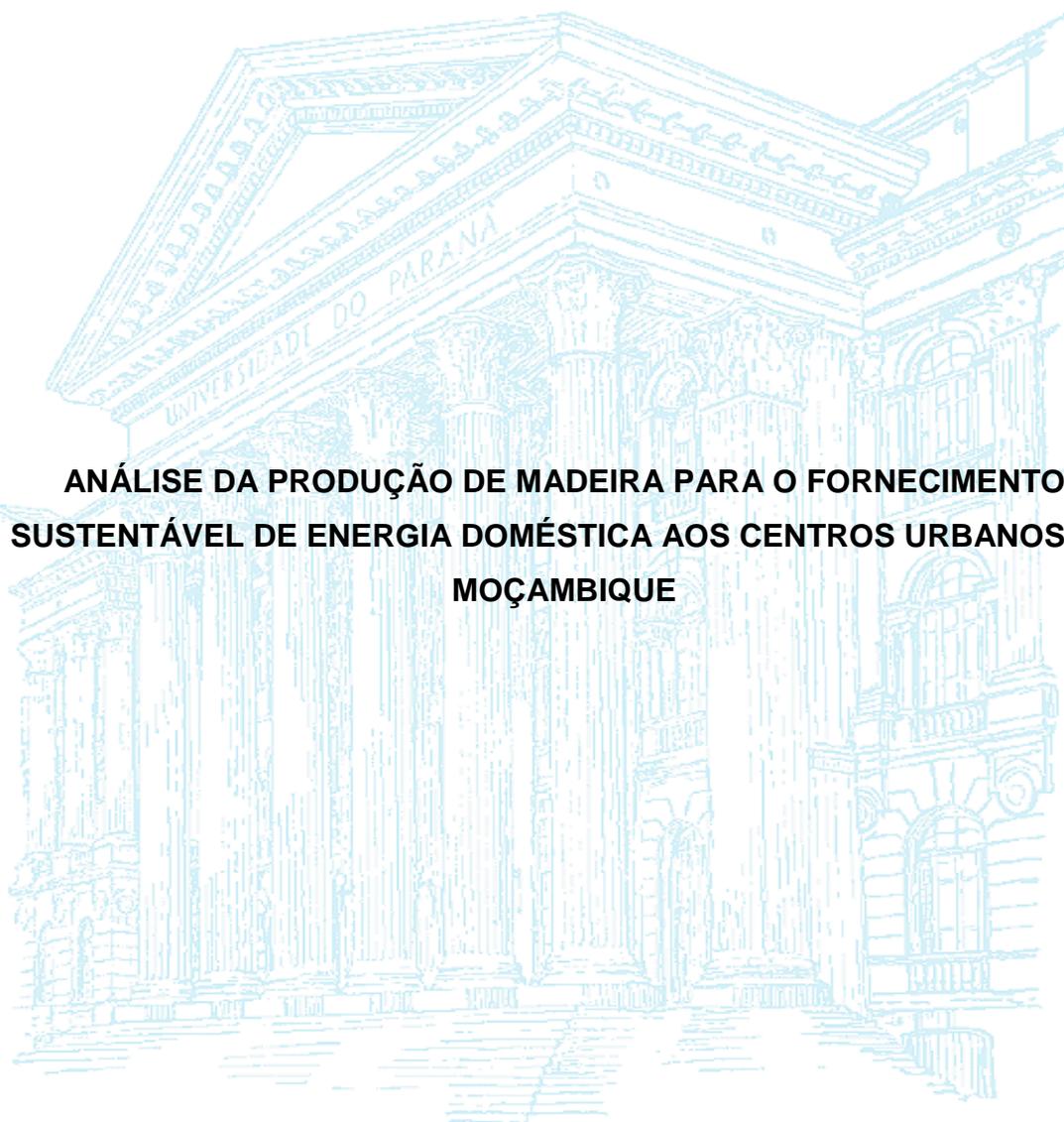


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AGNELO DOS MILAGRES FERNANDES



**ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE MADEIRA PARA O FORNECIMENTO
SUSTENTÁVEL DE ENERGIA DOMÉSTICA AOS CENTROS URBANOS DE
MOÇAMBIQUE**

Curitiba

2014

AGNELO DOS MILAGRES FERNANDES

**ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE MADEIRA PARA O FORNECIMENTO
SUSTENTÁVEL DE ENERGIA DOMÉSTICA AOS CENTROS URBANOS DE
MOÇAMBIQUE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal na Área de Concentração em Manejo Florestal da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial a obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal.

Orientador:	Prof. Dr. Nelson Carlos Rosot
Co-orientadores:	Prof. Dr. Dartagnan B. Emerenciano Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva Dr. Mário Paulo P. da S. Falcão

Curitiba

2014

Ficha catalográfica elaborada por Deize C. Kryczyk Gonçalves – CRB 1269/PR

Fernandes, Agnelo dos Milagres

Análise da produção de madeira para o fornecimento sustentável de energia doméstica aos centros urbanos de Moçambique/ Agnelo dos Milagres Fernandes - 2014.

136 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Carlos Rosot

Co-orientadores: Prof. Dr. Dartagnan Baggio Emerenciano

Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva

Prof. Dr. Mário Paulo P. da S. Falcão

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.

Defesa: Curitiba, 07/03/2014

Inclui bibliografia

Área de concentração: Manejo Florestal

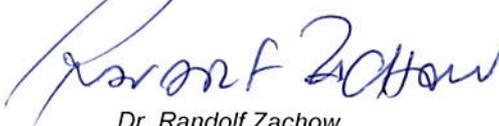
1. Florestas energéticas - Moçambique. 2. Madeira como combustível - Moçambique. 3. Carvão vegetal - Moçambique. 4. Biomassa – Moçambique. 5. Teses. I. Rosot, Nelson Carlos. II. Emerenciano, Dartagnan Baggio. III. Silva, Dimas Agostinho da. IV. Falcão, Mário Paulo P. da S. V. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. VI. Título.

CDD – 634.9

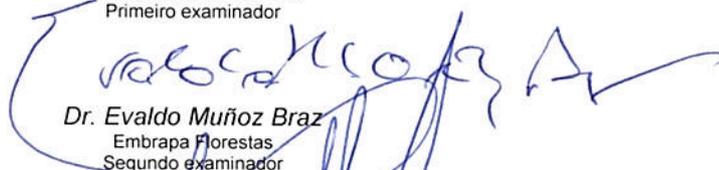
CDU – 634.0.262(679)

PARECER
Defesa nº. 1035

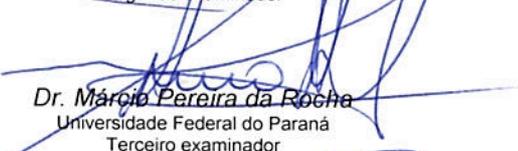
A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) doutorando(a) *Agnelo dos Milagres Fernandes* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**ANÁLISE DA PRODUÇÃO DE MADEIRA PARA O FORNECIMENTO SUSTENTÁVEL DE ENERGIA DOMÉSTICA AOS CENTROS URBANOS DE MOÇAMBIQUE**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em **MANEJO FLORESTAL**.



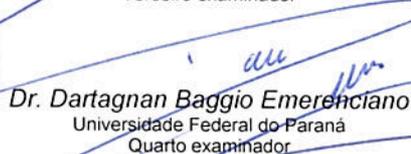
Dr. Randolph Zachow
Serviço Florestal Brasileiro
Primeiro examinador



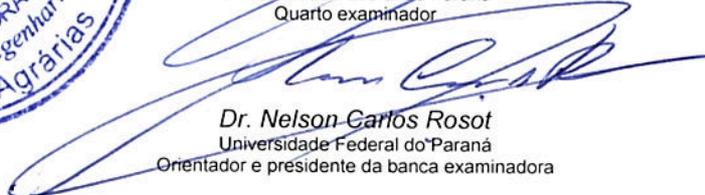
Dr. Evaldo Muñoz Braz
Embrapa Florestas
Segundo examinador



Dr. Márcio Pereira da Rocha
Universidade Federal do Paraná
Terceiro examinador



Dr. Dartagnan Baggio Emerenciano
Universidade Federal do Paraná
Quarto examinador



Dr. Nelson Carlos Rosot
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 07 de março de 2014.



Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

***À minha linda e querida esposa Michele com muito amor e
carinho! DEDICO***

AGRADECIMENTOS

Aos Professores Doutores, Dartagnan Baggio Emerenciano, Nelson Carlos Rosot, Dimas Agostinho da Silva, Ricardo Jorge Klitzke e Mário Paulo Falcão pelo apoio incondicional e orientações fundamentais na construção desta tese.

À Agência Brasileira de Cooperação – ABC do Ministério das Relações Exteriores do Brasil - MRE por ter me possibilitado as capacitações e visitas no Brasil por meio dos Projetos BRA 04/044 S105 – Capacitação Técnica em Ciências Florestais e BRA 04/044 S162 – Reabilitação do CEFLOMA e com isso poder complementar os conhecimentos para a realização desse trabalho.

Ao Embaixador do Brasil em Moçambique, Antônio José Maria de Sousa e Silva, pela amizade, inestimável apoio e confiança depositada.

Aos amigos da ABC, Gerência de África, Armando José Munguba Cardoso, Gláucio de Araújo Nascimento, Júlio Guaraciaba Pohl, Nelci Peres Caixeta e Paulo Barbosa Lima, pelo inestimável apoio, pela confiança e amizade.

Ao Prof. Dr. Carlos Firkowski pelo apoio na construção do forno do tipo "rabo quente" em Machipanda - Moçambique e pelos ensinamentos na condução do processo de carbonização da madeira.

Ao Prof. Dr. Ivan Crespo Silva pela amizade e pela contribuição nas valiosas sugestões para a finalização desta tese.

Ao Sr. Arioswaldo Pereira Fialho na condução do processo de construção do forno do tipo "rabo quente" em Machipanda - Moçambique.

Aos secretários Reinaldo Mendes de Sousa e David Teixeira de Araújo do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da UFPR, pelo apoio e amizade.

À técnica de Laboratório de Energia de Biomassa da Universidade Federal do Paraná, Sra. Letícia Souza, pelo apoio na condução das análises químicas do carvão vegetal em laboratório.

Ao Sr. Alfredo Ezequias, técnico do CEFLOMA por ter ajudado na construção dos fornos tradicionais na floresta de Inhamacari em Machipanda - Moçambique.

Aos professores do curso de engenharia florestal da Universidade Federal do Paraná com especial destaque aos professores Doutores, Márcio Pereira da Rocha, Nilton José Sousa e Romano Timofeiczuk Júnior pelos ensinamentos, conhecimentos e amizade repassados durante os últimos 6 anos.

Aos docentes, investigadores e membros do Corpo Técnico e Administrativo do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane em Moçambique, pelo apoio que me deram durante todo o processo de formação.

A minha esposa Michele Maria Lourdes Gonsalves pela compreensão, apoio moral, sacrifício de ficar sozinha, contribuição, força e incentivo na minha formação.

Agradeço à minha mãe e meus irmãos pela ajuda financeira, moral e apoio nas minhas deslocações a Curitiba durante parte do meu programa de doutorado.

Um agradecimento especial para Margarita Rosa Kelly Emerenciano por me receber em sua casa como parte integrante da família e sem a qual, a minha vida em Curitiba não teria sido fácil.

A toda a minha família que sempre me deu coragem e apoio nos momentos mais difíceis durante a minha formação, sempre me desejando sorte e forças para que este doutorado fosse concluído com êxito.

A todos os que aqui mencionei e aqueles que eventualmente, por falha de memória, tenha omitido que de maneira direta ou indireta contribuíram para a materialização deste trabalho, o meu muito obrigado.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo desenvolver um modelo para explicar o consumo de madeira para fins energéticos, a fim de sugerir uma alternativa viável para o consumo nos centros urbanos de Moçambique. Para o alcance dos objetivos, foram aplicados questionários em três pontos geográficos de relevância para a região estudada. Consoante, foram comparadas as propriedades químicas da madeira e do carvão das espécies arbóreas nativas mais utilizadas na produção de carvão vegetal, com espécies plantadas de rápido crescimento. Outro fator analisado, foi o rendimento gravimétrico de acordo com o tipo de tecnologia para a produção de carvão vegetal. Em seguida, analisou-se as variáveis que compõem a matriz de consumo de combustíveis proveniente da madeira (carvão vegetal e lenha) como: número de famílias urbanas, biomassa aérea lenhosa e PIB corrente anual. Através da aplicação do modelo de regressão linear multivariada, prognosticou-se o consumo de madeira proveniente da floresta nativa para fins de energia doméstica por um período de 12 anos. Resultado este, comparado com a área necessária para suprir as mesmas quantidades usando carvão vegetal proveniente das plantações de eucalipto. Os resultados do estudo realizado, mostraram que as propriedades químicas imediatas do carvão vegetal proveniente da madeira do gênero *Brachystegia* foram inferiores ao carvão vegetal proveniente do *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus cloeziana*. O modelo indica que para uma produção sustentável de carvão vegetal proveniente das florestas nativas serão necessários até 2022, 16.261.555,40 ha ou então 849.531,55 ha de plantações de espécies de rápido crescimento como o eucalipto.

A compreensão do atual modelo energético e a proposição de um paradigma mais eficiente de queima do material lenhoso é crucial para o desenvolvimento sustentável de longo prazo da sociedade moçambicana e auxiliará na definição de políticas adequadas para diminuir a pressão sobre a floresta nativa.

Palavras chaves: florestas; carvão vegetal; lenha; modelo linear, Moçambique.

ABSTRACT

This study aims to develop a model to explain the use of wood for energetic purposes, suggesting a viable alternative for the energy consumption in three urban areas of Mozambique. In order to meet its goal, the researcher applied questionnaires in three relevant geographic locations for the studied area. Concurrently, the author compared the chemical proprieties of wood and charcoal of the most used for charcoal production, with fast growing planted tree species. Another reason analyzed it was the gravimetric yield according to the technology used for charcoal production. Furthermore, the author analyzed the variables that are part of the fuelwood consumption matrix (charcoal and firewood) such as: number of urban families, aerial woody biomass and the current annual gross domestic product. Through multivariate linear regression, the study predicted the wood consumption from the native forest for household energy purposes for a time frame of 12 years. Afterwards the author compared the results with the necessary planted area to provide the same quantities using charcoal from eucalyptus. The result of the study demonstrates that the immediate chemical properties of charcoal from the genus *Brachystegia* are lower than the charcoal from *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus cloeziana*. The model indicates that for sustainable production of charcoal from native forests will be needed by 2022, 16.261.555,40 ha or else 849.531,55 ha of plantations of fast-growing species such as eucalyptus.

The comprehension of the actual energetic model and proposition of a more efficient for burning timber is crucial for the long-term sustainable development of the community in Mozambique and it will help with an adequate policy to reduce the pressure over the native forest.

Keywords: forest; charcoal; firewood; linear modelling; Mozambique.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	HIPÓTESE DE ESTUDO	17
3	REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1	CONCEITOS	18
3.2	POTENCIAL FLORESTAL	19
3.3	CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS LENHOSOS EM MOÇAMBIQUE	23
3.3.1	Produção de Carvão Vegetal em Moçambique	25
3.3.2	Mercado de Combustíveis Lenhosos	26
3.4	FATORES QUE AFETAM A TENDÊNCIA DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS LENHOSOS	27
3.4.1	Crescimento Populacional	27
3.4.2	Crescimento Econômico	28
3.4.3	Políticas e Legislações em Nível do Subsetor da Madeira como Combustível	29
3.4.4	Fontes Alternativas de Energia	30
3.4.5	Rendimento das Famílias	31
3.4.6	Variação do Preço de Madeira para Energia Doméstica	32
3.5	CARVÃO VEGETAL	33
3.6	Métodos de Produção de Carvão Vegetal	35
3.6.1	Fornos Tradicionais do Tipo Meda	35
3.6.2	Fornos Tradicionais do Tipo Cupim	36
3.6.3	Forno Fixo de Alvenaria do Tipo Rabo-Quente	37
3.7	INFLUÊNCIA DA MADEIRA NA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL	40
3.7.1	Teor de Umidade da Madeira	40
3.7.2	Propriedades Físicas e Químicas da Madeira	41
3.7.3	Propriedades do Carvão Vegetal	42
3.8	FLORESTAS PLANTADAS	45
3.9	FLORESTAS ENERGÉTICAS	47
3.10	MODELOS DE SUPRIMENTO DE MADEIRA PARA ENERGIA DOMÉSTICA	50
3.10.1	Modelos Usados para Carvão Vegetal e outros Tipos de Energia Doméstica	52
3.10.2	Modelos de Regressão Linear	52
3.10.3	Modelos de Regressão Linear Multivariada	53
3.10.4	Problemas de Modelagem com Regressão	54
4	MATERIAL E MÉTODOS	56
4.1	ÁREA DE ESTUDO	56
4.2	DIAGNÓSTICO DO MERCADO DE CARVÃO VEGETAL EM MOÇAMBIQUE	57

4.3	ANÁLISE COMPARATIVA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO E QUALIDADE DE CARVÃO OBTIDO DE FORNOS DOS TIPOS MEDA E RABO QUENTE.	58
4.4	CONSTRUÇÃO DE FORNO FIXO TIPO RABO-QUENTE	60
4.5	CONDUÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO DO FORNO FIXO TIPO RABO-QUENTE.....	61
4.6	ANÁLISE DA MADEIRA E DO CARVÃO VEGETAL PRODUZIDO EM LABORATÓRIO.....	63
4.6.1	Massa Específica Básica da Madeira	63
4.6.2	Densidade Básica do Carvão Vegetal.....	64
4.6.3	Rendimento Gravimétrico do Carvão Vegetal.....	64
4.6.4	Poder Calorífico do Carvão Vegetal.....	65
4.6.5	Análise Química Imediata do Carvão Vegetal.....	66
4.6.6	Teor de Carbono Fixo	68
4.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA	68
4.8	DESENVOLVIMENTO DE MODELAGEM DE CONSUMO PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO.....	69
4.9	PROGNOSE DO CONSUMO.....	74
5	RESULTADOS	75
5.1	DIAGNÓSTICOS DA MADEIRA PARA FINS DE ENERGIA DOMÉSTICA NAS REGIÕES DE ESTUDO	75
5.2	CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA E DO CARVÃO VEGETAL.....	79
5.2.1	Massa Específica Básica da Madeira e Teor de Umidade Inicial.....	79
5.2.2	Rendimento Gravimétrico do Carvão Vegetal Obtido em Fornos do Tipo "MEDA" e Tipo "Rabo-Quente"	81
5.2.3	Densidade Aparente do Carvão Vegetal.....	84
5.3	PROPRIEDADES DO CARVÃO VEGETAL OBTIDO ATRAVÉS DA PIRÓLISE EM LABORATÓRIO.....	85
5.3.1	Resultados Médios do Poder Calorífico Superior e Inferior do Carvão Vegetal.....	86
5.4	MODELAGEM	89
5.4.1	Modelagem de Consumo de Combustíveis Lenhosos, Número de Famílias Urbanas, Biomassa Lenhosa e PIB Corrente Anual.....	89
5.4.2	Modelo	97
5.4.3	Prognose do Consumo de Combustível Lenhoso.....	100
6	CONCLUSÕES.....	103
7	RECOMENDAÇÕES	107
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
	ANEXOS	122
	ANEXO 1	122
	Cadeia do Carvão	122
	ANEXO 2	128
	Ficha de Controle de Entrada	128

ANEXO 3	130
Construção de Fornos de Carvão Vegetal	130
ANEXO 4	133
Prognose do Número de Famílias Urbanas - Modelo de 2º grau.....	133
ANEXO 5	134
Consumo de Combustível Lenhoso	134
ANEXO 6	135
Prognose da Biomassa Aérea Lenhosa.....	135
ANEXO 7	136
Prognoses do Número de Famílias Urbanas, Biomassa Aérea e PIB - Período 2011 a 2022.....	136

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA DE COBERTURA FLORESTAL DE MOÇAMBIQUE	20
FIGURA 2: MATRIZ ENERGÉTICA EM MOÇAMBIQUE	31
FIGURA 3: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL EM FORNO TRADICIONAL DO TIPO MEDA USUAL EM MOÇAMBIQUE	36
FIGURA 4: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL EM FORNO TRADICIONAL DO TIPO CUPIM	37
FIGURA 5: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL EM FORNO DE ALVENARIA FIXO DO TIPO RABO-QUENTE	39
FIGURA 6: INFLUÊNCIA DA UMIDADE NO RENDIMENTO DE CARVÃO	40
FIGURA 7: ÁREA APTA PARA PLANTAÇÕES CONFORME O POTENCIAL REGIONAL.....	46
FIGURA 8: ÁREA DOS PLANTIOS FLORESTAIS EM MOÇAMBIQUE NO PERÍODO DE 2006 – 2011.	47
FIGURA 9: RELAÇÃO ENTRE A RENDA MÉDIA DA FAMÍLIA	51
FIGURA 10: ÁREAS DE COLETA DE DADOS EM MOÇAMBIQUE	56
FIGURA 11: COMPARAÇÃO DO NÚMERO TOTAL DE FAMÍLIAS E TAMANHO DA AMOSTRA	58
FIGURA 12: PESAGEM DE TORETES DE MADEIRA PARA CARBONIZAÇÃO EM MOÇAMBIQUE	59
FIGURA 13: CONSTRUÇÃO DO FORNO FIXO TIPO RABO-QUENTE	61
FIGURA 14: CONDUÇÃO DO PROCESSO DE CARBONIZAÇÃO DO FORNO FIXO TIPO RABO-QUENTE	62
FIGURA 15: FONTES DE COMBUSTÍVEL DOMÉSTICO USADO NOS 3 CENTROS URBANOS ESTUDADOS	75
FIGURA 16: MEDIDAS DE VENDA DE CARVÃO NO MERCADO INFORMAL - MONTINHOS E SACOS	78
FIGURA 17: TEOR DE UMIDADE INICIAL DA MADEIRA	81
FIGURA 18: RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO (RG) DO CARVÃO E TEOR DE UMIDADE (TU) DA LENHA UTILIZADA NA CARBONIZAÇÃO	83
FIGURA 19: CORRELAÇÃO ENTRE O TEOR DE UMIDADE E O PODER CALORÍFICO INFERIOR DO CARVÃO VEGETAL ESTUDADO	87
FIGURA 20: CURVA DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL LENHOSO EM 21 ANOS.....	90
FIGURA 21: CURVA DE NÚMERO DE FAMÍLIAS EM 21 ANOS COM MODELO DE TERCEIRO GRAU	91
FIGURA 22: PROGNOSE DO NÚMERO DE FAMÍLIAS PERÍODO 2010-2022 MODELO DE TERCEIRO GRAU	92
FIGURA 23: CURVA DO NÚMERO DE FAMÍLIAS EM 21 ANOS COM MODELO DE SEGUNDO GRAU	92
FIGURA 24: NÚMERO DE FAMÍLIAS URBANAS (1990-2010) E PROGNOSE (2011-2022) MODELO DE SEGUNDO GRAU	93
FIGURA 25: BIOMASSA LENHOSA AÉREA (1990-2010) E PROGNOSE (2011-2022).....	93

FIGURA 26: CURVA DE NÚMERO DE FAMÍLIAS URBANAS X BIOMASSA LENHOSA AÉREA EM 21 ANOS.....	94
FIGURA 27: CURVA DO PIB CORRENTE ANUAL (USD) EM 21 ANOS.....	95
FIGURA 28: VARIAÇÕES PERCENTUAIS DO PIB CORRENTE ANUAL (USD) 1990-2012.....	95
FIGURA 29: CURVA DA PROGNOSE DO PIB CORRENTE ANUAL (USD) 2012-2022	97

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: DADOS POPULACIONAIS E DE CONSUMO DE MADEIRA PARA ENERGIA DOMÉSTICA NAS CIDADES EM ESTUDO	77
TABELA 2: GASTO MÉDIO EM MT POR TIPO DE ENERGIA (1US\$ = ±30 MT)	79
TABELA 3: MASSA ESPECÍFICA BÁSICA E TEOR DE UMIDADE DAS ESPÉCIES ESTUDADAS ..	79
TABELA 4: RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO MÉDIO NOS FORNOS TIPO "MEDA" DE CARVÃO VEGETAL DE EUCALIPTO	82
TABELA 5: RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO MÉDIO DO FORNO	82
TABELA 6: ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA O FORNO TRADICIONAL DO TIPO MEDA ..	83
TABELA 7: TESTE DE SIGNIFICÂNCIA 't' DE STUDENT PARA O FORNO DO TIPO RABO QUENTE	84
TABELA 8: DENSIDADE BÁSICA MÉDIA DO CARVÃO VEGETAL OBTIDO NO FORNO	85
TABELA 9: VALORES MÉDIOS OBTIDOS DA CARBONIZAÇÃO EM LABORATORIO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS	85
TABELA 10: VALORES MÉDIOS DE PODER CALORIFICO SUPERIOR E INFERIOR E TEOR DE UMIDADE DO CARVÃO	87
TABELA 11: VALORES MÉDIOS DA ANÁLISE QUÍMICA IMEDIATA DO CARVÃO ESTUDADO	88
TABELA 12: EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS LENHOSOS, FAMÍLIAS URBANAS, BIOMASSA LENHOSA E PIB	89
TABELA 13: COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS, USANDO TODAS AS OBSERVAÇÕES 1990 - 2010	97
TABELA 14: MODELO: MQO, USANDO AS OBSERVAÇÕES 1990-2010 (T = 21) VARIÁVEL DEPENDENTE: CONSUMO	98
TABELA 15: PROGNOSE DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL LENHOSO E ÁREA DEVASTADA DE NATIVAS E ÁREA NECESSÁRIA COM EUCALIPTO	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
CL	- Combustíveis Lenhosos
DNTF	- Direção Nacional de Terras e Florestas
DUAT	- Direito de Uso e Aproveitamento de Terra
FAO	- Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
IMA	- Incremento Médio Anual
INE	- Instituto Nacional de Estatística
MINAG	- Ministério da Agricultura
MQO	- Mínimos Quadrados Ordinários
ONG	- Organização Não Governamental
PIB	- Produto Interno Bruto
RM	- República de Moçambique

LISTA DE SIMBOLOS

Km² - quilômetro quadrado

US\$- dólar americano

ha - hectares

m³- metro cúbico

MT- meticais

t – toneladas

KgOE – quilogramas equivalentes de petróleo

1 INTRODUÇÃO

Moçambique está localizado na região Austral da África, possui uma superfície de 799.380 km² e uma população estimada em 23,7 milhões de habitantes (INE, 2010). É um dos poucos países na região que ainda mantém uma proporção considerável da sua cobertura com florestas naturais, todavia, apresenta uma elevada taxa de desmatamento estimada em 219 mil hectares por ano e em simultâneo possui um potencial para estabelecimento de plantações florestais (SITOE *et al.*, 2012; MARZOLI, 2007).

De acordo com NHANTUMBO e IZIDINE (2009) o desmatamento no país está associado à forte dependência da população em relação aos recursos naturais, visto que cerca de 80% da população total depende dos recursos florestais para sua subsistência.

Estudos recentes mostram que a elevada dependência da população moçambicana em relação aos recursos florestais, associado ao lento crescimento das florestas tropicais nativas, pode levar a escassez dos recursos florestais num futuro próximo caso este cenário prevaleça. Nesse sentido, para assegurar redução da pressão sobre a floresta tropical nativa, o governo moçambicano decidiu em meados de 2005, promover plantações florestais com espécies exóticas de rápido crescimento (MINAG, 2006).

Na região da África Austral, mais de 90% das famílias rurais dependem do material lenhoso, incluindo lenha e carvão, para as suas necessidades de energia (FAO, 2007). A sustentabilidade desta alta dependência é questionável e, cada vez mais, os países africanos estão voltados para as oportunidades oferecidas pela energia e outras fontes alternativas, incluindo as energias solar e eólica.

Uma das principais razões para isso é a incapacidade das famílias de ter acesso a outros combustíveis como gás e combustíveis fósseis na matriz energética das áreas urbanas. Há uma espécie de escada de fontes de energia nas áreas urbanas: de lenha, na parte inferior, passando por querosene, carvão e gás, a eletricidade no topo. A subida na escada de acesso à energia está

relacionada com o aumento das rendas do agregado familiar (ATANASSOV *et. al*, 2012).

Portanto carvão vegetal, que é pouco utilizado nas áreas rurais por causa da disponibilidade de madeira livre, e sendo muito popular em áreas urbanas por causa de maior renda e outros fatores, como por não produzir fumaça e ser leve (FAO, 1993; BROUWER e FALCÃO, 2004; LUOGA *et al.*, 2000).

Segundo MICOA (2002) os combustíveis lenhosos, a madeira serrada, e o material de construção tradicional, representam o grosso da demanda de produtos florestais no país. Cerca de 80% dos produtos florestais explorados em 2007 foram destinados a produção de lenha e carvão (MINAG, 2008).

A tomada de medidas conducentes à exploração sustentável dos combustíveis lenhosos passa pelo conhecimento dos atuais níveis de consumo e dos níveis futuros de procura e oferta do recurso (FAO, 2007).

A estimativa do balanço entre a oferta e procura destes combustíveis lenhosos junto com um modelo/cenário de produção sustentável de carvão vegetal e lenha contribuirá para a de mitigação do problema de desmatamento provocado pela exploração da lenha e carvão sobre as florestas nativas e suprirá as necessidades básicas de energia doméstica às camadas mais vulneráveis nos centros urbanos de Moçambique.

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Diagnosticar o consumo da madeira para fins energéticos visando explicar as demandas dos centros urbanos de Moçambique

Objetivos Específicos:

- Diagnosticar o mercado consumidor de madeira para energia doméstica (lenha e carvão vegetal) nas regiões de estudo;
- Comparar os processos de produção de carvão vegetal e a fonte de matéria-prima (nativa e plantada) para geração de energia doméstica;
- Modelar o consumo da madeira para fins energéticos;
- Definir a necessidade de áreas para suprir a demanda da madeira para fins de energia doméstica.

2.1 HIPÓTESE DE ESTUDO

O carvão e a lenha de madeira de plantios de eucalipto são uma alternativa tecnicamente e ambientalmente mais sustentável para reduzir a pressão sobre as florestas nativas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CONCEITOS

Combustível: é qualquer material capaz de produzir grandes quantidades de calor, tanto por combustão como por cisão nuclear (SILVA, 1999).

Os combustíveis podem ser classificados em lenhosos e não lenhosos. Os combustíveis não lenhosos são aqueles que não envolvem biomassa lenhosa (combustíveis fósseis, eletricidade, energia eólica, entre outras formas). Os combustíveis lenhosos são aqueles que provêm da madeira quer na fase sólida (lenha e carvão), fase líquida (“*black liquor*”, metanol e óleos pirolíticos) incluindo gases resultantes da gaseificação destes combustíveis (FAO, 2008).

Biomassa: é o peso de uma população ou grupo de populações de plantas ou animais e sempre é expresso por unidade de área ou volume (FAO, 2008). A biomassa é a quantidade total de matéria viva existente num ecossistema ou numa população animal ou vegetal.

Entende-se por demanda ou procura de combustíveis lenhosos a quantidade de biomassa lenhosa que os consumidores necessitam num determinado intervalo de tempo, ao passo que, a oferta corresponde à quantidade de biomassa lenhosa produzida ou existente por unidade de área num determinado intervalo de tempo (FAO, 2008). A disponibilidade de combustíveis lenhosos é o balanço entre a oferta e demanda da biomassa lenhosa num determinado intervalo de tempo.

Meio rural ou zona rural é uma região não urbanizada, destinada a atividades de agricultura e pecuária, conservação ambiental, entre outras. Em geral, nas zonas rurais há pouca concentração de pessoas e infraestruturas, com rios e vegetação. A zona urbana é a região caracterizada pela edificação contínua e pela existência de infraestrutura urbana, que compreende ao conjunto de serviços públicos que facilitam a vida das pessoas.

3.2 POTENCIAL FLORESTAL

Moçambique é um país relativamente rico em florestas naturais e habitats de fauna silvestre. Cerca de 70% do país (65,3 milhões de hectares) é presentemente coberta de florestas e outras formações lenhosas. A área florestal cobre cerca de 40,6 milhões de hectares (51% do país), enquanto que outras formações lenhosas (arbustos, matagais e florestas com agricultura itinerante) cobrem cerca de 14,7 milhões de hectares (19% do país). As florestas produtivas (para a produção madeireira) cobrem cerca de 26,9 milhões de hectares (67% de toda a área florestal). Treze milhões de hectares não são destinados para a produção madeireira, no qual a maioria localiza-se dentro nos Parques Nacionais, Reservas Florestais e outras Áreas de Conservação (MARZOLI, 2007). A FIGURA 1 mostra a distribuição dos tipos de florestas em Moçambique.

As províncias com maior contribuição para as florestas produtivas são: Niassa (6,0 milhões de hectares), Zambézia (4,1 milhões de hectares), Tete (3,3 milhões de hectares) e Cabo Delgado (3,2 milhões de hectares). As espécies de valor comercial que apresentam maiores volumes são *Pterocarpus angolensis* (umbila), *Millettia stuhlmannii* (jambirre) e *Azelia quanzensis* (chanfuta). Em termos de classes comerciais, 4% do volume comercial disponível pertence as espécies produtoras de madeira preciosas, 21% para as de 1ª classe, 44% para as de 2ª classe, 14% para as de 3ª classe e 17% para as de 4ª classe. O volume total estimado para as florestas e outra cobertura arbórea de terra é de 1,74 bilhões de metros cúbicos ($\pm 5\%$). O volume por hectare para todos os estratos florestais considerados é de 36,6 m³/ha, o volume comercial total (DAP maior que 10 cm) é em média de 11,3 m³/ha e o estoque comercial atual (DAP maior que diâmetro mínimo de corte) é de 4,5 m³/ha (MARZOLI, 2007).

As formações florestais mais predominantes são o Miombo Mopane¹ e a vegetação Costeira. A formação do Miombo é um tipo de ecossistema muito variado e rico em espécies e cobrem majoritariamente as províncias de Zambézia, Sofala, Niassa, Cabo Delgado, Inhambane e Nampula.

¹ Mopane: ecossistema florestal que ocorre na região sul de Moçambique, Zimbabwe, África do Sul e Botswana onde predomina a espécie *Colophospermum Mopane*.

As espécies representativas são *Brachystegia spp.*, *Julbernardia globiflora*, *Pterocarpus angolensis*, *Azelia quanzensis*, *Dalbergia melanoxylon*, *Swartzia madagascariensis*, *Bridelia micrantha*, *Cynometra sp.*, *Millettia stuhlmannii*, *Strychnos spinosa*, *Combretum sp.* *Terminalia spp.*, *Pteleopsis myrtifolia*, entre outras (SITOE et al., 2004).

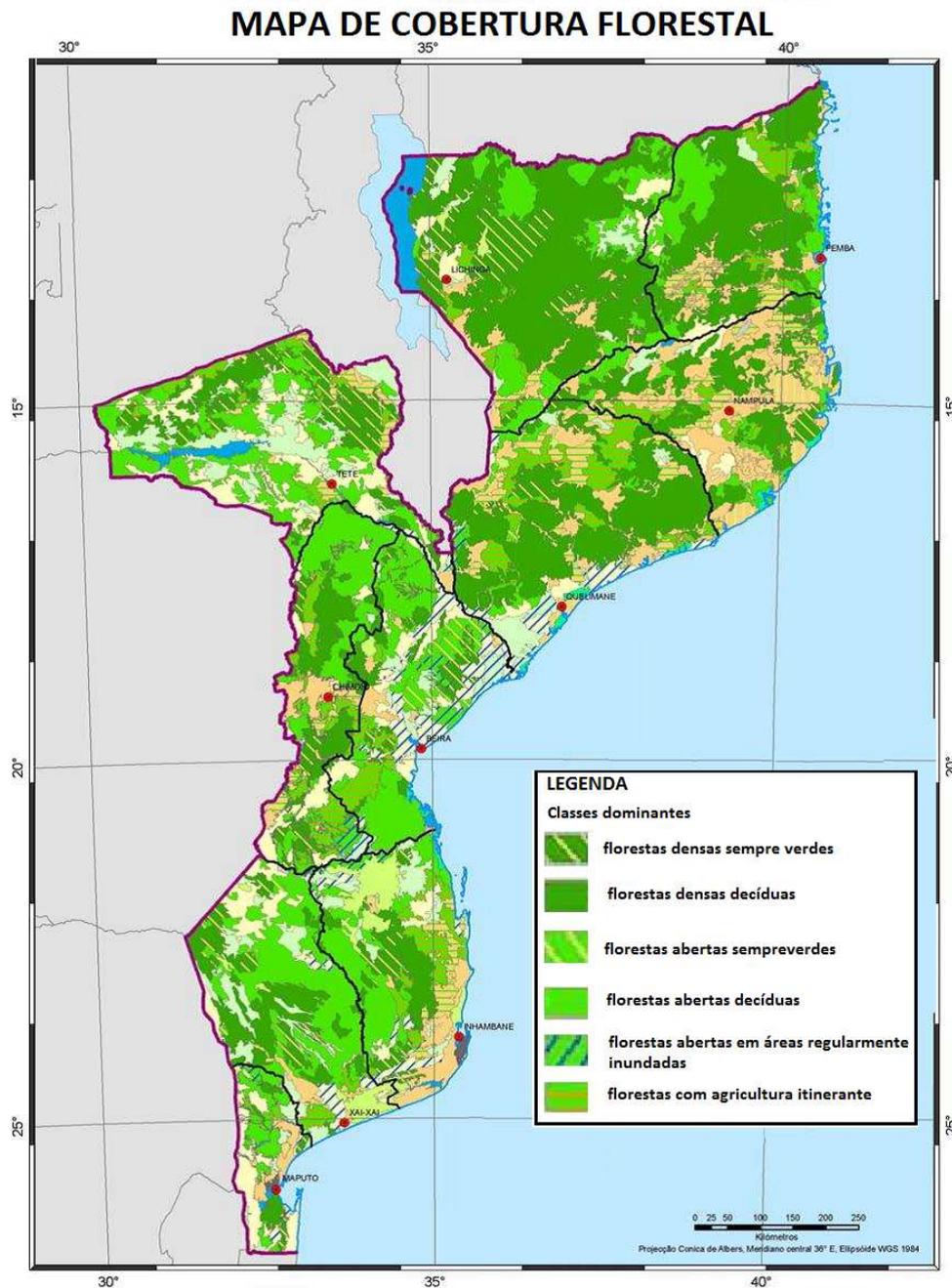


FIGURA 1: MAPA DE COBERTURA FLORESTAL DE MOÇAMBIQUE

FONTE: MARZOLI, 2007, ADAPTADO PELO AUTOR

A distribuição geral do volume é: volume das espécies comerciais com diâmetro acima do diâmetro mínimo de corte (geralmente 40 cm) é 7% do total (estoque comercial atual); volume das espécies comerciais com diâmetro entre 10 e 40 cm é de 10% do total (estoque comercial futuro); volume para as espécies não comerciais em área potencialmente produtivas é de 39% do total; volume das florestas não produtivas por razões físicas ou legais é de 27% do total e volume de outras coberturas arbóreas é de 17% do total (MARZOLI, 2007).

A área total dos mangues no país reduziu de 408 mil ha em 1972 para 357 mil ha em 2004, com uma perda total de 51 mil ha num período de 32 anos. Adicionalmente, o decréscimo da área aumentou de 67 ha por ano (0,2% por ano) entre 1972 e 1990, para 217 ha por ano (0,7% por ano) entre 1990 e 2004 (MARZOLI, 2007).

Existem no país 118 espécies identificadas como sendo produtoras de madeira comercial e estas são agrupadas em cinco categorias sendo nove preciosas ou seja de alto valor comercial, 21 de primeira, 21 de segunda, 40 de terceira e 27 de quarta classe. Destas, somente algumas estão sendo exploradas e o objetivo desta exploração para além da transformação interna é a exportação de madeira em toras. Os produtos extraídos da floresta além da madeira que é usada para a produção de taco, compensado e madeira serrada, são: o carvão, a lenha, estacas (palanques), caniço (tipo de capim mais grosso), bambu, mel, resinas, raízes e outros produtos florestais não madeireiros (DNFFB, 1999).

Embora em Moçambique a taxa de mudança da cobertura vegetal seja relativamente baixa em comparação com outros países tropicais (0,58%), algumas áreas do país apresentam índices elevados. A exploração da lenha e carvão, agricultura itinerante e as queimadas descontroladas são as principais causas de desmatamento (ARGOLA, 2004).

No período entre 1990 a 1997, a taxa de desmatamento devido à agricultura itinerante e a exploração dos combustíveis lenhosos nas províncias de Maputo e Gaza, foi estimada em 5,7%/ano. No mesmo período a taxa de conversão de florestas densas em abertas na mesma região foi estimada em

4,4%/ano. A província de Sofala registrou no período entre 1990 a 2002 uma taxa de desmatamento de 0,63%/ano (MARZOLI, 2007).

Em algumas zonas com florestas abundantes e de fácil acesso, o sistema de uso de terra limita a disponibilidade dos combustíveis lenhosos. A lei Florestas e Fauna Bravia preconiza dois regimes de exploração florestal no país (licença simples e concessão) mas, de acordo com Pereira *et al.*, (2001) em Moçambique a exploração de combustível lenhoso é feita sob regime de licença simples, pois, não existem atualmente experiências de concessões florestais dedicadas ao fornecimento da lenha e/ou carvão.

Após a independência vários projetos de plantações para fins energéticos foram estabelecidos nos maiores centros urbanos do país, nomeadamente, Maputo, Beira e Nampula. Porém, devido a vários fatores tais como a procura de terra para expansão urbana, agricultura, privatização dos plantios entre outras, fizeram com que estas iniciativas não foram bem sucedidas na resolução do problema de escassez dos combustíveis lenhosos.

Em termos gerais, Moçambique não tem problemas de disponibilidade de combustíveis lenhosos, mas há escassez nas zonas de fácil acesso e com maior densidade populacional (ex.: zonas urbanas) e abundância nos locais de difícil acesso. Como consequência da carência, o carvão e lenha que abastecem as populações pobres vivendo em redor das áreas urbanas, são extraídos em distâncias cada vez maiores, geralmente, ao longo das vias de acesso.

De acordo com DPA (2006) o carvão consumido na cidade da Beira é majoritariamente extraído ao longo do corredor da Beira (Dondo e Nhamatanda) e em outros distritos vizinhos, tais como, Buzi e Chibabava incluindo alguns distritos da província de Manica.

O país até o ano de 1985 contava com cerca de 20 mil ha de plantações florestais localizadas na região de Manica que satisfazem uma pequena fração das necessidades locais em produtos de origem madeireira (MINAG, 2006).

3.3 CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS LENHOSOS EM MOÇAMBIQUE

A situação dos combustíveis lenhosos nunca foi bem analisada devido à falta de dados e informações confiáveis, pois somente uma pequena fração da produção dos combustíveis lenhosos foi registrada. A avaliação da amplitude real dos combustíveis lenhosos e seus impactos sobre o recurso florestal e subsistência nas zonas rurais tem sido objeto de um grande debate (ARNOLD, 2003).

Ainda de acordo com ARNOLD (2003), em meados da década de 1970, estimou-se que um enorme e um número crescente de pessoas nos países em vias de desenvolvimento dependiam da lenha como seu principal combustível doméstico levando a previsões de potencialmente devastador esgotamento dos recursos florestais.

Em Moçambique, os combustíveis são obtidos a partir de folhas de floresta natural, manguezais, abertura de novas machambas², árvores mortas e plantações florestais como também de podas de árvores nas cidades (árvores de sombra e ornamentais) e resíduos das serrarias (BROUWER e FALCÃO, 2004).

A principal fonte de energia para a população moçambicana realizar as suas atividades como cozinhar, aquecimento, secar peixe e carne, fazer pão, etc., são os combustíveis lenhosos da floresta natural

O consumo de combustíveis lenhosos (lenha e carvão) em Moçambique foi estimado ao redor de 9,3 e 5,5 milhões de toneladas por ano na zona rural e urbana, respectivamente, totalizando 14,8 milhões de toneladas em nível nacional (SITOE *et al.*, 2007).

O trabalho feito por BROUWER e FALCÃO (2004) sobre o consumo de combustíveis lenhosos na cidade de Maputo nas épocas seca e chuvosa, para o setor familiar em função dos rendimentos, estimaram um consumo de aproximadamente 613 mil t/ano de combustíveis lenhosos e que o consumo por família varia entre 0,92 e 1,00 m³/ ano.

² Machamba: termo usado em Moçambique para cultivo agrícola de produção familiar

SITOE *et al.* (2007), indica que os dados do consumo dos combustíveis lenhosos mostram uma tendência crescente, particularmente em redor das grandes cidades, que aumenta cada vez mais a pressão sobre os recursos. A província de Maputo registrou um aumento do consumo médio dos combustíveis lenhosos de 0,82 m³/ano por família em 1988 para 1,16 m³/ano por família em 2007.

De acordo com WORLD BANK (1987) mais de 90% das famílias em países em desenvolvimento utilizam exclusivamente lenha para cozinhar e menos de 10% utiliza carvão vegetal. WILLIAMS (1993) estimou que entre 70-80% das famílias residentes em zonas urbanas em Moçambique utilizam combustíveis lenhosos (lenha e carvão) como principais fonte de energia doméstica e todas as famílias rurais dependem destes combustíveis para satisfazer as suas necessidades em energia doméstica. O consumo médio anual por família de combustíveis lenhosos em Moçambique em zonas urbanas foi de 0,82 m³ e em áreas rurais foi de 0,9 m³ (BILA, 1992).

Existe uma diferença em relação ao consumo dos combustíveis lenhosos entre as zonas urbanas e rurais. Embora o consumo rural da energia lenhosa represente 76% do consumo nacional (9,1 milhões de t/ano) raramente afeta a estrutura funcional e a composição das florestas nativas, pois, as populações que vivem no meio rural limitam-se a colher os ramos ou pedaços de árvores mortas. Mas, o mesmo já não se pode afirmar em relação ao consumo urbano que apesar de representar 24% do consumo total, é apontado como a principal causa do desmatamento em redor das grandes cidades e outros centros de maior concentração populacional do país. Isto se deve ao fato da maior parte da energia lenhosa (cerca de 69%) consumida nas zonas urbanas estar em forma de carvão vegetal (PEREIRA *et al.*, 2001 e MANGUE, 2000).

Segundo BROUWER e FALCÃO (2004), o primeiro trabalho em Moçambique sobre consumo de combustíveis lenhosos depois de 1975 foi feito em 1985 e voltou a ser feito por MANSUR e KARLBERG em 1986. Estes autores monitoraram a entrada de biomassa para combustível em quatro postos de fiscalização nas estradas principais para a cidade de Maputo num determinado

período. A extrapolação da informação coletada forneceu uma estimativa do consumo total de combustíveis lenhosos (carvão e lenha). A confiabilidade do método foi prejudicada pelo baixo nível de controle dos pontos de fiscalização e não forneceu informação sobre os consumidores. Por outro lado, WILLIAMS (1993) relata que foram visitados consumidores e questionados sobre os seus comportamentos de consumo. ELLEGARD (1997) cita no seu estudo o impacto de combustíveis lenhosos na saúde das populações em Maputo. Enquanto MIRASSE e BROUWER (2003) realizaram uma pesquisa em Marracuene onde foram analisados os fatores que influenciam o consumo de combustíveis lenhosos. Mais recentemente foi realizado por ATANASSOV *et al.*, (2012) um estudo nas cidades de Maputo, Matola, Nampula e Beira. O trabalho teve como objetivo dar subsídios na componente de energia lenhosa para a Estratégia Nacional de Energia de Moçambique.

3.3.1 Produção de Carvão Vegetal em Moçambique

A principal cobertura vegetal em Moçambique usada pelas famílias para a produção de carvão vegetal na região centro norte são as florestas de *Miombo* que são florestas tropicais secas e na região sul é a do tipo *Mopane*. A colheita nas florestas de *Miombo* e outros tipos de vegetação da floresta são essenciais para a subsistência dos moradores rurais (emprego, renda, consumo de bens e serviços).

A colheita é estimulada pelo poder de compra da população urbana. Isto pode ser observado no crescimento do consumo de lenha e de carvão vegetal substituindo a eletricidade e gás como fonte alternativa de energia, e o aumento da utilização de produtos à base de madeira para a construção de casas (ATANASSOV *et al.*, 2012).

O processo de produção de carvão vegetal é um trabalho intensivo, e são realizados por pessoas do sexo masculino e em fornos tradicionais do tipo *Meda*. A eficiência da produção de carvão em Moçambique, Malawi, Tanzânia e Zâmbia varia entre 10% a 25% (BROUWER e FALCÃO, 2004). Segundo os mesmos autores, esta eficiência varia entre os fornos, os quais embora semelhantes em

desenho, geralmente são diferentes porque o tamanho das árvores, e a composição da madeira utilizada, bem como o tempo necessário para a carbonização, são diferentes.

De acordo com o trabalho realizado por ATANASSOV *et al.* (2012) nas cidades de Maputo e Matola, constataram que a implementação de tecnologias de fornos mais avançadas aumentam o rendimento até 32% em relação aos fornos tradicionais. De acordo com este estudo, estes fornos poderiam melhorar significativamente a produção de carvão vegetal nas áreas rurais. No entanto, alguns destes fornos foram testados no Sul de Moçambique e os resultados mostraram que eles são geralmente fora do alcance financeiro da maioria dos produtores de carvão vegetal. Isso significa que os fornos melhorados não são susceptíveis de serem implementados pelos carvoeiros. Ainda, segundo os produtores de carvão em Moçambique, um bom carvão deve ter muito ardor (intensidade de brasa), pouca fumaça, faíscas ou cinza, e que gerem altas temperaturas.

3.3.2 Mercado de Combustíveis Lenhosos

O comércio de carvão vegetal é uma importante fonte de renda para muitas famílias em Moçambique. Como o carvão vegetal tornou-se um importante produto negociável, há uma oportunidade para o governo em reconhecer e regularizar a produção de carvão, pondo em prática planos de longo prazo para a produção sustentável, ao mesmo tempo, criar um quadro de apoio jurídico e econômico para as micro, pequenas e médias empresas (DNFFB, 1999).

Aumentar a eficiência e garantir que o desenvolvimento deste setor não acelere o desmatamento requer intervenções políticas e tecnologias adequadas. Há pesquisas em andamento para desenvolver métodos mais eficientes de produção de carvão vegetal utilizando fornos melhorados em uma série de países da África Oriental e Austral.

Há também pesquisas sobre a produção de briquetes de carvão vegetal utilizando resíduo como lixo agrícola, serragem e lascas de madeira. Estas

iniciativas podem ser implementadas através do envolvimento ativo do setor privado.

Em Moçambique, cerca de 150 mil famílias são empregadas na produção de carvão vegetal e o rendimento anual gerado é em média, cerca de US\$ 250 a US\$ 300 por família (BROUWER e FALCÃO, 2004).

3.4 FATORES QUE AFETAM A TENDÊNCIA DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS LENHOSOS

Os principais fatores que afetam as perspectivas de oferta e procura, inclui o estado atual dos recursos florestais e seu uso, acessibilidade aos recursos, população, renda, tecnologia, instituições e políticas, os preços dos produtos florestais, produtos substitutos e materiais de madeira in natura. Portanto, cada um desses fatores afeta tanto a demanda e a oferta de madeira. O estado e o potencial das florestas existentes é um fator no desenvolvimento de oferta futura de produtos e serviços, enquanto os níveis passados e atuais de consumo são fatores para determinar a demanda futura de produtos e serviços (BROUWER e FALCÃO, 2004).

As mudanças na procura e ofertas de madeira variam em função das mudanças na população, crescimento econômico, tecnologia, políticas, aspectos institucionais e preços de produtos florestais e produtos substitutos. Três bilhões de pessoas no mundo dependem dos recursos madeireiros para satisfazer as suas necessidades básicas e grande parte da produção de combustíveis lenhosos é proveniente da coleta em florestas naturais, plantações e árvores espalhadas/individuais. A maior parte dos combustíveis lenhosos é comercializada em mercados informais (BROUWER e FALCÃO, 2004).

3.4.1 Crescimento Populacional

Segundo os resultados do III Censo da População e Habitação, do Instituto Nacional de Estatística (2010), estimou-se que o incremento da população foi na ordem de 32,4%, tendo em conta que, em 1997, se situava em 15.278.334 pessoas e, em 2007, a mesma passou para 20.226.296 pessoas. Segundo os

dados, 29.8% da população registrada em 2007 vivia nos centros urbanos e, a grande maioria, 70,2%, nas zonas rurais. Do total da população recenseada, 9.734.684 são homens e 10.491.612 mulheres. Isto significa que em cada 100 mulheres há 93 homens. As províncias de Nampula (Norte) e Zambézia (centro do país) totalizam, no conjunto, 38,7% da população moçambicana. Com efeito, Nampula registrou 3.985.285 habitantes, o que corresponde a 19,7%, e a Zambézia contabilizou 3.848.274 habitantes, o mesmo que 19% da população do país (INE, 2010).

Numa base por família, o consumo de combustíveis lenhosos no mundo cresceu ligeiramente nas últimas quatro décadas de 0,6 m³ por pessoa para 0,7 m³ por pessoa (ATANASSOV *et al.*, 2012). Segundo estes autores, o crescimento populacional pode ser um indicador efetivo bruto desta tendência agregada de consumo. Para este fim, o crescimento da população pode fornecer um dado pouco claro, mas ser um indicador eficaz da evolução do consumo global.

3.4.2 Crescimento Econômico

O crescimento econômico terá um impacto especial sobre a demanda por lenha. A forte preferência para a eficiência, conveniência e limpeza na cozinha e combustível para aquecimento pode ser esperado para levar a substituição de combustíveis comerciais, como aumento da renda (ELLEGARD, 1997).

A energia é de grande importância no contexto de demanda de madeira, uma vez que constitui tanto uma necessidade básica da civilização humana e um componente essencial da atividade econômica e do desenvolvimento (PEREIRA *et al.*, 2001).

O consumo mundial de energia triplicou nos primeiros 50 anos do século XX e depois aumentou quatro vezes nos 40 anos até 1990. Ao longo da história humana a madeira tem sido uma importante fonte de combustível. Até a revolução industrial foi o principal combustível para as necessidades domésticas e industriais.

Nos países em desenvolvimento, a madeira contribui com 15% em seus balanços energéticos, porém nos países mais pobres pode chegar de 70% a 80% no balanço energético (IIASA, 1995³, citado por BROUWER e FALCÃO, 2004).

A população rural pode ter menores taxas de crescimento da renda per capita mas altos índices de crescimento da demanda por produtos florestais. Os níveis baixos de renda disponível e a distância dos mercados podem reduzir a tendência para a substituição de energia comercial para lenha. A lenha pode continuar sendo o principal combustível das comunidades rurais pobres de baixa renda embora com um melhor acesso ao abastecimento de madeira. Assim, a procura pela lenha pode continuar a crescer nestas áreas (ATANASSOV *et al.*, 2012).

Diversos fatores podem favorecer o futuro aumento do uso de biomassa de madeira como fonte de energia industrial, com o aumento do custo da energia comercial ou maior eficiência na recuperação de resíduos de madeira, como off-cortes, serragem, casca e polpa (ATANASSOV *et al.*, 2012).

3.4.3 Políticas e Legislações em Nível do Subsetor da Madeira como Combustível

As políticas de energia relacionam as florestas e os produtos florestais de várias maneiras. Em nível nacional, as seguintes leis, políticas e decisões têm importância para o subsetor da madeira como combustível em Moçambique (DNFFB, 1999):

- 1) Lei 10/99 de 7 de Julho (Lei de Florestas e Fauna Bravia) [Boletim da República n.º 27 - 4 Supp, I Série -. 12 Julho 1999]. Esta lei foi aprovada em 1999 e regula as ações básicas para o uso, conservação, proteção e uso sustentável dos recursos florestais.

³ IIASA. **Global Energy Perspectives to 2050 and Beyond**. World Energy Council and IIASA, London. 1995.

- 2) Decreto n^o 11/03 de 25 de Março de 2003 (que altera o Decreto n^o 12/2002, Lei de Florestas e Fauna Bravia) [Boletim da República n^o 13 - I Série - 26 de Março de 2003, pp 78 e 79. Este decreto prevê uma nova versão dos artigos 20, 21 e 29 do Decreto n^o 12/2002 sobre a Lei de Florestas e Fauna Selvagem. Em particular, altera as disposições que tratam de processos de licenciamento e concessões da exploração florestal.
- 3) Decreto Ministerial n^o 12/2002 de 6 de Junho de 2002 (Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia) [Boletim da República n^o 22 - I Série - 6 de Junho de 2002, pp.194 (3) -194 (27)]. Este Decreto é composto por 119 artigos, reconhece a existência e o papel das comunidades locais na gestão dos recursos naturais e que lhes permite entrar em parceria com o setor privado na exploração dos recursos naturais (florestais e vida selvagem).
- 4) Decreto Ministerial n^o 52-C/2003 Diploma de 20 de Maio de 2003 (em espécies florestais utilizadas para a produção de madeira) [Boletim da República n^o 20 - I Série - 20 de Maio de 2003, pp 160 (54) e 160 (55)]. Este Decreto trata da classificação de árvores comerciais e não menciona quaisquer atividades florestais inclusivas.

3.4.4 Fontes Alternativas de Energia

As principais fontes de energia em Moçambique são eletricidade, petróleo, gás, carvão mineral, carvão vegetal e lenha. Embora se registre a expansão da rede elétrica e aumento da disponibilidade do gás e do querosene, particularmente nas zonas urbanas, o carvão vegetal e a lenha continuam sendo as principais fontes de energia doméstica mais usadas por grande parte da população das zonas urbanas e rurais do país como demonstra a FIGURA 2 a seguir.

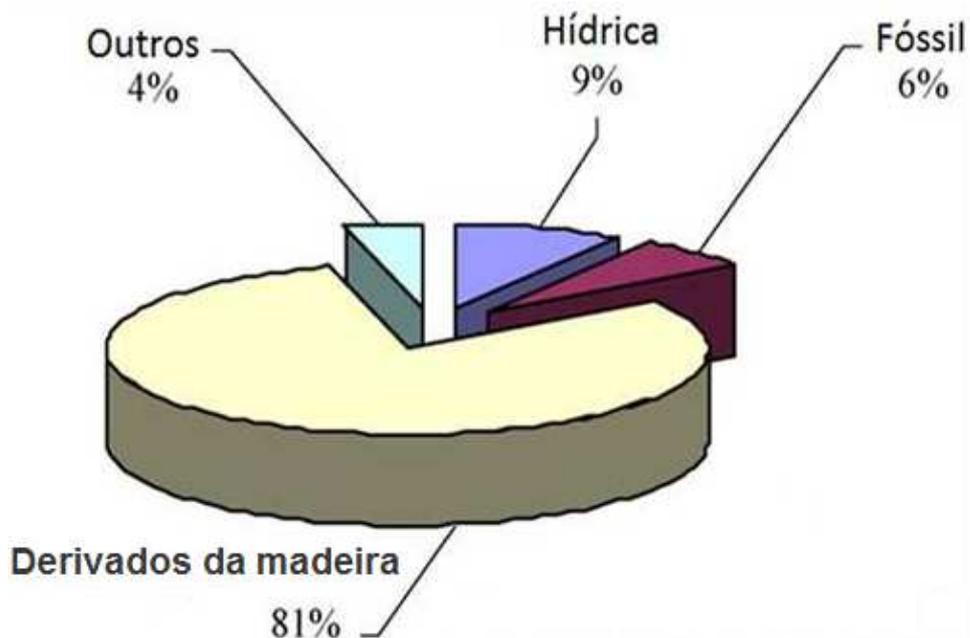


FIGURA 2: MATRIZ ENERGÉTICA EM MOÇAMBIQUE

FONTE: MINISTÉRIO DE ENERGIA, 2007

O estudo feito por EGAS (2006) na cidade da Beira mostra que 81% das famílias usam o carvão como fonte única de energia doméstica sendo a lenha a segunda fonte mais usada, contrariamente à cidade de Maputo, aonde o petróleo (querosene) vem a antes ao carvão.

As famílias pobres das zonas urbanas e peri-urbanas assim como a população rural, em geral, não têm este acesso ou são incapazes de obter os meios para utilizar eletricidade ou gás, por este motivo, grande parte da população das zonas urbanas mantém o uso de carvão para a cozinha e a eletricidade para a iluminação (BROUWER e FALCÃO 2004).

3.4.5 Rendimento das Famílias

Um aumento nos rendimentos das famílias permite à aquisição de fogões melhorados reduzindo deste modo a quantidade consumida de combustíveis lenhosos. Este cenário observa-se nas zonas urbanas onde o preço da oferta de lenha e carvão é mais alto devido aos custos de transporte associando-se ao fato de as famílias vivendo nas zonas urbanas disporem de rendimentos monetários que permitem a escolha (ATANASSOV *et al.*, 2012).

BROUWER e FALCÃO (2004) analisaram a influência do tipo de casa e rendimento sobre a fonte de energia na cidade de Maputo, tendo constatado que as famílias do Distrito Urbano nº 1, onde as casas são de construção convencional, usam muito pouco os combustíveis lenhosos em comparação com outros distritos urbanos.

EGAS (2006) encontrou que na cidade da Beira, as famílias vivendo em casas precárias recorrem somente ao uso da madeira para fins de energia doméstica, enquanto que, as que residem em casas de construção convencional preferem outras fontes alternativas de energia.

3.4.6 Variação do Preço de Madeira para Energia Doméstica

O fornecimento do carvão é assegurado pelos distritos mais distantes da zona urbana. O preço do carvão no mercado é baixo porque ele é vendido informalmente e o custo final não contabiliza os custos de exploração, produção, transporte, entre outros. Por outro lado, devido ao uso de carvão não requerer elevados investimentos comparativamente ao gás e eletricidade, faz com que as populações continuem a preferir o carvão em vez do gás ou eletricidade (PEREIRA *et al.*, 2001).

Em Maputo o saco de 30 Kg de carvão custa cerca de US\$ 6,00 dos quais 25% retornam ao produtor, e os retalhistas⁴ intermediários ficam com 75% (ATANASSOV, 2012)

Na cidade da Beira a mesma quantidade é vendida a US\$ 2,50 (58% mais baixo que o preço de Maputo), mas os produtores têm maior retorno (cerca de 40%) do preço final. O preço do produtor em Dondo e Nhamatanda fica em torno de US\$1,00 por saco, com os preços elevados a serem registrados na época chuvosa em que a produção de carvão é mais difícil (SITOE *et al.*, 2004).

Os preços dos combustíveis também diferem nas diferentes cidades. Para Maputo / Matola, por exemplo, as famílias gastam, em média, 431 MT (US\$

⁴ Termo usado em Moçambique para varejista.

15,00) por mês para comprar lenha. No caso da Beira e Nampula, a despesa mensal é 199 MT (US\$ 7,00) em ambos os casos (ATANASSOV *et. al.*, 2012).

Nota-se, porém, que os agregados familiares que são dependentes apenas em carvão para todas as necessidades de cozinha, gastam em média 775 MT (US\$ 28,00) por saco/mês. Aquelas famílias que compram carvão vegetal em quantidades diárias (*bundles - pequenas quantidades de carvão para uso diário*), gastam cerca de 53% mais do que aqueles que compram em sacos. Sua despesa mensal é de 854 MT (US\$ 30,00). A compra de carvão vegetal por saco pode, portanto, gerar uma economia às famílias em 3.540,00 MT (US\$ 126,00) por ano em comparação com aqueles que compram quantidades diárias (ATANASSOV *et. al.*, 2012).

No caso da Beira, aqueles que compram sacos de carvão vegetal gastam cerca de 417 MT (US\$ 15,00) por mês, enquanto que aqueles que compram quantidades diárias gastam em média 579 MT (US\$ 20,00) por mês (ATANASSOV, 2012)

O preço de carvão vegetal em Nampula é muito mais baixo do que as outras duas regiões. Famílias que compram sacos gastam em média 271 MT (US\$ 9,60) para carvão vegetal por mês, enquanto aqueles de compram em quantidades diárias gastam quase o dobro, a 300 MT (US\$11,00) por mês. Tanto na Beira e Nampula, 17% dos domicílios compram pequenas quantidades diárias (montinhos), enquanto em Maputo / Matola, 25% compram grandes quantidades diárias. Esta situação ocorre possivelmente devido ao maior preço de um saco de carvão vegetal em comparação com as duas outras cidades (ATANASSOV *et al.*, 2012).

3.5 CARVÃO VEGETAL

O carvão vegetal sempre foi visto como uma matéria-prima de segunda categoria, de baixo custo, obtido por atividades secundárias do desmatamento de florestas naturais. Com a escassez destas florestas e a baixa disponibilidade das fontes energéticas convencionais (petróleo e carvão mineral), o carvão vegetal passou a ter um papel principal como fonte de energia (OLIVEIRA *et al.*, 1982).

MEIRA (2002) comenta que o carvão vegetal é obtido da carbonização da madeira, em que a mesma é queimada ou aquecida numa atmosfera restrita de ar, em que vão sendo expulsos a água, os compostos voláteis, uma fração de compostos orgânicos condensáveis à temperatura ambiente, e outros, sem que ocorra a combustão total, devido à pouca quantidade de oxigênio.

Segundo NETTO (1980) quando se fala em carvão vegetal deve-se considerar suas propriedades e, conseqüentemente, a necessidade de controle da qualidade do produto. Os fatores que influenciam na qualidade do carvão vegetal são a espécie da madeira, dimensão das madeiras e método de carbonização.

O fator preocupante com respeito à sustentabilidade da exploração de lenha e carvão é que os dados disponíveis apontam estar muito acima do volume de corte anual admissível para madeiras comerciais. A produção de carvão vegetal está associada a um maior impacto ambiental do que a de lenha, especialmente em áreas peri-urbanas (FAO 2010), e tem sido referida como uma das principais causas do desmatamento na África (CUVILAS *et al.*, 2010).

Em Moçambique o uso intensivo de recursos florestais para fins energéticos é um problema alarmante e representa a segunda maior causa de desmatamento. Estima-se que 80% da energia consumida no país é obtida da floresta. Por outro lado, 98% dos produtos florestais obtidos anualmente da floresta são destinados à produção de lenha e carvão. O uso de energia obtida de combustíveis lenhosos nos grandes centros urbanos constitui um problema que carece de solução urgente uma vez que estes são obtidos devido à devastação de grandes áreas florestais ao redor das grandes cidades (EMERENCIANO, 2012).

Segundo o mesmo autor, o carvão em todo o país é fabricado com base em fornos tradicionais cobertos de terra e capim (tipo meda e tipo cupim). A eficiência destes tipos de fornos varia entre 14 a 17%. Atualmente por meio do convênio existente entre a Universidade Federal do Paraná do Brasil (UFPR) e da Universidade Eduardo Mondlane de Moçambique (UEM), estão sendo realizados

testes para produção de carvão, utilizando no processo de produção fornos tecnicamente construídos chamados de “rabo quente”. São fornos de simples construção e operação e que apresentam um rendimento médio em torno de 33%, praticamente o dobro do rendimento atualmente alcançado pelo processo convencional utilizado no país.

3.6 Métodos de Produção de Carvão Vegetal

3.6.1 Fornos Tradicionais do Tipo Meda

O sistema de meda é a forma mais simples e mais antiga de se fabricar o carvão vegetal. Consiste em se cavar um buraco no solo preenchendo-o com a madeira a carbonizar. Logo após, faz-se o toque de fogo. Quando a madeira realmente estiver queimando, cobre-se a meda com uma pequena camada de terra, permitindo certo contato da madeira que está carbonizando com o ar. No começo, a fumaça tem coloração branca leitosa, o que significa que a madeira está perdendo água. Quando a fumaça tornar-se pouco densa e de coloração azul, significando a queima dos voláteis, cobre-se completamente a meda, impedindo o contato da frente de carbonização com o ar. Espera-se dois ou três dias para a carbonização se completar e o carvão produzido esfriar. Retira-se a terra e empacota-se o carvão imediatamente, com o auxílio de um garfo, a fim de separá-lo da terra. (ROCHA e KLITZKE, 1998).

Em Moçambique CHACANZA (2011) observou junto aos fabricantes de carvão vegetal a constituição dos fornos, seu funcionamento, fases de produção de carvão. Sendo dividindo em 4 fases o processo de construção e operação:

Fase 1: derrubada das árvores, corte e arrumação dos troncos,

Fase 2: construção do muro de areia, cobertura com capim e areia,

Fase 3: inicia-se a carbonização, lacra-se o forno e abre-se os respiradouros de pequena dimensão, controla-se o processo de queima, deve-se ficar de vigia para evitar a queima completa da madeira (cinza),

Fase 4: finalização do processo quando se observa a redução da altura do forno pela metade. O tempo de duração do processo varia com a umidade da lenha, variando de 3 a 7 dias, dependendo da umidade. Na FIGURA 3 observa-se um forno tradicional preparado para a carbonização.



FIGURA 3: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL EM FORNO TRADICIONAL DO TIPO MEDA USUAL EM MOÇAMBIQUE

FONTE: AUTOR, 2012

3.6.2 Fornos Tradicionais do Tipo Cupim

Segundo ALMEIDA E REZENDE (1982) o cupim é um processo de meda um pouco mais sofisticado, onde se dispõe a madeira a ser carbonizada verticalmente em duas camadas ou giros circulares, sendo uma sobre a outra. A disposição final da pilha adquire formato de abóboda, lembrando um cupinzeiro. Em seguida, o cupim é coberto com uma camada de capim de aproximadamente 5 cm de espessura. Um capim muito usado para esta cobertura é o capim gordura. Esta camada de capim é coberta com uma camada de barro com 15 cm de espessura, a qual é feita de baixo para cima, deixando-se o orifício superior aberto. Lateralmente, por todo o perímetro da pilha, fazem-se três séries de

orifícios para saída de fumaça e entrada de ar para o desenvolvimento da carbonização.

Depois de iniciada a queima, fecha-se o orifício central com barro. Algumas horas depois, começa a sair uma fumaça densa de coloração branca, o que significa que a madeira está secando, ou seja, perdendo água na forma de vapor. Neste momento, deve-se abrir o orifício central e colocar mais material combustível, fechando-o novamente. Quando começar a sair fumaça azulada na fileira inferior de orifícios, faz-se a verificação da queima. Comprovada a carbonização, fecham-se todos os orifícios e possíveis entradas de ar. Este é o fim da carbonização, o que para um cupim com estas dimensões leva aproximadamente 8 dias. Deve-se ter água em abundância para casos de emergência, porém, se o carvão for molhado, ele será inutilizado, (ALMEIDA E REZENDE, 1982). Na FIGURA 4 pode ser observado o forno tradicional utilizado em Moçambique (tipo cupim).



FIGURA 4: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL EM FORNO TRADICIONAL DO TIPO CUPIM

FONTE: AUTOR, 2012

3.6.3 Forno Fixo de Alvenaria do Tipo Rabo-Quente

O modelo de forno de alvenaria mais simples e mais difundido entre os pequenos produtores no Brasil é o forno fixo denominado “rabo-quente” de acordo com MENDES *et al.* (1982), sua construção é recomendada em áreas planas. Esses fornos são de baixo custo inicial e de fácil manuseio, podendo um único trabalhador operar de 7 a 10 fornos (MINETTI, 2007). O custo médio de

construção do forno tipo “rabo-quente” no Brasil é de US\$ 81,41/st de lenha (CARNEIRO *et al.*, 2011)

Segundo FERREIRA (2000) o forno tipo “rabo-quente” é o modelo mais simples de forno de alvenaria. Consiste numa construção em forma de colmeia, com orifícios de entrada de ar, chamados “tatus”, e as saídas de ar chamadas de “filas” e “baianas”.

Para OLIVEIRA (2009) os pequenos e médios produtores optam por fornos de baixa capacidade volumétrica, devido ao elevado custo com maquinário e ao maior investimento inicial para a construção de fornos de maiores dimensões.

CHACANZA (2011) propôs um modelo de forno fixo destinado à produção de carvão vegetal aos produtores, para que deixem de usar fornos improvisados (tipo meda ou cupim) devido à baixa produtividade e prejudiciais ao meio ambiente. Este modelo tem a seguinte estrutura:

- Material para a sua construção: para construir este forno usaram-se tijolos de argila queimado, bem como tijolo não queimado, produzidos localmente pelos produtores de carvão.
- Forma: o forno pode em princípio assumir qualquer forma, como por exemplo, a cilíndrica, retangular ou ainda sob forma de um quadrado.
- Vantagens: o forno de superfície em formato fixo, construído na base de tijolos, pode conseguir o rendimento de aproximadamente, 25% à 35%, se a madeira for corretamente enforada.

Cerca de 80% da produção de carvão vegetal no Brasil é realizada em fornos de alvenaria do tipo rabo-quente. Raramente a planta de carbonização consta de um único forno; em geral os fornos estão construídos em grupos. Chama-se carvoaria o local onde estão localizados os fornos de carbonização, e onde são realizadas todas as atividades de carbonização, desde o recebimento de madeira até o despacho do carvão produzido. Chama-se bateria um conjunto

de fornos da carvoaria, conduzidos por uma equipe específica de mão de obra (PINHEIRO *et al.* 2005).

Segundo PINHEIRO *et al.* (2005) para o correto funcionamento de uma carvoaria é necessário dividir tarefas e responsabilidades. O tempo normal de corrida de um forno “rabo-quente” é sete dias, desde o acendimento do fogo até a retirada do carvão. São três dias para carbonizar, três dias para esfriar e um dia para descarregar e encher o forno. Foi verificado que a produção de um forno “rabo-quente” é de cerca de 5 m³ de carvão (MDC) por fornada.

O controle da carbonização é subjetiva impossibilitando o controle adequado da temperatura interna do forno, prejudicando a qualidade do carvão vegetal e elevando a produção de madeira semicarbonizada (tiço). O forno tipo “rabo-quente”, apresenta um baixo rendimento gravimétrico, variando de 20 a 28% devido ao excesso da queima da madeira e de suas características rudimentares, (MENDES *et al.*,1982).

A operação dos fornos deve utilizar mão de obra experiente, para assegurar boa produtividade e funcionamento confiável e seguro do forno, (PINHEIRO e SAMPAIO, 2001). Na FIGURA 5 pode ser observado um conjunto de fornos fixos tipo “rabo- quente”.



FIGURA 5: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL EM FORNO DE ALVENARIA FIXO DO TIPO RABO-QUENTE

FONTE: AUTOR, 2012

3.7 INFLUÊNCIA DA MADEIRA NA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL

3.7.1 Teor de Umidade da Madeira

Segundo VALENTE e LELLES (1979) o controle da umidade é fundamental, pois a madeira quando carbonizada a teores de umidade variando de 25 a 50%, aumenta em 13,27% o consumo de lenha. Quando carbonizada em retorta (sem injeção de oxigênio), para produzir 1 tonelada de carvão, torna necessários 4 toneladas de madeira a 50% de umidade, 3 toneladas de madeira a 20% de umidade ou 2,75 toneladas com 15% de umidade, respectivamente.

EARL (1974) ao carbonizar várias madeiras de diferentes espécies com diferentes teores de umidade verificou que quanto maior a porcentagem de umidade menor é a produção em kg/estéreo (FIGURA 6). Concluindo que quanto maior o teor de umidade menor é o rendimento e maior é tempo de carbonização

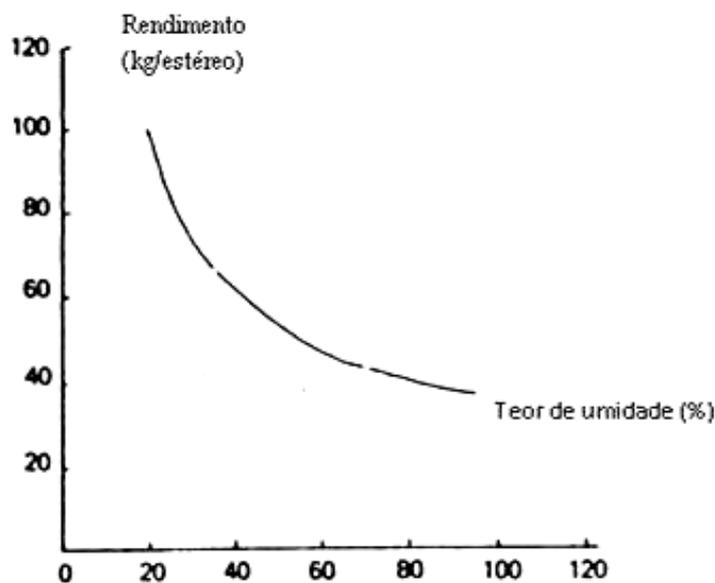


FIGURA 6: INFLUÊNCIA DA UMIDADE NO RENDIMENTO DE CARVÃO

FONTE: EARL, 1974

O rendimento do carvão varia com o teor de umidade da madeira, ou seja quanto maior a umidade da madeira mais lenha é consumida no forno para a secagem da mesma e conseqüentemente menor quantidade de carvão vai ser obtido (Forest Products Laboratory - FPL (1961)). Segundo o mesmo autor em

experimentos obteve-se os seguintes resultados: madeira seca ao ar com 32% de umidade resultou em 30% de rendimento; com 44% de umidade obteve-se 27% e com 47% de umidade resultou em 25% de rendimento.

Segundo MARCOS (1997), BRIANE e DOAT (1985) a umidade da madeira influi inversamente no rendimento gravimétrico em carvão vegetal. Segundo KLITZKE (1998) o rendimento em carvão diminuiu com o aumento da umidade, sendo necessária uma grande quantidade de energia para evaporar a água na madeira, aumentando conseqüentemente o rendimento do licor pirolenhoso.

3.7.2 Propriedades Físicas e Químicas da Madeira

Segundo BURGER e RICHTER (1991), madeira de alta massa específica queima melhor, uma vez que apresenta maior quantidade de matéria lenhosa por volume. A combustibilidade e o poder calorífico são altamente influenciados pelo teor de lignina e pela presença de materiais extrativos inflamáveis como óleos, resinas, ceras, que aumentam consideravelmente esta combustibilidade e o poder calorífico, afetando a forma de como queima a madeira.

A utilização da madeira para produção de energia, apesar de não ser restritiva, depende de algumas características internas da madeira como, por exemplo, o teor de lignina e a densidade básica (TRUGILHO, 1995).

BRITO e BARRICHELO (1982) estudando as correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão, observaram que a densidade da madeira exerce influência direta sobre a densidade aparente do carvão produzido. Segundo os mesmos autores devido a existência de uma alta correlação entre a densidade básica da madeira e da densidade aparente do carvão conforme encontrado, através de uma equação linear ($D_a = - 0,14019 + 0,816419 \times D_b$), com um coeficiente de correlação (r) de 0,9732**, torna-se importante quando da escolha de espécies de madeira para produção de carvão, permitindo antever o comportamento do mesmo mediante a avaliação da densidade de sua madeira.

Para GOMES e OLIVEIRA (1982)⁵ citado por VALE *et al.* (2001) a espécie da madeira é muito importante porque a densidade do carvão está relacionada com a densidade da madeira que lhe deu origem, ou seja, quanto maior a densidade da madeira, maior será a densidade do carvão produzido.

OLIVEIRA *et al.* (1982) analisando a densidade básica da madeira em relação a densidade aparente do carvão também encontraram uma correlação positiva entre as duas variáveis estudadas.

Segundo GOMES & OLIVEIRA (1982) a densidade do carvão é muito importante porque ela determina o volume ocupado pelo redutor em auto-forno, quando utilizado na siderurgia.

Da mesma forma OLIVEIRA *et al.* (1982), estudando o efeito da qualidade da madeira sobre o rendimento do carvão, concluiu que há uma correlação positiva e significativa entre o teor de lignina da madeira e o rendimento gravimétrico do carvão e com o teor de carbono fixo. Tais correlações foram também encontradas por vários autores como PETROFF & DOAT (1978); VITAL *et al.* (1994).

A carbonização da lignina é o que mais interessa para a qualidade e produtividade do carvão e este composto é o principal responsável pela formação deste insumo energético, pois os outros praticamente se degradam totalmente na temperatura de carbonização, ao contrário da lignina. A celulose e hemicelulose carbonizam a 300°C, em temperaturas superiores o rendimento diminui, sendo que em temperaturas de 500 a 600°C, o rendimento é praticamente nulo (FERREIRA, 1983).

3.7.3 Propriedades do Carvão Vegetal

As espécies de madeira não influenciam na qualidade química do carvão produzido, mas as propriedades físicas são influenciadas diretamente pela massa

⁵ GOMES, P.A.; OLIVEIRA, J. B. **Teoria da carbonização da madeira. Uso da madeira para fins energéticos.** Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/CETEC, 1982, p.10-27

específica e estrutura da madeira. Em geral madeiras com baixa massa específica produzirão um carvão bastante friável, enquanto que com maior massa específica irão produzir um carvão mais limpo e menos quebradiço (Forest Products Laboratory - FPL, 1961).

Segundo MENDES *et al.* (1982) a densidade aparente do carvão é sensivelmente influenciada pela velocidade de carbonização. O autor observou que em carbonização rápida (2 horas), foi obtido um carvão menos denso do que na carbonização lenta (71 horas), sugerindo que o carvão produzido em carbonizações rápidas não apresenta boas características físicas. A mesma tendência foi encontrada por SLOCUM *et al.* (1978) ao estudar o efeito da taxa de carbonização sobre o rendimento em carvão.

As propriedades físicas e químicas do carvão vegetal dependem em parte da matéria-prima que lhe deu origem e também em parte do processo de carbonização. As propriedades do carvão vegetal são várias e interdependentes. Isto significa que é praticamente impossível trabalhar no aprimoramento de determinada propriedade sem alterar outras (SILVA & BRITO, 1985). Além disso, a condução da carbonização depende da qualidade do carvão que se deseja obter (Centre Technique Forestier Tropical - CTFT, 1972).

Segundo MARCOS (1997) o carvão vegetal é composto basicamente de carbono, como componente principal, apresentando ainda parte de oxigênio, hidrogênio e uma quantidade mínima de nitrogênio. A composição química elementar do carvão vegetal está em função de 3 fatores: matéria-prima utilizada; temperatura de carbonização; técnica de carbonização empregada.

A composição química do carvão vegetal pode ser determinada através da análise química elementar e da análise química imediata. Na análise química elementar faz-se a determinação do carbono, oxigênio e hidrogênio, enquanto que na análise química imediata são determinados a umidade, os teores de materiais voláteis, cinza e de carbono fixo contidos no carvão vegetal MENDES *et al.* (1982).

Segundo KOLLMANN (1959) deve-se levar em consideração aqueles combustíveis que contenham umidade e hidrogênio, pois nos seus gases de combustão se encontra água, que no estado de vapor ou líquida influi no valor do poder calorífico.

O poder calorífico é definido como a quantidade de energia na forma de calor liberada pela combustão de uma unidade de massa da madeira (JARA, 1989). No Sistema Internacional o poder calorífico é expresso em joules por grama ou quilo joules por quilo, mas pode ser expresso em calorias por grama ou quilocalorias por quilograma, segundo BRIANE & DOAT (1985).

O poder calorífico divide-se em superior e inferior. O poder calorífico superior é aquele em que a combustão se efetua a volume constante e no qual a água formada durante a combustão é condensada e o calor que é derivado desta condensação é recuperado (BRIANE & DOAT, 1985).

Segundo OLIVEIRA *et al.* (1982) o poder calorífico de um combustível pode ser definido como número de calorias liberadas na combustão completa de uma unidade de massa do combustível, expresso em kcal/kg ou kj/kg para combustíveis sólidos e líquidos e em kcal/m³ para gases.

Segundo PETROFF & DOAT (1978) o poder calorífico superior do carvão aumenta à medida que a porcentagem de carbono fixo aumenta.

BRITO & BARRICHELO (1982) e TROSSERO (1981) afirmam que o poder calorífico do carvão vegetal é em função da temperatura de carbonização e do teor de umidade da madeira utilizada.

Segundo COUTINHO (1984) quando o poder calorífico incluir ou não, calor de condensação da água é chamado de poder calorífico superior (PCS) ou poder calorífico inferior (PCI), respectivamente. Existe uma dependência entre o poder calorífico superior e o inferior regida pela quantidade de hidrogênio presente no combustível, estando de acordo com MENDES *et al.* (1982). Na prática, usa-se o poder calorífico inferior, visto que o poder calorífico superior inclui o calor da água da umidade do ar e da água gerada na combustão.

3.8 FLORESTAS PLANTADAS

As primeiras plantações em Moçambique surgiram no sul do País na região da Namaacha, onde foram plantados cerca de 3200 ha com intuito de controlar as cheias, ornamentação, para fins estruturais e com intuito de uma futura produção de celulose (SHIMIZU, 2006).

Nos inícios dos anos 80 do século XX, Moçambique contava com pouco mais de 35 mil ha de florestas plantadas, majoritariamente na região de Manica. Essas plantações eram preferencialmente de eucalipto e pinho, destinavam essencialmente a produção de madeira serrada (SHIMIZU, 2006).

Contudo, existiam plantações dispersas por todo país destinados a proteção de dunas nas principais praias (CHITARÁ, 2003).

Ainda de acordo com CHITARÁ (2003), as primeiras plantações com propósito de suprir as necessidades de energia lenhosa aos principais centros urbanos, surgiram nos finais dos anos 70 do século XX com financiamento da FAO e encontravam-se ao redor das cidades de Maputo, Beira, Nampula e Lichinga. Essas plantações tinham como principais espécies o *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus camaldulensis*.

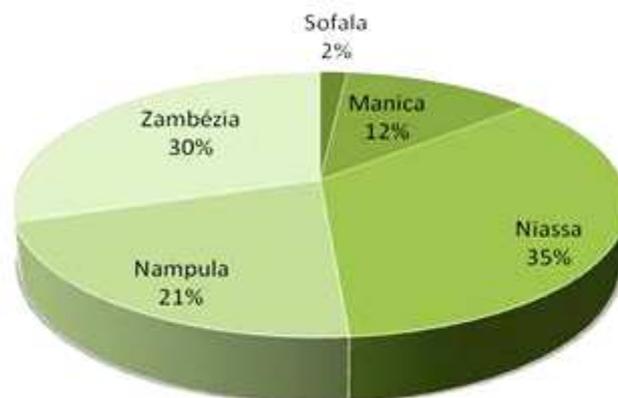
Com o fim da guerra civil em 1992, a pressão sobre a terra em volta dos centros urbanos fez com que essas plantações fossem privatizadas para fins de urbanização e agricultura, entre outros (DNFFB, 1997).

O Conselho de Ministros aprovou a Estratégia da Revolução Verde em 2007. Esta estratégia considera a gestão de recursos naturais como um dos seus cinco principais pilares. A estratégia da revolução verde dá prioridade ao acesso e a gestão sustentável dos recursos naturais; o zoneamento para a facilitação de investimentos no setor de florestas; o estabelecimento de plantações para uso da energia, a promoção do processamento local de produtos, a prevenção de queimadas florestais e a redução dos conflitos homem-animal (MINAG, 2006).

Desde os meados do ano 2000 tem havido um interesse crescente no desenvolvimento em grande escala de plantações florestais com espécies de rápido crescimento para fins comerciais e industriais. O fato deve-se principalmente às condições que o país oferece, a destacar: precipitação maior que 1000 mm, profundidade efetiva do solo de 100 cm, altitude menor que 1000 metros e uma boa capacidade de água, que são parâmetros potenciais existentes no país para o estabelecimento de plantios florestais (MINAG, 2006).

De acordo com TAQUIDIR e FALCÃO (2012), a partir de 2005 e com o auge em 2009, os pedidos de DUAT (Direito e Uso de Aproveitamento da Terra) para fins de plantio florestal tomaram uma maior expressão onde foram concessionados pela DNTF em 2009 onde existem cerca de 760.000 ha autorizados pelo governo de Moçambique.

Segundo DNTF (2011), estima-se em cerca de sete milhões de hectares aptos para os plantios florestais. Da área pertencente ao território moçambicano, a região norte (Niassa e Nampula) detém o maior percentual (56%) e a região central (Zambézia, Manica e Sofala) com 44 % de ocupação de áreas plantadas, conforme pode ser observado na FIGURA 7.



Área total: 7.085.436 ha

FIGURA 7: ÁREA APTA PARA PLANTAÇÕES CONFORME O POTENCIAL REGIONAL.

FONTE: NUBE 2012.

No que diz respeito a área plantada, há alguma discrepância na literatura disponível sobre esta matéria. Os dados são estimados pelo Ministério da

Agricultura e, nesse particular, não é computado o plantio em pequenas propriedades. Estatísticas disponíveis mostram que no período de 2006 a 2011 o país registrou uma tendência crescente de plantios, conforme pode ser observado na FIGURA 8.

Com base na FIGURA 8 o somatório total da área plantada contempla aproximadamente 64 mil hectares. No entanto, o relatório anual da DNTF (2011) aponta que o país conta com 46 mil hectares plantados, dos quais 66% concentram-se na província do Niassa devido às excelentes condições edafoclimáticas aliado ao suporte das atividades pelo setor privado. Vale lembrar que os gêneros mais comumente plantados são *Eucalyptus* e *Pinus*.

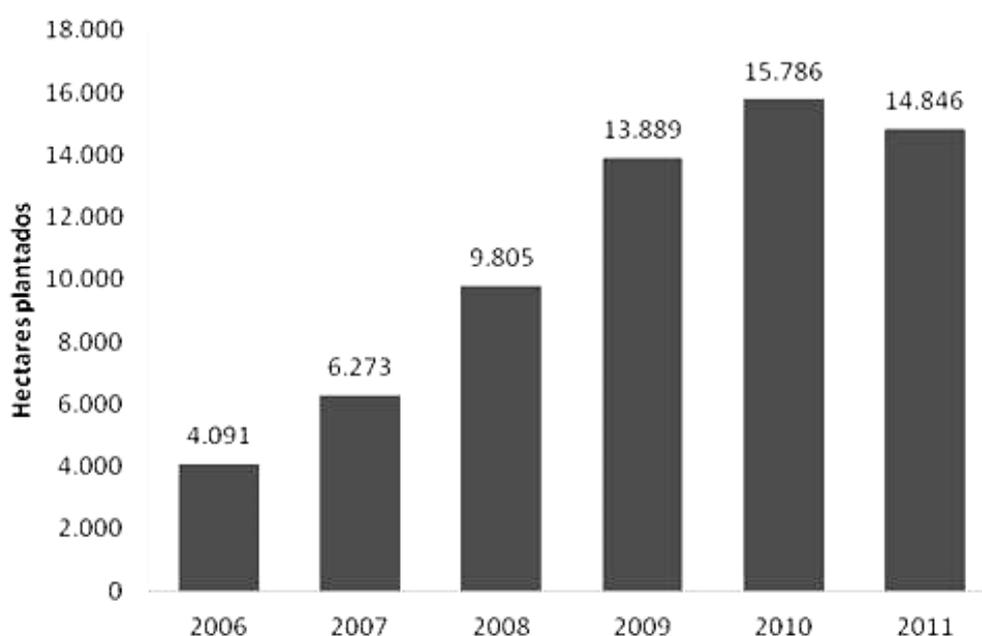


FIGURA 8: ÁREA DOS PLANTIOS FLORESTAIS EM MOÇAMBIQUE NO PERÍODO DE 2006 – 2011.

FONTE: NUBE, 2012

3.9 FLORESTAS ENERGÉTICAS

Termo utilizado a partir da década de 1980 para definir plantações com número de árvores por hectare e, conseqüentemente, com ciclo curto, que tinha

como finalidade a produção do maior volume de biomassa por área em espaço de tempo (MAGALHÃES, 1982).

As Florestas Energéticas contribuem para o fornecimento de biomassa florestal, lenha e carvão de origem vegetal. Além disso, o reflorestamento para uso energético diminui a pressão sobre as florestas nativas e desempenha importante papel na utilização de terras degradadas.

Alguns autores, dentre eles, MACEDO (2001; 2003) e VERWIJST (2004), as plantações para fins energéticos têm um potencial bastante promissor como fonte de biomassa para a geração de eletricidade. MACEDO (2003) destaca ainda que com as altas produtividades obtidas em plantações florestais (particularmente do gênero *Eucalyptus*), os custos de geração de energia proveniente da madeira de reflorestamento podem ser minimizados, tornando o investimento mais atrativo e lucrativo para as empresas de reflorestamento. As plantações energéticas são sistemas que visam maior produção de biomassa por unidade de área, em um menor espaço de tempo. Assim, aliado ao conceito de plantações energéticas, surge o conceito de plantios de curta rotação.

Os eucaliptos constituem as espécies florestais mais utilizadas nos reflorestamentos no Brasil. Recentemente essa madeira passou a ter muito maior expressão pela necessidade de sua utilização também para energia, fato que ampliou significativamente a demanda no mercado interno (SIMÕES *et al.*, 1980).

GUIMARÃES (1956) trabalhando com *Eucalyptus saligna* comparou 11 combinações de espaçamentos entre plantas, desde 1,0 m x 1,0 m até 3,0 m x 2,0 m. Com os volumes de lenha obtidos aos oito anos de idade concluiu:

- 1) Há uma estreita correlação entre os espaçamentos e a produção volumétrica de lenha. À medida que diminui o espaçamento de plantio, aumenta a produção de lenha;
- 2) Sob o aspecto econômico, não é aconselhável a adoção de espaçamentos menores que 2,0 m x 2,0 m;

- 3) O espaçamento que forneceu maior lucro líquido foi o de 3,0 m x 1,5m, que corresponde a uma área de 4,50 m² por árvore;
- 4) O espaçamento que apresentou maior renda do capital foi o de 3,0 m x 2,5 m ou seja uma área de 7,50 m² por árvore;
- 5) Esses espaçamentos são ainda convenientes, por permitirem o emprego de implementos mecanizados.

PRYOR (1967)⁶, citado por COELHO; MELLO e SIMÕES (1970), considera que o espaçamento tem grande efeito sobre o custo da matéria prima produzida e sobre a contexto dos preços correntes pela restrita oportunidade de manipulação do produto obtido. Admitindo que por necessidade de caráter tecnológico e social o manejo dos povoamentos de eucalipto tenha por objetivo a produção de madeira industrial, de rápido crescimento, porém de baixa densidade, devendo ser alcançadas produções em rotações curtas, os espaçamentos mais amplos possíveis, sob determinadas condições, serão os mais apropriados. Conclui que decisões precisas sobre espaçamentos e espécies não podem ser tomadas sempre sem um conhecimento mais acurado da influência dos mesmos nas qualidades dos produtos obtidos.

GOMES *et al.* (1977) estudaram o comportamento de 57 espécies e procedências de eucalipto na região de Viçosa, Minas Gerais. Os autores concluíram, através de avaliação feita aos 28 meses de idade, considerando em conjunto todas as características de crescimento e forma das árvores, que apenas o *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* destacaram-se estatisticamente superiores.

As dimensões das peças, particularmente o diâmetro, constituem-se em importantes variáveis na operacionalização e no processo de carbonização.

⁶ PRYOR, L.D. - 1967 - **Eucalyptus in plantations - Present and Future**. FAO. World Symposium on man made forest and their industrial importance. Canberra, Australia. Vol. 2: 993-1008

Peças com diâmetros superiores a 20 cm podem produzir carvão muito quebradiço; quando menores que 10 cm, dificultam o arranjo dentro do forno, refletindo negativamente no tempo necessário para carregamento. Assim, quando o objetivo for a produção de carvão, o corte aos quatro anos de idade, bem como os espaçamentos menores que três metros quadrados por planta, para o corte aos sete anos, devem ser descartados, por produzirem grande número de toras com diâmetros inferiores a 10 cm (VALENTE 1986).

3.10 MODELOS DE SUPRIMENTO DE MADEIRA PARA ENERGIA DOMÉSTICA

DEWES (1989) cita que em meados da década de 1980, que as fontes de proveniência de combustíveis lenhosos de fora das florestas tiveram um impacto e que os combustíveis lenhosos provenientes diretamente das florestas também havia sido exagerada. Além disso, foi alegado que no âmbito de intervenção para incentivar mais plantio de árvores para propósito de combustíveis lenhosos foi mais limitada do que se imaginava, porque existiram muitas vezes alternativas de menor custo.

Ao longo dos últimos anos, a FAO vem realizando uma grande revisão dos seus dados publicados de combustíveis lenhosos e desenvolveu modelos de projeção e analíticos mais rigorosos e realísticos (WHITEMAN *et al.* 2002).

O consumo de combustíveis lenhosos geralmente diminui com o aumento da renda. Por outro lado, a urbanização normalmente reduz o consumo da lenha e aumenta o consumo de carvão vegetal e por sua vez o consumo da lenha aumenta em proporção com o aumento da cobertura florestal (ARNOLD, 2003).

ARNOLD, 2003, diz que o uso de dados de estudos mais detalhados em particular tem servido para serem desenvolvidos modelos de estimação mais ampla em nível nacional de países sem relatórios anuais. Esses modelos têm servido para análises de tendências de consumo de combustíveis lenhosos que usam um amplo leque de variáveis explanatórias ou independentes.

ARNOLD (2003) cita que BARNES *et al.* (2002)⁷ desenvolveu um modelo onde incorporava dois tipos de variáveis. Essas variáveis eram a renda média das famílias e o tipo de energia doméstica usada. Como demonstra a FIGURA 9, o modelo relaciona a renda média da família e o tipo de combustível usado. O modelo mostra que quanto mais a renda aumenta, a mudança para energias domésticas mais limpas ambientalmente é visível, onde o carvão surge como uma fonte de energia doméstica de transição.

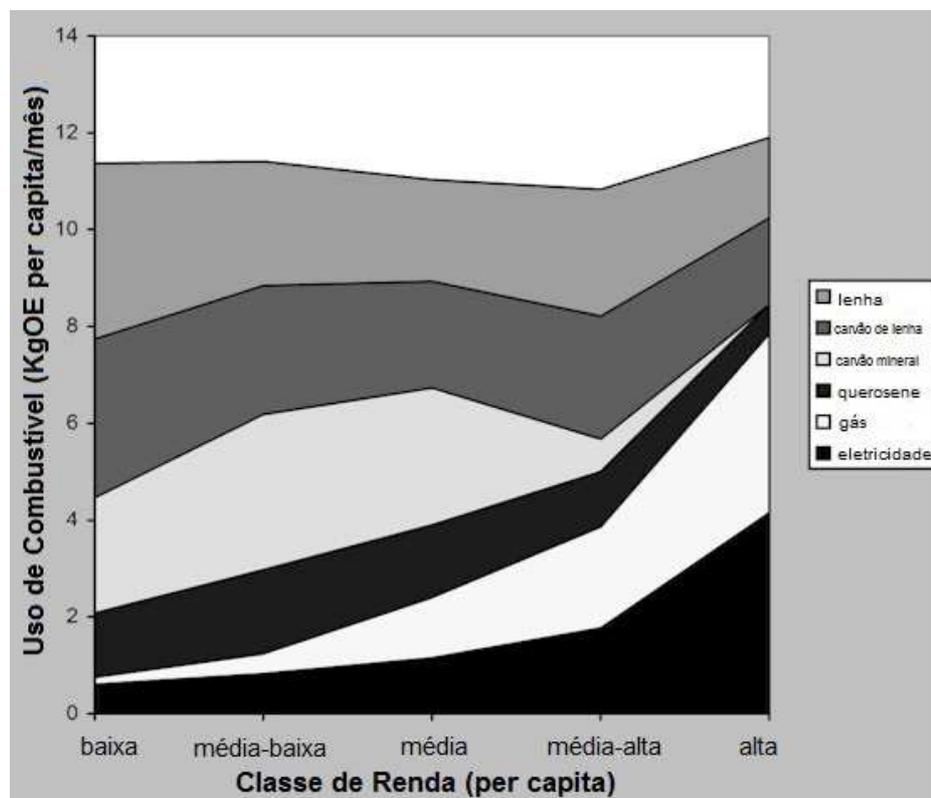


FIGURA 9: RELAÇÃO ENTRE A RENDA MÉDIA DA FAMÍLIA E O TIPO DE COMBUSTÍVEL

FONTE: BARNES *ET AL.*, 2002 CITADO POR ARNOLD, 2003

⁷ BARNES, D.F., KRUTILLA, K. e HYDE, W. **The urban energy transition: energy, poverty and the environment in the developing world.** World Bank, January 2002 (Draft).

Os modelos de combustíveis lenhosos desenvolvidos pela FAO foram do tipo continental, onde as estimativas para cada país pode ser não muito precisa (ARNOLD, 2003).

3.10.1 Modelos Usados para Carvão Vegetal e outros Tipos de Energia Doméstica

LCA (Life Cycle Analysis = Análise do Ciclo da Vida) é um meio de avaliar os encargos ambientais associados com certos bens (e serviços) por meio da identificação e, se possível, quantificando energia e uso de material e liberação da poluição ou outras formas de resíduos associados com a produção, o consumo e disposição de serviços (BAILIS, 2005).

LCA também estima o impacto ambiental da energia e fluxos de materiais e, também avalia as opções que resultam na redução desses impactos. O desenvolvimento do LCA, cada célula da matriz é avaliada quantitativamente com variáveis contínuas ou discretas. Elas também podem ser avaliadas qualitativamente como boa ou má, ou mesmo como uma referência ou base do processo (GRAEDEL, 1998).

Portanto, os modelos LCA geralmente analisam cinco fases do ciclo de vida: obtenção de matérias primas, produção, distribuição, consumo e disponibilidade. Cada uma destas fases podem ter alterações climáticas relacionadas com os impactos associados a ela, apesar de algumas fases terem impactos maiores que outros (BAILIS, 2005).

3.10.2 Modelos de Regressão Linear

Os modelos de regressão são modelos matemáticos que relacionam o comportamento de uma variável 'Y' com outra 'X'.

Quando a função f que relaciona duas variáveis é do tipo $f(X) = a + bX$, então se considera modelo de regressão simples. A variável 'X' é a variável independente da equação enquanto $Y = f(X)$ é a variável dependente das

variações de 'X'. O modelo de regressão é chamado de simples quando envolve uma relação causal entre duas variáveis. O modelo de regressão é multivariado quando envolve uma relação causal com mais de duas variáveis. Isto é, quando o comportamento de 'Y' é explicado por mais de uma variável independente ou explanatória X_1, X_2, \dots, X_n (GUJARATI, 2006)

Os modelos acima (simples ou multivariados) simulam relacionamentos entre as variáveis. Esse relacionamento poderá ser do tipo linear (equação da reta ou do plano) ou não linear (equação exponencial, geométrica, etc.). A análise de regressão compreende, portanto quatro tipos básicos de modelos; linear simples; linear multivariado; não linear simples e não linear multivariado (GUJARATI, 2006).

A relação entre duas ou mais variáveis é importante para prognosticar um fenômeno ou realidade de causa-efeito baseadas em observações de uma série de dados históricos (GUJARATI, 2006).

Os parâmetros determinam as características da função que relaciona 'Y' com 'X' que no caso do modelo linear se representa por uma reta chamada de reta de regressão. Esta reta explica de forma geral e teoricamente a relação entre 'X' e 'Y'. Isto significa que os valores observados de 'X' e 'Y' nem sempre serão iguais aos valores de 'X' e 'Y' estimados pela reta de regressão. A essa diferença é designada como erro ou desvio (GUJARATI, 2006).

3.10.3 Modelos de Regressão Linear Multivariada

Os modelos de Regressão Linear Multivariada são muito úteis, pois, permitem a construção de modelos considerando estruturas de correlação entre medidas tomadas na mesma ou em distintas unidades amostrais (NOGUEIRA, 2007).

Na regressão linear múltipla, também chamada de multivariada, assume-se que existe uma relação linear entre uma variável 'Y' (a variável dependente) e 'k' variáveis independentes, x_j ($j = 1, \dots, k$). As variáveis independentes são também

chamadas variáveis explicativas ou regressores, uma vez que são utilizadas para explicarem a variação de 'Y'. Muitas vezes são também chamadas variáveis de predição, devido à sua utilização para se predizer 'Y' (GUJARATI, 2006).

De acordo com ESTEVES, 2007, as condições subjacentes à regressão linear múltipla são análogas às da regressão linear simples e, por isso, apresentam-se aqui de forma resumida:

- As variáveis independentes x_j são não-aleatórias (fixas);
- Para cada conjunto de valores de x_j há uma subpopulação de valores de 'Y', sendo que estas subpopulações têm distribuição normal (para efeitos da construção dos intervalos de confiança e da realização dos testes de hipóteses);
- As variâncias das subpopulações de 'Y' são iguais;
- Os valores de 'Y' são estatisticamente independentes. Por outras palavras, quando se extrai a amostra, assume-se que os valores de 'Y' obtidos para um determinado conjunto de valores de x_j são independentes dos valores de 'Y' obtidos para outro qualquer conjunto de valores de x_j .

3.10.4 Problemas de Modelagem com Regressão

Multicolinearidade

De acordo com GUJARATI (2006), a dificuldade de isolar os efeitos individuais das variáveis explicativas ou independentes devido a um alto correlacionamento na variável dependente é definida como multicolinearidade.

Os coeficientes estimados pelo MMQ (Método de Mínimos Quadrados) podem ser estatisticamente não significantes ainda que R^2 seja alto. A redução da multicolinearidade pode ser conseguida por um aumento de coleta de dados ou então pela exclusão das variáveis altamente colineares (GUJARATI, 2006).

Heterocedasticidade

A heterocedasticidade é um teste de verificação de um modelo de regressão (GUJARATI, 2006). Se a hipótese do MMQ de que a variância do erro ser constante para todos os valores das variáveis explicativas e não se mantiver, podemos dizer que se está perante heterocedasticidade. Isso conduz a estimativas visadas e ineficientes dos erros padrões (SALVATORE, 1982).

Se a variância do erro for proporcional a X , a heterocedasticidade pode ser reduzida pela divisão de cada termo do modelo por X e reestimar a regressão usando as variáveis transformados (SALVATORE, 1982).

Auto correlação

Quando o termo “erro” num dado período de tempo for positivamente correlacionamento com o termo “erro” de tempo anterior, depara-se então com o problema de auto correlação.

GUJARATI, 2006, diz que a presença da auto correlação pode ser testada pela utilização do teste de DURBIN-WATSON a níveis de 5% de significância para n observações e k variáveis explicativas. Se o valor calculado de d (Durbin-Watson) for menor que o valor tabulado d_l , então a hipótese de auto correlação é aceita.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido em Moçambique nas regiões Norte (Nampula), Centro (cidade de Beira) e Sul (Maputo e Matola), sendo considerados os principais centros urbanos do país e que apresentam maior impacto no consumo de carvão como fonte de energia doméstica (FIGURA 10). No CEFLOMA – Centro Agroflorestal de Machipanda foram feitos estudos e testes de fornos de carvão com madeira de eucalipto.



FIGURA 10: ÁREAS DE COLETA DE DADOS EM MOÇAMBIQUE

FONTES: AUTOR, 2014

A cidade de Nampula, capital da Província de Nampula, é considerada como o centro urbano de maior impacto econômico na região norte do país. A sua população é de 471.717 habitantes (Portal de Dados: Moçambique, Dados de Pesquisa, 2013).

A cidade da Beira situa-se na costa central do país sendo a capital da Província de Sofala. Pela sua posição estratégica, a cidade da Beira com seu porto ferro-portuário, é considerada a capital econômica do centro de Moçambique. A sua população é de 431.583 habitantes (Portal de Dados: Moçambique, Dados de Pesquisa, 2013).

A cidade de Maputo situada no litoral sul, é a capital política e econômica de Moçambique. A cidade vizinha, Matola, encontra-se a 15 Km de distância de Maputo. Em termos econômicos elas são interdependentes devido a força laboral e industrialização. As duas cidades têm uma população estimada em 1.766.184 habitantes (Portal de Dados: Moçambique, Dados de Pesquisa, 2013).

O posto Administrativo de Machipanda situa-se junto à fronteira do Zimbábue e encontra-se rodeada de plantações florestais de eucalipto e pinus.

4.2 DIAGNÓSTICO DO MERCADO DE CARVÃO VEGETAL EM MOÇAMBIQUE

Com vista a obter estimativas médias de consumo, foi desenvolvido e aplicado um questionário semiestruturado, aos agregados familiares nos diferentes bairros das cidades Maputo/Matola, Beira e Nampula (Anexo 1).

Estes questionários foram elaborados para coletar dados sobre níveis, tipos, preços de combustíveis lenhosos às famílias localizadas nos diferentes bairros das referidas cidades.

De acordo com as estimativas baseadas em projeções do Instituto Nacional de Estatística (INE, 2010), as cidades de Maputo e Matola contam com 449.243 famílias das quais foram amostradas 501 agregados familiares correspondendo a uma amostragem de 0,11% para essas duas cidades.

As mesmas projeções indicam que, na cidade da Beira residem 101.334 famílias, onde 0,41% do tamanho da população foi submetido ao questionário e na cidade de Nampula responderam ao questionário 448 famílias correspondendo a 0,35% do número total de famílias residentes nesta cidade.

A FIGURA 11 mostra a comparação do número de famílias abrangidas pelo questionário e o número total de famílias existente nas três cidades em estudo. O tamanho médio do agregado familiar para as cidades acima referenciado foi de 5,8 pessoas.

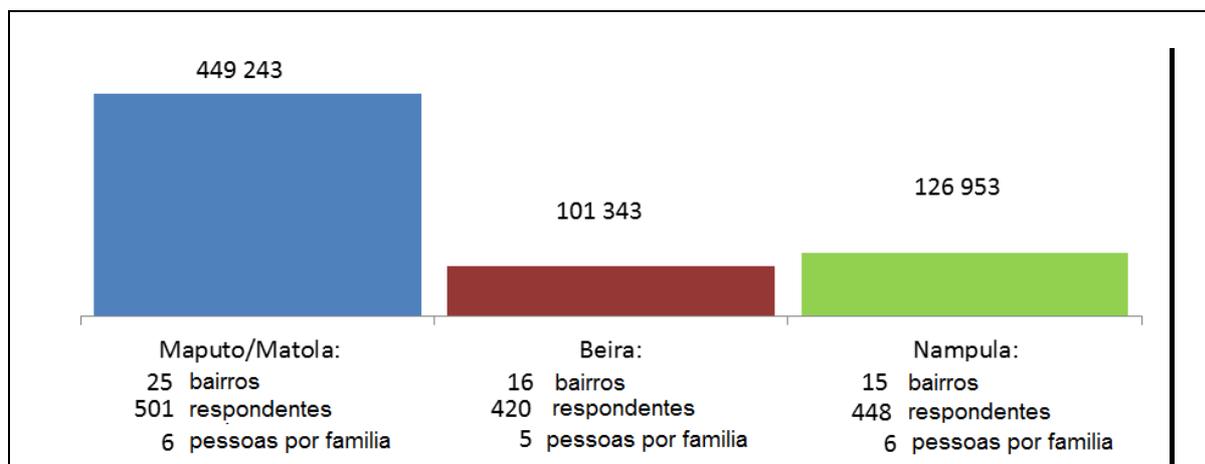


FIGURA 11: COMPARAÇÃO DO NÚMERO TOTAL DE FAMÍLIAS E TAMANHO DA AMOSTRA

FONTE: AUTOR, 2013

4.3 ANÁLISE COMPARATIVA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO E QUALIDADE DE CARVÃO OBTIDO DE FORNOS DOS TIPOS MEDA E RABO QUENTE.

As análises comparativas dos processos de produção dos dois tipos de fornos foram feitas com *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus cloeziana* em fornos tradicionais e fornos de rabo quente.

Essa comparação seguiu as condições locais em que normalmente é feito o carvão vegetal, isto é a umidade inicial média de 50% e toretes de comprimento médio de 1,0 m e de diâmetro médio de 10 cm.

Para cada tipo de forno foram feitas carbonização da madeira das espécies anteriormente citadas. A carbonização foi feita em três repetições onde foram

efetuadas as pesagens dos toretes (FIGURA 12) antes e depois do processo de produção, a do carvão vegetal para se fazer a comparação de eficiência quantitativa de rendimentos para os dois tipos de fornos.



FIGURA 12: PESAGEM DE TORETES DE MADEIRA PARA CARBONIZAÇÃO EM MOÇAMBIQUE
FONTE: AUTOR, 2012

No processo de produção de carvão, no forno tipo MEDA, foi feita a análise de variância (ANOVA) para verificar se há diferenças significativas entre as fornadas (repetições). Por outro lado o teste de student "t" foi aplicado nos rendimentos do forno do tipo RABO QUENTE para ver se houve significância entre as fornadas (repetição).

4.4 CONSTRUÇÃO DE FORNO FIXO TIPO RABO-QUENTE

No CEFLOMA (Centro Agroflorestal de Machipanda), pertencente a Universidade Eduardo Mondlane (UEM) em Machipanda – Moçambique, foi construído um forno fixo do tipo “rabo-quente” para estudos de produção de carvão vegetal com apoio da Universidade Federal do Paraná (UFPR) Curitiba – Paraná, Brasil.

A capacidade do forno é de aproximadamente 10 estéreos (st) de lenha, sendo utilizados na construção aproximadamente 1200 tijolos maciços. A construção do forno seguiu os passos descritos abaixo:

- 1) Escolher o local: O lugar deve ser plano, alto, e com boa saída para água das chuvas;
- 2) Preparar a massa: A massa se prepara com uma mistura de água e solo argiloso, bem peneirado;
- 3) Cavar a base: Com picareta ou enxada, se cava uma vala da largura de um tijolo com uma profundidade de três tijolos, por fora do círculo marcado correspondente a base do forno;
- 4) Nivelar a base: Utilizar o nível de mangueira;
- 5) Assentar a base: Mantendo o nível dos tijolos de guia, se colocam três fileiras de tijolos com muita massa;
- 6) Marcar a porta, os tatus e as baianas: Quando acabar a base, se marca uma abertura de 80 cm para a porta, do lado que vem o vento;
- 7) Construir a parede: Com o gabarito fechado, se colocam três fileiras de tijolos “ponta com ponta”;
- 8) Construir a porta: A porta se constrói com tijolo dobrado, mantendo sempre o prumo. Os tijolos da parede vão “amarrados” na porta;
- 9) O reboco: O reboco deve ser feito com barro pouco liguento (adesão baixa) para que não rache.

É importante que toda a construção do forno seja orientada pelo gabarito. Não se deve esquecer de esticar o gabarito a partir da quarta fileira e depois de completar cada uma das fiadas. Na FIGURA 13, a seguir, pode ser observado o processo de construção do forno fixo do tipo Rabo-Quente.



FIGURA 13: CONSTRUÇÃO DO FORNO FIXO TIPO RABO-QUENTE

FONTE: AUTOR, 2012

4.5 CONDUÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CARVÃO DO FORNO FIXO TIPO RABO-QUENTE

Na condução do processo de carbonização seguiram-se os passos a baixo:

- 1) Escolha da lenha: A melhor lenha para carvão é de madeira dura, reta e seca;
- 2) Preparação da lenha: A lenha deve ser cortada em pedaços retos;
- 3) Preparação da grade: A grade é feita de lenha de 10 a 15 cm de diâmetro;
- 4) Enchimento do forno: Por cima da grade coloca-se a lenha empilhada, procurando que a mais grossa fique na parte de baixo e no centro;
- 5) Acendimento: O acendimento é por cima, com brasas;
- 6) Controle da queima: A queima começa quando a fumaça sai pela chaminé.

Nas primeiras 20 a 30 horas a fumaça é branca e fria (pode-se passar a mão nela sem queimar). Depois a fumaça muda de cor, mudando para o azul, e fica mais quente. Neste momento deve-se começar a fechar os suspiros. O ponto final da queima é quando a fumaça está transparente (sem cor). Ai deve-se rebocar os suspiros e fechar a boca da chaminé com tijolos e massa.

- 7) Resfriamento: O resfriamento pode demorar 3 a 5 dias. Durante esse tempo, deve se cuidar e vedar todas as trincas ou rachaduras que possam aparecer;
- 8) Descarregamento do forno: Para tirar o carvão, deve-se abrir a tampa e esperar meia hora para ver se não há fogo aceso;
- 9) Serenar o carvão O carvão ensacado deve esperar um dia antes de costurar e armazenar, pois pode pegar fogo;

Na FIGURA 14 pode ser observado o processo de carbonização da madeira.

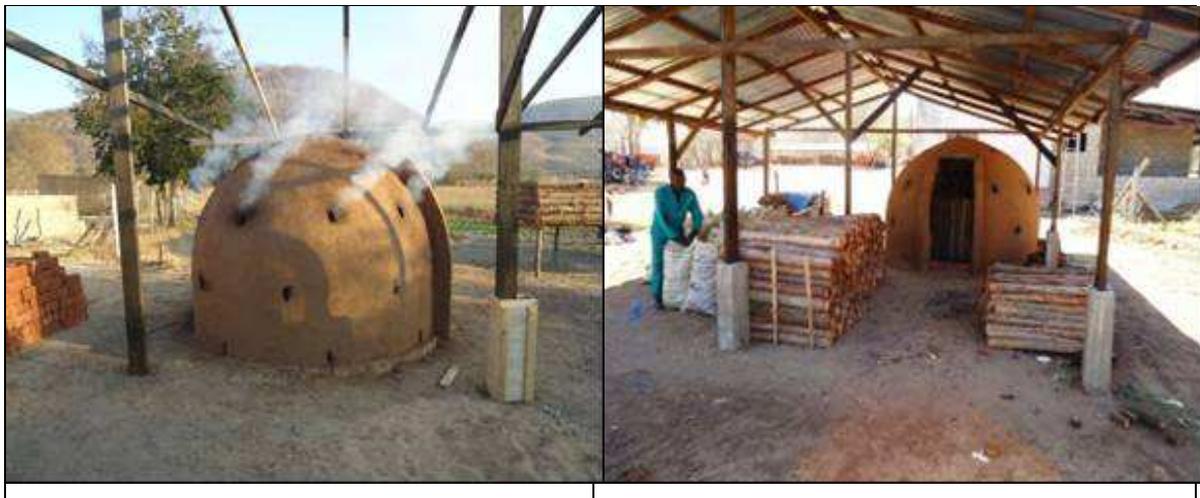


FIGURA 14: CONDUÇÃO DO PROCESSO DE CARBONIZAÇÃO DO FORNO FIXO TIPO RABO-QUENTE

FONTE: AUTOR, 2012

4.6 ANÁLISE DA MADEIRA E DO CARVÃO VEGETAL PRODUZIDO EM LABORATÓRIO

4.6.1 Massa Específica Básica da Madeira

Para a determinação da massa específica básica foram utilizados os discos *in natura*, entretanto, retirou-se a casca dos mesmos, para determinação da massa específica básica somente do lenho.

A massa específica básica foi obtida em laboratório, através da relação entre o peso seco e o volume verde da madeira, sendo expressa em (g/cm³), segundo recomendação de NORMAS ABNT 8633.

Para obtenção do volume foi utilizado o método de pesagem, que consiste na imersão total do disco completamente saturado em um recipiente com água, colocado sobre uma balança de precisão. O volume foi obtido diretamente da leitura da balança que foi previamente tarada antes da imersão do disco.

Após a obtenção do volume, os discos foram colocados em estufa a 103 ± 2°C, para ser obtido o peso seco dos mesmos. Com a estabilização do peso seco, os mesmos foram resfriados em dessecador e pesados em balança com precisão de 0,01g.

Para o cálculo da massa específica básica utilizou-se a seguinte fórmula:

$$MeB = \frac{Po}{Vv}$$

onde:

MeB = Massa específica básica (g/cm³);

Po = Peso seco (g)

Vv = Volume verde (cm³)

4.6.2 Densidade Básica do Carvão Vegetal

A densidade básica aparente do carvão representa numericamente a relação entre o peso de carvão seco e o seu volume, inclusive poros internos. Neste estudo utilizou-se a equação desenvolvida por BRITO e BARRICHELO (1982) que estudando as correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão, observaram que a densidade da madeira exerce influência direta sobre a densidade aparente do carvão produzido.

Segundo os mesmos autores devido à existência de uma alta correlação entre a densidade básica da madeira e a densidade aparente do carvão conforme encontrado, através de uma equação linear;

$$DBc = - 0,14019 + 0,816419 \times MeB$$

onde:

DBc = Densidade básica do carvão (g/cm³);

MeB = Massa específica básica da madeira (g/cm³);

Um coeficiente de correlação (r) de 0,9732, indica a importância da escolha de espécies de madeira para produção de carvão.

4.6.3 Rendimento Gravimétrico do Carvão Vegetal

O rendimento em peso do carvão expressa a relação entre o peso do carvão e o peso da madeira. Este rendimento foi encontrado em laboratório seguindo as normas NBR 8633 (ABNT, 1984).

Normalmente, o rendimento gravimétrico do carvão é calculado através da seguinte relação:

$$RC = \frac{Pc}{Pu} \times 100$$

onde:

RC = Rendimento do Carvão (%)

Pc = Peso do Carvão (g)

Pu = Peso da madeira no respectivo teor de umidade (g)

4.6.4 Poder Calorífico do Carvão Vegetal

Para determinar o Poder Calorífico superior foi utilizado um calorímetro IKA modelo C5000, do tipo adiabático, baseado no método de Berthelot. Esta propriedade está relacionada com a quantidade de energia liberada (cal) por unidade de massa (g), quando submetida ao processo de combustão. O teste consiste na combustão de toda a amostra (1,0 g), em ambiente fechado com a presença de oxigênio sob pressão. Para a execução do teste seguiu-se a norma NBR 8633 (ABNT, 1984).

Foi inicialmente determinado o poder calorífico superior, o qual leva em consideração o calor liberado pela condensação da água formada durante a combustão do hidrogênio e a umidade do carvão, sendo este considerado um valor teórico. Abaixo é apresentado a fórmula utilizada para o cálculo:

$$PC = \frac{W_w(T_m + C_t - T_o) - B}{G}$$

$$C_t = M \cdot \bar{Y} - (\bar{Y} + \bar{X}) \cdot F$$

onde:

PC = Poder Calorífico Superior do Carvão (Kcal/Kg);

To = Temperatura inicial do teste (°C);

Ww = Equivalente de água do calorímetro (4506,1428g);

Tm = Temperatura final (°C);

G = Peso da amostra de carvão(g);

Ct = Correção de Temperatura (°C);

B = Calor liberado pela fusão do arame de Ignição (1cm = 0,7 Calorias);

M = Tempo de duração do Teste (min.);

\bar{Y} = Média da variação de temperatura pós teste (°C);

\bar{X} = Média da variação da temperatura Pré- teste (°C);

F = Fator de variação de temperatura podendo ser 1 a 1,50.

Em seguida foi calculado o poder calorífico inferior do carvão, considerado um valor prático, o qual leva em consideração o valor do teor de hidrogênio, determinado por MARCOS MARTIN (1997), em diferentes temperaturas de carbonização e o teor de umidade da amostra analisada. Para o cálculo aplicou-se a fórmula utilizada por DOAT (1977) demonstrada abaixo:

$$HU = \frac{Ho - 600(U + 9H)}{1 + U}$$

Onde:

HU = Poder calorífico inferior (Kcal/Kg);

Ho = Poder calorífico superior (Kcal/Kg);

600 (U + 9H) = Calor de evaporação da água;

U = Umidade do carvão vegetal no teste

H = Teor de hidrogênio (valor tabelado)

4.6.5 Análise Química Imediata do Carvão Vegetal

A análise química imediata do carvão quantificou os teores de umidade, teor de materiais voláteis, teor de cinzas e o teor de carbono fixo existente nas amostras analisadas (em base seca). As análises foram realizadas de acordo com a norma NBR 8112 (ABNT, 1984).

Para a determinação da análise química imediata foi utilizada a mesma amostra para as determinações dos teores de umidade, voláteis e cinzas, sendo obtido por diferença o teor de carbono fixo.

Antes do procedimento de determinação da umidade, os cadinhos de porcelana foram calcinados em um forno mufla, a uma temperatura de 700° C por uma (1) hora, sendo a seguir depositados em dessecador para resfriamento por mais uma hora. As amostras, após serem pesadas, foram colocadas em estufa a uma temperatura de 103 ± 2°C por um período de 2 horas e resfriadas em dessecador por uma hora. Para o cálculo da umidade do carvão expressou-se os valores sob a base seca, conforme fórmula abaixo:

$$TU = \frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100$$

onde:

TU = Teor de Umidade (%);

P_u = Peso úmido (g);

P_s = Peso seco (g).

Após a pesagem dos cadinhos com as amostras para a determinação da umidade, os mesmos foram colocados no forno mufla, previamente regulado em 950°C, tampados e inseridos em grupos de 3 cada vez, seguindo-se o procedimento de teste da norma acima citada. Para o cálculo do teor de materiais voláteis utilizou-se a seguinte fórmula:

$$M_v = \frac{P_s - P_a}{P_s} \times 100$$

onde:

M_v = Teor de Materiais voláteis (%);

P_a = Peso da amostra após mufla à 900°C;

P_s = Peso amostra seca(g).

O teor de cinza foi determinado, colocando-se os cadinhos, sem tampa, contendo as amostras utilizadas na determinação do teor de voláteis novamente no forno mufla, a uma temperatura de 750°C e por um período de 6 horas. O teor de cinzas representa a quantidade residual dos componentes minerais resultantes da combustão completa do carvão, sendo calculado através da fórmula:

$$TC = \frac{Pb}{Ps} \times 100$$

onde:

TC = Teor de cinza (%);

Pb = Peso da amostra após o forno mufla à 750oC (g);

Ps = Peso seco da madeira (g).

4.6.6 Teor de Carbono Fixo

O teor de carbono fixo representa a quantidade de carbono residual encontrada no carvão vegetal após a carbonização da madeira. Foi obtido pela diferença entre o teor de materiais voláteis mais o teor de cinzas anteriormente obtido, sendo calculado pela fórmula:

$$CF = 100 - (MV + TC)$$

onde:

CF = Teor de Carbono Fixo (%);

MV = Materiais Voláteis (%);

TC = Teor de Cinzas (%).

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Com base nas propriedades determinadas no carvão vegetal obtido em laboratório na UFPR descritos no item 4.6, foi posteriormente feita uma análise estatística com os seguintes objetivos:

- 1) Comparação da produtividade de carvão mediante a análise de rendimento entre os fornos tradicionais e forno melhorado tipo rabo quente utilizando madeira de eucalipto;
- 2) Análise da qualidade do carvão obtido nos fornos tradicionais e forno melhorado utilizando a madeira de eucalipto e madeira nativa de Moçambique.

4.8 DESENVOLVIMENTO DE MODELAGEM DE CONSUMO PARA A PRODUÇÃO DE CARVÃO

Os dados utilizados para o desenvolvimento da modelagem foram obtidos numa base temporal de 21 anos e projeção para mais 12 anos. A modelagem temporal de 12 anos foi baseada na existência de dados históricos estimados em estatísticas da FAO, Banco Mundial e Instituto Nacional de Estatística. A projeção dos dados (prognose) foi baseada na rotação de uma plantação de eucalipto destinada à produção de energia lenhosa para fins domésticos.

População Urbana

A população urbana refere-se a todas as pessoas que vivem em áreas urbanas previamente definida pela entidade nacional responsável pelos serviços de estatística. Ela é calculada usando as estimativas de população do Banco Mundial com proporções definidas por “Perspectivas de Urbanização Mundial das Nações Unidas”.

Consumo de Combustíveis Lenhosos por Família nos Centros Urbanos

Os consumos de combustíveis lenhosos foram obtidos dos dados das Nações Unidas e calculados de acordo com a equação utilizada por Factfish (2013):

$$CTCL = PCL + ICL - ECL - ExCL +/- ME$$

onde:

CTCL: Consumo total de combustíveis lenhosos em m³

PCL: Produção de combustíveis lenhosos em m³
ICL: Importação de combustíveis lenhoso em m³
ECL: Exportação de combustíveis lenhosos em m³
ExCL: Existências de combustíveis lenhosos em m³
ME: Mudanças de estoques em m³

Para o consumo urbano dos combustíveis lenhosos usou-se a percentagem de cálculo encontrado por BILA (1992) que foi de 47,67% do consumo total do país.

Assim o consumo urbano foi calculado da seguinte maneira:

$$CUCL = CTCL \times 0,4767$$

onde:

CUCL: Consumo urbano de combustíveis lenhosos em m³

CTCL: Consumo total de combustíveis lenhosos em m³

Produção de Combustíveis Lenhosos

A produção de combustíveis lenhosos refere-se a toda biomassa lenhosa aérea existente e usada tanto como combustível lenhoso como outros produtos, já que o uso doméstico não diferencia o tipo de uso do recurso florestal (FAO, 1997).

O cálculo para determinar a biomassa aérea anual foi baseado na área florestal encontrada (THE WORLD BANK, 2013), taxa de desmatamento que foi de 0,58% (período referencial 1990 – 2002, MARZOLI, 2007) e no volume médio por hectare das florestas tropicais que foi de 38,90, m³/ha (MARZOLI, 2007).

Essa produção foi estimada de acordo com o Inventário Nacional elaborado por MARZOLI (2007) e pela Densidade de Biomassa por hectare.

A densidade de biomassa acima do solo ou aérea por hectare foi calculada da seguinte maneira (FAO,1997):

$$\text{DoB} = Vc \times Dm \times \text{FEB}$$

onde:

DoB: densidade de biomassa (t/ha)

Vc: volume com casca (m³/ha)

FEB: fator de expansão de biomassa

O fator de expansão de biomassa (FEB) é calculado da seguinte maneira (FAO, 1997):

$$\text{FEB} = \text{Exp} \{3,213 - 0,506 \times \text{Ln} (\text{BV})\} \text{ para } \text{BV} < 190 \text{ t/ha}$$

$$\text{FEB} = 1,74 \text{ para } \text{BV} \geq 190 \text{ t/ha}$$

onde:

BV: biomassa do volume inventariado em t/ha e calculado pelo produto do volume com casca (m³/ha) e pela densidade média das madeiras tropicais (t/m³).

Produto Interno Bruto Corrente Anual (PIB)

O PIB corrente anual apresentado para os 21 anos em análise foi obtido dos dados fornecidos pelo Banco Mundial e representa os bens e serviços produzidos no país durante os anos em análise. Foi calculado sem fazer deduções de amortização de produtos fabricados ou pelo uso indevido e degradação dos recursos naturais (THE WORLD BANK, 2013).

Modelagem

O modelo utilizado foi o de regressão multivariada de mínimos quadrados ordinários, onde a variável dependente foi o consumo de combustíveis lenhosos das populações urbanas em Moçambique (Y) e as variáveis independentes foram a população urbana (x₁), quantidade de biomassa produzida (x₂) e o PIB (x₃).

Essas variáveis foram transformadas de forma a manter a normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade das variâncias. Essa transformação dos dados foi feita no logaritmo na base 10 (CAMPOS, 2000).

A equação usada para a modelagem foi a seguinte (GUJARATI, 2006)

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_k x_k + e_i$$

onde:

a = intercepto do eixo y;

b_i = coeficiente angular da i-ésima variável;

k = número de variáveis independentes.

Enquanto uma regressão simples de duas variáveis resulta na equação de uma reta, um problema de três variáveis resulta um plano, e um problema de k variáveis resulta em um hiperplano. A modelagem das variáveis foi feita a partir do software GRETL 1.9.

Multicolinearidade (GUJARATI, 2006)

A Multicolinearidade indica-nos a presença de uma correlação forte entre duas variáveis explicativas ou independentes.

A medição dessa multicolinearidade é feita através do R^2 (fator de correlação das variáveis do modelo). Uma forte correlação das variáveis indica certa redundância.

Heterocedasticidade (GUJARATI, 2006)

A heterocedasticidade indica distribuição de frequência em que todas as distribuições condicionadas têm desvios padrão diferentes.

O Teste de White foi usado para verificação da heterocedasticidade das variáveis em estudo.

O postulado foi:

Hipótese nula: sem heterocedasticidade

Hipótese 1: com heterocedasticidade

Normalidade dos Erros Residuais (GUJARATI, 2006)

A normalidade residual ou dos erros residuais serve para verificar se os dados têm uma distribuição normal. Portanto indica se o modelo a ser criado pode ser usado ou não.

A normalidade dos erros residuais foi feita usando o Teste Qui-Quadrado onde o postulado foi:

Hipótese nula: sem distribuição normal

Hipótese 1: com distribuição normal

Auto correlação dos Erros Residuais (GUJARATI, 2006)

A auto correlação dos erros residuais dos dados que originam o modelo é importante para verificar a aptidão do modelo em estudo. O Teste para a análise da auto correlação usado foi o Teste de Durbin-Watson, onde o postulado foi:

Hipótese nula: sem auto correlação

Hipótese 1: com auto correlação

Teste de Especificidade (GUJARATI, 2006)

O teste de especificidade é normalmente utilizado para verificação se as combinações das variáveis independentes têm alguma influência na resposta das variáveis e se têm, pode-se dizer que o modelo não é específico.

O Teste de especificidade usado foi o Teste de RESET (*Regression Equation Specification Error Test*) onde o postulado foi:

Hipótese nula: a especificidade é adequada

Hipótese 1: a especificidade não é adequada

4.9 PROGNOSE DO CONSUMO

O modelo serviu para prognosticar o consumo para o período de 2011 a 2022, considerando-se como referência a idade de 12 anos para a rotação de espécies do gênero *Eucalyptus* para Moçambique.

As variáveis independentes utilizadas no modelo, com exceção do PIB, são as que foram prognosticadas independentemente em conformidade com as equações selecionadas e testadas para cada caso.

A área afetada pelo consumo de florestas nativas foi calculada de acordo com os dados de IMA (Incremento Médio Anual) para biomassa aérea de florestas nativas (0,716 t/ha/ano de acordo com SAKET, 1994).

A área para suprir as necessidades do mesmo consumo com florestas plantadas foi baseada no crescimento médio encontrado pelas plantações em Moçambique (15 a 20 m³/ha/ano de acordo com GERMANO, 2006).

As áreas de floresta nativa e de floresta plantada serão comparadas para um suprimento sustentável de combustíveis lenhosos para os centros urbanos em Moçambique.

5 RESULTADOS

5.1 DIAGNÓSTICOS DA MADEIRA PARA FINS DE ENERGIA DOMÉSTICA NAS REGIÕES DE ESTUDO

Tipo de Combustível Usado nos Centros Urbanos

Os combustíveis mais utilizados como fonte de energia doméstica pelas famílias que vivem nas cidades foram carvão vegetal, lenha, eletricidade e gás. A FIGURA 15 abaixo ilustra o tipo fonte de energia para fogão usado entre as famílias de Maputo/ Matola, Beira e Nampula.

Os resultados mostram os tipos de fonte de energia que foram mais utilizados pelas famílias nas cidades em estudo. O carvão vegetal foi usado por 87% dos agregados familiares em Maputo/Matola, 85% das famílias na Beira, e 92% dos agregados familiares em Nampula.

Em Maputo/Matola e Beira, o segundo tipo de fonte de energia doméstica mais comum é o gás. Ele foi usado por 31% e 18% da amostra, respectivamente. No caso de Nampula, a segunda fonte de energia doméstica mais utilizada foi a lenha/carvão, por 13% dos agregados familiares.

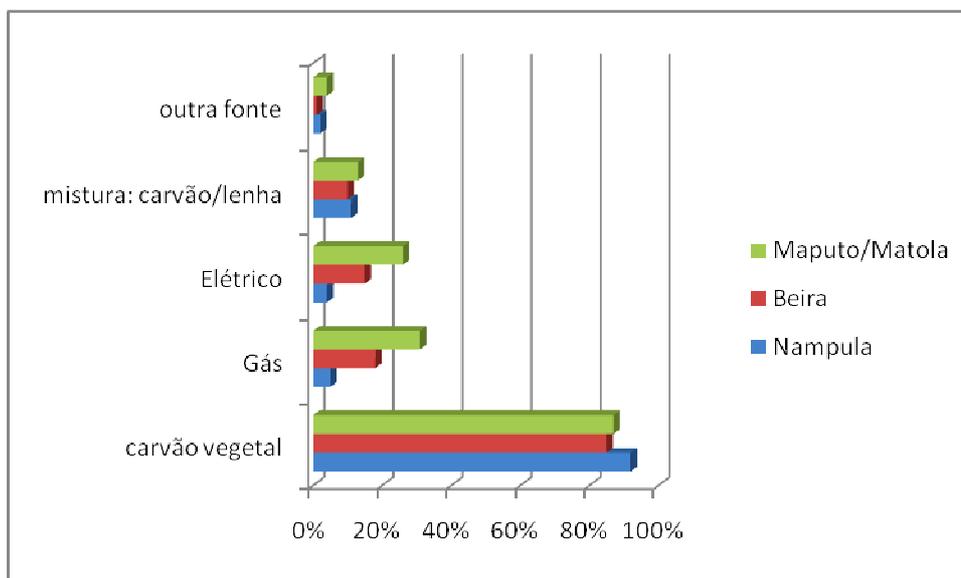


FIGURA 15: FONTES DE COMBUSTÍVEL DOMÉSTICO USADO NOS 3 CENTROS URBANOS ESTUDADOS

FONTE: AUTOR, 2013

Em Maputo/Matola, a energia elétrica foi usada por 26% das famílias, 15% das famílias na cidade de Beira e apenas 4% famílias em Nampula. Esta variação descendente do número de utilizadores pode estar relacionada com o nível médio de renda de cada família conforme citado por (ATANASSOV *et al.*, 2012).

Quantidades de Combustível Usado nos Centros Urbanos

As quantidades de combustível lenhoso (carvão e lenha) para fins domésticos variou de cidade para cidade conforme o nível de desenvolvimento das mesmas.

O consumo diferente das três áreas de estudo está relacionados com nível de importância econômica em Moçambique (INE, 2010).

A TABELA 1, a seguir, apresenta os valores de consumos médios por família de combustíveis lenhosos para as cidades de Maputo/Matola, Beira e Nampula, respectivamente. Nas 3 regiões de estudo, consideradas as capitais regionais do país, mais de 90% de famílias usam de alguma maneira combustível lenhoso.

As cidades de Maputo/Matola, Beira e Nampula apresentaram consumos médios anuais de 1,69, 1,34 e 1,65 m³/ano/família, como pode ser verificado no ANEXO 5. Estes valores representam um ligeiro aumento dos consumos por família encontrados por SITOE (2007) que foi de 1,16 m³/família/ano para a Maputo.

Esse aumento pode estar relacionado com o nível de renda média das famílias já que BARNES *et al.* (2002) refere que o tipo de combustível usado para fins domésticos está correlacionado com as rendas médias das famílias.

Portanto, é importante salientar que estes baixos volumes de consumo são em função de que, normalmente, a maioria das famílias fazem uma única refeição por dia. Em outras ocasiões por falta de recurso financeiro, as famílias utilizam lenha ou, na disponibilidade financeira utilizam outras fontes alternativas tais como gás GLP, eletricidade entre outras.

TABELA 1: DADOS POPULACIONAIS E DE CONSUMO DE MADEIRA PARA ENERGIA DOMÉSTICA NAS CIDADES EM ESTUDO

INDICADOR	DADOS		
	MAPUTO/MATOLA	BEIRA	NAMPULA
Número de habitantes ¹	2.021.596	456.005	571.284
Número de famílias ²	449.243	101.334	126.952
CARVÃO			
Famílias que usam (%)	78	84	86
Famílias que usam (absoluto)	350.409	85.120	109.179
Média por família/dia (Kg)	2,82	2,41	2,87
Média por família/ano (Kg)	1.029,30	879,65	1.047,55
Total/dia (Kg)	988.155	205.140	313.343
Total/ano (Kg)	127.899.285	74.876.100	114.370.195
LENHA			
Famílias que usam (%)	13	11	11
Famílias que usam (absoluto)	58.401	11.146	13.965
Média por família/dia (Kg)	4,12	2,22	3,46
Média por família/ano (Kg)	1.503,80	810,30	1.262,90
Total/dia (Kg)	240.612	24.745	48.318
Total/ano (Kg)	87.823.380	9.031.925	17.636.070

NOTAS: 1- INE (2010) 2012 (projeção); 2- INE (2010) – 4,5 pessoas/família.

FONTE: AUTOR, 2013

Gasto Financeiro em Energia Doméstica

A despesa média gasta pelas famílias urbanas para fins domésticos (cozinha) é baseada no tipo de energia comprada assim como as quantidades compradas de cada vez, já que é o costume da maior parte das famílias que responderam ao questionário. Os preços dos combustíveis variam de cidade para cidade, dependendo da disponibilidade (principalmente combustíveis lenhosos) junto ao consumidor.

O carvão vegetal (combustível mais limpo ambientalmente do que a lenha) é o combustível que mais é comprado nas cidades de Maputo/Matola e Beira.

Um fato que se constata muito nos mercados é a existência de montinhos de carvão como medida de venda, conforme ilustrado na FIGURA 16 a seguir. Isto é devido à demanda do consumidor que não tem condições de comprar maiores quantidades de carvão.



FIGURA 16: MEDIDAS DE VENDA DE CARVÃO NO MERCADO INFORMAL - MONTINHOS E SACOS

FONTE: AUTOR, 2013.

A TABELA 2 ilustra o gasto médio em MT pelas famílias que vivem nas regiões em estudo, demonstrando mais uma vez que grande parte do orçamento das famílias é gasto em energia doméstica, considerando o salário mínimo no meio urbano de 3.000,00 MT (cerca de 100 US\$).

Ainda na TABELA 2, verifica-se que em média cerca de 10% das famílias compram carvão em montinhos. É de salientar que a maior parte dos inquiridos compram mais que um tipo de forma de energia como pode-se verificar na incidência da mesma TABELA.

O poder aquisitivo tem uma influência forte na forma de energia adquirida. A TABELA 2, a seguir, mostra que o gás GLP é mais consumido na região Maputo/Matola, onde possivelmente o poder aquisitivo é mais alto que as cidades da Beira e Nampula. A mesma tabela ilustra que as famílias das três regiões estudadas optaram por comprar o carvão vegetal em sacos, por ser mais barato. Por outro lado a compra do carvão em pequenas quantidades é mais frequente nas cidades de Maputo e Matola, onde 2% compram em latinhas e 13% em montinhos.

Não foi encontrada a venda de carvão em latinhas nas cidades de Nampula e Beira ao contrário de Maputo/Matola.

TABELA 2: GASTO MÉDIO EM MT POR TIPO DE ENERGIA (1US\$ = ±30 MT)

TIPO E FORMA DE ENERGIA	MAPUTO/MATOLA		BEIRA		NAMPULA	
	INCIDÊNCIA (%)	DESPESA (MT/MÊS)	INCIDÊNCIA (%)	DESPESA (MT/MÊS)	INCIDÊNCIA (%)	DESPESA (MT/MÊS)
Lenha	11	431	7	199	11	199
Carvão em sacos	55	559	76	417	84	271
Carvão em montinhos	13	854	9	579	8	300
Carvão em latinhas	2	821	0	-	0	-
Gás	22	717	15	680	5	750
Eletricidade p/cozinha	24	130	14	87	3	52
Petróleo	0,40	528	0	-	0	-

FONTE: AUTOR, 2013

5.2 CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA E DO CARVÃO VEGETAL

5.2.1 Massa Específica Básica da Madeira e Teor de Umidade Inicial

Os resultados médios da Densidade Especifica Básica e Teor de Umidade Inicial das espécies utilizadas na produção de carvão vegetal estão apresentados na TABELA 3.

TABELA 3: MASSA ESPECIFICA BÁSICA E TEOR DE UMIDADE DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

ESPÉCIE	ESTATÍSTICA BÁSICA	MEB (g/cm ³)	TU (%)
<i>Eucalyptus saligna</i>	Média	0,47	108,62
	Desvio padrão	0,03	19,16
	Coeficiente de variação (%)	5,51	17,64
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Média	0,71	89,09
	Desvio padrão	0,12	11,11
	Coeficiente de variação (%)	16,93	12,47
<i>Brachystegia boehmii</i> (Mafuia)	Média	0,58	89,26
	Desvio padrão	0,01	10,44
	Coeficiente de variação (%)	2,15	11,70
<i>Brachystegia spiciformis</i> (Messassa)	Média	0,60	83,87
	Desvio padrão	0,03	11,38
	Coeficiente de variação (%)	4,76	13,57

MEB= Massa Específica Básica. TU= Teor de Umidade

FONTE: AUTOR, 2013

Pode-se observar que o valor médio de $0,47 \text{ g/cm}^3$ encontrado para massa específica básica de *Eucalyptus saligna* foi o menor em comparação com as demais espécies. Os resultados estão de acordo com os encontrados por OLIVEIRA E SILVA (2003). Os autores estudaram a variação da densidade na direção medula-casca e na média geral encontraram o mesmo resultado de densidade básica ($0,47 \text{ g/cm}^3$). Resultados semelhantes foram obtidos por RIBEIRO e ZANI FILHO (1993), onde encontraram resultados médios de densidade básica de *Eucalyptus saligna* de $0,465 \text{ g/cm}^3$.

Para o *Eucalyptus cloeziana* a média da massa específica básica média foi de $0,71 \text{ g/cm}^3$, estando próximo dos resultados encontrado por OLIVEIRA *et al.* (1982), em seu estudo da variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto.

Para a messassa (*Brachystegia spiciformis* Benth) o resultado médio encontrado por ABBOT e LOWORE (1999) foi de $0,58 \text{ g/cm}^3$ e CHUDNOFF (1984) encontrou em média $0,67 \text{ g/cm}^3$. Neste estudo a densidade básica média foi de $0,60 \text{ g/cm}^3$, estando os valores próximos aos encontrados na literatura.

Para a mafuia (*Brachystegia boehmii* Taub.) a densidade básica média encontrada foi de $0,58 \text{ g/cm}^3$, estando muito próximo do resultado obtido por ABBOT e LOWORE (1998) que foi de $0,60 \text{ g/cm}^3$. A massa específica da madeira é uma característica relevante no que tange a produção de carvão vegetal, a qual reflete diretamente na densidade do mesmo. Portanto, as espécies estudadas apresentam potencial para produção de carvão vegetal, por possuir massa específica básica, dentro dos valores aceitáveis, sendo recomendadas para uso industrial.

Na FIGURA 17, a seguir, pode ser observada a variação do teor de umidade inicial entre as espécies.

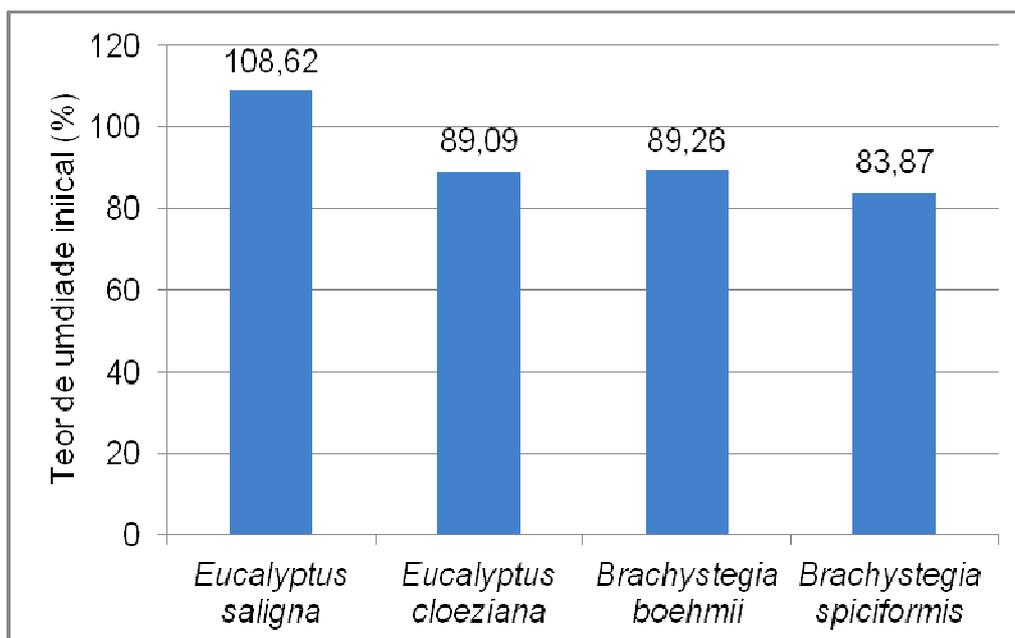


FIGURA 17: TEOR DE UMIDADE INICIAL DA MADEIRA

FONTE: AUTOR, 2013

Os teores de umidade inicial, na base seca, apresentaram resultados médios que estão de acordo com os encontrados por ABBOT e LOWORE (1999) para as espécies *Brachystegia spiciformis* (messassa) e *Brachystegia boehmii* (mafuia) e com os resultados encontrados por RIBEIRO e ZANI FILHO (1993) e OLIVEIRA *et al.* (1982) para as espécies de eucalipto. Pode-se encontrar valores acima de 100% na base seca, como o verificado no *Eucalyptus saligna*. Isso ocorre quando a diferença entre o PU (saturado ou verde) e o PS (peso seco) é maior que o peso seco da amostra [U_{bs} (umidade base seca) = $(PU-PS) / PS \times 100$].

5.2.2 Rendimento Gravimétrico do Carvão Vegetal Obtido em Fornos do Tipo "MEDA" e Tipo "Rabo-Quente"

Os resultados médios do rendimento gravimétrico do carvão de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus cloeziana* nos fornos tradicionais e no forno tipo "rabo-quente" são apresentados nas TABELA 4 e 5, a seguir.

TABELA 4: RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO MÉDIO NOS FORNOS TIPO "MEDA" DE CARVÃO VEGETAL DE EUCALIPTO

FORNO	FORNADA 1		FORNADA 2		FORNADA 3	
	TU (%)	RG (%)	TU (%)	RG (%)	TU (%)	RG (%)
1	31,0	8,0	28,2	12,0	25,6	13,0
2	31,2	13,0	29,3	14,0	27,8	13,0
3	35,8	8,0	26,6	13,0	24,8	14,0
Média	32,7	9,7	28,0	13,0	26,1	13,3
Desv. Pad (s)	1,51	2,89	1,36	1,00	1,55	0,58
Coef. Var. (%)	5,03	2,89	10,61	7,69	1,55	4,36

TU= Teor de Umidade; RG= Rendimento Gravimétrico
 FONTE: AUTOR, 2012

TABELA 5: RENDIMENTO GRAVIMÉTRICO MÉDIO DO FORNO FIXO TIPO "RABO-QUENTE"

FORNADA	TU (%)	RG (%)
1	42,40	32,00
2	38,50	33,18
3	39,50	32,89
Média	40,1	32,69
Desv.Pad. (s)	2,03	0,61
Coef. Var. (%)	5,05	1,88

TU = Teor de Umidade; RG = Rendimento Gravimétrico
 FONTE: AUTOR, 2012

Os rendimentos gravimétricos dos fornos tradicionais do tipo "MEDA" encontram-se dentro dos parâmetros encontrados por PEREIRA *et al.* (2001) que rondam os 12-14%, o que se pode considerar baixo, comparando relativamente com uma tecnologia melhorada com o forno tipo "rabo-quente". Este forno no estudo, apresentou um rendimento gravimétrico médio de 32%, o que representa um ganho de mais de 100% em relação aos fornos tradicionais, como pode ser observado na FIGURA 18 a seguir.

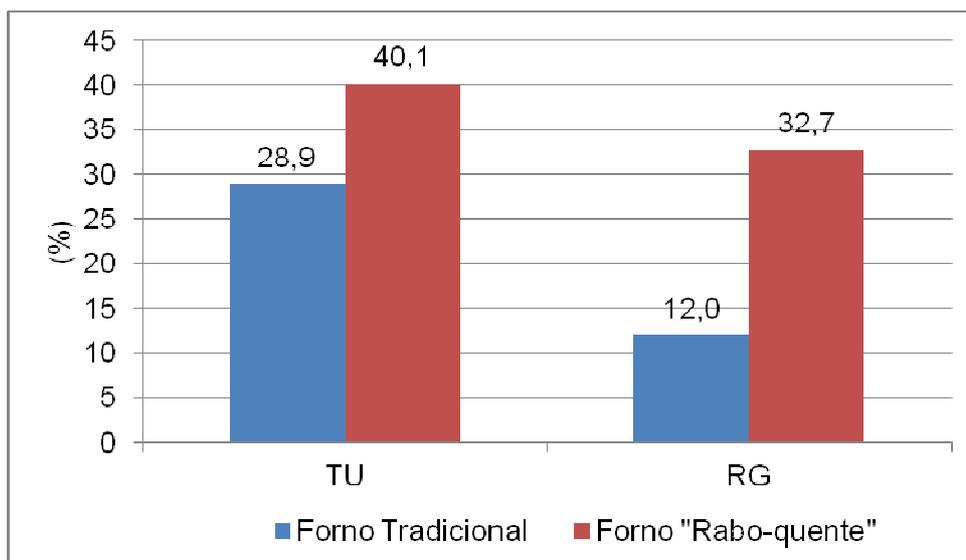


FIGURA 18: RENDIMENTO GRAVIMETRICO (RG) DO CARVÃO E TEOR DE UMIDADE (TU) DA LENHA UTILIZADA NA CARBONIZAÇÃO

FONTE: AUTOR, 2012

A TABELA 6, mostra a análise de variância feita para os testes de ensaio dos fornos tradicionais do tipo "MEDA" instalados na floresta de Inhamacari para o eucalipto.

Os testes mostram que para um nível de confiança de 95% não existe uma diferença significativa nos valores médios de rendimento dos fornos analisados.

TABELA 6: ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA O FORNO TRADICIONAL DO TIPO MEDA

FONTE DE VARIÇÃO	SQ	GL	MQ	F	P-VALOR	F CRÍTICO
Entre Grupos	8,666	2	4,333	0,736	0,518	5,143
Dentro do Grupo	35,333	6	5,888			
TOTAL	44,000	8				

FONTE: AUTOR, 2013.

Na TABELA 7, a seguir, o teste de significância 't' de *student* mostrou que para um nível de significância de 95% não houve diferenças significativas nas médias do rendimento do forno do tipo "Rabo Quente".

TABELA 7: TESTE DE SIGNIFICÂNCIA 'T' DE STUDENT PARA O FORNO DO TIPO RABO QUENTE

Nro de observações	3,000
Média	22,700
Desvio Padrão	4,752
Erro Padrão	2,744
Hipótese nula	0
Nível de significância	0,05
Graus de liberdade	2
Valor de t estatístico	8,276
valor de p	0,014
t crit	4,303
significância	não

FONTE: AUTOR, 2013

5.2.3 Densidade Aparente do Carvão Vegetal

Neste estudo utilizou-se a equação desenvolvida por BRITO e BARRICHELO (1982) para estimar a densidade básica do carvão produzido. Os resultados médios da densidade básica do carvão das espécies estão apresentados na TABELA 8, a seguir.

Neste estudo foram obtidos, para o *Eucalyptus saligna*, uma massa específica básica média da madeira igual a 0,47 g/cm³ e para o carvão igual a 0,24 g/cm³. Para o *Eucalyptus cloeziana* foi encontrado o valor de 0,64 g/cm³ para a madeira e de 0,40 g/cm³ para o carvão. BRITO e BARRICHELO (1982) obtiveram resultados médios de densidade básica do carvão de 0,34 g/cm³ para o *Eucalyptus saligna* e de 0,29 g/cm³ para o *Eucalyptus cloeziana*. Os mesmos autores para a madeira encontraram uma massa específica básica média de 0,57 g/cm³ para o *Eucalyptus saligna* e de 0,51 g/cm³ para o *Eucalyptus cloeziana*. Os resultados encontrados pelos autores demonstram a variabilidade desta propriedade entre as espécies.

TABELA 8: MASSA ESPECÍFICA BÁSICA MÉDIA DO CARVÃO VEGETAL OBTIDO NO FORNO

ESPÉCIE	ESTATÍSTICA BÁSICA	MEB (g/cm ³)
<i>Eucalyptus saligna</i>	Média	0,24
	Desvio padrão	0,02
	Coeficiente de variação (%)	8,69
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	Média	0,40
	Desvio padrão	0,03
	Coeficiente de variação (%)	7,39
<i>Brachystegia boehmii</i> (Mafuia)	Média	0,34
	Desvio padrão	0,01
	Coeficiente de variação (%)	3,04
<i>Brachystegia spiciformis</i> (Messassa)	Média	0,35
	Desvio padrão	0,02
	Coeficiente de variação (%)	6,65

MEB = Massa Específica Básica
 FONTE: AUTOR, 2013

5.3 PROPRIEDADES DO CARVÃO VEGETAL OBTIDO ATRAVÉS DA PIRÓLISE EM LABORATÓRIO

Foi realizado, no laboratório de energia de biomassa da Universidade Federal do Paraná (UFPR), o teste de carbonização em amostras trazidas de Moçambique para avaliar o comportamento das espécies quando mantidas as mesmas condições de processo. Na TABELA 9 podem ser observados os resultados médios obtidos na carbonização.

TABELA 9: VALORES MÉDIOS OBTIDOS DA CARBONIZAÇÃO EM LABORATORIO DAS ESPECIES ESTUDADAS

ESPÉCIES	RG (%)	LPL (%)	GNC (%)
<i>Brachystegia spiciformis</i>	38,36	40,65	20,99
<i>Brachystegia boehmii</i>	39,72	38,20	22,07
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	35,28	45,66	19,06
<i>Eucalyptus saligna</i>	35,67	47,01	17,32

RG=Rendimento Gravimétrico; LPL=Licor Piro-Lenhoso; GNC=Gases não condensáveis
 FONTE: AUTOR, 2013

O rendimento gravimétrico (RG) em carvão vegetal foi ligeiramente superior nas espécies nativas. A pequena diferença de rendimentos gravimétricos entre as espécies nativas e os eucaliptos, em termos gerais, sugere que a utilização de espécies de eucalipto possam ser usadas para a produção de carvão vegetal reduzindo assim o impacto negativo sobre a floresta nativa tropical, pois as taxas de crescimento de eucalipto (sem tratamentos silviculturais) em Moçambique são maiores que as das espécies de florestas tropicais naturais. Neste sentido, no Brasil, o país maior produtor de carvão vegetal do mundo, tem como principal fonte de matéria prima para produção o eucalipto devido à alta produtividade florestal e a obtenção de produção excedente de carvão vegetal.

5.3.1 Resultados Médios do Poder Calorífico Superior e Inferior do Carvão Vegetal

De acordo com COUTINHO (1984) e MENDES *et al.*(1982), o poder calorífico inferior é a medida que representa melhor a característica do carvão vegetal em termos de energia que pode ser usada.

O poder calorífico do carvão vegetal proveniente dos eucaliptos e das espécies nativas em estudo apresentaram uma ligeira diferença, com que as espécies do eucalipto que apresentaram valores superiores, como mostra a TABELA 10, a seguir.

Essa diferença vem contrapor com a ideia de que o carvão proveniente da floresta nativa (espécies do gênero *Brachystegia*) seja um carvão que tem melhor qualidade em termos de poder calorífico em relação ao carvão vegetal proveniente das espécies do gênero *Eucalyptus*.

TABELA 10: VALORES MÉDIOS DE PODER CALORIFICO SUPERIOR E INFERIOR E TEOR DE UMIDADE DO CARVÃO

ESPÉCIE	PCS (Kcal/kg)	TU (%)	PCI (Kcal/kg)
<i>Brachystegia spiciformis</i>	6592,00	14,64	5804,28
<i>Brachystegia boehmii</i>	6341,50	24,22	5390,02
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	7069,00	15,55	6018,82
<i>Eucalyptus saligna</i>	7191,75	13,97	6141,36

PCS = Poder Calorífico Superior; TU = Teor de Umidade; PCI = Poder Calorífico Inferior
 FONTE: AUTOR, 2013

O poder calorífico das espécies estudadas demonstra que aumenta à medida que o teor de umidade diminui (FIGURA 19).

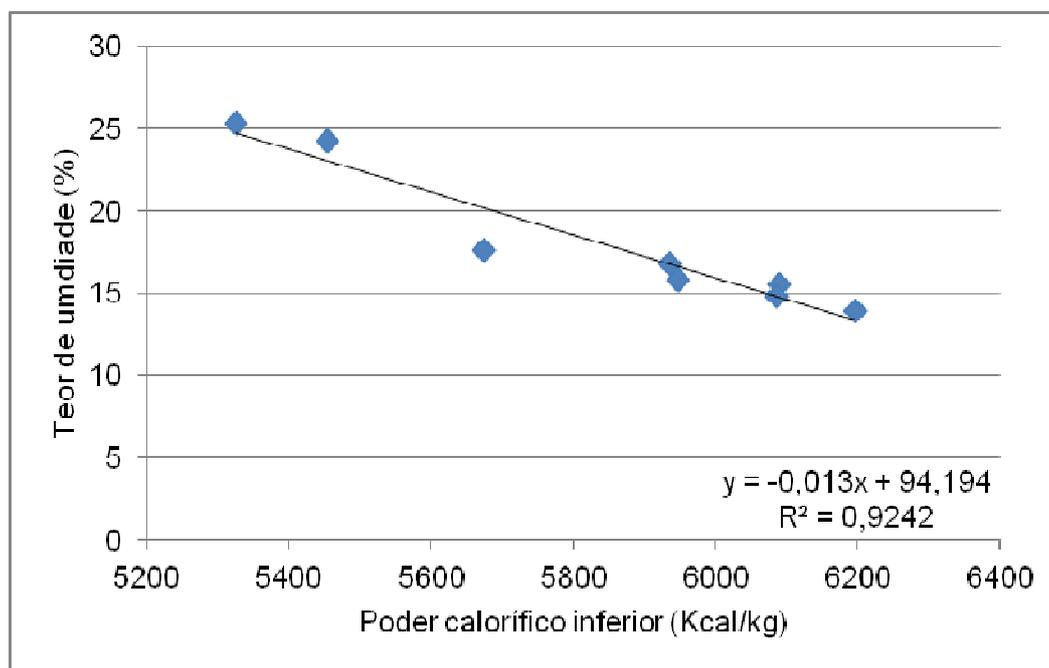


FIGURA 19: CORRELAÇÃO ENTRE O TEOR DE UMIDADE E O PODER CALORÍFICO INFERIOR DO CARVÃO VEGETAL ESTUDADO

FONTE: AUTOR, 2013

Outras informações importantes na caracterização da química imediata do carvão vegetal são os materiais voláteis, carbono fixo e teor de cinza. A TABELA 11 apresenta os valores da análise química imediata obtida em laboratório para as espécies estudadas.

O aumento do teor de cinza, resíduo obtido na combustão do carvão, é devido à menor massa total após a carbonização. As porcentagens baixas dos teores de cinza das espécies provenientes da floresta natural tropical pressupõe dizer que o carvão de eucalipto é ligeiramente superior em termos qualitativos em relação ao carvão do gênero *Brachystegia*, e por isso mais fácil de carbonizar devido a sua densidade básica. Os teores de cinza mais elevados encontrados para as espécies nativas foram em função do tipo de carbonização utilizada (forno tradicional).

O carbono fixo dos eucaliptos estudados, apresentou valores ligeiramente superiores às brachystegias. Segundo PINHEIRO e SÈYE (1998), quanto maior for a temperatura de carbonização, maior é o teor de carbono fixo e menor o teor de materiais voláteis. No caso das espécies estudadas isso não ocorreu devido não haver diferenças significativas nas porcentagens de carbono fixo.

TABELA 11: VALORES MÉDIOS DA ANÁLISE QUÍMICA IMEDIATA DO CARVÃO ESTUDADO

ESPÉCIE	MATERIAIS VOLÁTEIS (%)	CARBONO FIXO (%)	CINZA (%)
<i>Brachystegia spiciformis</i>	19,57	69,83	10,60
<i>Brachystegia boehmii</i>	26,58	63,70	9,72
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	25,49	72,61	1,91
<i>Eucalyptus saligna</i>	22,44	74,25	3,30

FONTE: AUTOR, 2013

5.4 MODELAGEM

5.4.1 Modelagem de Consumo de Combustíveis Lenhosos, Número de Famílias Urbanas, Biomassa Lenhosa e PIB Corrente Anual

Os consumos anuais, o número de famílias que vivem em centros urbanos, a biomassa lenhosa aérea existente e o PIB corrente anual durante o período de 21 anos (1990-2010) estão representados na TABELA 12.

O consumo anual urbano foi definido como variável dependente, já que era o objeto de estudo e o número de famílias urbanas, a biomassa lenhosa aérea e o produto interno bruto corrente anual, foram definidos como variáveis independentes.

As variáveis foram analisadas separadamente de modo a verificar a evolução e a tendência apresentada no período de 21 anos (1990 - 2010).

TABELA 12: EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS LENHOSOS, FAMÍLIAS URBANAS, BIOMASSA LENHOSA E PIB

ANO	CONSUMO ANUAL URBANO (1000 t)	NÚMERO DE FAMÍLIAS URBANAS	BIOMASSA AÉREA (t)	PIB CORRENTE (USD)
1990	5 18,8300	743 417,00	232 488 728,80	2 512 109 505,42
1991	5 17,9850	808 953,00	231 314 976,40	2 748 955 274,34
1992	5 20,6500	874 979,00	230 141 224,00	1 968 901 449,82
1993	5 26,9550	941 692,00	228 967 471,60	2 027 650 517,82
1994	5 36,5100	991 372,00	227 793 719,20	2 162 771 442,39
1995	5 46,1300	1 040 413,00	226 619 966,80	2 246 791 389,00
1996	5 55,8150	1 089 673,00	225 446 214,40	3 241 719 398,78
1997	5 65,8250	1 140 782,00	224 272 462,00	3 810 025 468,69
1998	5 76,0950	1 195 020,00	223 098 709,60	4 324 474 017,19
1999	5 87,0150	1 235 982,00	221 924 957,20	4 536 278 972,90
2000	5 97,2200	1 278 951,00	220 751 204,80	4 310 090 791,84
2001	6 03,7200	1 323 644,00	219 562 445,52	4 075 049 554,77
2002	6 10,2200	1 369 576,00	218 373 686,24	4 201 332 885,28
2003	6 16,7850	1 416 383,00	217 184 926,96	4 666 197 195,45
2004	6 23,4800	1 464 581,00	215 996 167,68	5 697 991 241,45

TABELA 12 (Continuação)

ANO	CONSUMO ANUAL URBANO (1000 t)	NÚMERO DE FAMÍLIAS URBANAS	BIOMASSA AÉREA (t)	PIB CORRENTE (USD)
2005	6 30,3050	1 513 764,00	214 807 408,40	6 578 515 331,20
2006	6 37,1300	1 563 934,00	213 674 388,96	7 095 910 827,74
2007	6 11,0000	1 615 124,00	212 541 369,52	8 035 635 713,16
2008	6 30,2400	1 667 368,00	211 408 350,08	9 891 003 404,78
2009	6 37,1950	1 724 320,00	210 275 330,64	9 674 035 109,33
2010	6 66,7050	1 782 543,00	209 142 311,20	9 274 448 731,92

FONTES: FACTFISH, 2013, MARZOLI, 2007, WORLD BANK, 2013 ADAPTADAS PELO AUTOR

❖ Consumo Anual Urbano

O consumo anual urbano apresentou uma tendência linear de aumento com uma ligeira queda em 2007 como demonstra a FIGURA 20. O aumento de consumo de combustível lenhoso (carvão e lenha), sofreu um aumento nos últimos anos, especialmente ao redor dos centros urbanos, o que implicou numa redução de áreas florestadas e um aumento da demanda energética pelas famílias mais carentes.

A estabilidade apresentada nos primeiros 2 anos da análise foi devido ao período de guerra civil existente no país, onde o acesso à fonte de madeira era limitado por motivos de segurança. A paz no país trouxe uma migração populacional ainda mais acentuada para os centros urbanos.

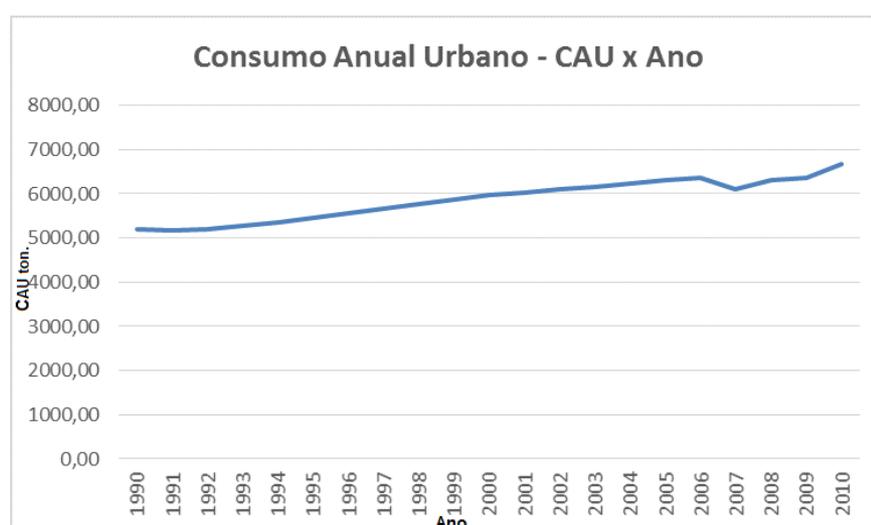


FIGURA 20: CURVA DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL LENHOSO EM 21 ANOS

FONTE: AUTOR, 2013

❖ Número de Famílias Urbanas

A tendência de evolução do número de famílias que vivem em centros urbanos durante o período de 1990 a 2010 é demonstrada na FIGURA 21. Pode-se notar três etapas de crescimento do número de famílias urbanas vivendo em centros urbanos (1990 - 1993, 1994 - 1998 e 1999 a 2010). Estas três etapas mostram uma desaceleração na taxa de crescimento do número de famílias urbanas em Moçambique.

De acordo com a Resolução nº 5/99 do Boletim de República (1999), a população Moçambicana na sua grande maioria vive no meio rural. Contudo a partir da década 90 do século XX e devido a uma série de fatores tais como a falta de infraestrutura básica, falta de emprego, entre outras, fizeram com que as populações migrassem para os centros urbanos onde existe uma aparente segurança em termos de desenvolvimento humano.

Foram testados modelos lineares de segundo e terceiro grau para explicar a tendência ao longo dos anos. O modelo de terceiro grau apresentou um bom ajuste (FIGURA 21) porém a prognose dos dados a partir de 2011 não apresentou tendência realística conforme mostra a FIGURA 22.

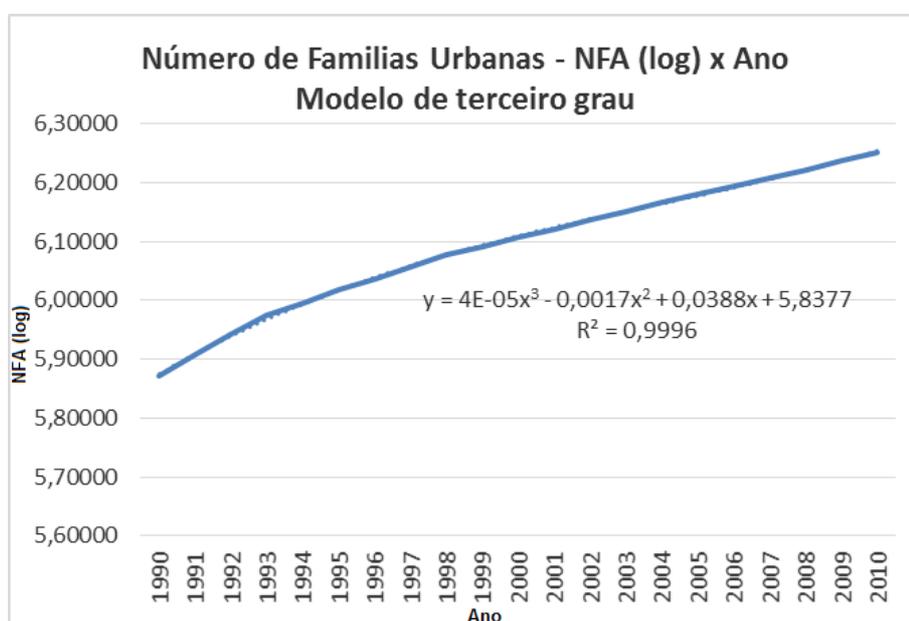


FIGURA 21: CURVA DE NÚMERO DE FAMÍLIAS EM 21 ANOS COM MODELO DE TERCEIRO GRAU
FONTE: AUTOR, 2013

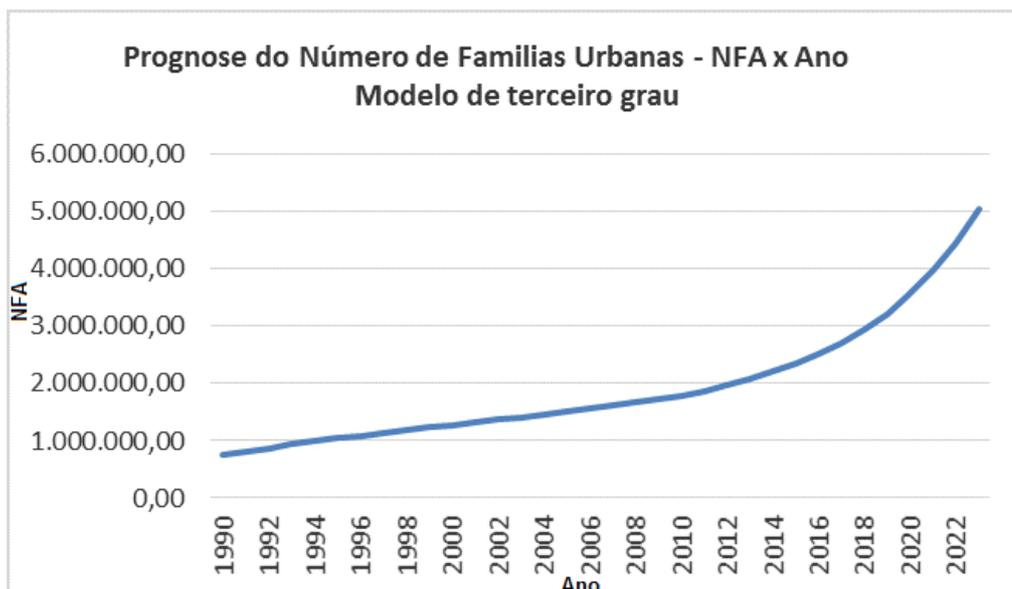


FIGURA 22: PROGNOSE DO NÚMERO DE FAMÍLIAS PERÍODO 2010-2022
MODELO DE TERCEIRO GRAU
FONTE: AUTOR, 2013

O modelo de segundo grau apresentou um bom ajuste aos dados originais e os dados da prognose demonstraram estar de acordo com a realidade apresentada na tendência, conforme pode ser observado nas FIGURAS 23 e 24.

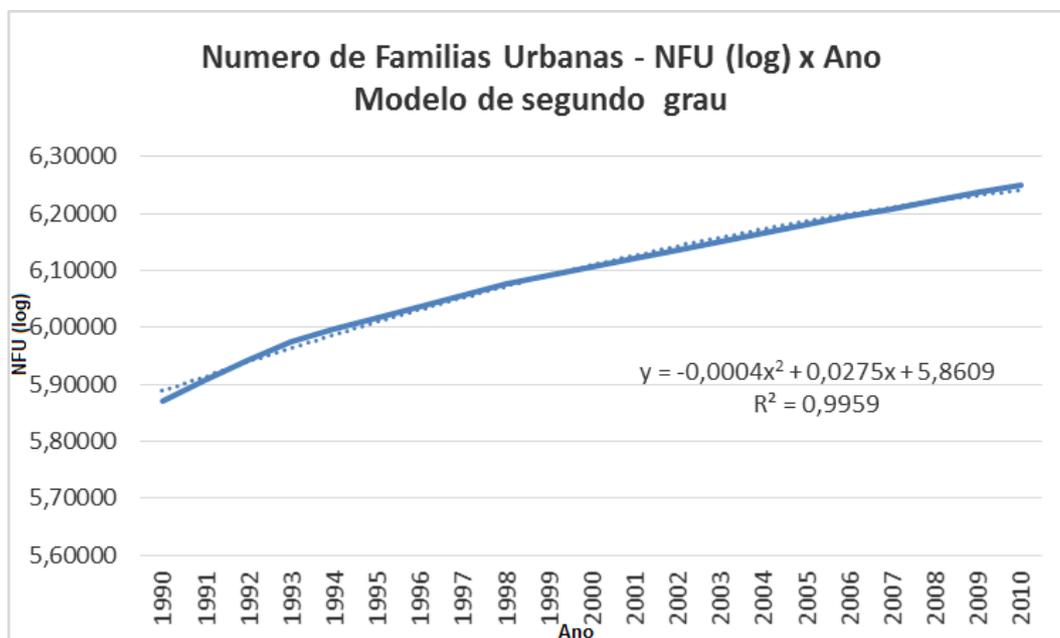


FIGURA 23: CURVA DO NÚMERO DE FAMÍLIAS EM 21 ANOS COM MODELO DE SEGUNDO GRAU
FONTE: AUTOR, 2013

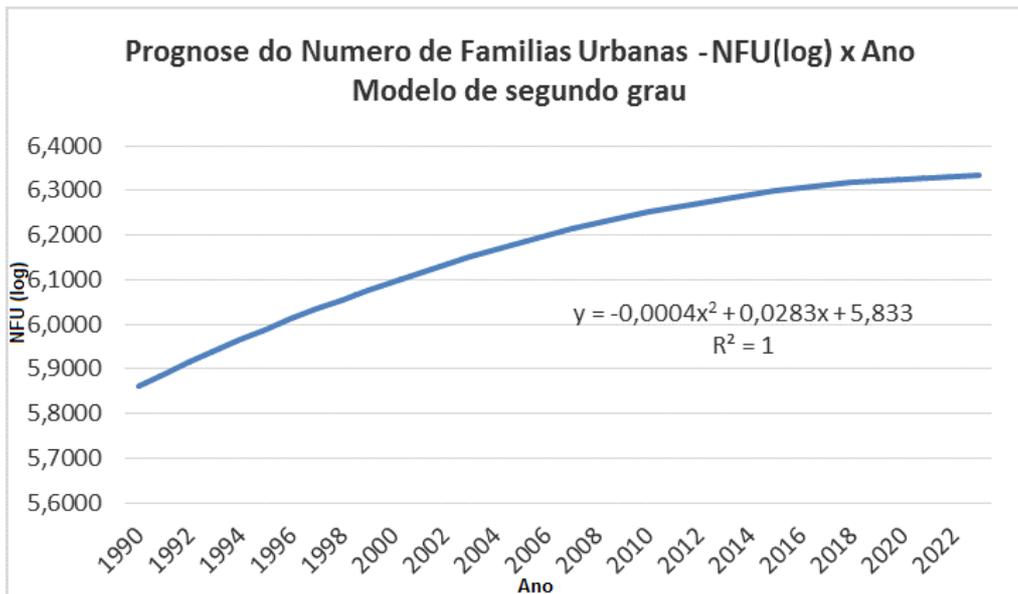


FIGURA 24: NÚMERO DE FAMÍLIAS URBANAS (1990-2010) E PROGNOSE (2011-2022) MODELO DE SEGUNDO GRAU

FONTE: AUTOR, 2013

❖ Biomassa Lenhosa Aérea

A FIGURA 25 ilustra a tendência da biomassa lenhosa aérea em Moçambique. Esta tendência é baseada nas estimativas encontradas por MARZOLI (2007).

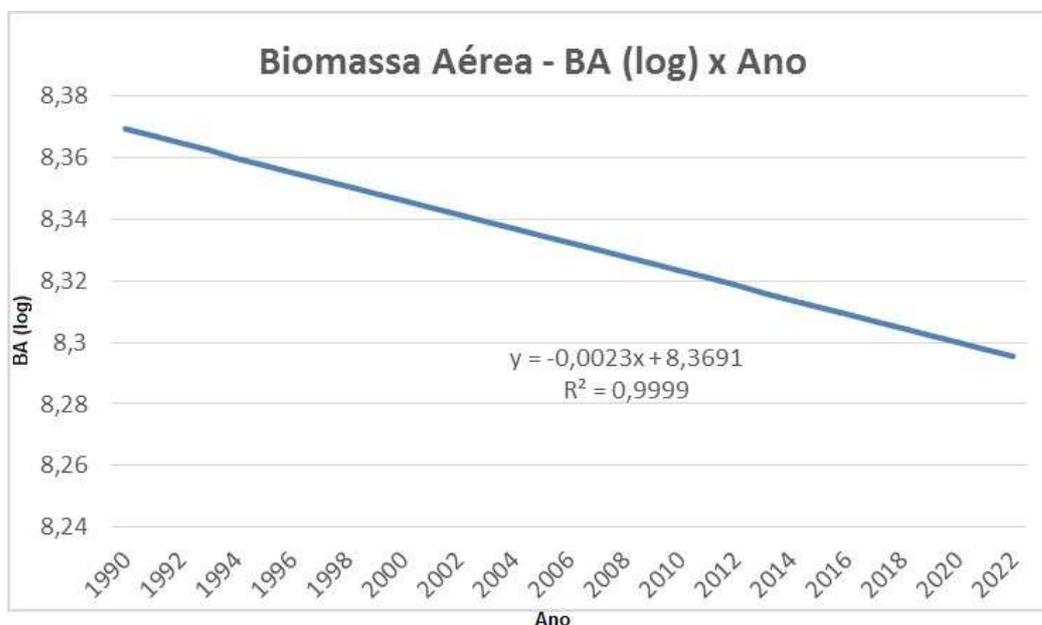


FIGURA 25: BIOMASSA LENHOSA AÉREA (1990-2010) E PROGNOSE (2011-2022)

FONTE: AUTOR, 2013

Um dos fatores que MARZOLI (2007) aponta como uma das causas de diminuição de área florestada, conseqüentemente a biomassa lenhosa, é o crescimento populacional devido à alta demanda de novas áreas para agricultura familiar e de madeira como fonte de energia para fins domésticos. A FIGURA 26, ilustra a relação entre o número de famílias urbanas e o estoque de biomassa lenhosa aérea, onde o Coeficiente de Determinação ($R^2=0,999$) demonstra claramente o alto grau de associação entre as variáveis, significando portanto que 99,9% da variável dependente consegue ser explicada pelas variáveis independentes presentes no modelo.

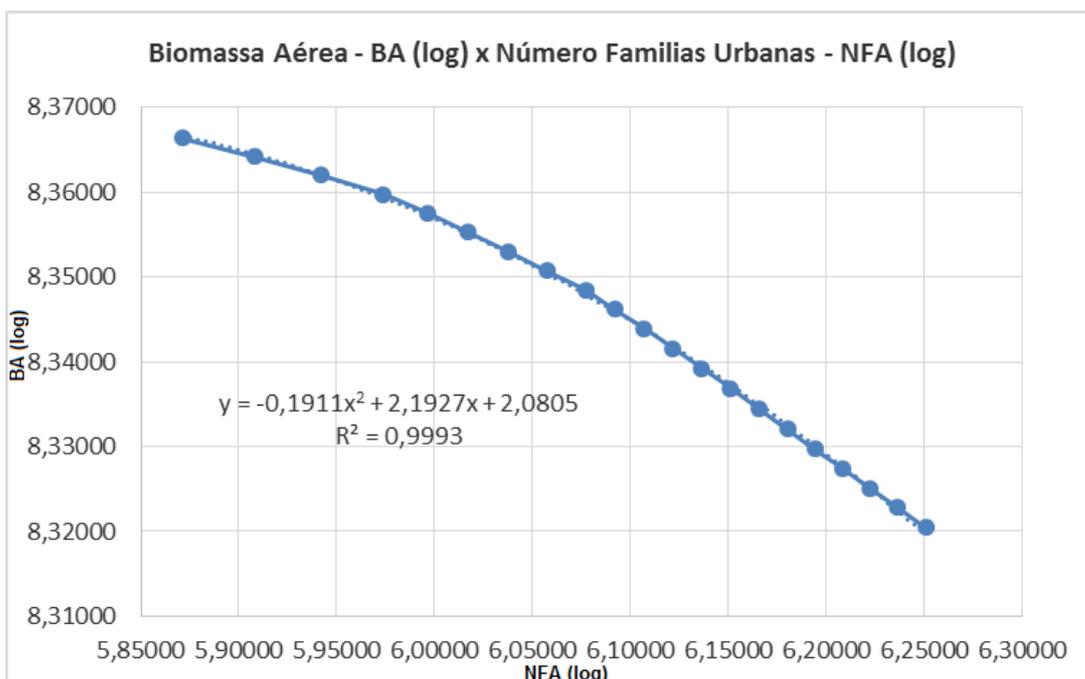


FIGURA 26: CURVA DE NÚMERO DE FAMÍLIAS URBANAS X BIOMASSA LENHOSA AÉREA EM 21 ANOS

FONTE: AUTOR, 2013

❖ PIB Corrente Anual

Pode-se observar na FIGURA 27, a seguir, que o PIB corrente anual no período 1990 a 2012 teve variações significativas.

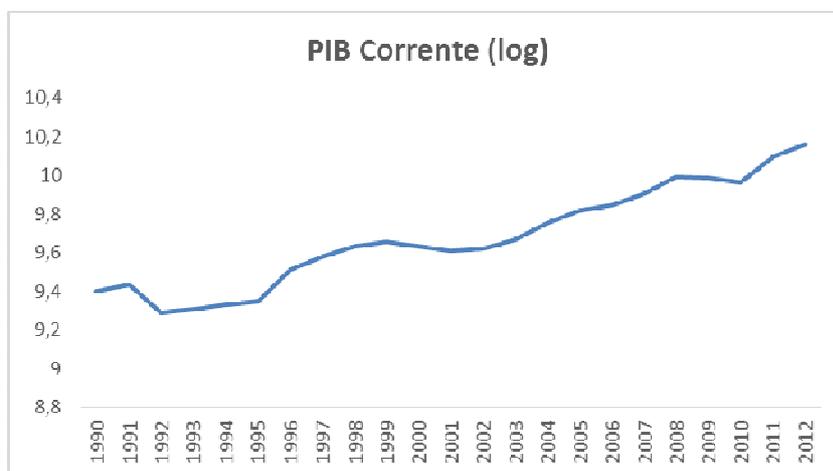


FIGURA 27: CURVA DO PIB CORRENTE ANUAL (USD) EM 21 ANOS

FONTE: AUTOR, 2013

Devido a essas variações significativas e imprevisíveis do PIB, conforme pode ser observado em percentuais na FIGURA 28, não se recomenda a utilização de um modelo de regressão aos dados do PIB moçambicano.

Essas fortes oscilações são explicadas por diversos fatores que ocorreram na economia moçambicana.

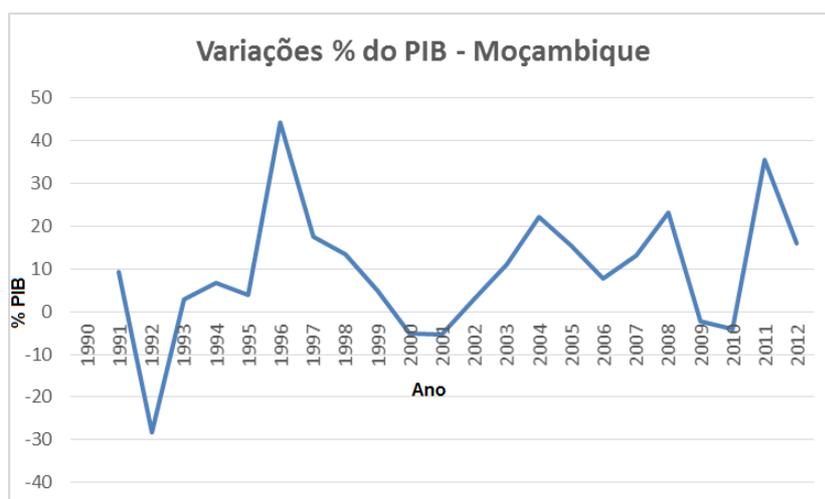


FIGURA 28: VARIAÇÕES PERCENTUAIS DO PIB CORRENTE ANUAL (USD) 1990-2012.

FONTE: BANCO MUNDIAL ADAPTADO PELO AUTOR, 2013

Desde 2007, Moçambique tem tido um crescimento econômico acelerado com variações nas taxas de crescimento em torno de 8%. Estas variações são explicadas por uma série de fatores que ocorreram após a guerra civil terminada em 1992 e a consequente estabilidade macroeconômica (inflação baixa e estabilidade da moeda nacional). Após 2002, surgiu o efeito do capital intensivo em mega projetos principalmente na exploração dos recursos naturais tais como carvão mineral, gás natural, areias pesadas entre outros (WORLD BANK, 2010).

Contudo o MINISTÉRIO DA PLANIFICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO (2012) refere-se a uma projeção do PIB em Moçambique a um crescimento de 10,4% até 2025. Esta projeção fundamenta-se nos seguintes pressupostos:

- a) Crescimento e Estabilidade da Economia Mundial;
- b) Melhoria contínua do Ambiente de Negócios em Moçambique;
- c) Estabilidade Macroeconômica e Política e
- d) Crescimento Contínuo e Estável do Investimento Direto Estrangeiro.

Este crescimento macroeconômico indica uma diminuição no consumo de combustíveis lenhosos como fonte de energia doméstica. Espera-se que essa diminuição ocorra, auxiliada pelos programas de incentivo ao uso de energias alternativas que estão sendo desenvolvidos pelo governo de Moçambique.

Pode-se então pressupor a influência do efeito macroeconômico como um impacto direto nas famílias mais carentes considerando-se uma diminuição no consumo da madeira como fonte de energia doméstica, no dia a dia, das mesmas famílias. Deve-se considerar também o processo lento que representa a quebra do paradigma cultural das famílias urbanas no que diz respeito a utilização de outras fontes alternativas de energia.

Para a prognose do PIB, como pode ser verificado na FIGURA 29 a seguir, utilizou-se no período de 2013 a 2022 os dados de 2012 acrescidos de 10,4% conforme previsão do MINISTÉRIO DA PLANIFICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO (2012).

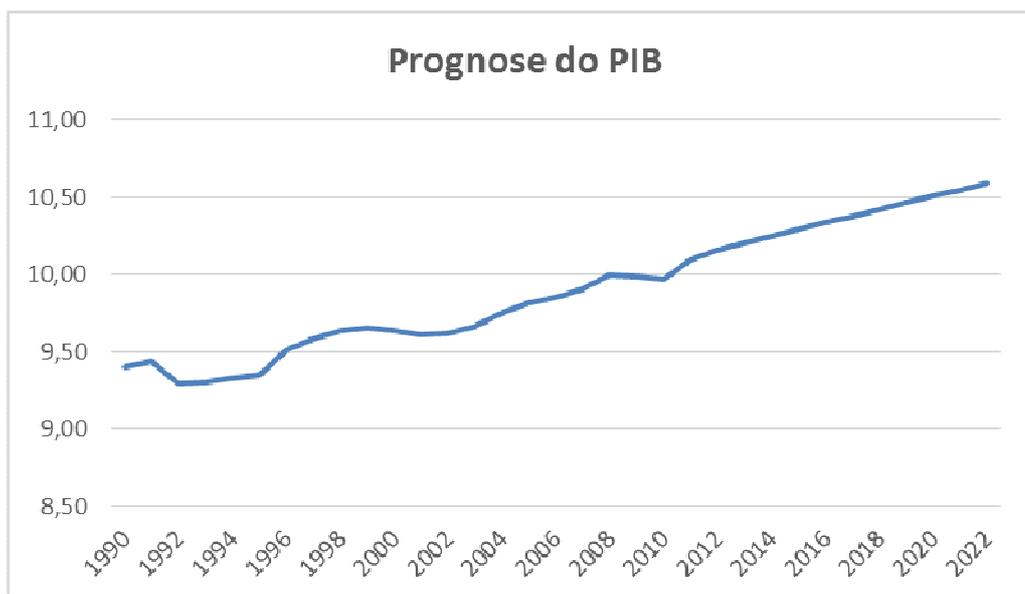


FIGURA 29: CURVA DA PROGNOSE DO PIB CORRENTE ANUAL (USD) 2012-2022

FONTE: AUTOR, 2013

5.4.2 Modelo

As variáveis usadas para a modelagem foram logaritmizadas (base 10) de modo a permitir uma distribuição normal dos erros e uma uniformidade da variância dos dados anuais. A TABELA 13 apresenta a auto correlação entre as variáveis estudadas.

TABELA 13: COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS, USANDO TODAS AS OBSERVAÇÕES 1990 - 2010

VARIAVEIS	CONSUMO	NÚMERO DE FAMILIAS	BIOMASSA AÉREA	PIB CORRENTE
Consumo	1,0000	0,9753	-0,9732	0,9224
Nro de famílias		1,0000	-0,9868	0,9234
Biomassa aérea			1,0000	-0,9549
PIB Corrente				1,0000

FONTE: AUTOR, 2013

O Teste de auto correlação tabulado na TABELA 13, com valores aproximando a "1" mostra que existe correlação entre as variáveis independentes (número de famílias vivendo em centros urbanos, biomassa lenhosa aérea e PIB corrente anual) e a variável dependente (consumo de combustíveis lenhosos).

De acordo com SOUZA (2013), o uso da biomassa tradicional (lenha e

carvão vegetal) em nível mundial, tem tido uma tendência de redução nos níveis de consumo. Comenta ainda que a correlação entre população e PIB para o consumo de biomassa proveniente da madeira para fins energéticos está mais correlacionado à população do que aos combustíveis fósseis (petróleo, gás natural entre outros) já que a sua utilização é mais para fins domésticos.

A TABELA 14, mostra o comportamento das variáveis usadas no modelo de consumo. Esse comportamento foi calculado pelo programa GREDL 1.4.1 que postula a constante e os coeficientes para cada modelo.

TABELA 14: MODELO: MQO, USANDO AS OBSERVAÇÕES 1990-2010 (T = 21) VARIÁVEL DEPENDENTE: CONSUMO

PARÂMETROS DO MODELO	COEFICIENTE	ERRO PADRÃO	RAZÃO-T	P-VALOR
Constante	8,89904	9,585220	0,9284	0,3662
Nro famílias	0,189294	0,105758	1,7900	0,0913
Biomassa aérea	-0,762579	1,054840	-0,7229	0,4796
PIB Corrente	0,008024	0,028037	0,2862	0,7782

FONTE AUTOR, 2013

Heterocedasticidade

Estatística de teste: $TR^2 = 7,195715$

com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(9) > 7,195715) = 0,616751$

Hipótese nula: sem heterocedasticidade

Hipótese 1: com heterocedasticidade

Pode-se verificar a presença da heterocedasticidade.

Normalidade dos Erros Residuais

Teste para a hipótese nula de distribuição normal:

Qui-quadrado(2) = 2,669 com p-valor 0,26334

Hipótese nula: sem distribuição normal

Hipótese 1: com distribuição normal

Pode-se verificar distribuição normal dos erros residuais.

Auto correlação dos Erros Residuais

Estatística de teste: LMF = 1,994549,
com p-valor = $P(F(10,7) > 1,99455) = 0,186$

Hipótese nula: sem auto correlação

Hipótese 1: com auto correlação

Existe uma auto correlação dos erros residuais.

Teste de Especificidade

Estatística de teste: $F = 4,284898$,
com p-valor = $P(F(2,15) > 4,2849) = 0,0337$

Hipótese nula: a especificação é adequada

Hipótese 1: a especificidade não é adequada

A equação do modelo de consumo na base logarítmica para prognosticar o consumo lenhoso ficou definida como:

$$Y = 8,899 + 0,18X_1 - 0,76X_2 + 0,008X_3$$

Onde:

Y = consumo de combustível lenhoso

X₁ = número de famílias urbanas

X₂ = biomassa lenhosa aérea

X₃ = PIB corrente anual

Este modelo de regressão linear multivariada é o que mais se ajusta a uma prognose para o consumo de combustíveis lenhosos (carvão e lenha) pela população urbana, já que os testes mostram a aleatoriedade das variáveis independentes (número de famílias urbanas, biomassa aérea lenha e PIB corrente anual) e que elas se auto relacionam entre si na estimativa da variável dependente.

A variável de menor peso no modelo é o PIB Corrente Anual, como foi discutido em 5.4.1, onde o PIB é uma variável muito inconstante devido aos fatores anteriormente mencionados.

5.4.3 Prognose do Consumo de Combustível Lenhoso

Com os dados prognosticados das variáveis independentes X_1 (Número de Famílias Urbanas) conforme observado na FIGURA 24, X_2 (Biomassa Lenhosa Aérea) conforme observado na FIGURA 25 e X_3 (Projeções do PIB) com um acréscimo de 10,4% anual, inseridos no modelo ajustado para o consumo de combustíveis lenhosos ($Y = 8,899 + 0,18 X_1 - 0,76 X_2 + 0,008 X_3$), prognosticou-se os consumos de madeira para fins de energia doméstica por um período de 12 anos e a área necessária, tanto para floresta nativa assim como para a floresta plantada, para suprir a demanda das populações urbanas em termos de energia doméstica.

A TABELA 15, a seguir, mostra os valores prognosticados e a grande diferença de áreas necessárias de floresta nativa e floresta plantada de rápido crescimento, para suprir uma mesma necessidade. Esta diferença é respaldada pelo crescimento lento das florestas nativas e quantidade de biomassa por hectare (5,36 t/ha - MARZOLI, 2007) e do rápido crescimento das florestas plantadas de eucalipto sem nenhum tratamento silvicultural (102,60 t/ha - plantação de 12 anos - GERMANO, 2006)⁸.

⁸ O valor de 102,6 t/ha aos 12 anos foi estimado a partir da densidade básica encontrada pelo autor de 0,71 g/cm³ e do IMA em plantações de 3-4 anos de *Eucalyptus cloeziana* de 17 m³/ha/ano encontrado por GERMANO, 2006. A estimativa é justificada pela previsão de que as árvores terão aos 12 anos um diâmetro médio de 12 cm e dimensões adequadas para abastecimento de fornos de carvão.

TABELA 15: PROGNOSE DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL LENHOSO E ÁREA DEVASTADA DE NATIVAS E ÁREA NECESSÁRIA COM EUCALIPTO

PROGNOSE DO CONSUMO* (t)	INCREMENTO CORRENTE ANUAL DO CONSUMO (t)	CONSUMO (%) ANUAL	ÁREA A SER DEVASTADA DE NATIVAS (ha)	ÁREA PARA EUCALIPTO (ha)
6940412,43			1294853,07	67645,35
7008105,85	67693,42	0,98	1307482,44	68305,13
7071160,56	63054,71	0,90	1319246,37	68919,69
7132295,18	61134,62	0,86	1330652,09	69515,55
7191450,31	59155,13	0,83	1341688,49	70092,11
7248568,11	57117,80	0,79	1352344,80	70648,81
7303592,42	55024,31	0,76	1362610,53	71185,11
7356468,82	52876,40	0,72	1372475,53	71700,48
7407144,77	50675,95	0,69	1381929,99	72194,39
7455569,66	48424,89	0,65	1390964,49	72666,37
7501694,88	46125,22	0,62	1399569,94	73115,93
7545473,96	43779,08	0,58	1407737,68	73542,63
87161936,97			16261555,4	849531,55

* consumo previsto através do modelo $Y = 8,899 + 0,18X_1 - 0,76X_2 + 0,008X_3$
 FONTE: AUTOR, 2013

Estes níveis de consumo de madeira para energia pressupõe, no período de 2011 a 2022, uma necessidade crescente de área de floresta nativa, de 1.294.853 ha a 1.407.738 ha (em torno de 1.355.129,62 ha/ano).

O consumo total de madeira para energia, de acordo com a prognose, será até 2022 de 87.161.936,97 toneladas. De acordo com MARZOLI (2007), a biomassa média existente em florestas tropicais de Moçambique por hectare é de cerca de 5,36 t/ha, o que indica que para o referido consumo serão necessários até 2022 uma área de 16.261.555,40 ha de floresta nativa para suprir tal demanda sem se considerar uma exploração sustentável. A produção sustentável anual de madeira para energia considerando-se, com base nos dados, um consumo médio anual de 7.263.494,75 toneladas e o IMA de 0,72 t/ha/ano (SAKET, 1994), resulta na necessidade de uma área de 10.088.187,15 hectares. Optando-se por espécies de rápido crescimento de eucalipto, onde os

rendimentos de biomassa estão em torno de 102,589 t/ha, a área necessária para suprir a mesma demanda de consumo até 2022, será de 849.531,55 ha.

ATANASSOV et al. (2012) identificou que para suprir somente a cidade da Beira seriam necessários 12.045 ha/ano, Nampula 23.365 ha/ano e Maputo/Matola 141.985 ha/ano. Estes valores representam somente uma parte de área para abastecer os três centros urbanos e portanto se encaixam nos valores encontrados no presente estudo.

Por outro lado, além das possibilidades e potencialidades do eucalipto, como suporte principal ao problema energético de Moçambique, deve ser considerado, como coadjuvante, a viabilidade do manejo das florestas naturais visando energia. Mesmo não sendo permitido ainda na legislação moçambicana, estudos devem ser feitos para identificar esta possibilidade. A legislação brasileira, por exemplo, considera normas para manejo de florestas naturais visando energia e a academia moçambicana poderia iniciar pesquisas sobre o tema.

CONCLUSÕES

Em relação ao diagnóstico da situação de consumo de energia para fins doméstico, pode-se concluir que:

- Mais de 85% das pessoas que vivem nos três principais centros urbanos de Moçambique (Maputo/Matola, Beira e Nampula) usam a madeira como fonte de energia.
- Considerando-se uma renda média de 3000,00 MT, a energia representa nos gastos domésticos cerca de 20% do rendimento de uma família urbana de renda baixa.
- As famílias carentes compram o carvão vegetal e lenha em pequenas unidades (montinhos), não obstante no cômputo final ser mais caro do que comprar unidades maiores (saco). Isto se deve porque os rendimentos de grande parte dos membros das famílias são inconstantes por não possuírem um emprego formal (fixo).
- Os consumos de madeira para fins energéticos estão diretamente relacionados com as rendas das famílias.
- O aumento das rendas das famílias causaria uma mudança nos costumes do tipo de fonte de energia doméstica para o seu consumo.

Com relação ao processo de produção de carvão vegetal e sua qualidade conclui-se que:

- O carvão produzido em forno tipo "rabo quente" apresentou rendimento gravimétrico 63,3% superior que o forno tradicional.
- O processo de produção em forno tipo "rabo quente" produziu um carvão de melhor qualidade tecnológica.
- O carvão produzido com *Eucalyptus sp.* apresentou poder calorífico maior que o carvão produzido nas espécies nativas.

- O poder calorífico inferior apresentou alta correlação com o teor de umidade.
- O teor de cinza do carvão vegetal foi superior para as espécies nativas.
- O teor de carbono fixo foi superior nas espécies plantadas (*Eucalyptus sp.*).

Em relação a modelagem e às variáveis que compõem o modelo pode-se concluir que:

- As variáveis, número de famílias e biomassa aérea, seguem uma tendência, podendo ser associadas ao PIB corrente anual. Nos valores prognosticados até 2022, a inclusão dos valores esperados do PIB corrente anual, mostrou a provável influência do PIB crescente na redução do consumo lenhoso urbano.
- Devido ao crescimento macro-econômico de Moçambique, a relação entre o consumo anual e o crescimento do PIB corrente anual mostrou ser decrescente. Isso não aconteceu até 2010 porque o aumento do PIB não exerceu influência nas populações mais carentes ocasionando a migração para fontes de energias alternativas mais limpas (eletricidade, gás LPG entre outras).
- O efeito do PIB corrente anual não teve um efeito imediato no consumo de combustível lenhoso ao contrário do referido em SOUZA (2012). Isto pode ser explicado pela variabilidade da taxa de crescimento do PIB em Moçambique, somada à velocidade das mudanças dos benefícios sociais da população que é muito lenta.
- A variabilidade da taxa de crescimento do PIB em Moçambique é influenciada fortemente por fatores externos, como os auxílios e investimentos internacionais que nem sempre são constantes e geram benefícios diretos à população.

- O consumo prognosticado pelo modelo indica uma redução de consumo da madeira anual, para fins energéticos, de 0,98% a 0,58% no período de 2011 a 2022.
- Para uma produção sustentável de carvão vegetal, proveniente das florestas nativas, serão necessários até 2022, 16.261.555 ha ou 849.532 ha de plantações de espécies de rápido crescimento, como o eucalipto, para o mesmo período.
- Para um consumo médio anual de 7.263.494,75 toneladas de madeira para energia doméstica serão necessários, para uma produção sustentável, uma área de floresta nativa de 10.088.187,15 hectares ou então 849.531,55 ha de plantações de espécies de rápido crescimento como o eucalipto para um período de 12 anos.
- A substituição da produção de lenha e carvão das florestas nativas por florestas energéticas, com espécies de rápido crescimento, resultaria numa redução de corte de 15.412.024,00 ha de florestas nativas, ou seja, uma redução de 95% de áreas que seriam necessárias para suprir a demanda de lenha e carvão até 2022.
- Se não for adotada uma política para incentivar reflorestamentos com espécies de rápido crescimento, a área de florestas nativas de Moçambique estará em risco nos próximos anos e/ou poderá ocorrer uma crise energética nas populações mais carentes e dependentes de energia proveniente da madeira.

Admitindo a hipótese de se manter a distribuição do PIB aos níveis atuais, a análise mostrou que a produção do carvão vegetal a partir do *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus saligna* em fornos do tipo "rabo quente" associada a uma área necessária para plantação, é uma solução sustentável para satisfazer a demanda da madeira para fins energéticos já que as propriedades químicas do carvão vegetal de eucalipto mostraram ser superiores as do carvão vegetal proveniente das brachystegias.

A compreensão do atual modelo energético e a proposição de um paradigma mais eficiente de queima do material lenhoso é crucial para o desenvolvimento sustentável de longo prazo da sociedade moçambicana e auxiliará na definição de políticas adequadas para diminuir a pressão sobre a floresta nativa.

6 RECOMENDAÇÕES

De acordo com as conclusões deste estudo, recomenda-se:

- Integração de uma variável econômica mais consistente e relacionada diretamente com a renda das famílias, como por exemplo o índice de distribuição de riqueza que ainda não existe no país.
- Aumentar a renda das populações carentes por meio de uma melhor distribuição do PIB para desacelerar o consumo de combustível lenhoso como fonte primária de energia doméstica.
- As áreas para a plantação de florestas energéticas deveriam estar distribuídas em três regiões do país (sul, centro e norte) de acordo com a disponibilidade de terra e taxas de consumo de cada região.
- As plantações energéticas deveriam estar sob gestão de agentes privados para tornar-se um negócio economicamente e ambientalmente rentável.
- Necessidade de criação de programas para conscientização da população com relação ao uso do carvão vegetal proveniente da madeira de eucalipto, ou seja, quebrar o paradigma cultural de que o carvão vegetal proveniente da madeira de eucalipto não é de boa qualidade.
- Intensificar ainda mais a disseminação dos fogões melhorados a carvão vegetal principalmente nos centros urbanos, pois propicia um melhor aproveitamento de energia e conseqüentemente um menor consumo.
- Criar programas de incentivo fiscal para o plantio de florestas energéticas no país.
- Criar condições de manejo de florestas nativas para a produção sustentável de carvão vegetal.

- Criar programas de incentivos e financiamentos para construção de fornos de produção de carvão vegetal com melhores tecnologias e visando uma maior eficiência na produção.
- Capacitar e incentivar a prática de produção de carvão vegetal de uma forma sustentável (em forma de cooperativas e associações).
- Definir áreas prioritárias para o plantio de florestas visando as florestas energéticas.
- Criar programas de fomento florestal em pequenas e médias propriedades rurais, visando o plantio de florestas e implantação de carvoarias comunitárias.
- Implementar áreas com manejo florestal comunitário visando a produção de carvão vegetal.
- Incentivar a criação de associações e cooperativas para o plantio, manejo e produção de carvão vegetal.
- Definir parâmetros básicos na legislação para manejo de florestas nativas visando a produção de carvão vegetal e a retirada adequada da madeira.
- Definir políticas públicas para reduzir e controlar as queimadas que ocorrem anualmente no país, visando proteger e preservar a regeneração natural das espécies que são utilizadas pela população como fonte de energia para as necessidades básicas das famílias.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOT, P.G; LOWORE, J. D. **Characteristics and management potential of some indigenous fire wood species in Malawi.** Forest Ecology and Management 119 (1999), p. 111-121.1999.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8633:carvão vegetal: Determinação do poder calorífico superior.** Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 13p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8112: carvão vegetal: análise imediata.** Rio de Janeiro: ABNT, 1983, 6 p.

ALMEIDA, M. R.; REZENDE, M. E. A. **O Processo de carbonização contínua da madeira.** In: FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. Produção e utilização de carvão vegetal. Belo Horizonte: 1982, p.141-156 (Série de Publicações Técnicas, 8).

ARGOLA, J. **Causas de mudança da cobertura florestal no corredor da Beira.** Trabalho de licenciatura. FAEF/UEM. Maputo. 2004. 52 p.

ARNOLD, M. e PERSSON R. **Reassessing the fuelwood situation in developing countries.** International Forestry Review 5(4), 2003, p. 379-383.

ATANASSOV, B., EGAS, A., FALCÃO, M., FERNANDES, A., & MAHUMANE, G. **Mozambique urban biomass energy analysis 2012.** Ministério da Energia. Maputo. 2012. 54 p.

BALLONI, E.A. E SIMÕES, J.W. **O Espaçamento de Plantio e suas Implicações Silviculturais.** Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Departamento de Silvicultura da E.S.A.L.Q. – USP. Série Técnica. Piracicaba. V 1N3. 1980, p.1-16.

BAILIS, R.E. **Fuel From The Savanna: The Social and Environmental Implications of the Charcoal Trade in Sub-Saharan Africa.** Ph.D Dissertation. Graduate Division of the University of California, Berkeley. 2005.

BARNES, D.F., KRUTILLA, K. e HYDE, W. **The urban energy transition: energy, poverty and the environment in the developing world**. World Bank, January 2002 (Draft).

BELOTTE, F. **Extração e exportação de micronutrientes pelo Eucalyptus grandis Hill ex-Maiden, em função da idade**. IPEF, Piracicaba (19), jun.1980.

BILA, A. **Trees for sustainable fuel wood production in Rural subsistence farming at Boane**. Unpublished, University of Wales. UK. 1992.

BOLETIM DA REPÚBLICA. **Resolução Nr. 5/99**. I Série. Nro. 14. República de Moçambique. 1999.

BRIANE, D.; DOAT, J. **Guide technique de la carbonisation: la fabrication du charbon de bois**. Aix-en-Provence, ÉDISUD, 1985. 180 p.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. **Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis**. In: SEMINÁRIO DE ABASTECIMENTO ENERGÉTICO INDUSTRIAL COM RECURSOS FLORESTAIS, 2, 1982, São Paulo. Palestras apresentadas. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982, p.101-137.

BROOKS, D. H., PAJUOJA, H., PECK, T.J., SOLBERG, B., and WARDLE, P.A. **Long term trends in World demand and supply for wood**. In Solberg, B. (ed). Long term trends and prospects in world supply and demand for wood and implications for sustainable forest management. Research Report No 6. European Forest Institute. Joensuu, Finland. 1996.

BROUWER, R. e FALCÃO, M. **Wood fuel consumption in Maputo**. Journal of Biomass and Bioenergy. Volume 27, Issue 3. 2004, p. 233-245.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.

CAMPOS, G. M. **Estatística para Docentes e Pós-Graduandos** in [http://www.forp.usp.br/restauradora/gmc/gmc_livro/gmc_livro_cap13.html]. Acessado em 10/05/2013.

CARNEIRO, A. C. O.; BARCELOS, D. C.; SANTOS, R. C. **Treinamento em Carvão Vegetal: Apostila Teórica e Prática**. Viçosa - MG. 2011. 129 p.

CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL - (CTFT): **Resultados de 20 estudos dos produtos da destilação das madeiras amazônicas**.

Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia - Divisão de recursos Naturais. Jul. 1972. 38p.

CHACANZA, M.S. **Processos Físicos e Impactos Ambientais que Ocorrem na Produção de Carvão Vegetal: caso do Posto Administrativo de Ulónguè – Angónia – 2010/2011**. Trabalho de Monografia Científica. Universidade Pedagógica. Beira. Moçambique. 2011

CHIDUMAYO, E.N. **Zambian Charcoal Production: Miombo Woodland Recovery**. Energy Policy. Vol 21 (5). 1993, p. 586-597.

CHITARÁ, S. **Instrumentos para a Promoção do Investimento Privado Na Indústria Moçambicana**. Maputo: MADER – DNFFB, 2003.

CHUDNOFF, M. **Tropical Timbers of the World**. USDA Forest Service. Ag. Handbook No. 607. 1984.

COELHO, A, S. R.; MELLO, H.A. & SIMÕES, J.W. **Comportamento de espécies de eucaliptos face ao espaçamento**. IPEF, Piracicaba (1): p. 29-55, 1970.

CONTEH, A. **Wood fuel demand and Strategy for supply in the Western Area of Sierra Leone**. Unpublished M.Sc. Thesis. University of Stellenbosch. 1997.

COUTINHO, A. R.: **Qualidade do carvão vegetal correlacionada as características da madeira de Eucalyptus saligna e temperatura de carbonização**. Piracicaba. Dissertação, Magister Scientiae (MSc), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo. 1984. 76 p.

CUVILAS, C.A., JIRJIS, R., LUCAS, C. **Energy Situation in Mozambique: A Review**. Renewable and Sustainable Reviews. 14 (2010).p. 2139-2146.2010.

DECRETO no 11/03 (que altera o Decreto n^o 12/2002, **Lei de Florestas e Fauna Bravia**) [Boletim da República n^o 13 - I Série - 26 de Março de 2003], p.78-79.

DECRETO n^o 12/2002 (**Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia**) [Boletim da República n^o 22 - I Série - 6 de Junho de 2002, p.194 (3) -194 (27)].

Deweese, P. A. (1989) **The Woodfuel Crisis Reconsidered: Observations on the Dynamics of Abundance and Scarcity**. World Development, Vol 17, No 8, p. 1159-1172.

DNFFB. **Relatório estatístico anual**. National Directorate of Forestry and Wildlife. Maputo. Mozambique. 1997.

DNFFB. **Política e estratégia de desenvolvimento de florestas e fauna bravia**. MAP. Moçambique. 1999. 19 p.

DIREÇÃO NACIONAL DE TERRAS E FLORESTAS (DNTF). **Ponto de situação dos Mega Projetos de reflorestamento em Moçambique**. Maputo, Moçambique, 2011.

DOAT, J.; **Le puouvoir calorifique des bois tropicaux**. Revue Bois et Forêts des Tropiques; n.172; p.33-48; França; 1977.

DPA, Sofala. **Relatório anual de actividades 2006**. Serviços Provinciais de Florestas e Fauna Bravia. 2006. 23 p.

EGAS, A. F. **Caracterização de custos de consumo de carvão com outras fontes de energia doméstica na confeição de refeições**. FAEF/UEM. Maputo. 2006.

ELLEGARD, A. **Household Energy, Air Pollution and Health in Maputo**. Stockholm Environment Institute. 1997. 88 p.

EMERENCIANO, D. B. **Engenharia Florestal da UFPR constrói forno para produção de carvão em Moçambique**. Disponível em [http://www.painelflorestal.com.br/noticias/biomassa/engenharia-florestal-da-ufpr-constroi-forno-para-producao-de-carvao-em-mocambique]. Acesso em 10/12/2012.

ESTEVEES, C. S. **Regressão Linear Múltipla**. Apontamentos de ADPE. 2007. Disponível em [w3.uaig.pt/~eesteves/docs/regressaolinearmultipla.pdf]. Acesso em 10/11/2013.

FACTFISH. **World statistics and data research**. Disponível em [<http://www.factfish.com/statistic/fuelwood%2C%20consumption%20by%20households>]. Acesso em 09/10/2013.

FAO. **Simple Technologies for Charcoal Making**. Forestry Paper 41, FAO, Rome.1983.

FAO. **A decade of wood energy activities within the Nairobi programme of action**. Rome: FAO; 1993.

FAO. **Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest: a Primer**. Forestry Paper 134, FAO, Rome.1997.

FAO. **State of the World's Forests**. Rome. 2007. 141 p.

FAO. **Forests and Energy Key Issues**. FAO Forest paper 154. Rome. 2008. 73p.

FAO (2010) **Global forest resources assessment 2010** – Main report. FAO. Forestry Paper, Rome, Italy.

FERREIRA, J. M. **O carvão vegetal no Brasil e suas perspectivas a curto, médio e longo prazo**. Monografia (Conclusão do curso em Tecnologia Florestal) – Instituto de Tecnologia da Amazônia, Manaus, 1983.

FERREIRA, O. C. **Emissão de Gases de Efeito de Estufa na Produção e Consumo de Carvão Vegetal**. In: Economia e Energia Ano III. [<http://ecen.com/eee2.emiscar.htm>]. Acesso em 12/06/13

FOLEY, G. **Sustainable Woodfuel Supplies from Dry Tropical Woodlands**. Washington DC, Joint UNDP/World Bank Energy Sector Management Assistance Programme (ESMAP). 2001. 100 p.

GERMANO, R. C. A. **Crescimento de Eucalyptus cloeziana aos 3 e 4 anos de Idade na Plantação de Inhamacari**. Projecto Final do Curso de Engenharia Florestal. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Eduardo Mondlane. Maputo. Moçambique. 2006.

GOMES, J. M.; BRANDI, R. M.; CÂNDIDO, J. F.; OLIVEIRA, L. M. **Competição de espécies e procedências de eucalipto na região de Viçosa**. Minas Gerais. Revista Árvore, Viçosa, 1(2):72-88, 1977

GUIMARÃES, R. F. **Ensaio de espaçamento em Eucalyptus saligna Sm. para produção de lenha**. Boletim, C.P.E.F., Rio Claro (6), 1956.

GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**. Tradução de Maria José Cyhlar Monteiro. Rio de Janeiro: Elsevier. 2006.

GRAEDEL, T. E. **Streamlined Life Cycle Assessment**. Engelwood Cliffs. NJ. Prentice-Hall, Inc. 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (INE). **Projecções anuais da população total, urbana e rural 2007-2040**. 2010. Disponível em: <http://www.ine.gov.mz/populacao/projecoes/proj_pop_moz/PROJ_NAC.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2012.

JARA, E. R. P. **O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 1989. (Comunicação Técnica).

JUMBE, C. B.L. e Angelsen A. **Modeling choice of fuelwood source among rural households in Malawi:A multinomial probit analysis**. Energy Economics.33. 2010, p. 732–738. Disponível em [<http://www.ndr.mw:8080/xmlui/handle/123456789/223>]. Acesso em 10/1/2013.

KLITZKE, R. J. **Avaliação do carvão da bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) em função da idade, do teor de umidade da madeira e da temperatura final de carbonização**. 1998.123 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR 1998.

KOLLMANN, F.: **Tecnologia de la madera y sus aplicaciones**. Madrid, 1959. 675p.

LEI 10/99 de 7 de Julho. **Lei de Florestas e Fauna Bravia**. [Boletim da República nº 27 - 4 Supp, I Série - 12 Julho 1999].

LUOGA E.J.; WITKOWSKI, E.T.F. e BALKWILL, K. **Economics of charcoal production in miombo woodlands of eastern Tanzania: some hidden costs associated with commercialisation of the resources**. *Ecological Economics*, 35:243–257. 2000.

MACEDO, I.C. **Geração de energia elétrica a partir de biomassa no Brasil: situação atual, oportunidades e desenvolvimento**. Brasília: CGEE, 2001, 10p.

MACEDO, I.C. **Estado da arte e tendências tecnológicas para energia**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, 2003, 90 p.

MAGALHÃES, J. G. R. **Tecnologia de obtenção da madeira**. In: USO DA MADEIRA PARA FINS ENERGÉTICOS, Anais. Belo Horizonte, MG: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC, 1982, p. 56-66.

MANGUE, P. **Review of the Existing Studies Related to Fuel Wood and/or Charcoal in Mozambique**. PROJECT GCP/INT/679/EC. Maputo. 2000.

MANSUR, E.; KARLBERG A. **Estimativas da DNFFB**. Direcção Nacional das Florestas e de Fauna Bravia, Ministério de Agricultura, Maputo, Mozambique, 1986.

MARZOLI A. **Inventario Florestal Nacional**. MINAG. Maputo, Abril. 2007.

MARCOS MARTÍN, F.: **Otros aprovechamientos forestales**. Ed. Fernando Martín Asín. Madrid, 1997. 62 p.

MATTOS, P. P.; SALIS, S. M. de ; BRAZ, E. M. ; CRISPIM, S. M. **A. Sustainable management of natural forests in Pantanal region, Brazil**. *Ciência Florestal* (UFSM. Impresso), v. 20, p. 321-333, 2010.

MEIRA, A. M. **Diagnóstico sócio-ambiental e tecnológico da produção de carvão vegetal no município de Pedra Bela.** Estado de São Paulo. 2002. 99 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, Piracicaba - SP, 2002.

MENDES, M. G.; GOMES. P. A.; OLIVEIRA, J.P. **Propriedades e Controle de Qualidade de Carvão Vegetal.** In: Produção e Utilização de Carvão Vegetal.1982. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. – CETEC; p. 75-89. 1982.

MICOA. **Plano de acção nacional de combate à seca e à desertificação.** Maputo. 2002. 88 p.

MINAG. **Estratégia Nacional de Reflorestamento.** Maputo.2006. 22 p.

MINAG. **Relatório anual 2007.** Maputo. 2008. 41 p.

MINETTE, L.J.; PIMENTA, A. S.; FARIA, M. M.; SOUZA, A. P.; SILVIA, E.P.; FIEDLER, N. C. **Avaliação de Trabalho Físico e Análise Biomecânica de Trabalhadores da Carbonização em Fornos do Tipo Rabo Quente.** 2007. Revista Árvore. Viçosa - MG. v. 31. n. 5., p. 853 - 858. 2007.

MINISTERIAL n ° 52-C/2003. **Diploma de 20 de Maio de 2003 (em espécies florestais utilizadas para a produção de madeira)** [Boletim da República n ° 20 - I Série - 20 de Maio de 2003, p. 160 (54) e 160 (55)].

MINISTÉRIO DE ENERGIA. **Energy Statistics.** Maputo. Mozambique. Direcção Nacional de Estudos e Planificação. 2007.

MINISTÉRIO DA PLANIFICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO. **Estratégia Nacional de Desenvolvimento.** XXXVI Conselho Consultivo do Banco de Moçambique. República de Moçambique. 2012. 39p.

MIRASSE, J.J. E BROUWER, R. **Consumo de Combustível Lenhoso na Vila do Distrito de Marracuene – Província de Maputo.** Tese da Licenciatura. DEF-UEM. Maputo. 2003.

NETTO, F. F. **Estágio atual das pesquisas sobre o carvão vegetal**. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE CARVÃO VEGETAL. Anais. Belo Horizonte: CETEC, 1980, p. 1-23.

NHANTUMBO, I.; IZIDINE, S. **Preparing for REDD in dryland forests: investigating the options and potential synergy for REDD payments in the miombo eco-region: Mozambique country study**. International Institute for Environment and Development, Londres, Reino Unido. 2009. Disponível em: <<http://www.profor.info/.../...>>.. Acesso em: 03 maio 2012.

NOGUEIRA, F. E. **Modelos de regressão multivariada**. Dissertação de Mestrado. USP. Instituto de Matemática e Estatística. São Paulo. 2007.

NUBE, T. G. **Impactos Socioeconômicos das Plantações Florestais em Moçambique: Um Estudo de Caso na Província do Niassa**. Dissertação de mestrado. UFPR. Curitiba. 2012.

OLIVEIRA, R.L.M. **Instrumentação e análise térmica do processo de produção de carvão vegetal**. 2009. 129 p. (Dissertação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG.

OLIVEIRA, J. B.; GOMES, P. A.; ALMEIDA, M. R. **Estudos preliminares de normalização de testes de controle de qualidade de carvão vegetal. Carvão vegetal: destilação, propriedades e controle de qualidade**. Belo Horizonte: FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS/CETEC. 1982, p. 9-38.

PEREIRA, B.L.C.; OLIVEIRA A.C.; CARVALHO, A.M.M.L.; CARNEIRO, A.C.O.; SANTOS, L.C.; VITAL, B.R. **Quality of Wood and Charcoal from Eucalyptus Clones for Ironmaster Use**. International Journal of Forestry Research. Volume 2012(2012). Article ID 523025, 8 p. 2012. doi:10.1155/2012/523025

PEREIRA, J. C. D.; SCHAITZA, E.G.; SHIMIZU, J. **Características físicas, químicas e rendimentos da destilação seca da madeira de *Eucalyptus benthamii***. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 4 p. (Embrapa Florestas, Circular técnica 50).

PEREIRA, C., BROUWER, R., MONJANE, M., FALCÃO, M. **CHAPOSA:**

Charcoal Potential in Southern Africa. Research project: final report.

Mozambique. 2001. 54 p.

PETROFF, G. & DOAT, J.: **Pirolise des bois tropicaux - Influence de la composition chimique de bois sur les produits de distillation.** *Revue Bois et Forêts des tropique.* Nojent sur Marne/France. Centre Technique Forestier Tropical - CTFT. 177:51-64. Jan./fev., 1978.

PINHEIRO, P. C. C.; SAMPAIO, R. S. **Fundamentos e prática da carbonização da biomassa.** Belo Horizonte: Edição dos Autores, 2001. 120 p.

PINHEIRO, P. C. C.; SAMPAIO, R. S.; BASTOS FILHO, J. G. **Organização da produção do carvão vegetal em fornos de alvenaria.** *Biomassa & Energia*, v. 2, n. 3, p. 253-258, 2005.

PINHEIRO, P. C. C.; SÊYE, O. **Influência da Temperatura de Carbonização nas Propriedades do Carvão Vegetal de Eucalyptos.** Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG. Belo Horizonte. MG. 1998.

Portal de Dados: **Moçambique, Dados de Pesquisa.** Disponível em [<http://www.ine.gov.mz/>]. Acesso em 20/10/2013.

RIBEIRO, F.A.; ZANI FILHO, J. **Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de *Eucalyptus spp.*** IPEF, v.46, p.76-85, 1993.

ROCHA, M. P. e KLITZKE, R. J. **Energia da Madeira.** 1998. 86 p. Série Técnica 03/98. Fundação de Pesquisas Florestais – FUPEF, Curitiba-PR 1998.

SAKET, M. **Report on The Updating of the Exploratory National Forest Inventory.** FAO/UNDP, MOZ/92/13. DNFFB, Moçambique. 1994.

SALVATTORE, D. **Estatística e Econometria.** McGraw-Hill, 1982. 262 p.

SHIMIZU, J. Y. **Pesquisa e Desenvolvimento Florestal em Moçambique.** Colombo, PR: Embrapa, 2006. (Embrapa Documentos 131).

SILVA, D. A.; BRITO, J. O.: **Estudo comparativo da carbonização de três origens de turfas em relação a madeira de *Eucalyptus grandis***. IPEF, Piracicaba, (36) 21-26, ago. 1987.

SILVA, F. J. (1999). **Dicionário universal milénio: língua portuguesa**. Porto Editora. Lisboa. 1653 p.

SIMÕES, J. W.; COELHO, A. S. R.; MELLO, H. do A.; COUTO, H. T. Z. **Crescimento e produção de madeira de eucalipto**. IPEF. Piracicaba, v. 20. p. 77-97, jun. 1980.

SITOE, A., ARGOLA, J., TCHAÚQUE, F. **Condition assessment of fuel wood/charcoal in the SAFMA-GM study site**. DEF/UEM. Maputo. 2004. 25 p.

SITOE, A., MIRIRA, R., TCHAÚQUE, F. **Avaliação dos níveis de consumo da energia de biomassa nas províncias de Tete, Nampula, Zambézia, Sofala, Gaza e Maputo**. Ministério de Energia. UEM/FAEF. Maputo. 2007.

SITOE, A.; SALOMÃO, A.; WERTZ-KANOUNNIKOFF, S. **O contexto de REDD+ em Moçambique: causas, atores e instituições**. Bogor Indonesia: CIFOR, 2012. (Publicação Ocasional 76).

SLOCUM, D.H.; MCGINES Jr.; E.A.; BEALL, F.C.: **Charcoal yield shrinkage and density during carbonization of OAK and HICORY woods**. Wood Science, 11(1): 42-47, july. 1978.

SOUZA, D. T. **Consumo de Energia e Biomassa Moderna Acompanha o Desenvolvimento Econômico**. Disponível em [http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=27250&secao=Agrotemas]. Acesso em 08/10/2013.

TAQUIDIR, M.; FALCÃO, M. P. **Recursos florestais de Moçambique: Factos e Oportunidades**. Maputo, 2012. Trabalho apresentado no Primeiro Congresso da Ordem dos Engenheiros da CPLP – Lisboa.

THE WORLD BANK. **Mozambique data**. Disponível em:[http://data.worldbank.org/country/mozambique]. Acesso em 20/09/2013.

- TROSSERO, M. A. **Análisis de parámetros de pirólisis de biomassa**. Buenos Aires, Instituto Nacional de Tecnologia industrial, 1981.
- TRUGILHO, P. F. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas na avaliação da qualidade da madeira e do carvão de *Eucalyptus***. 1995. 160 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- VALE, A T.; COSTA, A. F.; GONÇALEZ, J. C.; NOGUEIRA, M. **Relações entre a densidade básica da madeira, o rendimento e a qualidade do carvão vegetal de espécies do cerrado**. Revista Árvore. Viçosa, v.25, n.89, p. 89-95. 2001.
- VALENTE, O. F. & LELLES, A. R.: **Carbonização da madeira**. In: Associação Brasileira de Metais - ABM. Carvão e coque aplicados à metalurgia, 2a. ed. São Paulo, 1: 85- 151p. 1979.
- VALENTE, U. F. **Carbonização da madeira de eucalipto**. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v. 12, n.141, p. 74-77, 1986.
- VERWIJST, T. **Short Rotation Crops in the World: IEA-Bioenergy Task 30 Organization and Priorities**. Biomassa & Energia, v.1, n.1, 2004, p.113-121.
- VITAL, B. R.; ALMEIDA, J. de; VALENTE, O. F.; PIRES, I.E.: **Características de crescimento das árvores e de qualidade da madeira de *Eucalyptus camaldulensis* para a produção de carvão**. IPEF, Piracicaba. (47): 22-28, mai. 1994.
- WHITEMAN, A., BROADHEAD, J. and BAHDON, J. **The revision of woodfuel estimates in FAOSTAT**. Unasylva. 53(4): 2002, p. 41–45.
- WILLIAMS, A. **An overview of the use of woodfuels in Mozambique and some recommendations for a biomass energy strategy**. Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia. Maputo. Mozambique. 1993.
- WORLD BANK. 1987. **Sierra Leone. Issues and options in the energy sector**. Report of Joint UNDP/ World Bank energy sector Assessment Programme, Oct. 1987.

WORLD BANK. **World development indicators database**. July 2001. Disponível em [<http://devdata.worldbank.org/external>]. Acesso em 25/11/2012.

WORLD BANK. **Reshaping Growth and Creating Jobs through Trade and Regional Integration**. Mozambique—Country Economic Memorandum. Washington, D.C.: World Bank. 2010.

ANEXOS

ANEXO 1

Cadeia do Carvão

Produção – Comercialização – Consumo Final

Perguntas Chave (para todos grupos da cadeia):

Perguntas Socio-Económicas:

1. Por favor, diga o seu nome e o seu apelido?
2. Qual é a sua idade?
3. Qual é o seu nível académico (ou escolaridade)?
4. Qual é a sua actividade (ou o seu papel) no comércio de carvão?
5. Descreva resumidamente em que consiste a sua actividade
6. Há quanto tempo se dedica a esta actividade?
7. O comércio de carvão constitui a sua actividade principal de rendimento?
8. Pratica esta actividade por conta-própria ou trabalha para alguém (para o patrão)?
9. Dedica-se a esta actividade durante todo o ano?
10. Quantos dias por semana dedica para esta actividade?
11. Diga quais são as outras actividades de rendimento que desenvolve:
 - a. Actividade secundária
 - b. Actividade terciária
12. Qual destas actividades contribui mais para a sua renda familiar?
13. Ao invés do negócio de carvão, qual é outro tipo de actividade (trabalho) que pode desenvolver?
14. Existem mais pessoas que trabalham em sua casa?
15. Que tipo de actividades estas pessoas desenvolvem?
16. Há mais pessoas na sua casa envolvidas no comércio de carvão?
17. Se sim, qual é o seu papel?

Perguntas para os *Catadores* de Lenha

- 1) De onde o Sr. tira a lenha? (Distrito, localidade)
- 2) Como é que abate as arvores para tirar a lenha:
 - a. Corta pelos ramos
 - b. Corta toda a árvore
 - c. Corta toda árvore incluindo as raízes
- 3) Que instrumentos usa para abater as arvores/ou para cortar ramos?
- 4) A quem pertence a terra (ou floresta) em que tira a lenha? Se a terra pertence a outrem, que tipo de acordo/arranjo existe entre o Sr. e o dono da terra para cortar a lenha?
- 5) Quantas árvores o Sr. corta por dia/semana/mês?
- 6) Houve alguma mudança do local onde tem cortado a lenha nos últimos 5 - 10 anos?
- 7) Se sim, pode nos dizer os nomes destes locais/regiões e estimar as distâncias entre elas.
- 8) Porque pensa que houve mudanças em relação ao local de onde tira lenha?
- 9) Qual é o impacto desta mudança no seu trabalho diário? E na sua vida social/pessoal?
- 10) Quais são as suas sugestões para amenizar os problemas que enfrenta no seu trabalho e na sua vida social?
- 11) Se houvesse um projecto de plantio de árvores para produção de carvão, estaria interessado em participar?
- 12) Acha que um projecto dessa natureza teria sucessos se fosse implementado na sua região?
- 13) Que benefícios/vantagens acha que tal iniciativa/projecto traria a nível pessoal? E para o meio ambiente?
- 14) Quem são os compradores da sua lenha?
- 15) Sabe onde é que o carvão aqui produzido é vendido? (Destino final)
- 16) Pode, por favor, dizer qual é o seu rendimento/lucro desta actividade
- 17) Qual é o tamanho das árvores que costuma abater?
- 18) O tipo/espécie importa na escolha da árvore por abater?

- 19) Tem alguma preferência das espécies de árvore por abater?
- 20) A espécie de árvore preferida é abundante na região ou a sua disponibilidade tem estado a reduzir com o tempo?
- 21) Acha que o seu trabalho é seguro? Já sofreu, ou um colega seu, algum tipo de lesão/acidente durante o trabalho? Que tipo de lesão?
- 22) Alguém, incluindo as autoridades, tem o importunado/incomodado, durante o exercício da sua actividade?
- 23) Se sim, porque o têm incomodado/importunado?
- 24) Existe algum regulamento ou sistema de licença para o exercício da sua actividade?
- 25) Possui alguma licença ou já fez o pedido para o efeito? Se não, porquê?
- 26) A época chuvosa tem algum impacto sobre o seu negócio? Como é que afecta?
- 27) Qual tem sido o papel das mulheres nesta actividade?

2 Perguntas para os produtores de carvão

1. Quanto tempo dura o processo de produção de carvão?
2. Por favor, descreva esse processo?
3. Quantos fornos (de areia) de carvão faz por mês?
4. Quantas pessoas (empregados, parentes) são envolvidas na montagem destes fornos?
5. Qual é a quantidade de lenha que é usada normalmente num forno?
6. Qual é a quantidade de carvão produzido normalmente em cada forno? Ou quantos sacos de carvão geralmente saem em cada forno?
7. Tem conhecimento de algum impacto negativo sobre o meio ambiente associado a actividade de produção de carvão?
8. Pessoalmente já teve, ou terá acontecido aos teus colegas, problemas de saúde associados a actividade de produção de carvão? Já teve algum acidente nesta actividade?
9. Como é que ganha dinheiro a partir desta actividade?
10. Para quem vende o carvão?

11. Qual é a medida que usa para venda de carvão (kg ou em sacos)
12. Quais são os preços para cada medida?
13. Que quantidade consegue vender por dia/semana/mês?
14. Alguém, incluindo as autoridades, tem o importunado/incomodado, durante o exercício da sua actividade?
15. Se sim, porque o têm incomodado/importunado?
16. Existe algum regulamento ou sistema de licença para o exercício da sua actividade?
17. Possui alguma licença ou já fez o pedido para o efeito? Se não, porquê?
18. A época chuvosa tem algum impacto sobre o seu negócio? Como é que afecta?
19. Qual é a espécie de árvore que costuma usar na produção do carvão?
20. Tem alguma preferência das espécies de árvore para produzir carvão?
21. Qual tem sido o papel das mulheres nesta actividade?
22. Já ouviu falar em métodos modernos de produção de carvão? Se sim, quais são os métodos de que já ouviu falar?
23. Estaria interessado em adoptar estas tecnologias modernas? Porquê?

3 Perguntas para os empacotadores de carvão

1. Como é que ganha dinheiro a partir desta actividade?
2. É pago por cada saco que empacota ou tem um salário fixo? Quanto?
3. Quantos sacos consegue empacotar por dia?
4. Pessoalmente já teve, ou terá acontecido aos teus colegas, problemas de saúde associados a sua actividade? Pode explicar?
5. Tem alguma preferência das espécies de árvore para produzir carvão?
6. Qual tem sido o papel das mulheres nesta actividade?

4 Perguntas para os carregadores de carvão (do local da produção para veículos de transporte - camiões)

1. Como é que ganha dinheiro a partir desta actividade?
2. É pago por cada saco que carrega ou tem um salário fixo? Quanto?

3. Quantos sacos consegue carregar por dia?
4. Pessoalmente já teve, ou terá acontecido aos teus colegas, problemas de saúde associados a sua actividade? Pode explicar?

Observação: Existe diferentes tipos de carregadores

- *Carregadores manuais, do local de produção (fornos) para os veículos (camiões) de transporte*
- *Carregadores dos camiões para vendedores a grosso (grossistas)*
- *Carregadores dos grossistas aos retalhistas ou compradores domésticos*
- *O carregamento também pode ser feito por meio de carrinho de mão (vulgo chova) dependendo da quantidade transacionada.*

5 Perguntas aos Grossistas⁹

1. Onde é que o (Sr.) tem adquirido o carvão?
2. Adquiriu sempre no mesmo local/região?
3. Se não, qual é outro sítio onde tem adquirido e porque este local mudou?
4. Que quantidade de carvão o Sr. geralmente adquire de cada vez?
5. Como é que transporta o carvão do local da compra até o local onde faz o seu negócio?
6. A que preço compra cada unidade (saco de carvão, ou outra medida - específica)?
7. A que preço vende cada unidade (saco de carvão, ou outra medida - específica)?
8. Que factores determinam o preço do carvão que vende?
9. Onde é que vende o carvão? Para quem vende?
10. Quanto é que paga/gasta pelo transporte – (por saco ou por viagem)?
11. Descreva a evolução do preço do carvão nos últimos 5-10 anos
12. Com quantas pessoas (empregados por si) trabalha neste negócio?
Quanto é que lhes paga?

⁹ Termo usado para as pessoas que vendem por atacado

13. A época chuvosa tem algum impacto sobre o seu negócio? Como é que afecta?

6 Perguntas aos Retalhistas¹⁰

1. Onde é que o Sr. tem adquirido o carvão?
2. Tem adquirido sempre no mesmo sítio/ ou da mesma pessoa?
3. Que quantidade de carvão o Sr. geralmente adquire de cada vez?
4. Com que frequência adquire para o seu *stock*?
5. Como é que transporta o carvão a partir do sítio onde compra?
6. Quais são os seus custos associados a este negócio?
 - a. O preço a que compra o carvão
 - b. Despesas com os trabalhadores (empregados)
 - c. Taxa de imposto (taxa diária do mercado)
 - d. Transporte
 - e. Outras despesas? Especifique
7. Quais são as diferentes medidas que usa para vender?
 - a. (pesar com a balança)
8. Porque adoptou/escolheu estas medidas para a venda de carvão?
9. Qual é o preço para cada medida?
10. Qual é a quantidade de carvão que consegue vender por dia/semana/mês?
11. Os seus clientes/compradores são geralmente os mesmos ou nem por isso?
12. Costuma oferecer alguma facilidade aos clientes na compra do seu carvão (descontos, aceita emprestar – para pagamento posterior, pagamento por prestações, etc.)?

¹⁰ Termo usado em Moçambique para as pessoas que vendem a varejo

ANEXO 2

Ficha de Controle de Entrada

Ponto de entrada:

Data:

- 1) Nome do transportador.....
- 2) Local de residência.....
- 3) Tipo de transporte.....
- 4) Hora da entrevista.....
- 5) Capacidade de carga(ton/tara/peso bruto).....
- 6) Transporte próprio ou não.....
- 7) A quem pertence o produto.....
- 8) Tem licença ou não?.....Quanto paga.....
- 9) Proveniência lenha/carvão.....
- 10) Para onde transporta.....
- 11) Quantidade transportada (num.sacos e kg/esteres de lenha ou kg)...
- 12) Qual e a espécie da lenha/carvão.....
- 13) Qual a distância da proveniência.....
- 14) Quanto custa o transporte do saco/lenha?.....
- 15) A quanto compra o carvão/lenha.....
- 16) A quanto vai vender?.....
- 17) Onde vende (estaleiro/mercado/padaria, pessoas, etc).....

- 18) Quantas vezes por semana vai ao campo?.....
- 19) Quanto combustível gasta por viagem (ida e volta)?.....Quanto custa manutenção?.....
- 20) Que idade tem o veículo?.....
- 21) Quantos sacos/molhos de lenha vende por semana/mês?.....
- 22) O carvão/lenha compra disperso ou já se encontra organizado?.....
- 23) O preço de aquisição e venda em relação aos anos anteriores aumentou, baixou ou continua o mesmo?.....Quanto?.....
- 24) As zonas onde vai buscar é a mesma de a 2 anos atrás?.....Quais eram?.....
- 25) Porque mudou?.....

ANEXO 3

Construção de Fornos de Carvão Vegetal

Fotos de Fornos Tradicionais – Floresta de Inhamacari rendimentos 8-13%



Fotos: Alfredo A. Ezequias, adaptado pelo autor.

Fornos de Fornos Tradicionais de carvão em Moçambique



Fotos: Mario Paulo Falcão, adaptadas pelo autor.

Forno Fixo tipo “Rabo-Quente” – Detalhes da construção e funcionamento



Fotos: Dartagnan Baggio Emerenciano, adaptadas pelo autor (2012)

ANEXO 4

Prognose do Número de Famílias Urbanas - Modelo de 2º grau

ANO	Prognose	Número de Famílias Urbanas	Prognose (log)
1990	725938,78	743 417,00	5,8609
1991	772680,59	808 953,00	5,8880
1992	820918,42	874 979,00	5,9143
1993	870562,59	941 692,00	5,9398
1994	921509,89	991 372,00	5,9645
1995	973643,57	1 040 413,00	5,9884
1996	1026833,43	1 089 673,00	6,0115
1997	1080936,05	1 140 782,00	6,0338
1998	1135795,12	1 195 020,00	6,0553
1999	1191242,01	1 235 982,00	6,0760
2000	1247096,33	1 278 951,00	6,0959
2001	1303166,78	1 323 644,00	6,1150
2002	1359252,06	1 369 576,00	6,1333
2003	1415141,93	1 416 383,00	6,1508
2004	1470618,42	1 464 581,00	6,1675
2005	1525457,10	1 513 764,00	6,1834
2006	1579428,61	1 563 934,00	6,1985
2007	1632300,07	1 615 124,00	6,2128
2008	1683836,81	1 667 368,00	6,2263
2009	1733804,00	1 724 320,00	6,2390
2010	1781968,41	1 782 543,00	6,2509
2011	1828100,22	Prognose	6,2620
2012	1871974,81	Prognose	6,2723
2013	1913374,58	Prognose	6,2818
2014	1952090,73	Prognose	6,2905
2015	1987925,02	Prognose	6,2984
2016	2020691,43	Prognose	6,3055
2017	2050217,80	Prognose	6,3118
2018	2076347,31	Prognose	6,3173
2019	2098939,88	Prognose	6,3220
2020	2117873,42	Prognose	6,3259
2021	2133044,91	Prognose	6,3290
2022	2144371,37	Prognose	6,3313

ANEXO 5

Consumo de Combustível Lenhoso

Consumo de Combustível Lenhoso (CL)			
Maputo			
Famílias que consomem CL	408811		
		Diário	Anual
Combustível Lenhoso	carvão	988.155,00	360.676.575,00
	lenha	240.612,00	87.823.380,00
Densidade basica	650 Kg/m3		
		Total (Kg)	448.499.955,00
		Total (m3)	689.999,93
Consumo anual de CL por família (m3)			1,69
Beira			
Famílias que consomem CL	96267		
		Diário	Anual
Combustível Lenhoso	carvão	205.140,00	74.876.100,00
	lenha	24.745,00	9.031.925,00
Densidade basica	650 Kg/m3		
		Total (Kg)	83.908.025,00
		Total (m3)	129.089,27
Consumo anual de CL por família (m3)			1,34
Nampula			
Famílias que consomem CL	123143		
		Diário	Anual
Combustível Lenhoso	carvão	313.343,00	114.370.195,00
	lenha	48.318,00	17.636.070,00
Densidade basica	650 Kg/m3		
		Total (Kg)	132.006.265,00
		Total (m3)	203.086,56
Consumo anual de CL por família (m3)			1,65

FONTE: AUTOR, 2013

ANEXO 6

Prognose da Biomassa Aérea Lenhosa

Biomassa Aérea	Prognose Biomassa Aérea Lenhosa	Prognose (log)
232 488 728,80	233937583,78	8,36910
231 314 976,40	232701937,88	8,36680
230 141 224,00	231472818,60	8,36450
228 967 471,60	230250191,46	8,36220
227 793 719,20	229034022,17	8,35990
226 619 966,80	227824276,63	8,35760
225 446 214,40	226620920,89	8,35530
224 272 462,00	225423921,22	8,35300
223 098 709,60	224233244,03	8,35070
221 924 957,20	223048855,94	8,34840
220 751 204,80	221870723,72	8,34610
219 562 445,52	220698814,34	8,34380
218 373 686,24	219533094,91	8,34150
217 184 926,96	218373532,76	8,33920
215 996 167,68	217220095,35	8,33690
214 807 408,40	216072750,34	8,33460
213 674 388,96	214931465,54	8,33230
212 541 369,52	213796208,95	8,33000
211 408 350,08	212666948,72	8,32770
210 275 330,64	211543653,19	8,32540
209 142 311,20	210426290,84	8,32310
Prognose	209314830,34	8,32080
Prognose	208209240,52	8,31850
Prognose	207109490,37	8,31620
Prognose	206015549,03	8,31390
Prognose	204927385,84	8,31160
Prognose	203844970,26	8,30930
Prognose	202768271,95	8,30700
Prognose	201697260,70	8,30470
Prognose	200631906,48	8,30240
Prognose	199572179,40	8,30010
Prognose	198518049,74	8,29780
Prognose	197469487,94	8,29550

ANEXO 7

Prognoses do Número de Famílias Urbanas, Biomassa Aérea e PIB - Período 2011 a 2022.

Ano	Num de famílias urbanas		Biomassa Aérea			PIB	
	Dados reais e Prognose	Log	Biomassa Aérea	Prognose Biomassa Aérea	Log Prognose	Aumento 10,4%	Log
1990	743417	5,87	232488728,80	233937583,78	8,37	2512109505,42	9,40
1991	808953	5,91	231314976,40	232701937,88	8,37	2748955274,34	9,44
1992	874979	5,94	230141224,00	231472818,60	8,36	1968901449,82	9,29
1993	941692	5,97	228967471,60	230250191,46	8,36	2027650517,82	9,31
1994	991372	6,00	227793719,20	229034022,17	8,36	2162771442,39	9,34
1995	1040413	6,02	226619966,80	227824276,63	8,36	2246791389,00	9,35
1996	1089673	6,04	225446214,40	226620920,89	8,36	3241719398,78	9,51
1997	1140782	6,06	224272462,00	225423921,22	8,35	3810025468,69	9,58
1998	1195020	6,08	223098709,60	224233244,03	8,35	4324474017,19	9,64
1999	1235982	6,09	221924957,20	223048855,94	8,35	4536278972,90	9,66
2000	1278951	6,11	220751204,80	221870723,72	8,35	4310090791,84	9,63
2001	1323644	6,12	219562445,52	220698814,34	8,34	4075049554,77	9,61
2002	1369576	6,14	218373686,24	219533094,91	8,34	4201332885,28	9,62
2003	1416383	6,15	217184926,96	218373532,76	8,34	4666197195,45	9,67
2004	1464581	6,17	215996167,68	217220095,35	8,34	5697991241,45	9,76
2005	1513764	6,18	214807408,40	216072750,34	8,33	6578515331,20	9,82
2006	1563934	6,19	213674388,96	214931465,54	8,33	7095910827,74	9,85
2007	1615124	6,21	212541369,52	213796208,95	8,33	8035635713,16	9,91
2008	1667368	6,22	211408350,08	212666948,72	8,33	9891003404,78	10,00
2009	1724320	6,24	210275330,64	211543653,19	8,33	9674035109,33	9,99
2010	1782543	6,25	209142311,20	210426290,84	8,32	9274448731,92	9,97
2011	1828100	6,26	Prognose	209314830,34	8,32	12568440513,00	10,10
2012	1871975	6,27	Prognose	208209240,52	8,32	14587709350,00	10,16
2013	1913375	6,28	Prognose	207109490,37	8,32	16104831122,40	10,21
2014	1952091	6,29	Prognose	206015549,03	8,31	17779733559,13	10,25
2015	1987925	6,30	Prognose	204927385,84	8,31	19628825849,28	10,29
2016	2020691	6,31	Prognose	203844970,26	8,31	21670223737,60	10,34
2017	2050218	6,31	Prognose	202768271,95	8,31	23923927006,31	10,38
2018	2076347	6,32	Prognose	201697260,70	8,30	26412015414,97	10,42
2019	2098940	6,32	Prognose	200631906,48	8,30	29158865018,13	10,46
2020	2117873	6,33	Prognose	199572179,40	8,30	32191386980,01	10,51
2021	2133045	6,33	Prognose	198518049,74	8,30	35539291225,94	10,55
2022	2144371	6,33	Prognose	197469487,94	8,30	39235377513,43	10,59