo do carvão.

Comparação do custo da colheita e transporte florestal - RAC e fornos cilíndricos parabólicos

Para esse estudo, fez-se necessário a comparação dos custos da colheita florestal, para analisar os sistemas que abastecem de toras os fornos cilíndricos parabólicos e RAC. Sistema I – colheita direcionada para produção de toras de 2 m, abastecimento dos fornos cilíndricos parabólicos - Sistema II; colheita direcionada para produção de toras de 6 m, abastecimento dos fornos RAC.

Como pode ser observado, na Tabela 20, o custo da colheita florestal para o sistema I é superior ao sistema II. Fato, justificado pelo maior tempo gasto nas atividades de

traçamento e carregamento florestal, análise de tempos e movimentos descritos na análise técnica e o elevado custo de terceirização das máquinas utilizada nas operações de traçamento e carregamento florestal.

Tabela 20 - Comparação do custo de produção de toras de eucalipto (R\$/m³) para abastecimento dos fornos cilíndricos parabólicos e RAC.

Máquina	Sistema I	Sistema II
	(R\$/m ³)	
Corte	1,15	1,15
Arraste	1,32	1,32
Traçamento	4,87	2,28
Carregamento	6,95	0,94
Transporte (Bitrem)	9,00	9,00
Total	23,28	14,68

5.3.5 AVALIAÇÃO TÉCNICA DA UNIDADE DE PRODUÇÃO VEGETAL

A avaliação técnica foi realizada por meio de tempos e movimentos para as operações mecanizadas e manuais dos sistemas I e II de produção de carvão vegetal. Para análise de custo considerou-se os sistemas de produção I e II. Ao final desta avaliação foi possível comparar os custos de produção da carbonização do carvão vegetal produzido em fornos cilíndricos parabólicos e fornos RAC.

Descarregador florestal

Neste estudo, foram coletados dados de 85 e 94 ciclos operacionais para o descarregador florestal I e II, respectivamente. Enquanto que a intensidade amostral mostrou a necessidade de coleta de 80 e 93 ciclos. O tempo médio do ciclo operacional foi de 47,54 e 124,84 segundos para o descarregador florestal I (toras de 2 m) e descarregador florestal II (toras de 6 m), respectivamente. Cabe ressaltar que a média do ciclo operacional do descarregador florestal II é justificada pelo maior percentual de tempo consumido pelas interrupções.

A Tabela 21 apresenta a média dos elementos do ciclo operacional no descarregamento das toras de 2 m e 6 m. O deslocamento carregado no descarregamento de toras de 6 m foi o elemento que apresentou o maior valor das médias do ciclo, justificado pelo comprimento e peso das toras.

Tabela 21 - Médio dos elementos do ciclo operacional do Carregador Florestal, em segundos, no descarregamento de toras de 2 m e 6 m.

Máquina	Variáveis			
	DC	DS	TP	TS
Descarregamento (toras 2 m)	9,02	8,14	6,08	3,23
Descarregamento (toras 6 m)	14,62	9,89	6,16	3,37

DC: Deslocamento carregado; DS: Deslocamento sem carga; TP: Tempo de pegada; TS: Tempo de soltura.

O percentual dos elementos do ciclo operacional do descarregador florestal é mostrado na Figura 26. Os elementos que gastaram maior tempo (FIGURA 26, A) foram: interrupções, deslocamento carregado e deslocamento vazio, correspondentes a 44,27 %, 18,99 % e 17,14 % para o carregador florestal I e 72,72%, 11,72% e 7,93% para o carregador florestal II.

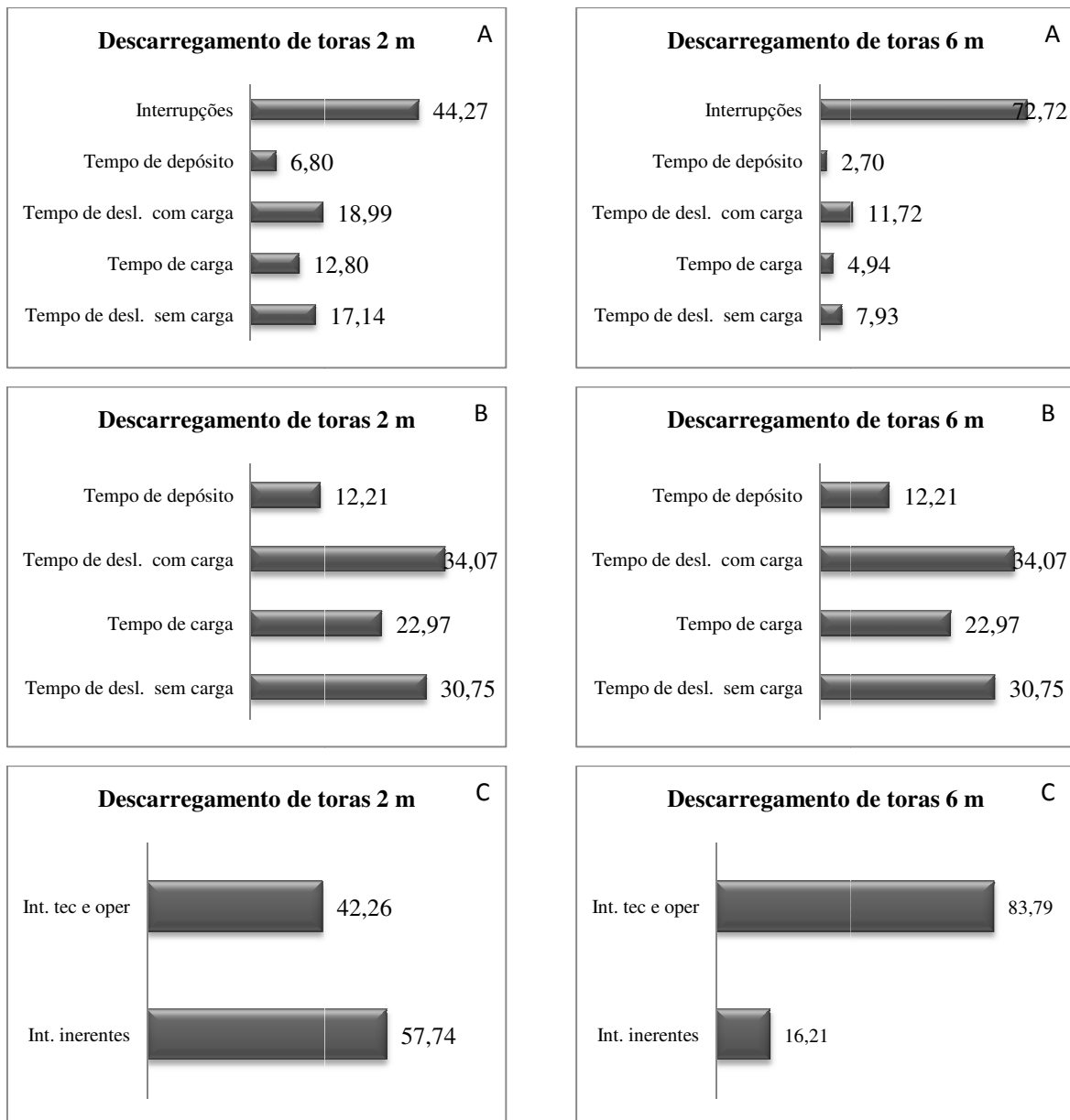


Figura 26: Composição percentual do ciclo operacional do carregador florestal. A – percentual do tempo total consumido pelos elementos operacionais, B – consumo efetivo dos elementos do ciclo operacional e C – percentual das interrupções inerentes e das técnicas e operacionais.

Ao analisar o tempo efetivo gasto pelos elementos do ciclo operacional (FIGURA 26, B). O deslocamento carregado apresentou o maior percentual de tempo consumido por ciclo. A média do tempo para o descarregador florestal I foi de 9,02 s, enquanto que para o descarregador florestal II foi de 14,62 s. O descarregamento de madeira de 6 m apresentou maior média no deslocamento carregado. Esse tempo pode ser explicado pelo comprimento das toras, maior dificuldade de manuseio das toras dentro do caminhão e posicionamento para depósito das toras no box.

Para o descarregador florestal I as interrupções inerentes e operacionais corresponderam a 42,26% e 57,74%, respectivamente (FIGURA 26, C).

Aproximadamente 48% do consumo de tempo das interrupções inerentes foram relacionados ao ajuste de feixe, toras depositadas no box. O deslocamento das carretas – tempo gasto na espera do posicionamento da carreta no local do depósito das toras - foi responsável por 21, 83% do tempo das interrupções inerentes. A organização do feixe após o descarregamento das toras ocasionou 85% das interrupções técnicas operacionais.

O descarregador florestal II consumiu aproximadamente 16,21% em interrupções inerentes e 84% em técnicas e operacionais (FIGURA 26, C). O ajuste de feixe de toras depositadas no box, foi responsável por aproximadamente 62% das interrupções inerentes. Para as interrupções técnicas e operacionais, a manutenção da grua e a falta de carretas carregadas com toras responderam por 40% e 36% das interrupções, respectivamente.

A eficiência operacional do descarregador florestal I foi de 55,73% para o descarregamento de madeira de 2 m. A baixa eficiência operacional do descarregador florestal II, 27,28%, foi acarretada pelas interrupções de: espera do mecânico, conserto do descarregador florestal e o gasto de tempo com o deslocamento entre os fornos. A produtividade para o carregador de madeira 2 m, foi de 223,78 m³, enquanto que para carregador de madeira 6m apresentou o valor de 314,80 m³/he (TABELA 22).

Tabela 22 - Rendimento operacional do descarregador florestal.

Máquina	Prod (m ³ /he)	EO
Descarregador (toras 2 m)	223,78	55,73
Descarregador (toras 6 m)	314,80	27,28

Carregador florestal adaptado com garra (Forno cilíndrico parabólico)

Foram coletados 192 ciclos operacionais do carregador florestal (fase mecanizada), enquanto que a intensidade amostral mostrou necessidade de 25 ciclos. No ciclo manual o estudo de tempos e movimentos mostrou a necessidade de observação mínima de 55 ciclos, tendo sido cronometrados 1389 ciclos.

O tempo total gasto para o enchimento do forno foi de aproximadamente 5,7 horas, dos quais o maior percentual do tempo total foi gasto no enchimento do forno 42,61 % (FIGURA 27), o que corresponde a 2,4 h; abastecimento de toras - tempo de espera pelo

operador manual, enquanto o carregador florestal abastecia outros fornos com toras, feixes – (37,37 %) e interrupções (7,69 %).

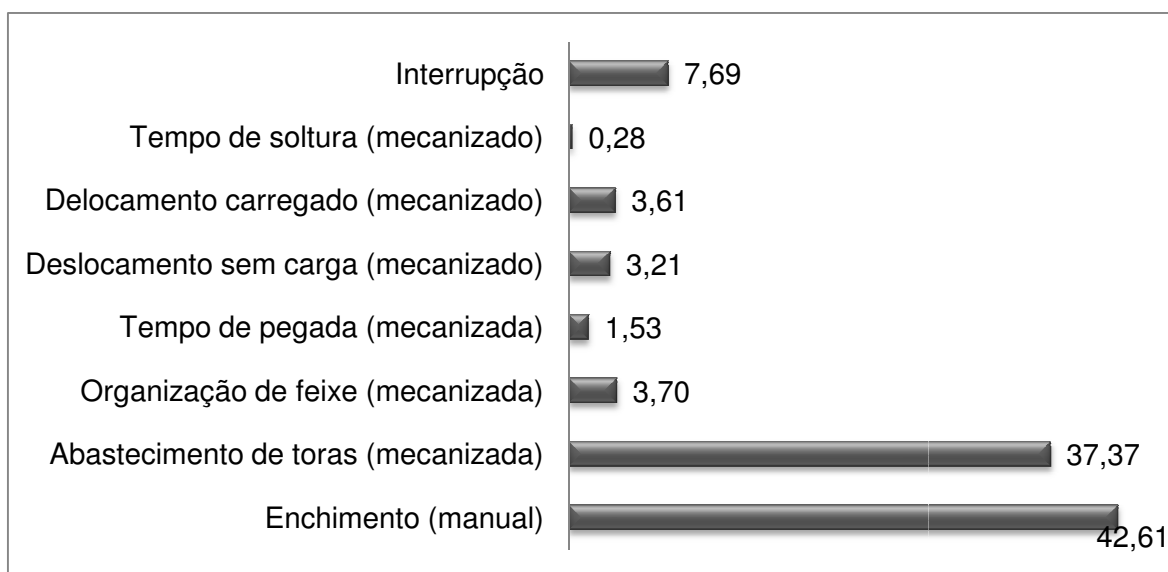


Figura 27: Percentual das principais operações, mecanizadas e manual no ciclo total do enchimento de um forno cilíndrico parabólico.

Análise da operação do enchimento do forno cilíndrico parabólico

Cabe ressaltar que o tempo gasto na espera do feixe de toras para o enchimento do forno, abastecimento de toras foi de 37,37 %, ergonomicamente esse tempo é necessário. O operador manual descansava enquanto aguardava o carregador florestal abastecer outros fornos. O gasto de tempo pelo operador florestal no enchimento do forno foi de 42,61 % o que corresponde a 2,4 horas, enquanto que a fase do abastecimento de toras correspondeu a 2,15 horas (FIGURA 27).

O ciclo operacional manual mostra que aproximadamente 51,39 % do tempo foi destinado as interrupções. As interrupções inerentes foram responsáveis por 47,59% do tempo total destinado à operação manual (FIGURA 28). Pode-se destacar que o abastecimento de toras correspondeu a 90% do tempo total das interrupções inerentes. O restante destinou-se á limpeza do forno, e ao uso de tiços no enchimento do forno.

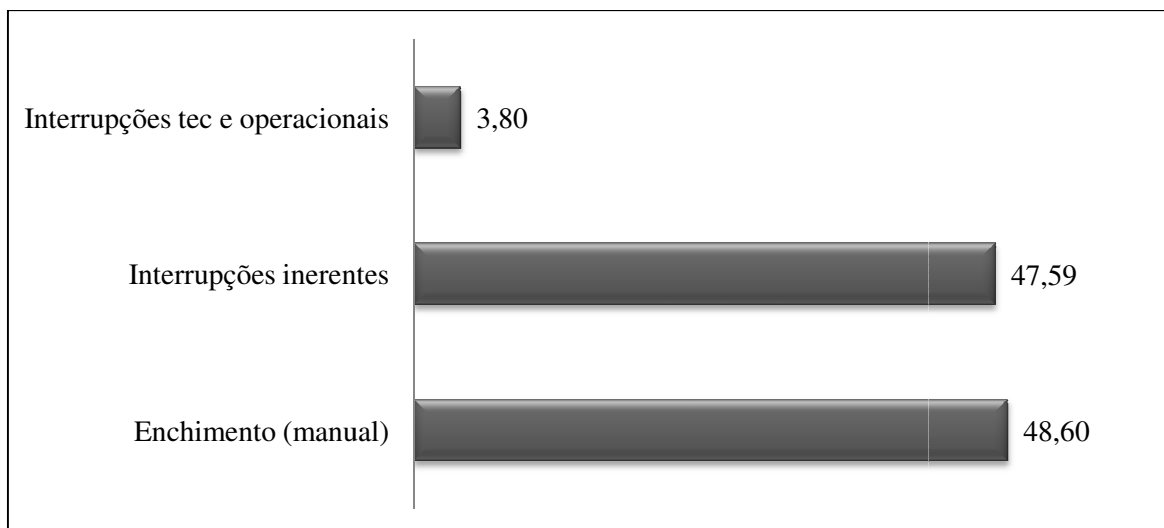


Figura 28: Percentual do consumo dos elementos do ciclo operacional manual.

O alto percentual de interrupções ocasionou baixa eficiência operacional do operador, o equivalente a 48,60 %. A produtividade média foi de 16,16 m³/he.

Análise da operação mecanizada do enchimento do forno cilíndrico parabólico

O ciclo operacional do carregador florestal, operação mecanizada do enchimento do forno cilíndrico parabólico, foi responsável por 10,49% do ciclo total do enchimento do forno. O tempo médio dos elementos do ciclo operacional foi de 13,23 s para o tempo de pegada, 12,33 s correspondente ao deslocamento com carga e 12,18 e 2,44 s para o tempo de deslocamento sem carga e tempo de soltura, respectivamente.

Dentre os elementos do ciclo operacional do carregador florestal os elementos que contribuíram com o maior percentual foram: interrupções; deslocamento carregado e deslocamento sem carga, responderam por: 33,39%; 29,28 % e 26,03 %, respectivamente (FIGURA 29).

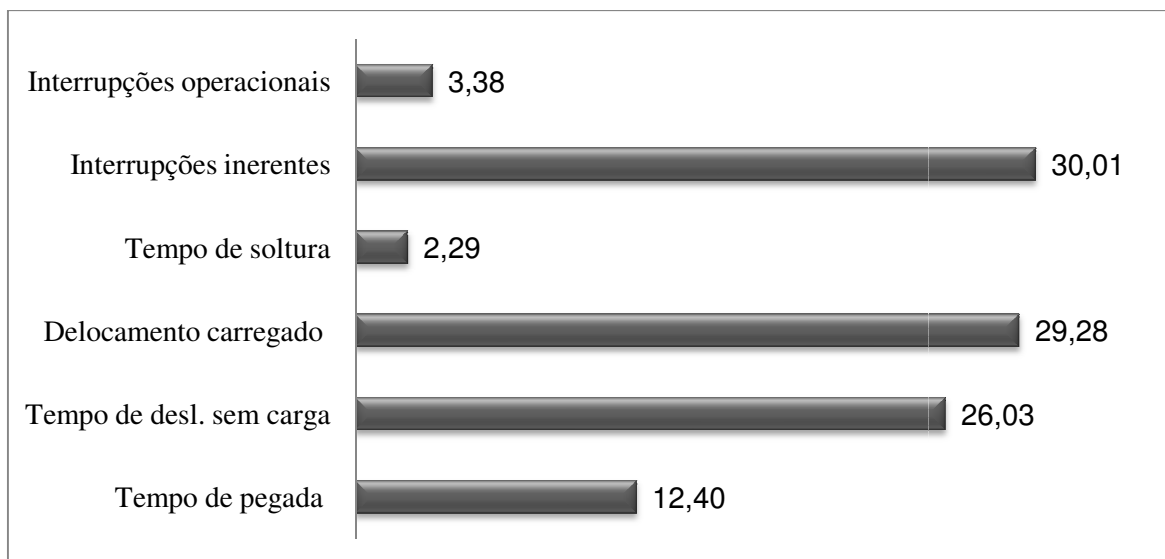


Figura 29: Percentual do ciclo operacional do carregador florestal no enchimento de oito fornos de fornos cilíndricos parabólicos.

O elevado percentual de tempo gasto no deslocamento do feixe de madeira por meio do carregador florestal, foi gerado pela falta de logística na posição do box (toras empilhadas). Outro fator que aumentou o tempo de deslocamento, foi a presença de toras caídas no chão, próximo ao box. Frequentemente, havia o desprendimento de toras da garra do carregador florestal, causados por movimento brusco ou excesso de toras presentes na garra. Essas toras caídas foram responsável pelo desvio do trator carregador, o que consequentemente aumentou o tempo de deslocamento.

O principal fator responsável por interrupções inerentes ao ciclo operacional do carregador florestal foi a organização do feixe, (box), . Esse fator contribuiu para o tempo total destinado às interrupções, aproximadamente 30,01 %. A desorganização das toras de madeira no feixe (box) foi gerada, tanto pelo carregador florestal na etapa de pegada, quanto pelo descarregamento das toras no box.

As interrupções acarretaram aproximadamente 70 % em eficiência operacional para o carregador florestal (TABELA 23).

Tabela 23 - Rendimento operacional do carregador florestal no enchimento do forno cilíndrico parabólico. AD – média de toras por ciclo de trabalho. Prod – produtividade operacional, EO – eficiência operacional.

Máquina	AD	Prod (m ³ /he)	EO%
Carregador florestal	58	80,32	69,99

A duração média do ciclo de trabalho, operação mecanizada, foi de 103,5 segundos e a produtividade média de 80,32 m³/he. O número médio de toras carregado por ciclo operacional foi de 58 (TABELA 23).

O espaço destinado às atividades de carregamento e descarregamento dos fornos cilíndricos parabólicos estava ocupado com resíduos de madeiras, cascas. Esses resíduos são destinados à recuperação de áreas degradadas dentro da empresa. A presença desses resíduos florestais influenciou no maior gasto de tempo para os elementos de deslocamento vazio e carregado do carregador florestal, pois os desvios em função dos resíduos aumentaram a distância de deslocamento entre os fornos e o box

Outro gargalo na produção de carvão vegetal são os custos de construção e manutenção dos fornos. Há pesquisas em andamento para construção de portas metálicas, de chapas, cujo objetivo é diminuir o tempo de carbonização e os custos com construção das portas. As portas são construídas com tijolos e barro e susceptíveis a quebra durante a carbonização (FIGURA 30, A). O resultado da quebra de uma porta pode levar a perda total do forno e do carvão dentro do forno (FIGURA 30, B).

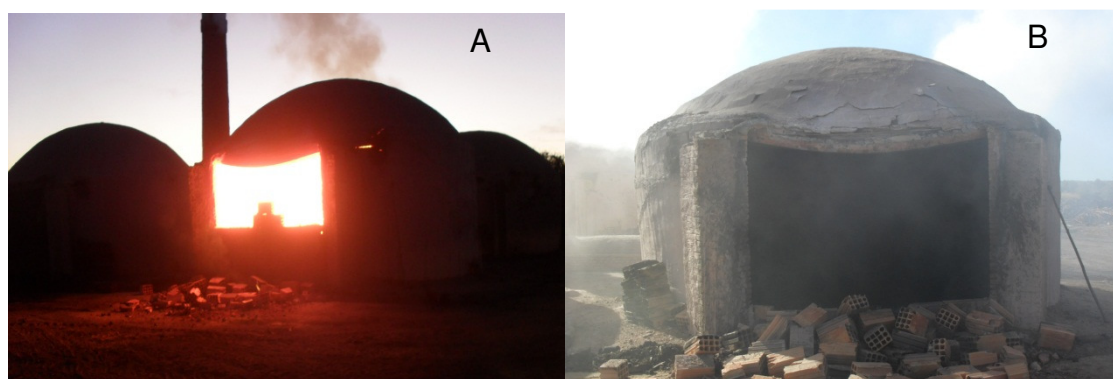


Figura 30: A - Quebra da porta do forno durante o processo de carbonização, B - foto tirada um dia após a queima descontrolada do carvão vegetal.

Trator descarregador adaptado com garra (descarregamento do forno cilíndrico parabólico)

Em relação ao descarregamento dos fornos cilíndrico parabólico, a intensidade amostral mostrou necessidade de coleta de 56 ciclos, foram coletados 61 ciclos. A média do ciclo operacional foi de 118,37 segundos. O descarregador florestal operava no descarregamento de quatro fornos simultaneamente. Foram obtidos dados de descarregamentos de quatro fornos. O tempo médio para descarregar um forno foi de aproximadamente 0,9 horas.

Como apresentado na Tabela 24, o deslocamento sem carga, DS, deslocamento com carga, DC e tempo de pegada apresentaram médias de 29,74 s, 27,77 s, 23,30 s, respectivamente. O elevado tempo gasto no deslocamento pode ser justificado pela distância dos fornos em relação ao local de depósito do carvão. O tempo de pegada mostrou se com tempo maior de pegada em relação aos fornos retangulares, tal fato pode ser explicado pelo tempo gasto pelos auxiliares dentro do forno no ajuntamento do carvão para colocar na concha do trator.

Tabela 24 - Tempo médio dos elementos, em segundos, do ciclo operacional do trator carregador florestal.

Máquina	DS	DC	TP	TD
Trator carregador	29,74	27,77	23,30	3,20

A Figura 31 mostra o percentual do tempo total gasto pelos elementos operacionais. Os elementos parciais que consumiram o maior tempo do ciclo operacional foram às interrupções, deslocamento vazio e deslocamento carregado, com 58,47, 14,72 e 13,72%, respectivamente.

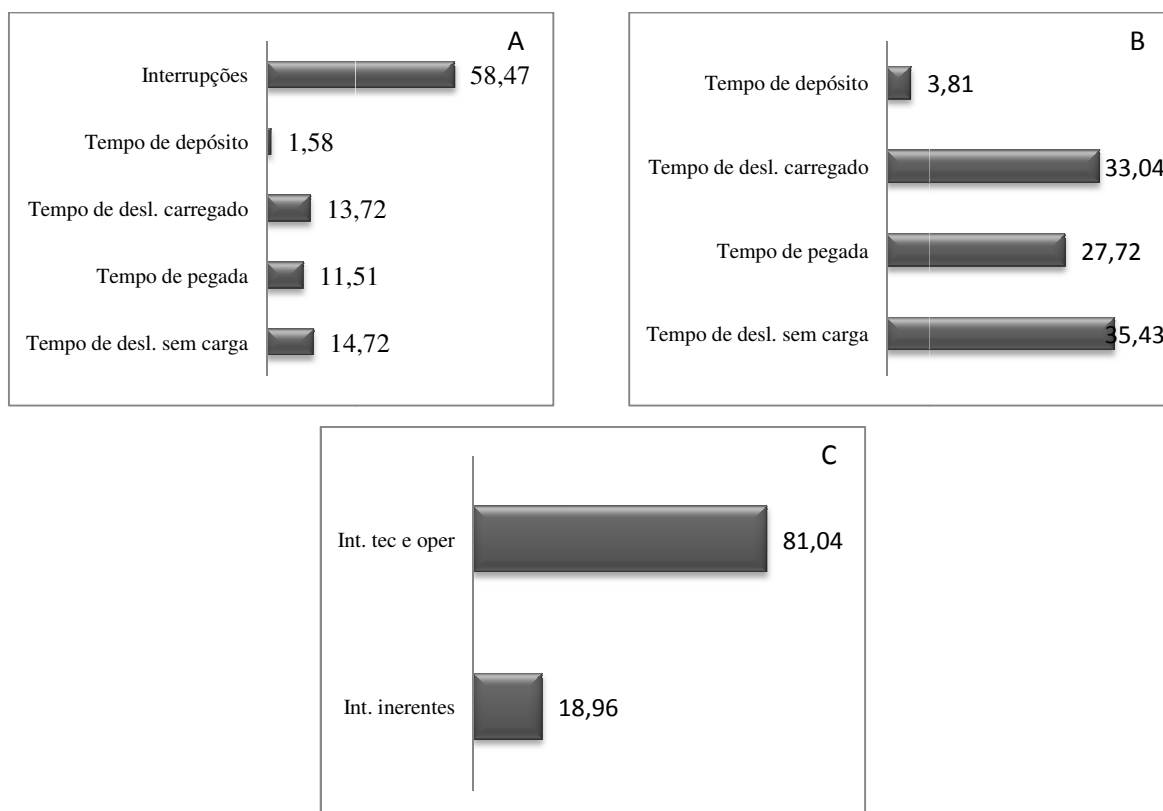


Figura 31: Composição percentual do ciclo operacional do trator descarregador no descarregamento do forno cilíndrico parabólico. A – percentual do tempo total consumido pelos elementos operacionais, B – consumo efetivo dos elementos do ciclo operacional e C – percentual das interrupções inerentes e das técnicas e operacionais.

As interrupções inerentes e as técnicas e operacionais responderam por 18,96 % e 81,04 % (FIGURA 31, C). Aproximadamente 90% das interrupções técnicas podem ser explicadas pelo deslocamento do carregador florestal para operar em outras atividades, durante o período de coleta de dados, descarregamento dos fornos. O tempo gasto para a realização de outras atividades correspondeu a 1,5 h.

A eficiência operacional do descarregador florestal foi de 41,53% (TABELA 25). A produtividade do descarregador florestal foi de 37,90 m³/he.

Tabela 25 - Rendimento operacional do descarregador florestal no descarregamento do forno cilíndrico parabólico. Prod – produtividade operacional, EO – eficiência operacional.

Máquina	Prod (m ³ /he)	EO%
Descarregador florestal	37,90	41,53

Carregador florestal adaptado com garra (enchimento fornos RAC)

Ao analisar o enchimento dos fornos RAC, o número de ciclos do estudo de tempo de movimentos mostrou aceitável para atender a suficiência amostral (TABELA 26).

Tabela 26 - Número de ciclos coletados, suficiência amostral e tempo gasto para o enchimento dos fornos RAC com toras de 3 m e 6 m.

Função do carregador florestal	Nº de ciclos coletados	Suficiência amostral	Tempo total (h)
RAC 220 - toras de 3 m	75	70	1,19
RAC 220 - toras de 6 m	69	69	1,33
RAC 330 - toras de 3 m	142	126	2,05
RAC 330 - toras de 6 m	94	90	1,24

Como pode ser visto na Tabela 27, o tempo médio do ciclo operacional para o enchimento do forno RAC 220 (toras de 3 m) foi de 95,53 segundos. Os elementos: interrupções; deslocamento carregado e deslocamento sem carga consumiram 33,01, 24,22 e 18,16% do tempo total, respectivamente.

Para o carregamento do forno RAC 220 (toras 6 m) os elementos que contribuíram para o maior gasto de tempo do ciclo operacional foram: interrupções; deslocamento carregador e deslocamento sem carga com 46,87 %, 21,73 % e 14,83 % do tempo total, respectivamente.

Conforme verificado na Tabela 27, os elementos operacionais que consumiram maior tempo para o enchimento do RAC 330 (toras 3 m), foram as interrupções com 28,71 %, deslocamento carregado, 25,80% e deslocamento sem carga 20,46%.

O deslocamento carregado foi o elemento operacional que contribuiu com o maior percentual do enchimento do forno RAC 330 (toras de 6m), apresentou 33,29% do tempo total, seguido pelo deslocamento sem carga e interrupções (TABELA 27).

Tabela 27 - Distribuição de tempos médios dos elementos operacionais para o carregamento dos fornos RAC com toras de madeira, 3 e 6 m.

Tempo dos elementos do ciclo operacional	RAC 220				RAC 330			
	Toras 3 m		Toras 6 m		Toras 3 m		Toras 6 m	
	s	%	s	%	s	%	s	%
Deslocamento sem carga	10,39	18,16	10,34	14,83	10,66	20,46	11,50	24,22
Pegada	9,11	15,92	8,50	12,20	9,64	18,50	7,11	14,97
Deslocamento carregado	13,86	24,22	15,15	21,73	13,44	25,80	15,81	33,29
Depósito	4,97	8,69	3,05	4,37	3,40	6,52	3,22	6,77
Interrupções	57,21	33,01	32,69	46,87	14,96	28,71	9,85	20,75
Total	95,53	100	69,74	100,00	52,08	100	47,48	100,00

O ajuste do feixe - interrupção relacionada ao tempo de pegada - ajuste realizado após o fechamento da garra no feixe, foi o elemento que consumiu maior tempo das interrupções inerentes, referente ao enchimento dos fornos com madeira de 3 m, RAC 220 e 330. Para o primeiro, essa interrupção contribuiu com 47%, enquanto que para o segundo, forno RAC 330, correspondeu a 38% das interrupções inerentes.

Para o enchimento dos fornos com toras de 6 m, o ajuste de toras dentro do forno foi responsável por 26,08 e 66,62 % das interrupções inerentes para os fornos RAC 220 e RAC 330, respectivamente.

A produtividade média para o enchimento do forno RAC 220, com toras de 3 e 6 m foi de 225,44 e 253,47m³/he, respectivamente (TABELA 28). Enquanto que o enchimento do forno RAC 330 com toras de 3 e 6 m apresentou produtividade de 184,37 e 274,79 m³/he. Tais resultados podem ser explicados pelo volume de madeira transportado pelo carregador florestal. O volume por ciclo operacional ao transportar toras de 6 m é maior quando comparado ao transporte de 3 m.

Tabela 28 - Rendimento operacional do carregador florestal no enchimento dos fornos RAC, 220 e 330, com toras de madeira de 3 e 6 m.

Função do carregador florestal	Prod (m ³ /he)	EO
RAC 220 - toras de 3 m	225,44	66,98
RAC 220 - toras de 6 m	253,47	53,12
RAC 330 - toras de 3 m	184,37	71,28
RAC 330 - toras de 6 m	274,79	79,25

A eficiência operacional para o carregador florestal no enchimento dos fornos RAC 220 e 330 (TABELA 28) foi influenciada pelas interrupções inerentes ao trabalho.

Carregador florestal adaptado com concha de descarga (descarregamento forno RAC)

Para o descarregamento dos fornos RAC 220 e 330 foram coletados 38 ciclos para o primeiro e 65 para o RAC 330. O estudo de tempos e movimentos mostrou a necessidade de coleta mínima de 34 e 64 ciclos para os fornos RAC 220 e 330, respectivamente. O tempo total para a retirada do carvão do forno RAC 220 foi de aproximadamente 1 h. Na retirada do carvão do forno RAC 330 o tempo total foi de 1,72 h.

A Tabela 29 mostra o tempo médio dos elementos operacionais do carregador florestal de carvão vegetal na retirada do carvão vegetal dos fornos RAC 220 e 330. Os elementos mais expressivos na retirada do forno RAC 220 foram: interrupções (38,05%), deslocamento carregado (15,89%) e deslocamento sem carga (14,30%).

Em se tratando da retirada do forno RAC 330, têm-se como mais evidentes: as interrupções (45,73%), o deslocamento carregado (23,33%), e o deslocamento sem carga (16,50%).

Tabela 29 - Distribuição do tempo médio dos elementos operacionais do carregador florestal na retirada do carvão dos fornos RAC 220 e 330.

Tempo dos elementos do ciclo operacional	RAC 220		RAC 330	
	s	%	s	%
Deslocamento sem carga	14,30	15,36	16,28	16,50
Pegada	21,59	23,19	10,21	10,35
Deslocamento carregado	15,89	17,07	23,02	23,33
Depósito	3,27	3,51	4,03	4,09
Interrupções	38,05	40,87	45,12	45,73
Total	93,09	100,00	98,66	100,00

A média, em segundos, para o deslocamento carregado e sem carga foi maior para a retirada do carvão do RAC 330. Esse fato pode ser explicado pelo comprimento do forno RAC 330 (39 m x 4 m), maior do que o RAC 220 (26 m x 4 m).

As interrupções responderam por 38,05% do tempo total do ciclo operacional na retirada do carvão do forno RAC 220 (TABELA 29). O deslocamento do carvão vegetal no depósito foi responsável por 24,32% e a retirada das tâmaras de dentro do forno correspondeu a 53,24% das interrupções inerentes. Em torno de 25% do tempo consumido no ciclo operacional do carregador florestal⁵ foi destinado à espera do apagamento do fogo dentro do forno (interrupção técnica operacional).

A espera do carregador florestal para o apagamento do fogo no forno RAC 330, correspondeu a aproximadamente 1/3 do tempo total do ciclo operacional⁶ (0,55 h). As interrupções inerentes responderam a 0,2 h, 13% do tempo total da retirada do ciclo operacional.

As interrupções ocasionaram uma eficiência operacional de 59,13% para a retirada do carvão vegetal no forno RAC 220 e 54,26% para a retirada do carvão vegetal no forno RAC 330 (TABELA 30). A produtividade do carregador florestal no descarregamento do forno RAC 330 foi menor, quando comparado com o descarregamento do forno RAC 220. Tal fato pode ser justificado pelo comprimento, pois o forno RAC 330 apresenta maior comprimento, conseqüentemente gasto maior de tempo em deslocamento.

Tabela 30 - Rendimento operacional do carregador florestal no descarregamento dos fornos RAC 220 e 330.

Função do carregador florestal	Prod (m ³ /he)	EO%
RAC 220	223,73	59,13
RAC 330	186,19	54,26

Carregador florestal adaptado com concha de expedição

Foram coletados 438 ciclos operacionais, enquanto que a intensidade amostral mostrou a necessidade de 116 ciclos. A média do ciclo operacional foi de 33,39 s. O tempo total gasto no carregamento de carvão de seis caminhões foi de 4,06 h.

⁵Tempo totalizado em 1h.

⁶Tempo totalizado em 01h39.

De acordo com a Tabela 31 os elementos do ciclo operacional que apresentaram maior média foram: a retirada de finos (RF), deslocamento sem carga (DS). O deslocamento carregado (DC) e o tempo de depósito (TD) tiveram como média os valores, 5,75 s e 5,21 s, respectivamente, enquanto que o tempo de pegada (TP) apresentou a menor média do ciclo (3,23 s).

Tabela 31 - Média em segundos dos elementos do ciclo operacional no carregamento dos caminhões com carvão vegetal, expedição de carvão.

Máquina	RF	DS	DC	TD	TP
Carregador florestal	8,09	7,27	5,75	5,21	3,23

A Figura 32 mostra o percentual do tempo de trabalho do ciclo operacional do carregador florestal. Os elementos que consumiram o maior tempo do ciclo foram: retirada de finos (24,22%); deslocamento sem carga (21,75%) e deslocamento carregado (17,21%).

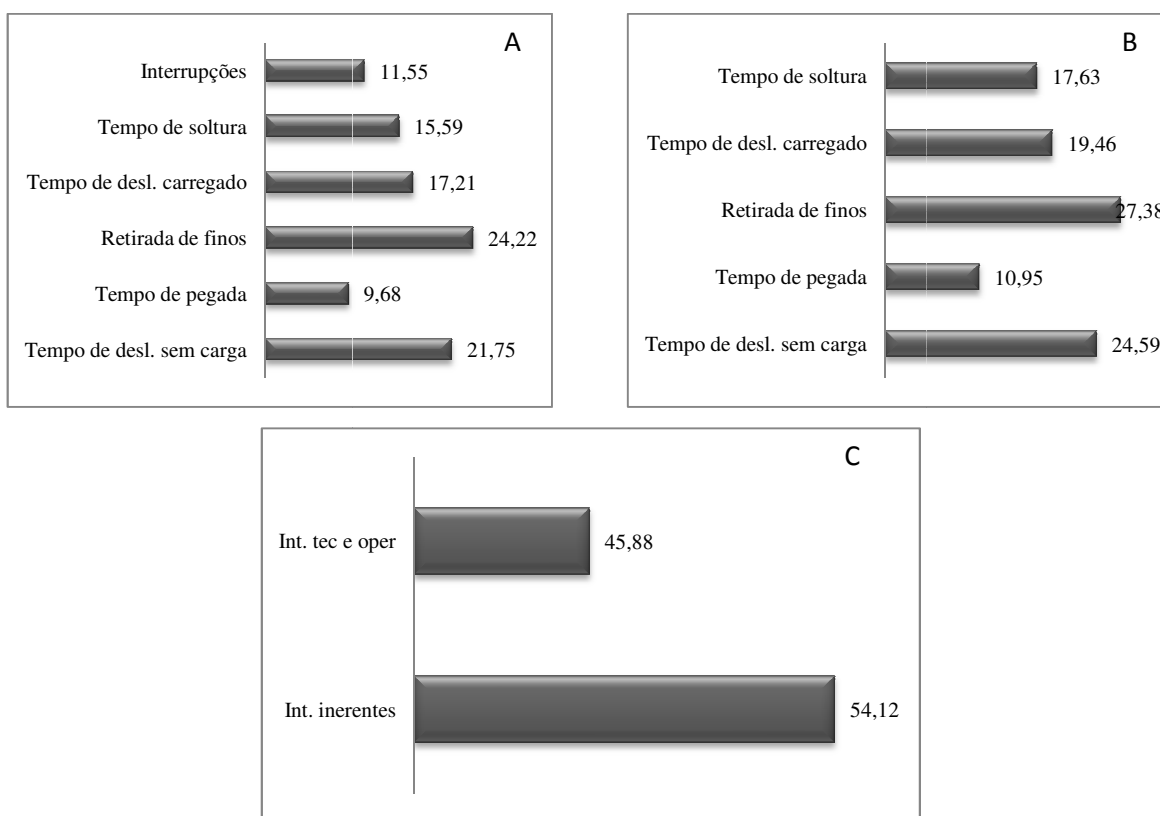


Figura 32: Composição percentual do ciclo operacional do carregador florestal. A – percentual do tempo total consumido pelos elementos operacionais, B – consumo efetivo dos elementos do ciclo operacional e C – percentual das interrupções inerentes e das técnicas e operacionais.

A eficiência operacional foi de 88,45%, gerada pelas interrupções inerentes e às técnicas e operacionais. A retirada dos tocos e tiços da concha acoplada ao trator carregador florestal foram responsáveis por 38,69% e o ajuste final do carvão vegetal nas carretas acarretou 25,37% das interrupções inerentes. A produtividade foi de 169,58 m³/he (TABELA 32).

Tabela 32 - Rendimento operacional carregador florestal no carregamento os caminhões com carvão vegetal.

Máquina	Prod (m ³ /he)	EO%
Carregador florestal	169,58	88,45

5.3.6 ANÁLISE DE CUSTO DA UNIDADE DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL

O custo de produção para o Sistema I, com o uso de toras de 2 m e carbonização em fornos cilíndricos parabólicos, foi de 120,48 R\$/t. Enquanto que para o Sistema II, toras de 6 m e emprego de fornos RAC, apresentou o valor de 68,58 R\$/t. Esse valor pode ser explicado pelo rendimento dos fornos RAC.

O elevado custo na carbonização pode ser justificado pelo custo de construção dos fornos e das máquinas utilizadas nos processos de descarregamento de madeira no box, enchimento e descarregamento dos fornos e expedição do carvão vegetal.

O alto custo na aquisição de maquinário utilizado no processo de produção de carvão vegetal foi considerado como um fator limitante na cadeia produtiva do carvão. Esse fator foi considerado em função da análise do custo de produção do carvão.

5.3.7 CUSTO DE PRODUÇÃO DO CARVÃO VEGETAL

Ao analisar o sistema de produção de carvão vegetal conclui-se que o sistema de produção de carvão vegetal, por meio de fornos cilíndrico parabólico, Sistema I, apresentou maior custo de produção para uma tonelada de carvão em relação à produção de carvão vegetal com a utilização de fornos RAC, Sistema II (TABELA 33).

Tabela 33 - Custo de produção e transporte de uma tonelada (t) de carvão vegetal.

Item	Sistema I	Sistema II
	(R\$/ t)	
Implantação	41,39	41,39
Manutenção	35,64	35,64
Colheita	71,40	28,45
Transporte	42,40	42,40
Carbonização	124,32	68,58
Expedição e frete	86,40	86,40
Impostos (9,02%)	44,58	27,54
Outros (10%)	40,42	30,54
Total	482,71	360,94

De acordo com a Figura 33, as operações que apresentaram maior percentual de custo para o Sistema I foi o processo de carbonização e a colheita florestal, justificado pelo maior gasto de tempo nas etapas de traçamento e carregamento florestal, bem como a utilização de máquinas terceirizadas.

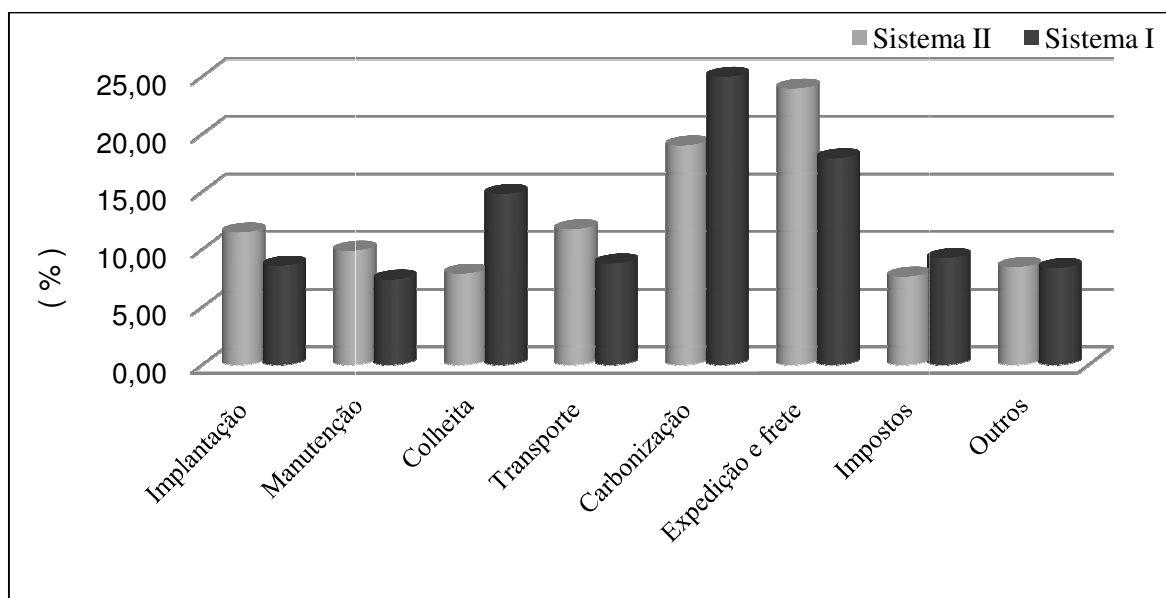


Figura 33: Custo das operações para produção e transporte de uma tonelada de carvão vegetal.

A eficiência produtiva para os dois sistemas apresentou os seguintes valores, Sistema I apresentou menor eficiência, 1,08, quando comparado com o Sistema II o qual apresentou o valor de 1,44 (TABELA 34). Dessa forma, pode se afirmar que o Sistema II é

a melhor forma de investimento para produção de carvão, pois valores de eficiência menores que um é considerado inviável economicamente.

Tabela 34 - Eficiência produtiva dos sistemas de produção de carvão vegetal da Empresa Votorantim Siderúrgica.

Sistemas	Eficiência produtiva
I	1,08
II	1,44

A comparação dos rendimentos de sistemas no processo de produção de carvão vegetal é importante para indicar o sistema economicamente viável, minimizar custos e aperfeiçoar a produção. Cabe ressaltar que a produção de carvão pela empresa tem o objetivo de suprir a demanda dessa na fabricação de ferro gusa e aço. Essa empresa apresenta vantagem com a produção verticalizada, ao suportar preços de insumos mais altos, em especial aos de carvão vegetal na produção dos subprodutos, ferro e aço.

5.4. AMBIENTE ORGANIZACIONAL E INSTITUCIONAL

5.4.1. AMBIENTE ORGANIZACIONAL

O ambiente organizacional é constituído por instituições financeiras, assistência técnica, programas governamentais e instituições de pesquisa pública e privada. No setor florestal, as grandes empresas florestais que produzem carvão vegetal destacam no desenvolvimento e apoio de pesquisas. Pode-se citar Votorantim Siderurgia, Acesita, Aperam Bionergia, Gerdau Aços Longos S.A, Arcelor Mittal Bionergia. Ltda, V & M Florestal Ltda, entre outras.

Dentre as organizações de serviços de informação, investigação científica e tecnológica elenca-se a ABRAF (Associação Brasileira de Florestas Plantadas), as Universidades Públicas e Privadas, empresas de pesquisas, a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária), AMS (Associação Mineira de Silvicultura) e as várias empresas de consultoria florestal. Pode-se afirmar que por meio de projetos e investimentos em pesquisa o ambiente organizacional exerce forte influência na cadeia produtiva do carvão vegetal.

Os sindicatos, associações e cooperativas ligadas à produção de carvão vegetal exercem influência em sua cadeia produtiva. As representações de classe têm por

finalidade defender os direitos e interesses dos trabalhadores, produtores e empresas cuja base é a matéria-prima em comento.

Como exemplo pode-se citar o “Projeto de Carvão Vegetal Cidadão” implantado no estado do Mato Grosso do Sul. Dentre os objetivos do projeto há consolidação à qualificação da mão de obra na indústria do Estado para entrar no estágio da produção do aço. À frente do projeto está o Sindicato dos Trabalhadores de Extração Mineral e Carvão Vegetal de Mato Grosso do Sul (Sitiemc-MS) e o Sindicato das Indústrias dos Produtores de Carvão Vegetal de Mato Grosso do Sul (SindiCARV). O Projeto de Carvão Vegetal Cidadão foi patrocinado pelas Siderúrgicas Vetorial e Simasul e apresenta diversas entidades como parceiras (FIEMS, Senai, Famasul, Senar, Sebrae, secretárias estaduais e municipais e Universidades Federais e Estaduais (PAINEL FLORESTAL, 2012).

Para as organizações de crédito, as principais linhas de financiamento são: PRONAF ECO, BNDS Florestal, BNDS Meio Ambiente, BNDS compensação florestal, BNDS ABC, FNE VERDE, FCO PRONATUREZA. As taxas de juros, prazo de pagamento e carência merecem atenção, já que são atrativas quando se busca a implantação da atividade florestal.

Alguns fatores podem influenciar de forma negativa um programa de crédito que vise à implantação de florestas para produção de carvão vegetal, tanto na incorporação de tecnologias, quanto na inadimplência dos beneficiários. É necessário entender o comportamento dos produtores rurais que tem acesso e participam dessas linhas de financiamento. Alguns desses fatores são discutidos por Galjart (1971), dentre eles cita-se: o querer fazer, o saber fazer e o poder fazer.

Determinados comportamentos diante à disponibilização do acesso ao crédito rural são influenciados por valores e crenças que governam as atitudes frente à inovação e incorporação de tecnologia. A esse fator dar-se-á o nome de - o querer fazer- MDA (2012).

O saber fazer refere-se ao conhecimento e a capacidade de inovar do beneficiário. Enquanto que - o poder fazer – está relacionado com as condições socioeconômicas do beneficiário do crédito rural. Tais condições podem ser descritas por meio do nível de escolaridade, situação geográfica dos empreendimentos, localização em relação ao mercado consumidor, infraestrutura entre outros (MDA, 2012).

Ao analisar tais fatores dentro da cadeia produtiva do carvão vegetal tem-se o exemplo da distância do produtor de madeira para produção de carvão vegetal em relação ao polo consumidor de carvão vegetal. Quanto maior a distância mais onerosa é o custo da aquisição do carvão vegetal pelo consumidor final. É necessário o desenvolvimento e

aplicação de políticas para reflorestamento com fins energéticos para o suprimento dos polos consumidores.

Para promover o desenvolvimento do setor florestal, vários países tem implementado diversos mecanismos de financiamento, em conjunto com a utilização racional dos bens disponibilizados por meio do manejo florestal, recuperação de áreas degradadas, preservação de florestas nativas dentre outros recursos (MENDES, 2005).

O Brasil está investindo em programas que fornecem incentivos e recursos para produtores rurais adotarem técnicas agrícolas sustentáveis. Dentre as iniciativas, o MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento) em 2011, consolidou o PROPFLORA (Programa de Plantio Comercial e Recuperação de Florestas) e o PRODUSA (Programa de Estímulo a Produção Agropecuária Sustentável) no Programa ABC (Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura – Agricultura de Baixo Carbono). Essa fusão objetivou simplificar o processo de concessão de crédito ao produtor rural e tornar as taxas de juros mais atrativas.

O Programa ABC teve como metas a redução e mitigação da emissão dos gases de efeito estufa – gás carbônico (CO_2), gás metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O).

O objetivo do programa está na produção agrícola e pecuária mais rentável ao produtor, maior quantidade de alimentos para a população e proteção ao meio ambiente. As ações são para difundir uma nova agricultura sustentável que reduza o aquecimento global e a liberação de gás carbônico na atmosfera. Essas ações têm metas e resultados até 2020. O programa ABC incentiva:

- I. Plantio direto na palha;
- II. Recuperação de áreas degradadas;
- III. Integração lavoura-pecuária floresta;
- IV. Fixação biológica de nitrogênio;
- V. Tratamentos de resíduos animais; e,
- VI. Plantio de florestas comerciais.

Os plantios das espécies florestais, eucalipto e pinus, têm como finalidade proporcionar renda futura para o produtor e redução do gás carbônico do ar, graças ao oxigênio liberado pelas árvores. Intenta-se, assim, aumentar a área de seis milhões de hectares para nove milhões de hectares de florestas plantadas (MAPA, 2010).

O governo, por meio de programas de incentivo ao plantio e consumo de florestas plantadas, desenvolveu o Plano setorial para carvão vegetal sustentável (2010), produzido pelo MIDIC (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior). O MIDIC

integrou a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP) como destaque estratégico, por meio de programas de fomento à gestão ambiental sustentável de cadeias produtivas e empresas. Também estabeleceu várias ações para estimular o desenvolvimento limpo na indústria brasileira. Enfatiza-se a pesquisa do Panorama do Mercado de Carbono no Brasil, as pesquisas na busca pelo incremento de uso de carvão vegetal renovável para a siderurgia brasileira e o Plano Setorial de Redução de emissões da Siderurgia (MIDIC, 2010).

Para o incremento de uso de carvão vegetal renovável na siderurgia brasileira o MIDIC contratou o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) para conduzir estudos de subsídios junto ao setor privado e à academia. O objetivo do projeto foi de elaborar políticas públicas de incentivo à utilização de carvão vegetal sustentável de florestas plantadas, para evitar o desmatamento das matas nativas e promover a redução nas emissões de gases poluentes. Dessa maneira, aumentar-se-ia a competitividade brasileira em relação à economia de baixo carbono.

O Plano Setorial de Redução de Emissões da Siderurgia foi desenvolvido para elaborar medidas de cumprimento na meta voluntária de redução de oito a dez milhões de toneladas de gases estufa na indústria siderúrgica. O governo brasileiro, como dito anteriormente, assumiu esse compromisso na Conferência de Copenhague, da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Clima, COP-15. Entretanto, para alcançá-la o setor siderúrgico tem a recomendação de uso de carvão vegetal renovável como insumo na produção do ferro-gusa.

O Ministério de Minas e Energia aprovou em 2011 o “Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEf – Premissas e Diretrizes Básicas” (MME, 2011a). Dentro das linhas e ações propostas tem-se, como meta (MME, 2011b) os seguintes pontos:

- Criar mecanismos de incentivo de troca de carvão mineral importado por rotas via carvão vegetal oriundo de plantações específicas para este fim, o setor ferro-gusa e aço;
- Estimular o consumo da lenha em usos industriais/comerciais como fonte de energia desde que ela seja certificada e tenha origem comprovada de florestas plantadas ou manejadas;
- Fomentar a utilização de resíduos industriais (biomassa, gases de coqueria e de fornos) em processos de cogeração de energia, aumentando a eficiência dos processos industriais envolvidos;
- Dentro das propostas de Gestão Institucional, articular com o MIDIC, ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial), BNDS (Banco Nacional de Desenvolvimento

Econômico e Social), MF (Ministério da Fazenda) e associações afins o estímulo à inserção nos setores industriais de ações de eficiência energética na PDP.

É necessário o incentivo de plantios florestais para produção de carvão vegetal, principalmente, próximo aos grandes polos, sejam industriais ou siderúrgicos. Essa meta estratégica deve contemplar um determinado raio econômico para diminuir os custos com transportes. Os estados envolvidos são Minas Gerais, Pará, Mato Grosso do Sul e São Paulo, pois neles estão as maiores e principais reservas de minério de ferro do Brasil.

A assistência técnica e extensão rural (ATER) para a produção de florestas com finalidade de obtenção do carvão vegetal é feita, por exemplo, pela EMATER⁷ dos estados de MG, GO, SP, RS, assim como por instituições privadas e empresas de consultoria florestal.

Diante as informações apresentadas pode-se afirmar que há um ambiente favorável para o desenvolvimento em pesquisa e tecnologia para a cadeia produtiva do carvão vegetal no Brasil. Porém há uma deficiência na transferência de tecnologia e assistência técnica aos produtores de floresta plantada para fins energéticos e para o processo de carbonização. Visto que a análise do ambiente organizacional é primordial para o estudo de competitividade dessa cadeia.

5.4.2. AMBIENTE INSTITUCIONAL

Neste item foram consideradas normas e políticas que influenciam a cadeia produtiva do carvão vegetal. A produção e consumo do carvão vegetal estão regulados e amparados por leis nas esferas estadual e federal. No setor federal as normas e regulamentos influem direta e indiretamente na cadeia produtiva do insumo.

No escopo legal, tem-se uma infinidade de normas dando as diretrizes necessárias no tocante ao assunto. A Constituição Federal do Brasil de 1988 (Capítulo VI, do Meio Ambiente – art. 225) rege as diretrizes gerais acerca da proteção ao meio ambiente, dando-lhe caráter coletivo e impondo a todos a responsabilidade no seu trato; o novo Código Florestal, na figura da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012; resoluções, como as elaboradas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA; portarias; instruções normativas; entre outras.

⁷ Parte da administração pública indireta.

O governo mostra-se empenhado na diminuição da taxa de desmatamento e consequentemente na redução da produção de carvão vegetal originário de matas nativas. De acordo com a nova Lei Florestal Estadual de Minas Gerais, Lei nº 18.365, de 01 de setembro de 2009, as empresas consumidoras de carvão vegetal poderão consumi-lo, quando for de atividades com uso alternativo do solo e tiver autorização dos órgãos ambientais do Estado. Além disso, o consumo anual total não pode ultrapassar 5%. Atualmente o percentual aceito de consumo de carvão vegetal nativo, pelas empresas, é de 15% (ALMG, 2012). A redução para os termos fixados em lei tem o prazo de adequação até o ano de 2018.

Os novos plantios florestais devem estar de acordo com a legislação ambiental e trabalhista para assegurar maior competitividade no setor. Concomitante ao incentivo do governo é necessário aumentar a eficiência da fiscalização da produção e consumo do carvão vegetal no Brasil e a diminuição da carga tributária que advém sobre a produção de carvão vegetal.

Segundo Imaña (2011) o impacto da carga tributária na produção de carvão vegetal incide o valor de 9,76%, o que denota a necessidade de reformulação do sistema fiscal, a fim de torná-lo mais eficiente e progressivo. Os tributos analisados por esse autor e o percentual correspondente foram divididos em:

- I. Tributos indiretos (37,41%): COFINS, PIS;
- II. Tributos diretos (30,77%): IRPJ, CSLL;
- III. Encargos sociais (16,70%): FGTS, INSS;
- IV. Taxas públicas (10,16%): ECRRA, TF, TCFA, TFAMG;
- V. Tributo sobre propriedade (4,94%): ITR;

Esse mesmo autor verificou que a taxa estadual concentrou-se na Taxa Florestal (TF), os demais elementos: ECRRA; TCFA e TFAMG não apresentaram representatividade. O âmbito federal responde por 90% dos valores recolhidos dos tributos, elenca-se entre esses o COFINS (Contribuição para Financiamento da Seguridade Social) representando 3% do total da receita de vendas.

Ao analisar os tributos incidentes sobre a produção de carvão vegetal proveniente de matas nativas, verificou-se que a TF é cinco vezes superior ao valor do que para o caso de floresta plantada. O governo de MG impõe alta taxa para o carvão de matas nativas. É um meio de incentivo ao produtor rural de floresta plantada. Enquanto que para o carvão de floresta plantada a TCFA e TFAMG os valores são quase nulos, para o carvão de mata nativa essas duas taxas correspondem ao valor de R\$3.600,00/ano (IMANÑA, 2011).

Com base nas informações sobre o ambiente institucional o país necessita de uma fiscalização eficaz para diminuir o consumo de carvão proveniente de matas nativas. E uma das consequências da fiscalização é o aumento da produção de carvão oriundo de floresta plantada, pois o consumo não diminuirá se baixar a produção de carvão de vegetação nativa. E pelo contrário, aumentará o investimento em florestas plantadas para atender o mercado consumidor do carvão advindo de mata nativa.

5.5. DESEMPENHO DA CADEIA PRODUTIVA

5.5.1. QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL

De acordo com o resultado da aplicação do método de Painel de Juízes, pode-se concluir que a baixa qualidade da madeira; falta de material genético adequado para produção de carvão vegetal; pouco desenvolvimento e incorporação de novas tecnologias; falta de rendimento dos fornos utilizados para produção de carvão vegetal e a falta de mão de obra qualificada são fatores críticos de desempenho na qualidade do carvão vegetal.

A baixa qualidade da madeira é um fator crítico na cadeia produtiva do carvão vegetal ocasionando perda em produtividade e qualidade do carvão vegetal. A falta de material genético adequado para produção de carvão vegetal foi fator considerado crítico no estudo dessa cadeia. Pois são necessários estudos relacionados às características da madeira (física e química), voltadas para maior rendimento gravimétrico e menor teor de finos e cinzas na produção de carvão vegetal.

O baixo rendimento dos fornos utilizados para produção de carvão vegetal é um dos fatores críticos, pois diminui a produtividade, rendimento do carvão vegetal e a qualidade do carvão, devido à produção de tiços e finos. Ou seja, é também um fator crítico de eficiência, qualidade e danos ao meio ambiente.

O rendimento do carvão é um dos itens responsável por toda a logística de produção, visto que, a partir dele, faz-se o planejamento da quantidade de madeira a ser comprada ou da área de plantio florestal necessária para suprir a demanda.

Segundo estudos realizados por Vital e Pinto (2011), 60% da produção de carvão vegetal do Brasil ainda é realizada por tecnologia rudimentar, com cerca de 20 a 25% de rendimento. Os fornos mais tecnológicos são responsáveis por 20% da produção e conseguem alcançar um rendimento de até 39%. Como exemplo, abre-se destaque para os

fornos das empresas V&M e Plantar. Já os fornos retangulares são responsáveis por 10% da produção e atingem rendimentos de 30 a 37%.

O pouco desenvolvimento e incorporação de novas tecnologias é um fator crítico de qualidade na cadeia produtiva do carvão vegetal. A partir dessa concepção, empresas têm investido em pesquisas e no uso do melhoramento de espécies e de rendimentos dos fornos para a produção do carvão que apresente melhor qualidade. Concomitante é necessária mão de obra qualificada nos segmentos dessa cadeia.

5.5.2. EFICIÊNCIA PRODUTIVA

Para avaliar a eficiência produtiva do carvão vegetal é necessário analisar o custo de produção da madeira. Este serve de elemento auxiliar da administração, influência nas escolhas de práticas e culturas a serem adotadas e constitui informação importante na tomada de decisão (MARTIN et al., 1998).

Custo de implantação e manutenção

O custo de implantação é influenciado pelo nível de tecnologia empregado. Empresas capitalistas, grandes e médios produtores geralmente apresentam maior custo na implantação quando comparados com o pequeno produtor (FIGURA 34). Porém ao comparar o desenvolvimento da floresta, esses segmentos (empresas capitalistas, grandes e médios produtores) se destacam em produtividade, maior IMA (Incremento Médio Anual) por unidade de área (ha).

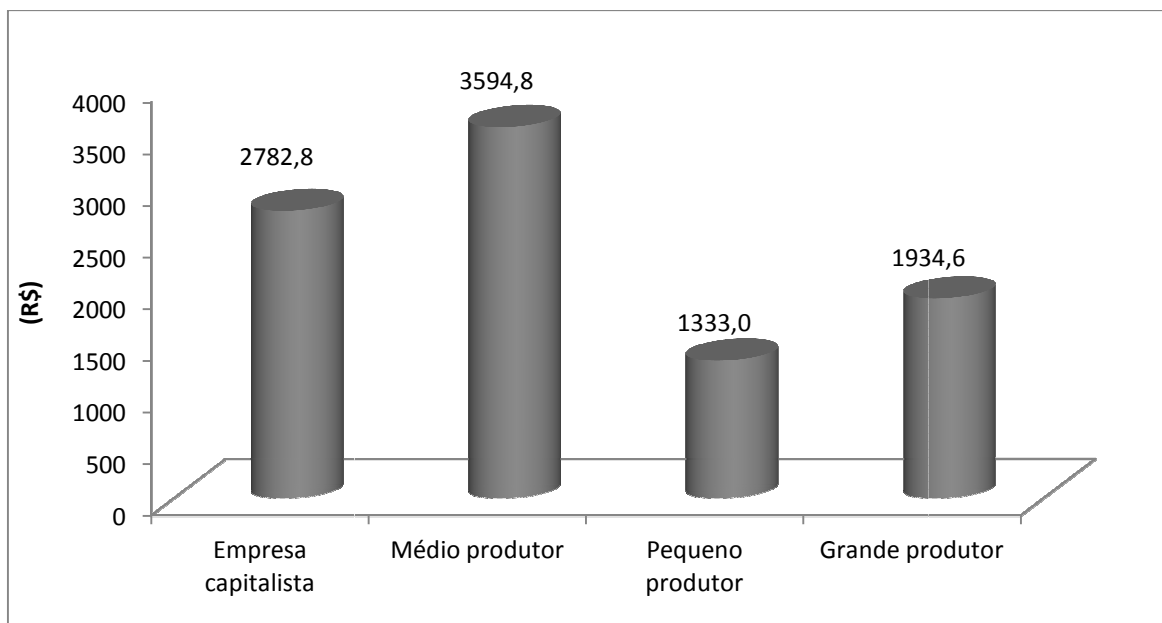


Figura 34: Custo de implantação por hectare de uma floresta de eucalipto em Minas Gerais.

O valor encontrado para o pequeno produtor R\$ 1.333,00 pode ser justificado pelo baixo investimento no uso de insumos e operações mecanizadas. Conseqüentemente a produtividade é baixa, quando comparado com o IMA dos segmentos que investem em tecnologia e insumos, sendo assim a eficiência produtiva é menor. Pois o desenvolvimento da floresta é influenciado por vários fatores, dentre eles elenca-se a fertilização e tratamentos silviculturais adequados.

As operações que apresentaram maior impacto nos custos foram às operações mecanizadas. Deve-se considerar que cada propriedade rural apresenta particularidades quanto aos seus sistemas produtivos, nível tecnológico, mão-de-obra e adoção de práticas silviculturais. De acordo com a Figura 35, o percentual dos custos dos insumos na implantação de uma floresta está entre os itens mais elevados.

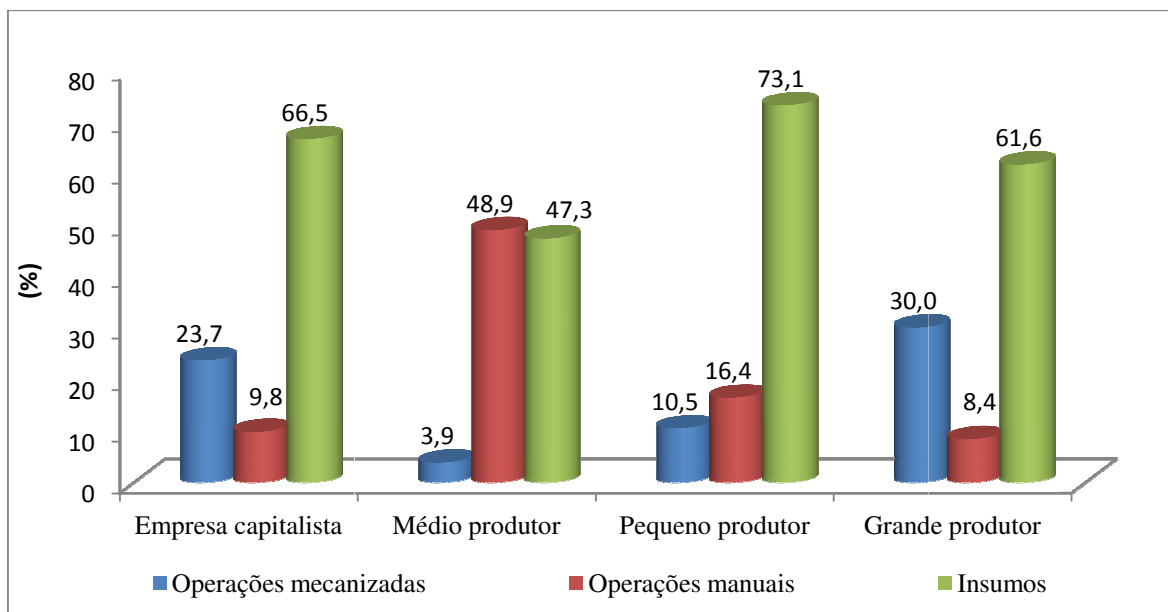


Figura 35: Percentual das operações e insumos no custo de implantação, por hectare, de uma floresta de eucalipto em Minas Gerais.

Dentre os itens de insumo com maior percentual de custo, têm-se os fertilizantes e as mudas, cuja variação, em relação à implantação de grandes empresas e médios produtores, é de 15 a 30%. Para os pequenos produtores esse percentual pode chegar a 41,2%. Justifica-se pelo preço de aquisição de mudas. Também pode estar relacionada ao preço de compra, fertilizantes e mudas, que é mais elevado se for para aquisição de pequenas quantidades. Em se tratando apenas dos fertilizantes, o percentual pode variar de 13% a 36% dos custos de implantação para grandes, médios e pequenos produtores.

E assim, o alto custo de aquisição de fertilizantes, NPK e fosfatos, foram considerados como um fator crítico na cadeia produtiva do carvão. Justificado pelo elevado percentual no custo de implantação de uma floresta. Segundo EMBRAPA (2003), os principais fatores que influenciam na produtividade e crescimento das florestas de eucalipto estão relacionados com a fertilidade do solo e o material genético utilizado (mudas).

Ao analisar o material genético para produção de carvão vegetal, principalmente, devido à crescente demanda, é um desafio para as indústrias siderúrgicas à redução dos custos, por meio de materiais genéticos superiores, que além de maior produção em volume de madeira, também é necessário a obtenção de carvão vegetal com maior rendimento gravimétrico e densidade (MELIDO, 2011).

A falta de material genético adequado para produção de carvão vegetal foi considerado um fator crítico na cadeia produtiva do carvão. Visto que, no mercado há

grande investimento em pesquisas para produção de mudas, com características voltadas para produção de papel e celulose, enquanto que é escasso o investimento em pesquisas para a produção de carvão.

A deficiência no manejo florestal também foi considerada como um fator crítico na cadeia produtiva. A falta de manejo florestal adequado, com aplicação de tratamentos silviculturais voltados para o desenvolvimento da floresta e qualidade da madeira para produção do carvão vegetal ocasiona perda de produtividade e qualidade da madeira. Essas reduções podem aumentar o custo de produção e a qualidade do carvão vegetal.

Colheita florestal

O corte da floresta de eucalipto é realizado, em média, quando ela atinge seis anos de idade. Do plantio ao corte são necessários determinados gastos com a manutenção da floresta. Geralmente com controle do mato-competição, formigas, manutenção de aceiros, entre outros. Esses custos variaram de R\$ 500,00 a R\$1000,00 por hectare, dependeram de fatores tais como, mão de obra utilizada, incidência de pragas, plantas invasoras.

A colheita florestal e transporte são responsáveis por aproximadamente 50% dos custos da madeira colocada no pátio da unidade de produção de carvão. Esse valor é fundamentado nos estudos realizados por Nascimento et al. (2011); Andreon (2011) e Lopes (2007), com análise de custo em diferentes sistemas de colheita, mecanizados e semimecanizado.

O preço mínimo, médio e máximo da colheita florestal, apresenta, respectivamente, os valores de R\$16,50, R\$ 19,80 e R\$30,00 por m³ (POYRY SILVICONCONSULT, 2012). Tais custos incluem também o custo de carregamento da madeira. Adotou-se nesse estudo o custo médio da colheita florestal (R\$ 19,80).

Cabe ressaltar que o custo da colheita florestal é diretamente influenciado pelos preços de aquisição das máquinas e equipamentos. Conforme análise dos custos da colheita florestal realizada no estudo de caso, Empresa Votorantim Siderúrgica, e por diversos estudos de custos de colheita, citados nessa pesquisa. O alto custo de maquinários e equipamentos na colheita florestal foi considerado um fator crítico na cadeia produtiva do carvão. O elevado preço de aquisição pode ser justificado pelo nível de especialização das máquinas e principalmente pela importação.

Transporte florestal

O transporte de madeira florestal também respondeu pelo elevado custo (R\$/m³) do processo de produção de madeira para carvão. Quanto maior a distância de deslocamento entre a unidade de produção de madeira e a unidade de produção de carvão maior o custo final desse produto.

O custo de transporte florestal também é influenciado pela qualidade da estrada e carregadores. Segundo Lopes et al. (2002) para a malha rodoviária florestal há a necessidade de trafegabilidade e maior vida útil, devido ao aumento do volume de tráfego de veículos de alta tonelagem e aumento das distâncias de transporte em rodovias de baixa qualidade. Uma vez que as estradas tem adquirido grande importância dentro do empreendimento florestal, pois os custos do binômio estrada transporte incidem significativamente no valor final da madeira.

Estudo realizado por Silva et al. (2007) ao analisar o custo e o raio econômico de transporte de madeira, mostrou que a distância máxima de transporte de madeira é influenciada pelo preço da madeira e a produção florestal. Outro fator que incide no preço do transporte é a umidade da madeira, pois quanto maior a umidade, maior o peso transportado.

Custo de carbonização

O levantamento do custo da carbonização foi para empresas capitalistas (processo mecanizado); grandes e médios produtores (processo semimecanizado); pequenos produtores (processo artesanal). Estes custos são influenciados pelo nível de tecnologia empregado no processo de enchimento e descarregamento dos fornos, tipos de fornos (RAC, fornos cilíndrico parabólicos, “rabo quente”...).

A Tabela 35 apresenta o valor do custo de carbonização da madeira de floresta plantada, e o tipo de forno utilizado para os segmentos analisados.

Tabela 35 - Custo de produção do processo de carbonização para empresas capitalistas, grandes, médios e pequenos produtores.

Segmentos	R\$/t	Forno
Empresas capitalistas	68,58	RAC
Grandes e médios produtores	26,63	Cilíndrico parabólico
Pequenos produtores	35,28	Rabo quente

O custo de carbonização para pequenos produtores de carvão, proveniente de matas nativas, apresentou o valor de 35,26 R\$/t. Esse custo não diferiu do custo de carbonização de pequenos produtores de floresta plantada, 35,28 R\$/t (TABELA 35). Pode ser explicado pelo baixo rendimento da mão de obra e do tipo de forno utilizado, forno “rabo quente”, ou seja, apresentam a mesma infraestrutura aplicada no processo de carbonização.

O baixo rendimento dos fornos utilizados para produção de carvão vegetal foi considerado como um fator crítico tecnológico na cadeia produtiva do carvão vegetal. Outro fator crítico, porém, não tecnológico é a falta de mão de obra qualificada.

Na carbonização o rendimento dos fornos é um dos fatores que influencia na produtividade do carvão. O controle de temperaturas nos fornos garante maior volume de carvão vegetal por fornada. No entanto, as carvoarias buscam a carbonização com temperaturas mais elevadas para reduzir o tempo de fornadas e aumentar as quantidades, haja vista no comércio, na maioria das vezes, o carvão é vendido com base no metro por saca e não por peso (LOTFI, 2010). Atualmente já se tem utilizado o peso do carvão vegetal enformado. Entretanto, falta o conhecimento sobre as reais eficiências energéticas (CGEE, 2008).

Outro item que diminui o controle de temperaturas é a engenharia dos fornos retangulares. Neste caso, Sampaio (2008) julga necessário: estudos experimentais da fluidodinâmica dos materiais de construção dos fornos; dominar o uso de ventiladores para movimentação dos fumos durante o processo de secagem; desenvolver a recuperação eficiente dos condensáveis da carbonização; estudar e desenvolver sistemas similares ao método *Roll-On*⁸.

Transporte de carvão vegetal

O custo médio calculado para madeira oriunda de floresta plantada foi de R\$ 2,00 Km. Enquanto que para o frete de carvão de madeira nativa o custo médio foi de 40% do total do valor da carga. Esse valor foi baseado nos resultados de aplicação de questionários a carvoeiros e caminhoneiros.

⁸ Sistema de carga e descarga, onde a madeira é colocada dentro de uma caçamba, transportada por caminhões adaptados, essa é colocada dentro do forno e após a carbonização a caçamba é retirada com o produto final, o carvão vegetal.

A variação de preços do transporte do carvão também pode estar vinculada às distâncias em que o carvão produzido da sua fonte consumidora, principalmente os parques siderúrgicos (REZENDE et al., 2005).

Quanto maior a distância das unidades produtoras de madeira e de carvão vegetal dos polos consumidores maior é o custo do carvão vegetal. Esse item é um fator limitante na cadeia produtiva do carvão vegetal no Brasil. Outro fator limitante, aliado ao transporte de carvão vegetal, é a baixa qualidade ou disponibilidade de rodovias para o escoamento da produção de carvão vegetal até os polos consumidores.

Impostos e taxas

Os elevados encargos sociais e impostos são um fator crítico dentro do sistema produtivo, segmento da cadeia produtiva do carvão. Justifica-se, esse fator como crítico, devido ao percentual de custo na produção do carvão vegetal. Considerou-se nesse trabalho o valor de 9,76 %, referente ao recolhimento de tributos para produção de carvão. Esse valor foi baseado no estudo de IMAÑA (2011).

De acordo com esse autor a distribuição da carga tributária de carvão vegetal é referente ao percentual dos tributos: ECRRA (Emolumento de Cadastro, Registro e Renovação Anual); TF (Taxa Florestal); CONFINS (Contribuição para Financiamento da Seguridade Social); PIS (Programa de Integração Social); IRPJ (Imposto de Renda da Pessoa Jurídica); CSLL (Contribuição Social Sobre Lucro Líquido); ITR (Imposto Territorial Rural); TCFA (Taxa de Fiscalização Ambiental); TFAMG (Taxa de Fiscalização Ambiental do Estado de Minas Gerais); FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço) e INSS (Instituto Nacional do Seguro Social) (FIGURA 36).

Para a análise dos tributos na produção de carvão vegetal de matas nativas, considerou o valor anual de R\$ 3.600,00 referente às taxas de TCFA e TFAMG.

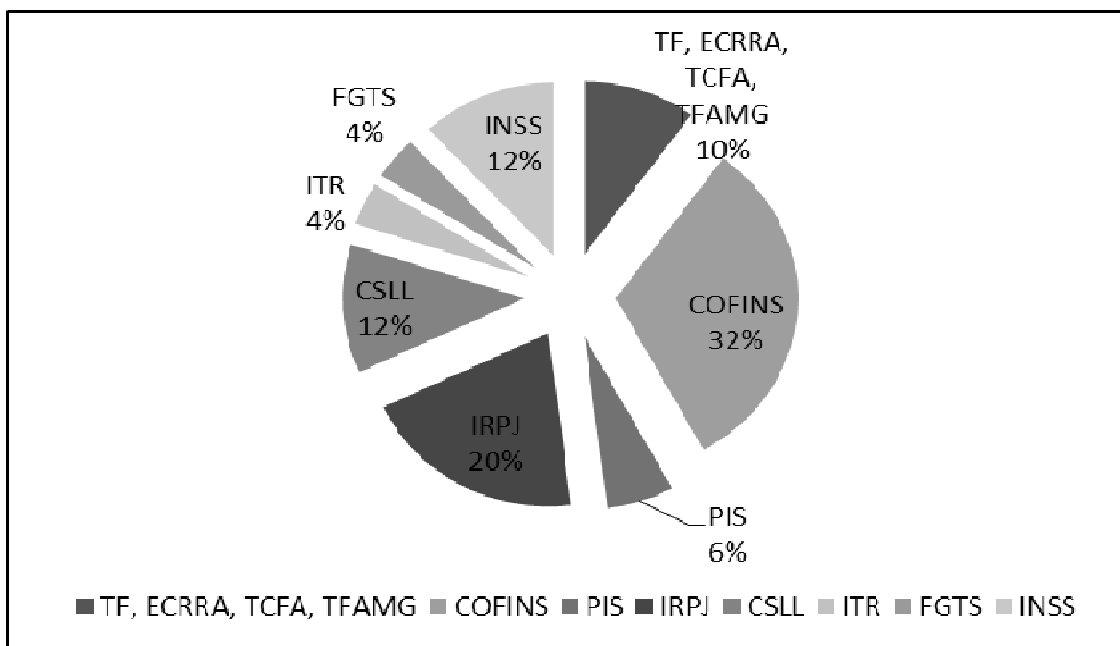


Figura 36: Distribuição da carga tributária na produção de carvão vegetal.
Fonte: Adaptado Imaña (2011).

Custo total de produção do carvão vegetal

Como pode ser visto na Tabela 36, as empresas capitalistas apresentam maior custo de produção do carvão vegetal. O que pode ser explicado pelo nível tecnológico empregado na produção, custos com mecanização, encargos sociais entre outros. O custo de produção para grandes e médios e pequenos produtores correspondeu a 356,40 R\$/t e 324,24 R\$/t, respectivamente. O frete é um dos elementos que proporcionou maior custo de produção do carvão, independente do tipo de segmento.

Tabela 36 - Custo da produção de uma tonelada de carvão vegetal para os segmentos de Empresas capitalistas, grandes e médios e pequenos produtores.

Item	Empresas capitalistas	Grandes e médios produtores	Pequenos produtores
	(R\$/ t)		
Implantação	46,00	46,10	26,65
Manutenção	12,50	12,50	10,00
Colheita	82,50	31,75	31,75
Transporte	40,00	25,00	12,50
Carbonização	68,58	26,63	35,28
Expedição e frete	90,00	144,00	144,00
Impostos (9,76%)	41,30	34,78	31,64
Outros (10%)	42,21	35,64	32,42
Total	423,09	356,40	324,24

O segmento de empresa capitalista apresentou a menor eficiência produtiva 1,22, enquanto que o pequeno produtor foi de 1,60 (TABELA 37). Porém cabe ressaltar que para o primeiro segmento a lucratividade esta ligada à quantidade de carvão vegetal vendida. Os índices de eficiência e fluxos produtivos geram informações relevantes para análises das cadeias produtivas, por meio de pontos fortes e fracos e/ou analisando a competitividade interna entre cadeias produtivas (POLZL, 2002).

Tabela 37 - Eficiência produtiva dos sistemas de produção de carvão vegetal.

Segmento	Eficiência Produtiva
Empresas capitalistas	1,22
Grandes e médios produtores	1,45
Pequenos produtores	1,60

Ao considerar como fator crítico a aquisição e uso de carvão vegetal oriundo de mata nativa no mercado de carvão vegetal no Brasil, fez-se necessário comparar e analisar o custo de produção do carvão de matas nativas com o preço de produção e venda do carvão oriundo de floresta plantada.

Verificou-se que os custos de produção de carvão de mata nativa podem variar de acordo com o sistema utilizado. Quando a produção é realizada pelo produtor rural o valor corresponde em média a R\$ 277,94/t, enquanto que, quando o produtor fornece a área desmatada em favor da terra limpa o carvoeiro tem o custo de produção de R\$ 232,48/t.

O produtor de carvão de mata nativa apresentou menor custo de produção do que o caso do pequeno produtor de floresta plantada, porém a eficiência produtiva desse segmento foi de 1,43, ou seja, o pequeno produtor de floresta plantada apresenta maior eficiência produtiva quando comparado com o produtor de carvão oriundo de vegetação nativa. Tal fato pode ser justificado pelo preço de venda do carvão.

O preço no mercado de carvão de floresta plantada é maior do que o preço pago ao produtor de carvão de floresta nativa. Monteiro (2006) afirma que há um custo maior de compra, quando o carvão vegetal é oriundo de plantios florestais. Os principais consumidores desse tipo de carvão vegetal são as siderúrgicas integradas.

Haja vista, que a produção de carvão vegetal do pequeno produtor de floresta plantada apresenta baixo rendimento, somado ao alto custo de implantação de uma floresta plantada, isso eleva o custo de produção do carvão, quando comparado com a produção de carvão vegetal oriundo de matas nativas. Joaquim (2009) afirma que a produção de carvão

vegetal proveniente de florestas nativas se torna economicamente viável em função da ausência de custos com a implantação, condução e manejo.

Dentre os elementos analisados na produção de carvão de matas nativa o frete foi o item com maior percentual de custo. Joaquim (2009) ao analisar os custos de produção de carvão vegetal no Sudoeste goiano verificou que a viabilidade econômica da produção de carvão vegetal de madeira nativa está relacionada à distância do consumidor final. Essa mesma autora afirma que a lucratividade da produção é afetada pelo custo do frete que corresponde a 40% do total do valor da carga, para madeira de origem nativa, e ao preço no caso da madeira de reflorestamentos.

O menor preço de venda do carvão de mata nativa é mais atrativo aos consumidores, sendo a aquisição desse tipo de carvão um fator crítico no mercado de carvão vegetal oriundo de floresta plantada no Brasil. Além da possibilidade de influenciar o aumento de desmatamentos para produção de carvão.

Como exemplo pode-se citar o estudo realizado por Sablowski (2008), ao analisar as externalidades que afetam o mercado de carvão vegetal em Minas Gerais, identificou como principal consequência o uso de carvão não licenciado, que favorece a maior pressão sobre as florestas nativas do Estado e de unidades federativas vizinhas.

5.5.3.COMPETITIVIDADE

Os fatores críticos relacionados à demanda de carvão vegetal e ou preço do carvão vegetal são: o aumento da produção de ferro provocado por preços favoráveis no mercado internacional; qualidade do carvão vegetal (teor de finos); falta de planejamento de suprimento do carvão vegetal pelas Siderúrgicas e a aquisição e uso de carvão vegetal oriundo de mata nativa.

O preço no mercado internacional do ferro gusa tem influência direta na oferta e demanda da produção de carvão vegetal. Segundo Gomes (2006) quando o preço do ferro-gusa está abaixo do custo de produção, as empresas diminuem a produção, provocando redução na compra de carvão vegetal. Em consequência da queda do preço, em curto prazo, a atividade não será rentável aos produtores, mas a falta de oferta no mercado promove alta no preço do insumo, favorecendo-os futuramente. Isso gera instabilidade no mercado (oferta e demanda) de carvão vegetal.

Embora crescente, o mercado de carvão vegetal e as oscilações geradas por desequilíbrios de ordem macroeconômica produzem frequentes alterações nos

investimentos privados e públicos no setor industrial, provocando menor ou maior utilização e consumo dessa matéria prima (REZENDE; SANTOS, 2010).

O segundo fator crítico relacionado ao mercado do carvão vegetal foi à qualidade do carvão vegetal (teor de finos). Barroso (2007) afirma que o teor de finos, especificamente as impurezas presentes no carvão vegetal, é prejudicial à produção de ferro-gusa, o que implica aumento do consumo de carvão vegetal e conseqüentemente maior volume de escoria e custo elevado.

A qualidade do carvão é importante para produção de ferro gusa, pois afeta diretamente os custos e a qualidade desse produto, que pertence ao setor que apresenta o maior percentual em consumo do carvão vegetal no país. O setor siderúrgico tem outras opções de carbono, elenca-se o carvão vegetal de origem de mata nativa e o carvão mineral que são competitivos com o carvão vegetal.

A competitividade do carvão vegetal brasileiro é afetada pela importação de matéria prima fóssil (*commodities*). Os fretes marítimos e a variação cambial geram um diferencial de custo entre as siderúrgicas do Brasil e suas competidoras no mercado mundial. Os principais países competidores são Ucrânia, Austrália, Canadá, África do Sul e Rússia.

Esses países apresentam grande quantidade de carvão mineral e minério, superior ao potencial competitivo do Brasil (CGEE, 2008). Dentre os países supracitados, destacam-se a Ucrânia e Rússia, que são favorecidos pela localização geográfica, disponibilidade de insumo (minério de ferro e coque) (ABRAF, 2012).

O ferro a base de carvão mineral é mais competitivo, por apresentar menor preço quando comparado com o ferro à base de carvão vegetal. A competição com o carvão mineral para produção de ferro é um fator limitante na cadeia produtiva do carvão vegetal.

Contudo, há vantagens na utilização do carvão vegetal nas siderúrgicas. Primeiramente, pela grande quantidade de terras e condições edafoclimáticas que favorecem o plantio de florestas plantadas, em especial o eucalipto. E segundo, a baixa quantidade das reservas de carvão mineral do Brasil.

A maior reserva de carvão mineral está localizada no Sul do país, porém, em que pese o tamanho, não é suficiente para o suprimento energético do Brasil. O país depende da importação de carvão mineral, sendo que o vegetal apresenta a vantagem de ser oriundo de fontes renováveis de energia e por ter menor capacidade de lançar poluentes no ambiente.

Os demais fatores críticos que influenciam no mercado do carvão são a falta de planejamento de suprimento do carvão vegetal pelas Siderúrgicas e a aquisição e uso de carvão vegetal oriundo de mata nativa, esses fatores são interligados. Tal afirmação pode ser justificada pelo fato da falta do planejamento das siderúrgicas, pois com uma demanda de carvão e a disponibilidade, oferta, no mercado, de carvão vegetal proveniente de matas nativas, há uma absorção desse carvão para suprir as demandas dessas siderúrgicas que não apresentam tais planejamentos. Cabe ressaltar também, que a existência da produção de carvão vegetal advinda de matas nativas é porque ainda tem mercado para consumir esse tipo de carvão.

5.5.4. SUSTENTABILIDADE

Dentre os fatores limitantes da cadeia em estudo, a falta de reaproveitamento de gases dos fornos de produção, pouco desenvolvimento e incorporação de novas tecnologias e a baixa produção de carvão vegetal oriundo de floresta plantada foram considerados como fatores críticos de danos ao meio ambiente na cadeia produtiva do carvão vegetal proveniente de florestas plantadas.

O reaproveitamento de gases liberados, durante o processo de produção do carvão, pode ser utilizado na secagem de madeira, diminuindo os gases liberados no ambiente. As empresas estão em busca de soluções, economicamente viáveis, para a diminuição do teor de metano CH_4 liberado na atmosfera. Uma dessas soluções é a queima da fumaça durante o processo da pirólise, liberando um gás menos tóxico, o CO_2 . Há também outras soluções, dentre elas, a utilização dos gases provenientes da pirólise da madeira na produção de bióleo e o aumento do rendimento gravimétrico, diminuindo assim a quantidade de Carbono (C) nos gases.

O segundo fator crítico relacionado a danos ao meio ambiente é o pouco desenvolvimento e incorporação de tecnologias. O desenvolvimento impróprio e a baixa incorporação de novas tecnologias pelos produtores de carvão vegetal, resultado da inadequação da tecnologia produzida para os segmentos produtivos, como exemplo, os fornos de alta eficiência produtiva de carvão vegetal com elevados preços de aquisição.

A adoção dessas tecnologias é possível para grandes produtores, empresas de produção de carvão vegetal. Então, cabe às empresas produtoras e consumidoras de carvão vegetal incentivar plantios de florestas plantadas, principalmente, dentro do raio econômico delas. Assim, a partir da compra de madeira proveniente de parcerias pelas

grandes empresas para a produção de carvão vegetal contribui para redução de danos ao ambiente, visto que essas empresas apresentam em seu quadro fornos mais eficientes, quando comparados com fornos utilizados por pequenos produtores. Entretanto, para que haja a adoção de tecnologias que aumentam a eficiência produtiva e a sustentabilidade, uma das alternativas é a obtenção de incentivos fiscais.

A pressão da sociedade associada com políticas, por meio de leis ambientais e a falta de madeira disponível no mercado estimulou a implantação de novos empreendimentos e a ampliação da área de floresta plantada no Brasil, principalmente nos estados cuja taxa de consumo de madeira para fins energéticos e para produção de celulose é expressiva, como é o caso de MG, SP, SC, BA, ES. Os emergentes na produção de floresta plantada, devido à instalação de parques siderúrgicos, são MS e PA.

Outro fator primordial na análise da produção do carvão vegetal advindo de florestas nativas é o fato de que esse tipo de produção gera perturbação ao solo, justificada pela exposição e retirada da cobertura vegetal, assoreamento de rios lagos e lagoas, além da diminuição da fauna e, conseqüentemente, a redução da biodiversidade local. Dentre as vantagens ambientais oferecidas pelo uso de carvão oriundo de florestas plantadas, Sabloswki (2008) ao utilizar a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), verificou que o uso de floresta plantada contribui para a redução do impacto global.

É importante ressaltar que o consumo de carvão vegetal de reflorestamento não é suficiente para atender o mercado. A baixa produção de carvão vegetal oriundo de floresta plantada foi considerada como um fator crítico na cadeia produtiva do carvão vegetal no Brasil.

Houve uma estabilização na área de plantios florestais para fins de produção do carvão, entre 2000 e 2007, e com isso a contribuição do carvão de florestas plantadas diminuiu de 70,5%, em 2000, para 49,9%, em 2007. Para suprir o mercado foi necessário o corte de matas nativas, aumentando, no mesmo período, o consumo dessa madeira nativa de 29,5% para 50,1% (REMADE, 2012).

Em estudo realizado da cadeia produtiva de carvão vegetal no estado de Minas Gerais, Sabloswki (2008) verificou que a cadeia de ferro gusa a base de carvão vegetal não é autossuficiente, ou seja, não cumpre o plano de auto suprimento com a sua própria oferta de carvão produzido com madeira de eucalipto. Resultados semelhantes foram encontrados por AMS (2009, b) e Rezende e Santos (2010).

5.6 FATORES LIMITANTES E CRÍTICOS

5.6.1 FATORES LIMITANTES DA CADEIA PRODUTIVA DO CARVÃO VEGETAL

Os principais fatores limitantes da cadeia produtiva foram classificados em tecnológicos, não tecnológicos e relacionados ao mercado do carvão vegetal no Brasil.

a) Fatores limitantes tecnológicos

- **Falta de material genético adequado para produção de carvão vegetal;** Sementes e mudas com potencial para produção de carvão vegetal.
- **Alto custo de fertilizantes;** Alto custo de aquisição de fertilizantes, NPK e fosfatos.
- **Alto custo de máquinas e equipamentos na colheita florestal;** O maquinário utilizado na cadeia produtiva do carvão vegetal é especializado e com alto custo de aquisição, grande parte são adaptados ou importados.
- **Deficiência no manejo florestal;** Falta do manejo florestal adequado, com aplicação de tratamentos silviculturais voltados para o desenvolvimento da floresta e qualidade da madeira para produção do carvão vegetal.
- **Carreadores nas fazendas de produção de eucalipto (infraestrutura);** Baixa qualidade dos carreadores dentro do sistema produtivo (unidade de produção) e estradas.
- **Falta de reaproveitamento de gases dos fornos de produção;** O reaproveitamento de gases liberados durante o processo de produção do carvão pode ser utilizado na secagem da madeira, somando a diminuição de gases liberados no ambiente.
- **Baixa qualidade da madeira;** Falta de características da madeira (física e química), voltadas para um maior rendimento gravimétrico e carvão com menor teor de finos e cinzas.
- **Pouco desenvolvimento e incorporação de novas tecnologias;** O desenvolvimento inadequado e baixa incorporação de novas metodologias pelos produtores de carvão vegetal, resultado da inadequação da tecnologia produzida para os segmentos produtivos. Como exemplo, os fornos de alta eficiência produtiva de carvão vegetal com elevados preços de aquisição.

- ***Baixo rendimento dos fornos utilizados para produção de carvão vegetal;*** A falta de rendimento dos fornos diminui a produtividade, rendimento do carvão vegetal e produz tiços e finos.
- ***Alto custo na aquisição de maquinário utilizado no processo de produção de carvão vegetal;*** O elevado custo de aquisição de maquinários utilizados no processo de produção de carvão vegetal, enchimento e descarregamento mecanizado dos fornos de carvão vegetal, entre outras etapas que são mecanizadas dentro do processo de produção do carvão vegetal.

b) Fatores limitantes não tecnológicos

- ***Alto custo da Terra;*** Preço de aquisição da terra, hectare.
- ***Falta de mão de obra qualificada;*** Mão de obra utilizada nas etapas da cadeia produtiva.
- ***Legislação Ambiental;*** As restrições impostas pelas leis ambientais gera desincentivo aos produtores para implantação de florestas plantadas.
- ***Elevados encargos sociais e impostos;*** Elevados impostos e encargos sociais no sistema produtivo.
- ***Baixa qualidade ou disponibilidade de rodovias;*** Baixa qualidade e disponibilidade de rodovias para escoamento da produção de carvão vegetal até os polos consumidores.
- ***Distância das unidades produtivas de madeira e carvão vegetal dos polos consumidores;*** A distância das unidades produtivas de madeira e carvão vegetal dos polos consumidores de carvão vegetal eleva os custos do carvão vegetal.
- ***Baixa produção de carvão vegetal oriundo de floresta plantada;*** Baixa produção de carvão vegetal oriundo de floresta plantada.
- ***Falta de incentivo ao fomento florestal;*** O incentivo ao fomento florestal por empresas verticalizadas e independentes de produção de carvão vegetal poderá aumentar a área de plantio de eucalipto, bem como diminuir os custos de implantação.

c) Fatores limitantes do mercado de carvão vegetal no Brasil

- ***Planejamento de suprimento do carvão vegetal pelas Siderúrgicas;*** A falta de planejamento da indústria siderúrgica gera instabilidade na quantidade de carvão consumida.
- ***Competição com o carvão mineral para produção de ferro;*** O ferro a base de carvão mineral é mais competitivo, por apresentar menor preço quando comparado com o ferro à base de carvão vegetal.
- ***Aquisição e uso de carvão vegetal oriundo de mata nativa;*** A aquisição de carvão vegetal oriundo de mata nativa influencia na demanda e consumo de carvão vegetal oriundo de floresta plantada.
- ***Qualidade do carvão vegetal (teor de finos);*** A qualidade do carvão vegetal é essencial para o rendimento dos usos finais, siderurgia, pizzarias, fornos, entre outros.
- ***Aumento da produção de ferro provocado por preços favoráveis no mercado internacional;*** Aumento da produção de ferro provocado por preços favoráveis no mercado internacional influencia no consumo e demanda de carvão vegetal no país.

5.6.2. FATORES CRÍTICOS DA CADEIA PRODUTIVA DO CARVÃO VEGETAL

A partir da avaliação realizada, foram considerados como fatores críticos ao desempenho da cadeia produtiva do carvão vegetal os seguintes fatores limitantes (TABELA 38).

Tabela 38 - Fatores críticos ao desempenho da cadeia produtiva do carvão vegetal.

FATORES CRÍTICOS TECNOLÓGICOS
<i>Fatores críticos de eficiência</i>
Falta de material genético adequado para produção de carvão vegetal
Alto custo de fertilizantes
Alto custo de máquinas e equipamentos na colheita florestal
Deficiência no manejo florestal
Falta de reaproveitamento de gases dos fornos de produção
Baixa qualidade da madeira
Pouco desenvolvimento e incorporação de novas tecnologias
Baixo rendimento dos fornos utilizados para produção de carvão vegetal.
<i>Fatores críticos de qualidade</i>
Falta de material genético adequado para produção de carvão vegetal
Baixa qualidade da madeira
Pouco desenvolvimento e incorporação de novas tecnologias
Falta de rendimento dos fornos utilizados para produção de carvão vegetal
<i>Fatores críticos de danos ao meio ambiente</i>
Falta de reaproveitamento de gases dos fornos de produção
Pouco desenvolvimento e incorporação de novas tecnologias
FATORES CRÍTICOS NÃO TECNOLÓGICOS
<i>Fatores críticos de eficiência</i>
Falta de mão de obra qualificada
Elevados encargos sociais e impostos
<i>Fatores críticos de qualidade</i>
Falta de mão de obra qualificada
<i>Fatores críticos de danos ao meio ambiente</i>
Baixa produção de carvão vegetal oriundo de floresta plantada
FATORES CRÍTICOS DE MERCADO
<i>Fatores críticos de demanda e preço do carvão vegetal</i>
Planejamento de suprimento do carvão vegetal pelas Siderúrgicas
Aquisição e uso de carvão vegetal oriundo de mata nativa
Qualidade do carvão vegetal (teor de finos)
Aumento da produção de ferro provocado por preços favoráveis no mercado internacional

5.7. AGENDA DE INOVAÇÃO PARA COMPETITIVIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DO CARVÃO VEGETAL

Para a formulação da agenda de inovação da cadeia produtiva do carvão vegetal procurou envolver o planejamento estratégico para competitividade dessa cadeia. Essa ferramenta permitiu entender o contexto em que essa cadeia está inserida e atender as necessidades, aspirações atuais e o desenvolvimento de pesquisa para suprir as demandas de inovação.

As demandas de inovação tecnológica identificadas nessa pesquisa podem ser solucionadas por programas de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e ATER (Assistência técnica). Este por meio da prestação de serviços realizados pela assistência técnica e extensão rural na transferência de tecnologia. Enquanto que as demandas para P&D são solucionadas no desenvolvimento de projetos de pesquisa.

A solução dessas demandas podem determinar progressos no desempenho da cadeia produtiva do carvão vegetal em: eficiência produtiva; qualidade do carvão vegetal; sustentabilidade e de competitividade. As demandas de inovação tecnológica prioritárias para P&D são apresentadas na Tabela 39.

Tabela 39 - Principais demandas tecnológicas de P&D para a cadeia produtiva do carvão vegetal.

Fator crítico	Impacto sobre o desempenho		
	Eficiência produtiva	Qualidade do carvão vegetal	Danos ao meio ambiente
Falta de material genético adequado para produção de carvão vegetal	x	x	
Alto custo de fertilizantes	x		
Alto custo de máquinas e equipamentos na colheita florestal	x		
¹ Falta de reaproveitamento de gases dos fornos de produção	x		x
Pouco desenvolvimento e incorporação de novas tecnologias	x	x	x
¹ Falta de rendimento dos fornos utilizados para produção de carvão vegetal.	x	x	

¹ Demandas que apresentam solução tecnológica, porém existe a necessidade do desenvolvimento de tecnológicas acessíveis aos produtores de carvão vegetal.

As principais demandas levantadas de inovação tecnológica para ATER são apresentadas na Tabela 40.

Tabela 40 - Principais demandas tecnológicas e não tecnológicas de ATER para a cadeia produtiva do carvão vegetal.

Fator crítico	Impacto sobre o desempenho		
	Eficiência produtiva	Qualidade do carvão vegetal	Danos ao meio ambiente
Deficiência no manejo florestal	x		
Baixa qualidade da madeira	x	x	
Falta de mão de obra qualificada	x	x	
Baixa produção de carvão vegetal oriundo de floresta plantada			x

Para aumentar o desempenho na produção de carvão vegetal é necessária a adoção de inovações. Essa inovação é apresentada como qualquer mudança de natureza tecnológica ou gerencial adotada por produtores, que aprimore a renda e trabalho desses produtores.

As demandas de inovação tecnológica para P&D podem ser solucionadas pela formulação e elaboração de pesquisas por órgãos públicos e empresas privadas. Todavia, cabe à assistência técnica rural pública e privada participar na difusão dessas tecnologias para obter tal inovação na cadeia produtiva do carvão vegetal no Brasil.

5.8. QUESTÕES DE PESQUISA REVISITADAS

Diante desse contexto o estudo levantou e respondeu as seguintes questões:

1 – Diante do processo histórico da produção de carvão vegetal para suprimento de siderurgias, por que atualmente se utiliza o carvão vegetal de vegetação nativa?

2- Quais os fatores críticos dos segmentos da cadeia produtiva do carvão vegetal oriundo de floresta plantadas e, conseqüentemente, qual a influência sobre o desempenho do sistema?

Ao analisar a capacidade de regulação e monitoramento da cadeia produtiva do carvão vegetal no país, observa-se um contraste entre os produtores de carvão vegetal. De um lado, os pequenos produtores que não têm acesso aos avanços tecnológicos, desenvolvidos pelos centros de pesquisas e grandes empresas florestais de produção de carvão vegetal. Geralmente, estes produtores produzem carvão proveniente de mata nativa e não apresentam em seu quadro mão de obra qualificada, às vezes os funcionários não tem acesso às leis trabalhistas. Em paralelo, existem as grandes empresas, detentoras de tecnologias, apresentam mão de obra qualificada, e com rígidas fiscalizações, realizadas pelos órgãos de fiscalização.

O rendimento, eficiência produtiva desses dois tipos de produtores apresentam diferenças. Os impactos gerados na produção de carvão vegetal, proveniente de baixa eficiência produtiva, principalmente as realizadas pelos pequenos produtores é responsável pela baixa quantidade de carvão produzida, por unidade de massa de madeira, ou seja, menor retenção de carbono, e uma maior quantidade de substâncias tóxicas liberadas na atmosfera.

Em relação, aos custos de produção, esse é considerado baixo, ao comparar com os custos de implantação de uma floresta para produção de carvão vegetal. A preocupação que o pequeno produtor apresenta é a venda do carvão, os aspectos de qualidade e rendimento não são primordiais para essa venda. O pequeno produtor produz carvão com esses aspectos, porque ainda tem mercado consumidor que compra carvão com baixa qualidade e de origem ilegal.

As empresas florestais apresentam um intenso investimento em tecnologia, desde a implantação da floresta, até a produção de carvão vegetal. A maioria dessas empresas opera na produção do carvão, com fornos retangulares, onde o processo de carregamento e descarregamento dos fornos é mecanizado, o que contribui para melhores condições de trabalho. Grande parte desses fornos não apresenta tecnologia para recuperação dos gases liberados durante o processo da produção do carvão.

A cadeia produtiva do carvão vegetal apresenta vários fatores críticos ao desempenho, alguns são consequências do processo histórico ao incentivo da produção de carvão vegetal no país, outros são decorrentes da falta de pesquisas, investimento em tecnologia, e a falta de inovação tecnológica. Esses fatores estão descritos no item, Fatores críticos ao desempenho, nessa dissertação.

As políticas de desenvolvimento no Brasil foram responsáveis por elevadas taxas de desmatamentos, ou seja, existia uma demanda de madeira para suprir as indústrias. Desde o início do desenvolvimento dos parques siderúrgicos e industrial no Brasil, houve falta de planejamento para um horizonte de longo prazo. Fato observado pelo incentivo aplicado às indústrias automotivas, em meados do século XX. A partir desse apoio, surgiu o grande polo siderúrgico em Minas Gerais. O outro polo resultante de políticas do Governo, em investimento na industrialização, foi o polo dos Carajás no final do século XX.

Devido à falta, nesses investimentos, da prospectiva dos resultados, principalmente a nível governamental, atualmente tem-se uma demanda por soluções. A primeira é a diminuição do percentual do uso de carvão vegetal oriundo de matas nativas e a substituição desse carvão pelo carvão proveniente de florestas plantadas.

O Brasil apresenta vantagem na substituição do carvão de matas nativas, pelo carvão de floresta plantada, dentre essas, destacam-se o grande percentual de áreas degradadas ou perturbadas, que mostra afinidade para implantação de florestas plantadas, em especial a espécie de *Eucalyptus* sp. Além de apresentar fatores edafoclimáticas que contribuem para o rápido desenvolvimento, ciclo curto de rotação. Atualmente o corte de *Eucalyptus* sp. para produção de carvão vegetal apresenta média de seis anos, quando comparado com a média do ciclo de rotação em outros países o Brasil tem se destacado.

O desmatamento no Brasil, não necessariamente, tem o objetivo apenas para a produção do carvão vegetal. Mas, também é importante correlacionar com a substituição da floresta, mata, por atividades agropecuárias, ou seja, às vezes o carvão é apenas um produto de origem de reaproveitamento, pois o objetivo principal do desmatamento é a utilização da área para outras atividades.

Outro fator primordial é o aumento da fiscalização para controle do tipo de carvão que está sendo comercializado no mercado, que depende diretamente da eficácia do governo.

É necessário o conhecimento sobre a demanda e o consumo do carvão vegetal no Brasil, para o desenvolvimento de planos e diretrizes ao incentivo de plantios florestas comerciais de eucalipto. Uma das possibilidades para solucionar o problema da falta de madeira no mercado de florestas plantadas, para produção de carvão vegetal é investir em

financiamentos, voltados para áreas que se encontram perturbadas e/ou degradadas, principalmente próximas aos grandes polos siderúrgicos de consumo de carvão vegetal.

É imprescindível conhecer também, quais são as características socioeconômicas dos produtores de madeira para produção de carvão vegetal. A fim de investir em políticas públicas, especialmente ao acesso do crédito rural, pois esses fatores são responsáveis pelo sucesso ou fracasso do programa de incentivo à produção de carvão vegetal.

6. CONCLUSÕES

Para melhorar o desempenho da cadeia produtiva do carvão vegetal é necessário entender quais as influências que o ambiente organizacional e institucional exerce sobre essa cadeia, bem como, identificar os fatores críticos ao desempenho. Nesse estudo foram identificados os seguintes fatores críticos da cadeia produtiva do carvão vegetal oriundo de floresta plantada, eucalipto, no Brasil:

- Falta de material genético adequado para produção de carvão vegetal;
- Alto custo de fertilizantes;
- Alto custo de máquinas e equipamentos na colheita florestal;
- Deficiência no manejo florestal;
- Falta de reaproveitamento de gases dos fornos de produção;
- Baixa qualidade da madeira;
- Pouco desenvolvimento e incorporação de novas tecnologias;
- Baixo rendimento dos fornos utilizados para produção de carvão vegetal;
- Falta de reaproveitamento de gases dos fornos de produção;
- Falta de mão de obra qualificada;
- Elevados encargos sociais e impostos; e
- Baixa produção de carvão vegetal oriundo de floresta plantada.

Os fatores críticos do mercado de carvão vegetal no Brasil que afetam a demanda e o preço do carvão são:

- Falta de planejamento de suprimento do carvão vegetal pelas Siderúrgicas
- Aquisição e uso de carvão vegetal oriundo de mata nativa
- Qualidade do carvão vegetal (teor de finos)
- Aumento da produção de ferro provocado por preços favoráveis no mercado internacional.

Ao analisar o sistema produtivo e os processos utilizados pela Empresa Votorantim Siderúrgica pode se concluir que:

- Na análise do traçamento florestal em toras de 3 m, 6 m e 2 m. Pode se concluir que o traçamento de árvores em toras de 6 m alcançou maior produtividade, valor de 108,68 m³/he. Tal rendimento é justificado pelo menor número de traçamento por árvore, consequentemente menor gasto de tempo no traçamento do feixe.

- O carregamento e descarregamento de toras 2 m mostrou-se com maior valor no gasto de tempo do ciclo operacional, o que pode ser explicado pela menor carga (volume/ por ciclo) quando comparados ao carregamento e descarregamento de toras de 6m.

- A análise econômica da colheita florestal para os sistemas I e II mostrou que o Sistema I apresentou um custo de 23,28 (R\$/m³), enquanto que o Sistema II o custo da colheita foi de 14,68 (R\$/m³).

- O custo de produção e transporte de uma tonelada de carvão foi maior para o sistema que utiliza toras de 2 m e carbonização em fornos cilíndricos parabólicos.

7. RECOMENDAÇÕES

De acordo com a análise realizada no estudo de caso, pode se afirmar que a aplicação de recursos: A) em pesquisas que visem o melhoramento genético do eucalipto para fins energéticos; B) na diminuição dos gases liberados durante o processo da pirólise; C) no maior rendimento na produção, D) na utilização dos processos de mecanização no enchimento e descarregamento dos fornos, são uma rota tecnológica indicada na produção do carvão vegetal, ao considerar os aspectos sociais, econômicos e ambientais da cadeia produtiva.

É necessário o investimento em pesquisas para indicação de material genético adequado para a produção de carvão vegetal. Visto que, no setor florestal as grandes empresas são responsáveis por ampla parte das pesquisas. Tem-se no mercado a disponibilidade de material genético adequado para a produção de celulose e papel, porém, há falta de material genético voltado para carvão vegetal. Tanto a eficiência produtiva, quanto a qualidade do carvão vegetal são influenciados pelo uso do material genético.

Na falta do manejo apropriado tem-se baixo desenvolvimento e produtividade da floresta, decorrente dessa deficiência o ambiente pode propiciar a ocorrência de doenças e pragas, árvores dominadas e ou estressadas. É imprescindível a aplicação de técnicas silviculturais e manejo adequado para gerenciar a máxima produtividade de campo e qualidade de madeira de acordo com as características necessárias para produção de carvão.

Apesar do fator limitante – alto custo na aquisição de maquinário utilizado no processo produção de carvão vegetal – não foi considerado, pelos especialistas como fator

crítico, é essencial o desenvolvimento de tecnologias que visa à diminuição do custo de aquisição desses maquinários. Uma vez que esse elemento é significativo na execução do trabalho nas carvoarias, pois no trabalho manual é notório a sua insalubridade.

Os problemas tecnológicos da falta de reaproveitamento de gases dos fornos de produção e falta de rendimento desses fornos são demandas que necessitam o desenvolvimento de tecnologia com preço acessível, a tecnologia disponível no mercado apresenta elevado custo de aquisição, inviabilizando a inovação tecnológica, tanto pela incorporação nas grandes empresas, quanto por produtores independentes de carvão vegetal.

Assim, a adoção de rotas mais eficientes influiriam em aspectos positivos nas áreas sociais e ambientais da cadeia produtiva do carvão vegetal. E de acordo com a escala de produção pode influenciar no aspecto econômico.

De acordo com o tempo de pesquisa, que corresponderam há dois anos, não foi possível realizar a análise prognóstica, embora a partir do resultado seja possível a continuação do trabalho para a realização desta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS. ALMG. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=18365&comp=&ano=2009>. Acesso em: 10 de fevereiro 2013.

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA, (AGRIANUAL). Informa Economics, FNP. São Paulo, 2012.

ANDREON, B.C. Análise dos custos de corte florestal em semi mecanizada em região declivosa no Sul do Espírito Santo. (Monografia em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Espírito Santo, 2011. 23 p.

ARRUDA, T.P. M. D. Avaliação de duas rotinas de carbonização em fornos retangulares. 2005. 45F.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADA. ABRAF. Anuário Estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011. Brasília, p. 150. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADA. ABRAF. Anuário Estatístico da ABRAF 2011 ano base 2010. Brasília, p. 130. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADA. ABRAF. Anuário Estatístico da ABRAF 2010 ano base 2009. Brasília, p. 140. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADA. ABRAF. Anuário Estatístico da ABRAF 2009 ano base 2008. Brasília, p. 120. 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADA. ABRAF. Anuário Estatístico da ABRAF 2008 ano base 2007. Brasília, p. 90. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADA. ABRAF. Anuário Estatístico da ABRAF 2007 ano base 2006. Brasília, p. 80. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADA. ABRAF. Anuário Estatístico da ABRAF 2006 ano base 2005. Brasília, p. 80. 2006.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA, AMS. Números do setor. Belo Horizonte. 2009 a. Disponível em: <http://www.silviminas.com.br>. Acesso em: 13 de janeiro de 2013.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA, AMS. Florestas energéticas no Brasil: Demanda e disponibilidade. 2009 b. Disponível em: http://www.silviminas.com.br/Publicacao/Arquivos/publicacao_585.pdf. Acesso em: 23 de fevereiro de 2013.

BARNES, M.R. Estudos de movimentos e de tempos: Projeto e medida do trabalho. 6. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1977.

- BARROSO, R.C. Redução do teor de cinzas dos finos de carvão vegetal por concentração gravítica a seco. 2007. 98f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- BECKER, G.; FISCHBACH, J.; FENNER, P. Estudo do Impacto Sobre a Sustentabilidade (EIS) Fundamentado na Modelagem de Processos - Uma Ferramenta para Aumentar a Competitividade do Setor Florestal Madeireiro. XVI Seminário de atualização sobre sistemas de colheita de madeira e transporte floresta, p. 183-200, 2011.
- BERTALANFFY, L.V. Teoria geral dos sistemas. Petrópolis, Editora Vozes, 1977. 351 p.
- BERTIN, V.A.S. Análise de dois modais de sistemas de colheita mecanizada de eucalipto em 1º rotação. 74 f.. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu – SP, 2010.
- BIRRO, M.H.; MACHADO, C.C.; SOUZA, A.P.; MINETTI, L.J. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “track-skidder” em região montanhosa. Revista Árvore: Viçosa - MG, v. 28, n.2, p. 207-217, 2004.
- BIRRO, M.H. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com Track-Skidder” em região montanhosa. 190 f..Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- BOTREL, M.C.G.; TRUGILHO, P.F.; ROSADO, S.C.S.; SILVA, J.R.M da. Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de Eucalyptus. Revista Árvore, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 391-398, 2007.
- BRASIL. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE (2012). Balanço Energético Nacional 2012: Ano base 2011. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2012.pdf. Acesso em: 05 de julho de 2012.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, MAPA (2010). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plano-abc>. Acesso em: 14 fevereiro 2012.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRARIO – MDA. Castro, A.M.V de (Coor.); LIMA, S.M.V.; VIEIRA, L.F. Perfil dos Beneficiários do Banco da Terra. Brasília, 2012. 152 p.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR, MIDIC (2010). Relatório de Gestão 2007 - 2010. Brasília, p. 40-41. 2010.
- BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, MME. Plano nacional de eficiência energética- premissas e diretrizes básicas. Brasília, 2011 (a). 134 p.
- BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, MME (2011). Disponível em: http://www.mme.gov.br/spe/noticias/lista_destaque/destaque_0127.html. Acesso em: 01 julho 2012.

BRITO, J.O.O Carvão vegetal no Brasil: gestões econômicas e ambientais. São Paulo, v.4, n.9, p. 221-227, 1990 a.

BRITO, J.O. Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira. Documentos Florestais, Piracicaba, v. 9, p. 1-19, maio, 1990 b.

CAPOBIANCO, G. Análise dos impactos técnico-econômicos da utilização do piche de alcatrão de eucalipto como recursor de fibras ativadas. 88 f. Dissertação (Mestrado Planejamento de Sistemas Energéticos) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

CASTRO, A.M.G.de.; LIMA, S.M.V. Fundamentos de Estudo. In: CASTRO, A.M.G.de; LIMA, S.M.L.; SILVA, J.F.V. Complexo Agroindustrial do Biodiesel no Brasil: Competitividade das Cadeias Produtivas de Matérias-Primas. 1º. ed. Brasília: Embrapa, 2010.712 p.

CASTRO, A.M.G.de.; LIMA, S.M.V.; LOPES, M.A.; MARTINS, M.A.G.; MACHADO, M.S. O Futuro do Melhoramento Genético Vegetal no Brasil. Embrapa, 2005 (a). 396 p

CASTRO, A.M.G.de.; LIMA, S. M. V. Fundamentos e Aplicação dos Estudos Prospectivos e da Técnica Delphi. DUARTE, J.; BARROS, A. (org.) In: Métodos e Técnicas de Pesquisa em Comunicação. São Paulo: Atlas, v. 1, 2005 (a).

CASTRO, A.M.G.de; LIMA, S.M.V.; ANDRADE, J.E.B. Metodologia de Planejamento Estratégico das Unidades do MCT. Planejamento Estratégico em Ciência e Tecnologia. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2005 (c), 110 p.

CASTRO, A.M.G.de.; LIMA, S.M.V. Análisis Prospectivo de Cadenas Productivas Agropecuarias. Taller sobre Prospección de Cadenas Productivas Agrícolas. México. p. 2, 2003.

CASTRO, A.M.G.de.; LIMA, S.M.V.; CRISTO, C.M.P. Cadeia Produtiva: Marco Conceitual para Apoiar a Prospeção Tecnológica. XXII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, Salvador, 6 a 8 Novembro, 2002.14 p

CASTRO A.M.G.de. Prospeção de cadeias produtivas e gestão da informação. Transinformação, Campinas, v. 13, n.2, pg 55-72, 2001.

CASTRO, A.M.G.de; LIMA, S.M.V.; MAESTREY, A.; TRUJILHO, V.; ALFARO, O.; MENGÓ, O.; MEDINA, M."La dimensión de futuro en la construcción de la sostenibilidad institucional" Série Innovación para la Sostenibilidad Institucional. San José, Costa Rica: Proyecto ISNAR "Nuevo Paradigma", 2001. p. 60.

CASTRO A.M.G.de. Análise da Competitividade de Cadeias Produtivas. In: Cadeias Produtivas e Extensão Rural na Amazônia. Workshop. Manaus. 2000.

CASTRO, A.M.G.de. Cadeias Produtivas e Sistemas Naturais. Prospeção Tecnológica. 1ª. ed. Brasília: Embrapa, v. I, 1998. 564 p.

CASTRO, A.M.G.de; COBBE, R.V.; GOEDERT, W.J. Prospeção de Demandas Tecnológicas - Manual Metodológico para o SNPA. Empresa Brasileira de Pesquisa

Agropecuária. Departamento de Pesquisa e Difusão de Tecnologia. Brasília: Embrapa - DPD, março, 1995. 82 p.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, CGEE (2010). Incremento do Carvão Vegetal Renovável na Siderurgia Brasileira: Relatório Final, Brasília, 2010.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, CGEE (2008). Conversão da Biomassa em Carvão Vegetal Situação Atual com Tendências 2025: Estudo prospectivo do Setor Siderúrgico. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Brasília, 2008. 14 p.

DAVIS, J.; GOLDBERD, R. The genesis and evolution of agribusiness. In: DAVIS, J.; GOLDBERG, R. A Concept of Agribusiness. Cambridge: Harvard University, 1957.

DIAS, E.C.; ASSUNÇÃO, A. A.; GUERRA, C.B.; PRAIS, H.A.C. Processo de trabalho e saúde dos trabalhadores na produção artesanal de carvão vegetal em Minas Gerais, Brasil. Caderno Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 269-277, jan./fev. 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA EM AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Cultivo do Eucalipto. 2003. Disponível em http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto/05_01_importancia_da_nutricao_mineral.htm. Acesso em: 10 janeiro 2013.

FAO. Logging and log transport in tropical high forest. A manual on production and costs. Roma, 1974. 90 p.

FARINA, E.M.M.Q. Competitividade e Coordenação de Sistemas Agroindustriais: Um Ensaio Conceitual. Revista Gestão e Produção, v. 6, n.3, p. 147-161, 1999.

FERNANDES, H.C.; LOPES, S.E.; TEIXEIRA, M.M.; MINETTE, L.J.; RINALDI, P.C.N.; BERNADE, A.M. Avaliação das características técnica e econômica de um sistema de colheita florestal de árvores inteiras. Revista Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 37, n.83, p. 225-232, set. 2009.

FERREIRA, J.P. da. R. Análise da Cadeia Produtiva e Estrutura de Custos do Setor Brasileiro de Produtos Resinosos. 2002. 105 f.. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

FERREIRA, O.C. Emissão de gases de efeito estufa na produção e no uso do carvão vegetal na siderurgia. Economia e Energia, Belo Horizonte, v.3, n.21., 2000. Disponível em: <<http://ecen.com/eee20/emiscar2.htm>>. Acesso em: 23 março 2012.

FESSEL, V.A.G. Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de *Eucalyptus grandis*, implantados com cultivo mínimo do solo. 88 f..Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de São Paulo, 2003.

FIEDLER, N.C.; ROCHA, E.B.; LOPES, E.S. Análise da produtividade de um sistema de colheita de árvores inteiras no norte do Estado de Goiás. Revista Floresta, v.38, n.4, p. 577-586, out./dez. 2008.

FIGUEIREDO, C.K.D. Análise estatística do efeito da pressão na carbonização da madeira de *Eucalyptus grandis*. 104f.. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Global Forest Resources Assessment. . Disponível em:<http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf>. Acesso em: 13 setembro 2012.

FONTES, A.A.A cadeia produtiva da madeira para energia. 134 f..Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

FONTES, A.A.; SILVA, L.D.; LIMA, E. Integração Espacial no Mercado Mineiro de Carvão Vegetal. Revista *Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 937-946, nov./dec. 2005.

FREDERICO, P.G.U. Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal. 73 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2009.

GALJART, B. Rural Development and Sociological Concepts: A Critique, *Rural. Sociol.* 36, 31-41, 1971.

GESTÃO DE ATIVOS FLORESTAIS, GETAF. 2012. Relatório de custos de implantação e manutenção de florestas plantadas, *Eucalyptus* sp. 100 p.

GOMES, M.A.O.; SOUZA, A.V.A.; CARVALHO, R.S. de. Diagnóstico Rápido Participativo (DRP) como Mitigador de Impactos Socioeconômicos Negativos em Empreendimentos Agropecuários. In: BROSE, M. Metodologia Participativa: Uma Introdução a 29 Instrumentos. Porto Alegre: Tomo Editorial, 2001. 78 p.

GOMES, M.T.M. Potencialidades de inserção do carvão vegetal em bolsa de mercadorias. 71 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2006.

IMAÑA, R.C. A tributação na produção do carvão vegetal e do ferro gusa. 96 f.. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília. Brasília. 2011.

INSTITUTO AÇO BRASIL, IAB (2010). Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/aco/parque.asp>., 2010. Acesso em: 28 mar. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE (2010). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/english/estatistica/economia/pevs/2010/comentario.pdf>. Acesso em: 11 janeiro 2012.

JANK, M.S. Competitividade do agribusiness brasileiro: discussão teórica e evidências no sistema de carnes. 195 f. Tese (Doutorado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

JOAQUIM, M.S. Carvão vegetal: uma alternativa para os produtos rurais do sudoeste goiano. 89 f..Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

JUNIOR, A.D.S. Possibilidades e impactos da ampliação da siderurgia a carvão vegetal oriundo de florestas plantadas no Brasil. 177 f.. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE, Rio de Janeiro, 2011.

JUVENAL, T.L.; MATTOS, R.L.G. O Setor Florestal no Brasil e a Importância do Reflorestamento. BNDS Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, set. 2002.

LIMA, S.M.V.; CASTRO, A.M.G.de.; MENGÓ, O.; MEDINA, M.; MAESTREY, A.; TRUJILLO, V.; ALFARO, O. " La dimensión de entorno en la construcción de la sostenibilidad institucional". San José, Costa Rica: Serie Inovación para la Sostenibilidad Institucional. Proyecto ISNAR "Nuevo Paradigma" San José, Costa Rica, 2001. 140 p.

LIMA, S.M.V.; FILHO, A. de. F.; CASTRO, A.M.G.de.; SOUZA, H.R. de. Desempenho da Cadeia Produtiva do Dendê na Amazônia Legal. Belém, 2002. 164 p.

LOPES, S.E.; FERNANDES, H.C.; SANTOS, N.T.; RINALDI, P.C.N. Avaliação técnica e econômica de uma garra traçadora operando em diferentes produtividades. Revista Scientia Forestalis. Piracicaba, v.36, n.79, p.215-222, set. 2008.

LOPES, S.E. Análise técnica e econômica de um sistema de colheita florestal. Tese (Doutorado em engenharia agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 124f. 2007.

LOPES, S.E.; MACHADO, C.C.; SOUZA, A.P de. Classificação e custos de estradas florestais plantadas na região sudeste do Brasil. Revista Árvore, Viçosa - MG., v. 26, n.3, p.329-338, 2002.

LOTFI, S.V. A Siderurgia brasileira a carvão vegetal: um estudo de arranjos verticais. 141 f.. Dissertação (Mestrado em Administração), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MACHADO, C.C. Colheita Florestal. Viçosa, MG. 2. Ed. Editora UFV, pg. 120. 2008.

MACHADO, C.C.; LOPES, E.S. Análise da influência do comprimento de toras de eucaliptos na produtividade e custos da colheita e transporte florestal. Revista Cerne, V.6, N.2, P. 124-129, 2000.

MACHADO, C.C.; MALINOVSKI, J.R. Ciência do Trabalho Florestal. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1988. 65p.

MACHADO, F. S. Aproveitamento energético de finos de carvão em alto forno, visando redução de emissões e obtenção de créditos de carbono. 116f.. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2009.

MARTIN, N.B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M.D.M.; ÂNGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema integrado de custos agropecuários – CUATAGRI. Informações Econômicas, São Paulo, v. 28, n.1, jan. 1998.

- MEIRE, A.M.D.; BRITO, J.O.; RODRIGUEZ, L.C.E. Estudos de aspectos técnicos, econômicos e sociais da produção de carvão vegetal no município de Pedra Bela, São Paulo, Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa - MG, v. 29, n. 5, p. 809-817, set./out. 2005.
- MELIDO, R.C.N. Avaliação técnica e econômica de dois projetos florestais com eucalipto para fins energéticos 113p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- MENDES, J.B. Estratégias e Mecanismos Financeiros para Florestas Plantadas. FAO-Food and Agricultural Organization of the United Nations. Curitiba: 2005. 24 p.
- MENDES, J.B. Incentivos e Mecanismos financeiros para o Manejo Florestal Sustentável na Região Sul do Brasil. FAO-Food and Agricultural Organization of the United Nations. Curitiba: 2004. 136 p.
- MINETTE, L.J.; SILVA, E. S.; FREITAS, K.E.; SOUZA, A.P de.; SILVA, E.P. Análise técnica e econômica da colheita florestal mecanizada em Niquelândia, Goiás. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v. 12, n.6, p. 659-665, 2008.
- MONTEIRO, M.D.A. Em busca de carvão vegetal barato: o deslocamento de siderúrgicas para a Amazônia. *Novos Caderno NAEA- Núcleo de Altos Estudos da Amazônia*, Belém, v. 9, n. 2, p. 55-97, dez. 2006.
- MORAIS, M.G.A.de. Colheita e transporte de madeira: terceirização x verticalização das operações. 167 f..Dissertação (Mestrado em Engenharia dos Transportes) - Universidade de São Paulo. 2012.
- MORELLO, T.F. Carvão vegetal e siderurgia: de elo perdido a solução para um mundo pós-Kyoto. 171 f.. Dissertação (Mestrado em Administração e Contabilidade), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- MOURA, G.A. Grupo Plantar – 40 anos no caminho da sustentabilidade. Apresentação na 6ª Conferência Latina-Americana sobre Meio Ambiente e Responsabilidade Social. Belo Horizonte. Setembro, 2006.
- MOYEN, F.A História da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira: Uma Trajetória de Crescimento Consistente (1921-2005).1º ed. Belo Horizonte: Belgo - Grupo Arcelor, 2007. 238 p.
- NASCIMENTO, A.C.; LEITE, A. M.P.; SOARES, T.S.; FREITAS, L.C. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com *Feller Buncher*. *Revista Cerne*, Lavras. v. 17, n.1, p. 9-15, jan./mar. 2011.
- NOCE, R.; CANTO, J.L. do.; OLIVEIRA, J.M. de.; CARVALHO, R. M.M.A.; BRAGA, M. J.; SILVA, M. L.; MENDES, L. M. Choque de preço no mercado de carvão vegetal: 1977/2005. *Revista Cerne*, Lavras, v. 14, n. 1, p. 17-22, jan./mar. 2008.
- OLIVEIRA, R.L.M.D. Instrumentação e análise térmica do processo de produção de carvão vegetal. 111 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

PAULA, C.A. Ecoeficiência e Meio Ambiente. Publicações Entre Nós. Votorantim Siderurgia. nº 5, pg. 12, março, 2012.

PAES, F.A.S.V.; ALVARENGA, A.P. Estrutura e dinâmica de cadeias produtivas no Complexo Agroindustrial de Floresta Plantada em Minas Gerais. In: Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica. Belo Horizonte. 2011.

PAINEL FLORESTAL. Carvão vegetal pode colocar MS na condição de produtor de aço. 2012. Disponível em: <http://www.painelflorestal.com.br/noticias/biomassa/carvao-vegetal-pode-colocar-ms-na-condicao-de-produtor-de-aco>. Acesso em: 28 de janeiro de 2013.

PEREIRA, J.C.; SCHAITZA, E.G.; BAGGIO, A.J. Propriedades física e químicas e rendimentos da destilação seca da madeira de *Grevillea robusta*. Circular Técnica, Embrapa Florestas, Colombo, 2000.

PINHEIRO, C.P.; HORTA, M.H. A competitividade das exportações brasileiras no período 1980/88. Pesquisa Planejamento e Economia, v. 22, n.3, dez, p. 437- 474, 1992.

POLZL, P.F.K.; POLZL, W.B.; JR, R.T.; SANTOS, A. J. dos. Eficiência Produtiva do Segmento da Madeira Compensada no Estado do Paraná. Revista ADMpg Gestão Estratégica, Ponta Grossa, v. 1, n.1, p. 103-109, 2008.

POLZL, W.B. Eficiência Produtiva e Econômica do Segmento Industrial da Madeira Compensada no Estado do Paraná. 130 f.. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.

RADAR POYRY SILVICONCONSULT. Mercado Florestal Brasileiro. Ed. 3, ano 4, jul-set, 2012.

REZENDE, J.B.; SANTOS, A.C.D. A cadeia produtiva do carvão vegetal em Minas Gerais: pontos críticos e potencialidades. viçosa: EPAMIG. Boletim Técnico, 2010.

REVISTA DA MADEIRA (REMADE). Banco de dados – carvão vegetal. Disponível em [http://www.remade.com.br/br/bd_carvao_vegetal.php?num=7&title=Principais%20pa%EDses%20importadores%20do%20carv%E3o%20vegetal%20brasileiro%20-%20US\\$%20FOB](http://www.remade.com.br/br/bd_carvao_vegetal.php?num=7&title=Principais%20pa%EDses%20importadores%20do%20carv%E3o%20vegetal%20brasileiro%20-%20US$%20FOB). Acesso em: 19 setembro 2012.

REZENDE, J.L.P.; COELHO, L.M.J.; OLIVEIRA, A.D.; SÁFADI, T.V. Análise dos preços de carvão vegetal em quatro regiões no estado de Minas Gerais. Revista Cerne, Lavras, v. 11, n.3, p. 237-252, jul./set. 2005.

SABLOWSKI, A.R.M. Balanço de materiais na gestão ambiental da cadeia produtiva do carvão vegetal para produção de ferro gusa em Minas Gerais 164 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília. 2008.

SAMPAIO, R.S. Conversão da biomassa em carvão vegetal. Situação Atual com Tendências 2025. CGEE- Centro De Gestão e Estudos Estratégicos. Belo Horizonte, 2008. 14 p.

SANTOS, I.D. Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica e contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília. 2008

SILVA, F.A.M.de.; ASSAD,E.D.; EVANGELISTA, B.A. Caracterização Climática do Bioma Cerrado.SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. D.; RIBEIRO, J. F (org.). In: Cerrado: Ecologia e Flora. Embrapa Cerrados - Brasília DF: Embrapa Informação Tecnológica, v. 2, 2008. 88 p.

SILVA, M.G.D. Carvão de resíduos de indústria madeireira de três espécies florestais exploradas no município de Paragominas - PA. Acta Amazonica, Manaus, v. 37, n. 1, p. 61-70, 2007.

SILVA, M.L. da.; OLIVEIRA, R.J. de.; VALVERDE, S.R.; MACHADO, C.C.; PIRES, V.A.V. Análise do custo e do raio econômico de transporte de madeira de reflorestamentos para diferentes tipos de veículos. Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 31, n. 6, p.1073-1079, 2007.

SIMIONI, F.J.; HOEFLICH, V.A.; STRADIOTTO, E.S. Análise das Transações na Cadeia Produtiva de Energia de Biomassa de Origem Florestal. Organizações Rurais & Agroindustriais, Lavras, v. 11, p. 222-232, mai./ago. 2009.

SIMIONI, F.J. Análise diagnóstica e prospectiva da cadeia produtiva de energia de biomassa de origem florestal no Planalto sul de Santa Catarina.132 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2007.

SIMIONI, F.J.; HOEFLICH, V.A. Cadeia Produtiva de Biomassa de Origem Florestal no Planalto Sul de Santa Catarina. Revista Floresta, Curitiba, v. 39, n.3, p. 501-510, jul./set. 2009.

SIMIONI, F.J.; HOEFLICH, V.A. Cadeia Produtiva de Energia de Biomassa na Região do Planalto Sul de Santa Catarina: uma abordagem prospectiva. Revista Árvore, Viçosa, Brasil, v. 34, n. 6, p. 1091-1099, nov./dez. 2010.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA (SBS). Fatos e Números do Brasil. 2007. Disponível em <http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>. Acesso em: 14 setembro 2012.

SOUZA, A.N.D. Crescimento, produção e análise econômica de povoamentos clonais de Eucalyptus sp em sistemas agroflorestais. 203 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2005.

SPPENDING, C.R.W. The biology of agricultural systems. Lodon. Academia Press. 1975.

STCP. Competitividade no Setor Florestal. 2012. http://www.stcp.com.br/upload/fck/joesio_competitividade_bracelpa_19MAR.pd. Acesso em: 11 setembro 2012.

TACCINI, M.M. Estudo de metodologias da Conveção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, referentes à avaliação de emissões de gases de efeito estufa na produção de carvão vegetal. 86 f.. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.

TIRADO, G. Demandas tecnológicas da cadeia produtiva da carne bovina: uma análise no estado de São Paulo. 170f.. Dissertação (Mestrado em Gestão do Agronegócio) – Universidade de Brasília. 2009.

UHLIG, A. Lenha e carvão vegetal no Brasil: balanço oferta-demanda e métodos para a estimação do consumo. 155 f.. Tese (Doutorado em Energia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

VALE, A.T.; SANTOS, I.D.; SANTANA, M.A.E. Relações entre propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies de cerrado. *Ciência Florestal*, Vol. 20, N. 1. p. 137-145. Mar. 2010.

VAZANTE. Prefeitura Municipal de Vazante. Disponível em: <http://www.vazante.mg.gov.br/index.php?mn=2&smn=15>, 2011. Acesso em: 11 outubro 2011.

VERDEJO, M. E. Diagnóstico Rural Participativo. Uma Guia Prática. Centro Cultural Proveda, Santo Domingo, República Dominicana, 2003.

VITAL, M.H.F.; PINTO, M.A.C. Condições para a sustentabilidade da produção de carvão vegetal para fabricação de ferro-gusa no Brasil. *BNDS setorial* 30, p. 237-297. 2011.

ANEXO I

Consulta à Especialistas da Cadeia Produtiva de Carvão Vegetal.

Nome:

Telefone:

Questão 01: Foi realizado um estudo prévio baseado em análise de dados secundários e entrevistas. Esta etapa identificou os fatores limitantes da Cadeia Produtiva do Carvão Vegetal no Brasil oriundo de eucalipto, apresentados na tabela abaixo.

Entende-se como **fator limitante** os problemas de natureza tecnológica ou não tecnológicas que exercem influência sobre o desempenho produtivo. Esse desempenho pode ser medido por critérios mensuráveis como a eficiência produtiva, qualidade do produto (carvão vegetal) e pelos danos ambientais produzidos pelo fator limitante.

Considere cada um dos fatores limitantes na coluna 1. Indique o impacto que este fator limitante tem sobre a eficiência produtiva (produtividade e custos de produção), qualidade do carvão vegetal e aos danos ambientais provocados pelo fator limitante da cadeia produtiva do Carvão Vegetal no Brasil.

Use a seguinte escala para responder sobre o impacto:

0= nenhum impacto 1= baixo impacto, 2=médio impacto; 3= impacto muito elevado.

FATORES LIMITANTES TECNOLÓGICOS e DEFINIÇÃO			IMPACTO DO FATOR LIMITANTE SOBRE (Avalie, usando a escala acima)		
Nº	Fator Limitante	Estado atual do fator limitante	Eficiência Produtiva	Qualidade do Carvão Vegetal	Danos ao meio Ambiente
1	Falta de material genético adequado para produção de carvão	Sementes e mudas com potencial para produção de carvão vegetal.			
2	Alto custo de fertilizantes	Alto custo de aquisição de fertilizantes, NPK e fosfatos.			
3	Alto custo de máquinas e equipamentos na colheita florestal	Maquinário especializado e com alto custo de aquisição, grande parte são adaptados ou importados.			
4	Deficiência no manejo florestal	Manejo florestal adequado, com aplicação de tratamentos silviculturais voltados para o desenvolvimento da floresta e qualidade da madeira para produção do carvão vegetal.			
5	Carreadores nas fazendas de produção de eucalipto (infraestrutura)	Baixa qualidade dos carreadores dentro do sistema produtivo (unidade de produção) e estradas.			
6	Falta de reaproveitamento	O reaproveitamento de gases liberados durante o processo de			

	de gases dos fornos de produção	produção do carvão pode ser utilizado na secagem da madeira, somando a diminuição de gases liberados no ambiente.			
7	Baixa qualidade da madeira	Falta de características da madeira (física e química) voltadas para um maior rendimento gravimétrico e carvão com menor teor de finos e cinzas.			
8	Pouco desenvolvimento e incorporação de novas tecnologias	O desenvolvimento inadequado e baixa incorporação de novas metodologias pelos produtores de carvão vegetal, resultado da inadequação da tecnologia produzida para os segmentos produtivos. A exemplo os fornos de alta eficiência produtiva de carvão vegetal com elevados preços de aquisição.			
9	Baixo rendimento dos fornos utilizados para produção de carvão vegetal	A falta de rendimento dos fornos diminui a produtividade, rendimento do carvão vegetal e produz tiços e finos.			
10	Alto custo na aquisição de maquinário utilizado no processo de produção de carvão vegetal.	O elevado custo de aquisição de maquinários utilizados no processo de produção de carvão vegetal, enchimento e descarregamento mecanizado dos fornos de carvão vegetal entre outras etapas que são mecanizadas dentro do processo de produção do carvão vegetal.			
FATORES LIMITANTES NÃO TECNOLÓGICOS e DEFINIÇÃO			IMPACTO DO FATOR LIMITANTE SOBRE (Avalie, usando a escala acima)		
Nº	Fator Limitante	Estado atual do fator limitante	Eficiência Produtiva	Qualidade do Carvão Vegetal	Danos ao meio Ambiente
1	Alto custo da terra	Preço de aquisição da terra, hectare.			
2	Falta de mão de obra qualificada	Mão de obra utilizada nas etapas da cadeia produtiva.			
3	Legislação Ambiental	As restrições impostas pelas leis ambientais gera desincentivo aos produtores para implantação de florestas plantadas.			

4	Elevados encargos sociais e impostos	Elevados impostos e encargos sociais no sistema produtivo.			
5	Baixa qualidade ou disponibilidade de rodovias	Baixa qualidade e disponibilidade de rodovias para escoamento da produção de carvão vegetal até os polos consumidores.			
6	Distância das unidades produtivas de madeira e carvão vegetal dos polos consumidores.	A distância das unidades produtivas de madeira e carvão vegetal dos polos consumidores de carvão vegetal eleva os custos do carvão vegetal.			
7	Baixa produção de carvão vegetal oriundo de floresta plantada	Baixa produção de carvão vegetal oriundo de floresta plantada.			
8	Falta de incentivo ao fomento florestal	O incentivo ao fomento florestal por empresas verticalizadas e independentes de produção de carvão vegetal poderá aumentar a área de plantio de eucalipto, bem como diminuir os custos de implantação.			

Questão 02: O mercado pode ser compreendido como um conjunto de indivíduos e empresas que apresentam interesse, renda e acesso a produtos disponíveis. Dentro do mercado de carvão vegetal destaca-se as empresas siderúrgicas, responsáveis por aproximadamente 80% do consumo de carvão vegetal no país. Para o desempenho da cadeia produtiva do carvão vegetal é importante conhecer os fatores limitantes ao mercado de carvão vegetal no país. Para cada um dos fatores limitantes indique nas colunas específicas sua avaliação do impacto que o fator limitante tem sobre a demanda de carvão vegetal e o preço de carvão.

Use a seguinte escala para responder sobre o impacto:

0= nenhum impacto 1= baixo impacto, 2=médio impacto; 3= impacto muito elevado

FATORES LIMITANTES DO MERCADO DE CARVÃO VEGETAL NO BRASIL			IMPACTO DO FATOR LIMITANTE SOBRE (Avalie, usando a escala acima)	
Nº	Fator Limitante	Estado atual do fator limitante	Demanda de carvão vegetal	Preço do carvão vegetal
1	Planejamento de suprimento do carvão vegetal pelas Siderúrgicas	A falta de planejamento da indústria siderúrgica gera instabilidade na quantidade de carvão consumida.		
2	Competição com o	O ferro a base de carvão mineral é		

	carvão mineral para produção de ferro	mais competitivo, por apresentar menor preço quando comparado com o ferro à base de carvão vegetal.		
3	Aquisição e uso de carvão vegetal oriundo de mata nativa	A aquisição de carvão vegetal oriundo de mata nativa influencia na demanda e consumo de carvão vegetal oriundo de floresta plantada.		
4	Qualidade do Carvão vegetal (teor de finos)	A qualidade do carvão vegetal é essencial para o rendimento dos usos finais, siderurgia, pizzarias, fornos, entre outros.		
5	Aumento da produção de ferro provocado por preços favoráveis no mercado internacional.	Aumento da produção de ferro provocado por preços favoráveis no mercado internacional influencia no consumo e demanda de carvão vegetal no país.		

ANEXO II

Tabela 41 - Custo de produção de eucalipto classificado por grandes produtores, médios e pequenos produtores.

ANO 0 (IMPLANTAÇÃO)	Grande Produtor-MG		Médio Produtor-MG		Pequeno Produtor-MG		Grande Produtor-MG	
	R\$/ha	%	R\$/ha	%	R\$/ha	%	R\$/ha	%
A. Operação Mecanizadas								
A.1 Preparo do solo + Adubação + plantio								
Subsolagem + fosfatagem ¹	144		60,76				216	
Gradagem na linha	84				70			
Distribuição de calcário	48		31,08		70		56	
Adubação de base			20,07					
Tranporte adubo plantio								
Plantio transporte de mudas								
Adubação de cobertura								
Transporte de mudas								
Irrigação com homem								
Irrigação (2x)	134,52							
A.2 Tratos Culturais								
Roçada mecanizada	56							
Limpeza química de área total	56							
Capina pré-emergente	48						55	
Controle de Formiga e transporte								
Capina química entrelinha	48						96	
A.3 Outras Despesas								
Balizamento Alinhamento								
Construção/manutenção de aceiros	40		26,61				128	
subtotal A	658,52	23,7	138,52	3,9	140	10,5	551	30,0
B. Oeração Manuais								
B.1 Preparo do solo+ adubação+ plantio								
Limpeza do terreno			60,91					
Combate a formigas			40,88		15		15	
Adubação de base	41,24				24			
Plantio /replante/adubação			213,73					
Aplicação hidrogel			36,33					
Marcação Plantio							15	
Plantio coveamento					30		33,75	
Plantio	62,13						45	
B.2 Tratos Culturais								
Adubação de cobertura, 1 ou 3 meses	38,49		194,92				7,5	
Combate a formigas (3x) replante	54,98		34,92		30		30	
Coroamento							7,5	
Capina Manual			406,08		120			
Capina Química na linha	67,67							
Capina Química na entrelinha			769,41					
Controle Ronda	8,25							
Subtotal B	272,76	9,8	1757,2	48,9	219	16,4	153,75	8,4
C. Insumos								
Formicidas	38,5		34,54		30		26,4	
Fertilizantes e Corretivos			1135					
Fosfato	400							
Provence								
Herbicidas	225		38,28		45		30	
calcário	30						84	
fipronil							12,75	
Cupinicida	36						31,2	
Adubo NPK	552				350		481,15	
Hidrogel			33,28					
Pré-emergente	21							
Mudas	549		458		549		464,4	
Subtotal C	1851,5	66,5	1699,1	47,3	974	73,1	1129,9	61,6
D. Administração								
Assistência Técnica	-							
Impostos/taxas	-							
Subtotal D			0				100	
Total (A+B+C)	2782,8		3594,8		1333		1834,6	
Total (A+B+C+D)	2782,8		3594,8		1333		1934,6	

Continua...

Tabela 41 – Continuação...

ANO I (MANUTENÇÃO)								
A. Operação Mecanizadas	vr/ha	%	vr/ha	%	vr/ha	%	vr/ha	%
Capina química mecânica entrelinha	101,5							
Manutenção de Aceiros	40							
<i>Subtotal</i>	141,5	19,03						
B. Operação Manuais	vr/ha		vr/ha		vr/ha		vr/ha	
Adubação 12 meses	38,5				30			
Capina química manual na linha	67,69235				120			
Combate a Formigas Manutenção)	19,8							
<i>Subtotal</i>	125,99235	16,95			150	38,66		
C. Insumos	vr/ha		vr/ha		vr/ha		vr/ha	
Adubo NPK 20.00.20	330,00				238			
Herbicidas	135,00							
Isca Granulada	11,00							
	476,00	64,02			238,00	61,34		
Total (A+B+C)	743,49				388,00			
ANO II (MANUTENÇÃO)								
A. Operação Mecanizadas	vr/ha	%	vr/ha	%	vr/ha	%	vr/ha	%
Capina química mecânica entrelinha								
Manutenção de Aceiros	17,6							
<i>Subtotal</i>	17,6	12,70						
B. Operação Manuais	vr/ha		vr/ha		vr/ha		vr/ha	
Capina química manual na linha					90			
Combate a Formigas Manutenção)	55							
<i>Subtotal</i>	55	39,68			90	100,00		
C. Insumos	vr/ha		vr/ha		vr/ha		vr/ha	
Isca Granulada	11,00							
<i>Subtotal</i>	66,00	47,62						
Total (A+B+C)	138,60				90			
ANO III (MANUTENÇÃO)								
A. Operação Mecanizadas	vr/ha	%	vr/ha	%	vr/ha	%	vr/ha	%
Capina química mecânica entrelinha								
Desrama								
Manutenção de Aceiros	17,6							
<i>Subtotal</i>	17,6	12,70						
B. Operação Manuais	vr/ha		vr/ha		vr/ha		vr/ha	
Capina química manual na linha								
Desrama					120			
Combate a Formigas Manutenção)	55							
<i>Subtotal</i>	55	39,68			120	100,00		
C. Insumos	vr/ha		vr/ha		vr/ha		vr/ha	
Isca Granulada	11,00							
<i>Subtotal</i>	66,00	47,62						
Total (A+B+C)	138,60				120			
ANO IV (MANUTENÇÃO)								
A. Operação Mecanizadas	vr/ha	%	vr/ha	%	vr/ha	%	vr/ha	%
Capina química mecânica entrelinha								
Manutenção de Aceiros	17,6							
<i>Subtotal</i>	17,6	12,70						
B. Operação Manuais	vr/ha		vr/ha		vr/ha		vr/ha	
Capina química manual na linha								
Combate a Formigas Manutenção)	55							
<i>Subtotal</i>	55	39,68						
C. Insumos	vr/ha		vr/ha		vr/ha		vr/ha	
Isca Granulada	11,00							
<i>Subtotal</i>	66,00	47,62						
Total (A+B+C)	138,60							
COLHEITA FLORESTAL								
A. Operação Mecanizadas	vr/ha	%	vr/ha	%	vr/ha	%	vr/ha	%
<i>subtotal</i>	3636							
B. Operação Semimecanizada	vr/ha		vr/ha		vr/ha		vr/ha	
<i>Subtotal</i>					1905			
Total (A+B)	3.636,00				1905			

Fonte: Adaptado Dados de pesquisa (2012); GETAF (2012); Nascimento et al. (2011) e Andreon (2011).

ANEXO III

Entrevista realizada à Produtores de carvão vegetal oriundo de matas nativas.

Nome:

Produtor () Arrendatário () Carvoeiro () Caminhoneiro () Outro ()
_____.

Explicação do projeto e qual a aplicabilidade da entrevista.

O objetivo dessa entrevista é identificar os custos de produção do carvão vegetal oriundo de matas nativas por meio da quantificação do indicador produtividade. Essa entrevista faz parte do diagnóstico da cadeia do Carvão Vegetal no Brasil e tem como foco principal a comparação da eficiência produtiva entre o carvão de matas nativas e o carvão proveniente de florestas plantadas.

Questão 01: Qual o preço da compra da mata desmatada?_____.

Questão 02: Qual o preço para desmatar a Mata nativa?_____.

Questão 03: Qual o custo, taxas para desmatar um hectare?_____.

Questão 05: Quais os equipamentos necessários para montar uma carvoaria e respectivo preço de aquisição.

Descrição do uso dos equipamentos em Atividade	Preço R\$	Tempo médio de uso
Corte da lenha em campo Transporte da lenha ate a carvoaria Enchimento e descarregamento dos fornos Depósito do carvão Transporte do carvão EPI's		

Custo para construção de um forno meio laranja ou rabo quente?

Capacidade do forno em m³ de lenha?

Produção estimada em m³?

Quantidade de dias para carbonização?

Carbonização por forno (mês)?

Questão 06: Qual a capacidade de produção mensal de um funcionário?

Questão 07: Qual o salário mensal de um funcionário?

Questão 08: Qual o preço do carvão em mdc?

Questão 09: Qual o preço do transporte do carvão até o centro consumidor?

APENDICE I

Tabela 42 - Custo de implantação e manutenção de eucalipto, espaçamento 3 x 3.

Ano	Atividade	Valor (R\$/ha)
0	Custo da terra	90,00
0	Planejamento/Projeto Florestal	7,00
0	Serviços topográficos/plantas	7,00
0	Licenciamentos	5,00
0	Suporte técnico	98,00
0	1º combate a formiga	54,40
0	Abertura de estradas e aceiros	27,50
0	Acabamento de estradas/aceiros	27,50
0	Encascalhamento carreador (25%)	78,30
0	2º combate a formiga	25,78
0	Distribuição de corretivos	67,91
0	Subsolador adubador	280,60
0	3º combate à formigas	19,58
0	1º aplicação herbicida (pré-emergente)	311,00
0	Plantio c/ plantadeira manual	400,15
0	Irrigação – 4 x em 100% da área	433,07
0	Abastecimento água p/ irrigação	72,00
0	Adubação de plantio	206,26
0	4º Combate à formigas	5,48
0	Replantio (1x)	20,46
0	2º aplicação herbicida (pré-emergente)	89,60
0	1º adubação de cobertura – manual	145,46
0	Abastecimento água p/ herbicida (2x)	11,25
Subtotal Ano 0		2483,30
1	Custo da terra	90,00
1	Suporte técnico	98,00

Tabela 42 – Continuação...

1	Capina química manual na linha 2x	220,79
1	Capina química mec. Na entre linha	102,20
1	Conservação de aceiros	27,50
1	Combate a formigas	14,31
1	2º adubação de cobertura	151,00
Subtotal ano 1		703,80
2	Custo da terra	90,00
2	Suporte técnico	42,00
2	Conservação de aceiros	27,50
2	Combate a formigas	14,31
2	Capina Química manual na linha	115,07
2	3º Adubação de cobertura	112,00
2	Inventário – avaliação de crescimento	49,07
Subtotal ano 2		449,96
3	Custo da terra	90,00
3	Suporte técnico	42,00
3	Conservação de aceiros	27,50
3	Combate a formigas	14,31
3	Inventário – avaliação de crescimento	49,07
Subtotal ano 3		222,89
4	Custo da terra	90,00
4	Suporte técnico	42,00
4	Conservação de aceiros	27,50
4	Combate a formigas	14,31
4	Inventário – avaliação de crescimento	49,07
Subtotal ano 4		222,89
5	Custo da terra	90,00
5	Suporte técnico	42,00
5	Conservação de aceiros	27,50
5	Combate a formigas	14,31
5	Inventário – avaliação de crescimento	49,07

Tabela 42 – Continuação...

Subtotal ano 5		222,89
6	Custo da terra	90,00
6	Suporte técnico	42,00
6	Conservação de aceiros	27,50
6	Combate a formigas	14,31
6	Inventário – colheita – plano de corte	49,07
6	Herbicida pré corte – condução brotação	93,32
Subtotal 6		316,21
Total		2138,62

Fonte: Adaptado, Melido (2012)

APENCIDE II

Tabela 43 - Calculo do custo da hora trabalhada de mão de obra braçal, data base - abr: 2007.

Item	R\$
Salário nominal (salário de carteira)	356,00
Horas in-tinere (22 horas/mês + 50%)	53,40
Provisões férias (salário nominal + 1/3 / 12 meses)	39,56
Provisões 13º (salário nominal / 12 meses)	29,67
Encargos sociais (INSS=28,8%, FGTS=8,5%)	158,61
Indenização (Multa de 50% sobre FGTS)	16,39
Salários e Encargos	653,62
Atestados (1,00% s/sn)	3,56
Seguro (0,72% s/sn)	2,56
Previdência (1,5% s/sn)	5,34
Assistência médica (média de 2002 ou 2% s/sn)	7,12
Assistência social (1% s/sn)	3,56
Benefícios	22,14
Desjejum	30,08
Marmita - almoço	75,50
Refeição - jantar	85,19
Alimentação	190,77
Uniformes (2 ternos* R\$ 30,00/ano)	5,50
Botina (3 pares x R\$ 27,50/ano)	7,56
Garrafa térmica (01 peça x R\$ 14,82/ 3 anos)	0,45
Chapéu (02 peças x R\$ 15,50/ ano)	2,84
Perneiras (02 pares x R\$ 22,00/ ano)	4,03
Segurança	20,39
Deslocamento de funionário	5,28
Transporte interno (hoje: >> 2500 km mês/40)	115,00
Transporte	120,28
Administração (10% s/sn)	35,60
Custo hora trabalhada	5,58
Custo por dia (8,8 h trab.)	49,07

Tabela 43 - Continuação...

Percentual sobre o salário nominal	2,93
Custo total + alojamento	1042,81

Fonte: Adaptado Melido (2012)