



**Diogo Maria Sousa Cid de Sousa Falcão**

Licenciado em Engenharia Agrária

**Produção e Consumo Doméstico de  
Combustíveis Lenhosos em Moçambique**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Energia e Bioenergia

Orientador: Professor Doutor Fernando Reboredo



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro 2013



## **Produção e Consumo Doméstico de Combustíveis Lenhosos em Moçambique**

© Diogo Maria Sousa Cid de Sousa Falcão

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Doutor Fernando Reboredo, orientador deste trabalho, pelo acompanhamento próximo, pela extraordinária disponibilidade que sempre demonstrou e pela sua orientação ao longo desta tese.

Ao Professor Doutor Nuno Lapa, pela disponibilidade total demonstrada e pelos seus conhecimentos e métodos de trabalho que só valorizam o ensino.

À Professora Doutora Benilde Mendes pelo apoio ao longo deste mestrado.

Ao Professor João Morais, que por motivos pessoais não pode ser o meu co-orientador.

A todos os meus colegas do MEBE, em especial aos meus amigos André Henriques, Bruno Catela, David Dias e Élia Franco.

A todas as pessoas que contribuíram de forma directa ou indirecta na realização desta dissertação.



## RESUMO

O continente Africano encontra-se fortemente dependente da disponibilidade de combustíveis lenhosos para consumo das populações, tanto rurais como urbanas. Moçambique não é uma excepção, onde 80% da população utiliza lenha e carvão vegetal para fins domésticos. A quantificação do consumo e da disponibilidade de matéria-prima torna-se assim indispensável para a sustentabilidade deste recurso endógeno e renovável. No presente trabalho foram utilizadas duas metodologias de quantificação de biomassa que assentam essencialmente na(o):

1. Disponibilidade anual de espécies florestais autorizadas para a produção de carvão vegetal ou consumo directo de lenha;
2. Crescimento populacional;
3. Consumo médio tanto de lenha como de carvão vegetal em meio urbano e rural;
4. Poder calorífico dos combustíveis lenhosos;
5. Taxa de eficiência na pirólise tradicional de lenha.

Estas metodologias assentam essencialmente em estimativas do consumo de combustíveis lenhosos pelas populações e não na distribuição de lenha e produção de carvão vegetal dado que grande parte da produção e distribuição ocorre fora dos circuitos comerciais e, portanto, só uma reduzida quantidade é anualmente registada. Foram considerados valores médios de consumo de lenha em zonas rurais (cerca de 670 kg/*per capita*/ano) e de consumo de lenha e carvão vegetal em zonas urbanas de 442 kg/*per capita*/ano. A taxa anual de crescimento populacional encontra-se, desde 1980, nos 2,3%, observando-se uma tendência para o crescimento mais acelerado da população urbana. O aumento da população quer em termos totais, quer em termos da maior expansão da população que vive em cidades, influencia directamente o consumo de combustíveis lenhosos.

Apesar do consumo *per capita* de combustíveis lenhosos e da população das zonas rurais serem superiores ao encontrado nas zonas urbanas, o consumo total de biomassa é superior nos aglomerados urbanos devido ao consumo de carvão vegetal e à reduzida eficiência de conversão da lenha em carvão. Do lado da produção e disponibilidade de combustíveis lenhosos, a taxa anual de desflorestação de 0,58% reduz significativamente a disponibilidade de matéria-prima e a sustentabilidade da floresta em Moçambique.

**Palavras-chave:** carvão vegetal, combustíveis lenhosos, lenha, Moçambique, população rural, população urbana



## ABSTRACT

Africa is strongly dependent of the availability of fuelwood for human consumption, both in rural and urban areas. In Mozambique 80% of the population uses firewood and charcoal for domestic purposes. Thus, the knowledge of both consumption and availability of the raw-material (timber) is crucial for the sustainability of this endogenous and renewable resource. In this context, two methods of biomass quantification were used based on:

1. Annual availability of forestry species authorized for the charcoal production or direct consumption of firewood;
2. Population growth;
3. Average consumption of firewood and charcoal in both urban and rural environment;
4. Calorific value of fuelwood;
5. Efficiency of the traditional pyrolysis process.

Those methods are essentially based on fuelwood consumption estimates by the population and not on firewood distribution and charcoal production data, since the majority of distribution/production occurs outside commercial channels, thus only a small amount is annually registered. Average values of firewood consumption of approximately 670 kg/per capita/year in rural areas and 442 kg/per capita/year of firewood plus charcoal in urban areas were considered. The annual population growth rate from 1980 onwards is 2.3% although urban population is growing faster than rural population. The increase of the population on a whole and particularly on urban areas directly influences the consumption of fuelwood.

Despite fuelwood consumption *per capita* and population are higher in rural areas, the effective consumption of biomass in urban areas is higher than that observed in rural areas, which is due to charcoal consumption and the low yield conversion from firewood into charcoal. In what concerns production and availability of fuelwood, the annual deforestation rate which is 0.58%, significantly reduces the availability of timber and the forest sustainability in Mozambique.

**Keywords:** charcoal, firewood, fuelwood, Mozambique, rural population, urban population



## ÍNDICE DE MATÉRIAS

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | Introdução.....  | 1  |
| 1.1.   | Contribuição da biomassa para as necessidades energéticas da África Subsaariana..... | 4  |
| 1.2.   | Produção e consumo de combustíveis lenhosos.....                                     | 5  |
| 1.3.   | As alterações na vegetação natural.....  | 10 |
| 2.     | Os combustíveis lenhosos em Moçambique.....  | 13 |
| 2.1.   | Breve análise e dados gerais.....  | 13 |
| 2.2.   | Caracterização do País.....  | 15 |
| 2.2.1. | Situação geográfica.....   | 15 |
| 2.2.2. | Clima.....   | 16 |
| 2.2.3. | Relevo e solos.....  | 18 |
| 2.2.4. | População.....   | 20 |
| 2.3.   | Caracterização do coberto florestal.....   | 22 |
| 2.3.1. | Principais tipos de vegetação.....   | 24 |
| 2.3.2. | Crescimento das florestas naturais.....  | 26 |
| 2.4.   | Combustíveis lenhosos.....   | 27 |
| 2.4.1. | Principais espécies utilizadas.....  | 27 |
| 2.4.2. | Produção tradicional de carvão vegetal.....  | 30 |
| 2.4.3. | Breve análise dos projectos florestais.....  | 33 |
| 2.4.4. | Transporte e comércio.....   | 37 |
| 2.4.5. | Consumo.....   | 39 |
| 3.     | Potencial energético disponível.....   | 43 |
| 3.1.   | Metodologia.....   | 43 |
| 3.2.   | <i>Biostock</i> .....  | 45 |
| 3.3.   | Produção de biomassa lenhosa.....  | 54 |
| 3.4.   | Disponibilidade de madeira.....  | 60 |
| 3.5.   | Potencial mássico disponível.....  | 62 |
| 3.6.   | Taxa anual de desflorestação.....  | 62 |
| 3.7.   | Poder calorífico inferior.....   | 65 |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 3.8. | Resultados .....  | 68  |
| 3.9. | Produção oficial.....   | 73  |
| 4.   | Consumo energético total .....                                    | 78  |
| 4.1. | Metodologia.....  | 79  |
| 4.2. | População urbana, rural e taxas de crescimento populacional ..... | 80  |
| 4.3. | Consumo urbano e rural .....                                      | 88  |
| 4.4. | Processos e eficiência de conversão .....                         | 92  |
| 4.5. | Resultados .....  | 95  |
| 5.   | Considerações finais.....   | 97  |
| 6.   | Referências Bibliográficas.....                                   | 101 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Fig. 1.1:</b>  | Percentagem do consumo energético total proveniente da biomassa e da combustão de resíduos orgânicos entre 1990 e 2008 ..... | 2  |
| <b>Fig. 1.2:</b>  | Densidade de biomassa no continente Africano, 2009.....  | 4  |
| <b>Fig. 1.3:</b>  | Produção anual de combustíveis lenhosos em África, 2010 .....  | 6  |
| <b>Fig. 1.4:</b>  | Produção anual de carvão vegetal em África, 2010 .....   | 7  |
| <b>Fig. 1.5:</b>  | Produção tradicional de carvão vegetal no Quênia .....   | 7  |
| <b>Fig. 1.6:</b>  | Importações (esquerda) e exportações anuais de carvão vegetal (direita), 2010.....   | 9  |
| <b>Fig. 1.7:</b>  | Comparação entre o consumo de madeira para energia e para outros fins.....   | 10 |
| <b>Fig. 1.8:</b>  | Mudança na vegetação natural entre 1990 e 2000.....  | 11 |
| <b>Fig. 1.9:</b>  | Produção de lenha e carvão vegetal por biomassa disponível, m <sup>3</sup> /Mg .....   | 12 |
| <b>Fig. 2.1:</b>  | Localização de Moçambique .....  | 15 |
| <b>Fig. 2.2:</b>  | Mapa do continente Africano com a localização geográfica de Moçambique .....   | 16 |
| <b>Fig. 2.3:</b>  | Mapa de precipitação de Moçambique.....  | 18 |
| <b>Fig. 2.4:</b>  | Mapa de relevo de Moçambique .....   | 19 |
| <b>Fig. 2.5:</b>  | Mapa de solos de Moçambique .....  | 20 |
| <b>Fig. 2.6:</b>  | Evolução da população entre 1997 e 2007, por Província .....   | 21 |
| <b>Fig. 2.7:</b>  | Distribuição da população em 2007, por Província.....  | 21 |
| <b>Fig. 2.8:</b>  | Mangal nas proximidades da cidade de Quelimane .....   | 22 |
| <b>Fig. 2.9:</b>  | Madeira proveniente de florestas naturais .....  | 26 |
| <b>Fig. 2.10:</b> | Cadeia de valor do carvão vegetal .....  | 28 |
| <b>Fig. 2.11:</b> | Carvão vegetal ensacado .....  | 30 |
| <b>Fig. 2.12:</b> | Transporte individual de carvão vegetal.....   | 37 |
| <b>Fig. 2.13:</b> | Cadeia de valores na produção, transporte e consumo de carvão vegetal .....  | 39 |
| <b>Fig 3.1:</b>   | Metodologia para cálculo do potencial energético de produção .....   | 44 |
| <b>Fig 3.2:</b>   | Mapa de uso e cobertura do solo em Moçambique .....  | 45 |
| <b>Fig 3.3:</b>   | Área de cobertura florestal em Moçambique .....  | 46 |
| <b>Fig 3.4:</b>   | Área florestal total, por Província .....  | 46 |
| <b>Fig 3.5:</b>   | Correlação entre o volume médio e a precipitação média anual, por Província.....   | 50 |

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Fig 3.6:</b>  | Diagrama estratificado do volume de <i>biostock</i> .....   | 53 |
| <b>Fig 3.7:</b>  | Percentagem do corte anual admissível por classe, por Província .....   | 57 |
| <b>Fig 3.8:</b>  | Diagrama estratificado do volume de corte anual admissível para espécies comerciais... 58                     |    |
| <b>Fig 3.9:</b>  | Diagrama estratificado do volume de corte anual admissível para espécies comerciais e não comerciais.....     | 60 |
| <b>Fig 3.10:</b> | Diagrama estratificado da disponibilidade de madeira para combustíveis lenhosos.....                          | 61 |
| <b>Fig 3.11:</b> | Diagrama estratificado do potencial mássico disponível de combustíveis lenhosos.....                          | 62 |
| <b>Fig 3.12:</b> | Comparação entre importações Chinesas e exportações Moçambicanas de madeira em tora e serrada, 2007-2012..... | 64 |
| <b>Fig 3.13:</b> | Taxa de desflorestação, segundo Província.....  | 65 |
| <b>Fig 3.14:</b> | Poder calorífico inferior da madeira segundo o conteúdo em água.....  | 67 |
| <b>Fig 3.15:</b> | Resultados do cálculo do potencial energético de produção de combustíveis lenhosos em 2013 .....              | 72 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|                     |  |    |
|---------------------|--|----|
| <b>Tabela 1.1:</b>  | Poder calorífico superior e teor de humidade do carvão vegetal .....                         | 3  |
| <b>Tabela 1.2:</b>  | Consumo médio de lenha <i>per capita</i> /ano em regiões Africanas.....                      | 9  |
| <b>Tabela 2.1:</b>  | Distribuição do uso de solo e tipos de cobertura em 1980 e 1990.....                         | 23 |
| <b>Tabela 2.2:</b>  | Área por tipo de floresta em Cabo Delgado, Niassa, Nampula, Zambézia e Tete (x1.000 ha)..... | 24 |
| <b>Tabela 2.3:</b>  | Área por tipo de floresta em Manica, Sofala, Inhambane, Gaza e Maputo (x1.000 ha)            | 25 |
| <b>Tabela 2.4:</b>  | Tipo e nº de indústrias da madeira a partir das quais o combustível lenhoso é gerado         | 27 |
| <b>Tabela 2.5:</b>  | Espécies lenhosas mais comuns para processos de carbonização.....                            | 28 |
| <b>Tabela 2.6:</b>  | Lista das espécies comerciais para uso como combustíveis lenhosos, 4ª classe.....            | 29 |
| <b>Tabela 2.7:</b>  | Estimativa da produção ilegal de carvão vegetal em Moçambique, 1997-2001 .....               | 32 |
| <b>Tabela 2.8:</b>  | Produção histórica de carvão vegetal em Moçambique.....                                      | 35 |
| <b>Tabela 2.9:</b>  | Abastecimento de combustíveis lenhosos em Maputo, 1985 e 1988.....                           | 40 |
| <b>Tabela 2.10:</b> | Consumos de madeira em Moçambique, 1992.....   | 41 |
| <b>Tabela 3.1:</b>  | Parâmetros de cálculo da produção de combustíveis lenhosos.....                              | 43 |
| <b>Tabela 3.2:</b>  | Volume total segundo o tipo de vegetação .....   | 47 |
| <b>Tabela 3.3:</b>  | Volume total por tipo de espécies e DAP .....  | 48 |
| <b>Tabela 3.4:</b>  | Volume total em florestas densas e abertas, por Província.....                               | 48 |
| <b>Tabela 3.5:</b>  | Volume total disponível em florestas densas e abertas, por Província .....                   | 49 |
| <b>Tabela 3.6:</b>  | Factor de correcção do volume total por tipo de espécie e DAP .....                          | 49 |
| <b>Tabela 3.7:</b>  | Precipitação média anual, por Província.....   | 50 |
| <b>Tabela 3.8:</b>  | <i>Biostock</i> comercial .....  | 51 |
| <b>Tabela 3.9:</b>  | Volume comercial disponível segundo a classe comercial .....                                 | 52 |
| <b>Tabela 3.10:</b> | Corte médio anual admissível do total das espécies, por Província .....                      | 56 |
| <b>Tabela 3.11:</b> | Percentagem do corte anual admissível médio por classe, por Província.....                   | 57 |
| <b>Tabela 3.12:</b> | Corte anual admissível médio por classe, por Província .....                                 | 58 |
| <b>Tabela 3.13:</b> | Intervalo estimado pelos dois métodos para o corte admissível, por Província .....           | 59 |
| <b>Tabela 3.14:</b> | Extrapolação do corte anual admissível de espécies não comerciais.....                       | 60 |
| <b>Tabela 3.15:</b> | Estimativa da produção ilegal de rolaria em Moçambique.....                                  | 63 |

|                     |   |    |
|---------------------|---|----|
| <b>Tabela 3.16:</b> | Poder calorífico superior de espécies florestais e lenha não especificada .....   | 66 |
| <b>Tabela 3.17:</b> | Poder calorífico superior e densidade básica de algumas espécies florestais .....   | 67 |
| <b>Tabela 3.18:</b> | Projecção do corte anual admissível das espécies de 4ª classe segundo a taxa anual de desflorestação, 2008-2013.....              | 70 |
| <b>Tabela 3.19:</b> | Projecção do corte anual admissível extrapolado de espécies não comerciais segundo a taxa anual de desflorestação, 2008-2013..... | 71 |
| <b>Tabela 3.20:</b> | Evolução do volume oficial escoado de combustíveis lenhosos e madeiras, 1998-2008.....  | 73 |
| <b>Tabela 3.21:</b> | Reconversão do volume oficial escoado de combustíveis lenhosos e madeiras, 1998-2008.....   | 76 |
| <b>Tabela 3.22:</b> | Volume médio oficial de combustíveis lenhosos e madeiras, 1998-2008.....  | 76 |
| <b>Tabela 3.23:</b> | Volume médio oficial de combustíveis lenhosos convertidos em lenha e madeiras, 1998-2008.....                                     | 77 |
| <b>Tabela 4.1:</b>  | Parâmetros de cálculo do consumo de combustíveis lenhosos .....   | 79 |
| <b>Tabela 4.2:</b>  | Censos populacionais de 1997 e 2007 e população estimada para 2013 .....  | 82 |
| <b>Tabela 4.3:</b>  | População urbana e rural segundo Censos 2007, por Província .....   | 84 |
| <b>Tabela 4.4:</b>  | População urbana e rural estimada para 2013, por Província .....  | 87 |
| <b>Tabela 4.5:</b>  | Consumo doméstico médio <i>per capita</i> de combustíveis lenhosos em zonas urbanas ..  | 89 |
| <b>Tabela 4.6:</b>  | Consumo doméstico <i>per capita</i> de combustíveis lenhosos em zonas rurais.....   | 90 |
| <b>Tabela 4.7:</b>  | Consumo urbano e rural de combustíveis lenhosos estimados para 2013 .....   | 91 |
| <b>Tabela 4.8:</b>  | Características do carvão vegetal.....  | 92 |
| <b>Tabela 4.9:</b>  | Eficiência de conversão em diferentes tecnologias de fornos.....  | 93 |
| <b>Tabela 4.10:</b> | Consumo mássico total de combustíveis lenhosos .....  | 94 |
| <b>Tabela 5.1:</b>  | Resultados da produção e consumo de combustíveis lenhosos para 2013.....  | 99 |

## LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

|         |  |
|---------|--|
| AFREA   | Africa Renewable Access Program  |
| AIFM    | Projecto de Avaliação Integrada das Florestas de Moçambique            |
| CAA     | Corte anual admissível   |
| CAAC    | Corte anual admissível por classe                                      |
| CAAC1   | Corte anual admissível para a 1ª classe                                |
| CAAC2   | Corte anual admissível para a 2ª classe                                |
| CAAC3   | Corte anual admissível para a 3ª classe                                |
| CAAC4   | Corte anual admissível para a 4ª classe                                |
| CAACP   | Corte anual admissível para a classe preciosa                          |
| CAAE    | Corte anual admissível das espécies mais exploradas                    |
| CAAEENC | Corte anual admissível extrapolado de todas as espécies não comerciais |
| CAAMEE  | Corte anual admissível médio das espécies mais exploradas              |
| CAATE   | Corte anual admissível do total das espécies                           |
| CDA     | Comunidade para o Desenvolvimento da África Austral                    |
| CL      | Combustíveis lenhosos  |
| CNDS    | Conselho Nacional de Desenvolvimento Sustentável                       |
| DAP     | Diâmetro à altura do peito   |
| DNFFB   | Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia                          |
| DNTF    | Direcção Nacional de Terras e Florestas                                |
| EFC     | Exploração florestal combustível                                       |
| EFNC    | Exploração florestal não combustível                                   |
| EIA     | Environmental Investigation Agency                                     |
| EUREKA  | Inquérito à Indústria Madeireira                                       |
| FAO     | Food and Agriculture Organization                                      |
| FRELIMO | Frente de Libertação de Moçambique                                     |
| IFLOMA  | Indústria Florestal de Manica  |
| IMA     | Incremento médio anual   |
| INE     | Instituto Nacional de Estatística                                      |
| ITM     | Indústrias transformadoras de madeira                                  |
| MONAP   | Mozambique – Nordic Agricultural Programme                             |
| NE      | Nordeste   |
| NDVI    | Normalized Difference Vegetation Index                                 |
| OMS     | Organização Mundial de Saúde   |
| ONU     | Organização das Nações Unidas  |

|        |  |
|--------|--|
| PCI    | Poder calorífico inferior                                      |
| PED    | Potencial energético disponível                                |
| PCS    | Poder calorífico superior                                      |
| SE     | Sudeste  |
| SO     | Sudoeste   |
| TAD    | Taxa anual de desflorestação                                   |
| TH     | Teor de humidade   |
| TSA    | Tropical Southern Africa                                       |
| USD    | United States Dolar  |
| WISDOM | Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping Methodology |

## LISTA DE UNIDADES

|                    |   |
|--------------------|---|
| Cal                | Caloria                                 |
| Cm                 | Centímetro                              |
| Gcal               | Gigacalorias                            |
| GJ                 | Gigajoule                               |
| Ha                 | Hectare                                 |
| J                  | Joule                                   |
| kcal/kg            | Quilocaloria por quilograma             |
| Kg                 | Quilograma                              |
| kg/m <sup>3</sup>  | Quilograma por metro cúbico             |
| kJ/kg              | Quilojoule por quilograma               |
| Km                 | Quilómetro                              |
| km <sup>2</sup>    | Quilómetro quadrado                     |
| kWh/kg             | Quilowatt por hora por quilograma       |
| M                  | Metro                                   |
| m <sup>3</sup>     | Metro cúbico                            |
| m <sup>3</sup> /ha | Metro cúbico por hectare                |
| Mg                 | Megagrama                               |
| MJ                 | Megajoule                               |
| MJ/kg              | Megajoule por quilograma                |
| Mm                 | Milímetros ou litros por metro quadrado |
| MW                 | Megawatt                                |



## 1. Introdução

A biomassa lenhosa é um recurso renovável que tem sido utilizado durante séculos como fonte de energia para fins domésticos sendo ainda utilizada em muitos Países em desenvolvimento (Arnold *et al.*, 2006). A lenha é utilizada desde as primeiras civilizações para fazer fogo, quando a madeira era abundante e gratuita. As pessoas viviam em pequenas comunidades e apenas no momento em que surgiram as primeiras vilas e pequenas cidades é que a lenha começou a ser comercializada. Com o crescimento das cidades, foi aumentando a necessidade de energia e as florestas começaram a ser exploradas além da sua capacidade de regeneração, o que provocou a falta de madeira em algumas regiões (Uhlig, 2008).

Segundo estimativas de 2010, aproximadamente 3 mil milhões de pessoas a nível mundial dependem da biomassa para cozinhar e para produção de calor (Belward *et al.*, 2011), por um lado devido à extrema pobreza existente, e por outro lado, devido à ausência de electrificação de áreas rurais. Outras avaliações referem que existem actualmente cerca de 2,7 mil milhões de pessoas nos Países em desenvolvimento que dependem da biomassa para cozinhar, um terço das quais vive na África Subsaariana. Essa biomassa inclui madeira, carvão vegetal, folhas de árvores, resíduos de colheitas e dejectos de animais (GTZ, 2009a).

A Figura 1.1 representa a percentagem de energia total utilizada através da biomassa e combustão de resíduos orgânicos em alguns Países Africanos entre 1990 e 2008, sendo evidente a enorme diferença na utilização de recursos locais de biomassa entre a África Subsaariana (acima de 40%, à excepção da África do Sul) e o Norte de África (abaixo de 10%) (IEA, 2011).

De acordo com a FAO (2003a), a biomassa lenhosa para combustível pode derivar de fontes directas ou indirectas. Os combustíveis lenhosos directos consistem em madeira directamente extraída das florestas bem como de outras zonas arborizadas como é o caso de terrenos arbustivos. Os combustíveis lenhosos indirectos referem-se geralmente àqueles que preservam essencialmente a estrutura original da madeira ou dos que requerem vários processos termoquímicos antes da sua utilização, como são exemplo os originados a partir da transformação industrial de madeira (fábricas de serração, indústria de aglomerados, indústria da celulose e papel, assim como de marcenarias e carpintarias), sob a forma de resíduos, tais como, rejeitados de serrações, aparas, serradura, costaneiras, cascas, entre outros, e de indústrias do papel e celulose como é o caso do licor negro.

O rendimento energético de um processo de combustão da madeira depende da sua constituição química, devendo-se realçar que os teores de celulose, hemicelulose, lenhina, extractivos e substâncias minerais variam segundo a espécie, sendo de grande importância para a escolha adequada da madeira a ser utilizada em processos de produção de carvão vegetal (Quirino *et al.*, 2004).

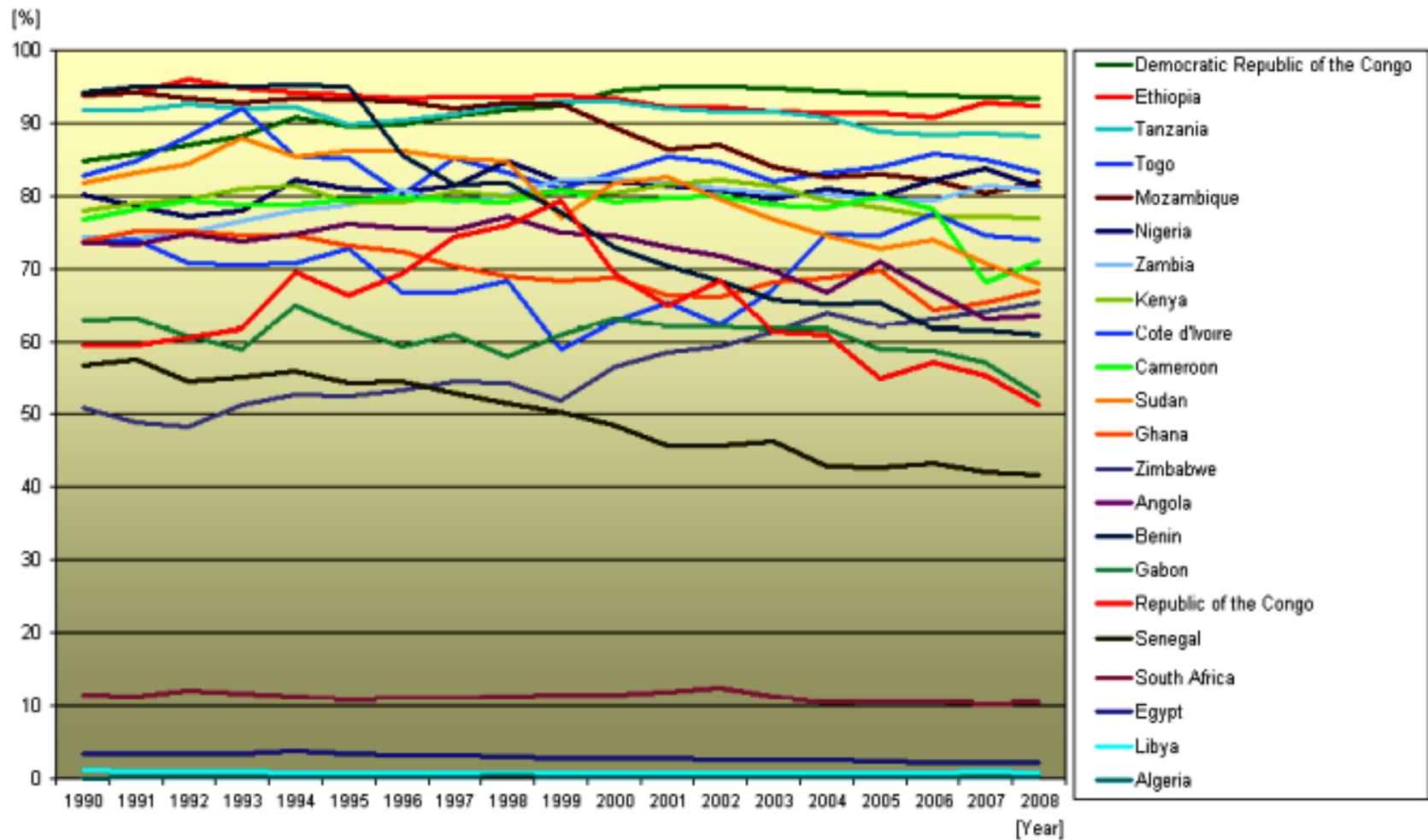


Fig. 1.1: Percentagem do consumo energético total proveniente da biomassa e da combustão de resíduos orgânicos entre 1990 e 2008

O uso da madeira para produção de energia apresenta menores problemas de poluição, quando comparada aos combustíveis fósseis, devido ao balanço de gases com efeito de estufa (em particular CO<sub>2</sub>), produção de oxigénio e ao baixo teor de enxofre (Cunha *et al.*, 1989). O poder calorífico, o teor de humidade e a densidade são as propriedades mais importantes da madeira para sua utilização como combustível (Brito *et al.*, 1978), para além da massa específica.

O conteúdo máximo em humidade que uma madeira deverá ter para ser queimada em forno situa-se em torno dos 65 a 70%, medida em base húmida (Quirino *et al.*, 2004). As madeiras com um teor de humidade acima do limite citado necessitam de energia de origem externa para secar e entrar em combustão. Cunha (1989) afirma que o poder calorífico é tanto mais alto quanto maior o seu teor em lenhina e extractivos, pois os mesmos contêm menos oxigénio do que os polissacarídeos presentes na holocelulose (celulose e hemicelulose).

Na Tabela 1.1 indica-se o poder calorífico superior (PCS) e o teor de humidade (TH) de espécies e tipos de floresta vulgarmente utilizadas para a produção de carvão vegetal.

**Tabela 1.1:** Poder calorífico superior e teor de humidade do carvão vegetal

| Origem do Carvão Vegetal                   | PCS <sup>1</sup> | TH <sup>2</sup> |
|--|------------------|-----------------|
|  | (kJ/kg)          | (%)             |
| <sup>b</sup> <i>Anogeissus</i> spp.        | 28.570           | 4,18            |
| <sup>a</sup> <i>Eucalyptus</i> spp.        | 18.960           | 10,50           |
| <sup>b</sup> <i>Eucalyptus tereticomis</i> | 32.480           | -               |
| <sup>b</sup> <i>Eucalyptus torelliana</i>  | 30.600           | -               |
| <sup>b</sup> Floresta aberta (médio)       | 29.320           | 6,37            |
| <sup>b</sup> Savana (médio)                | 30.190           | 5,10            |

Fontes: IPT (1937)<sup>a</sup>, Girard (1987)<sup>b</sup>

<sup>1</sup>Poder calorífico superior

<sup>2</sup>Teor de humidade

O carvão vegetal é tradicionalmente produzido com espécies de madeira densa resultando numa combustão lenta. Estas espécies de crescimento lento encontram-se assim vulneráveis ao excesso de exploração. Existe portanto necessidade em encorajar a diversificação e a utilização de espécies plantadas e/ou espécies que produzam um carvão vegetal menos denso (Girard, 2002) embora a maioria dos fornos actualmente utilizados não sejam adequados a este tipo de carvão vegetal e a preferência da população por carvão vegetal proveniente de espécies lenhosas com maior conteúdo energético.

### 1.1. Contribuição da biomassa para as necessidades energéticas da África Subsaariana

Para algumas zonas do globo, em particular África e Ásia, a bioenergia é a categoria das energias renováveis responsável pela maior parte da energia primária (Belward *et al.*, 2011). Cerca de 82% das pessoas que dependem da biomassa tradicional vivem em áreas rurais, embora na África Subsaariana cerca de 60% das pessoas que vivem em áreas urbanas também utilizam a biomassa para confecção de alimentos (GTZ, 2009b).

A biomassa é abundante e algumas vezes apelidada em África de "ouro verde", mas a sua distribuição varia consideravelmente desde as regiões de pradarias e savanas secas com reduzidos níveis de biomassa às regiões de florestas tropicais húmidas com níveis elevados de biomassa. Os acessos à biomassa e as infra-estruturas existentes tais como redes viárias, redes eléctricas, entre outras, também variam consideravelmente de País para País, sendo que a biomassa é presentemente utilizada em larga escala e de forma ineficiente devido à forma tradicional de produção de carvão vegetal e aos fornos utilizados na preparação dos alimentos (FAO, 2010).

A Figura 1.2 mostra como em algumas regiões tropicais existe um potencial para o aumento da produção e mobilização de todos os tipos de biomassa (lenhoso e herbáceo), tanto para uso doméstico como para exportação. Em África, a bioenergia é uma oportunidade, mas a sustentabilidade deve ser assegurada, tanto por razões ambientais como sociais, por exemplo através da certificação (Bombelli *et al.*, 2009).

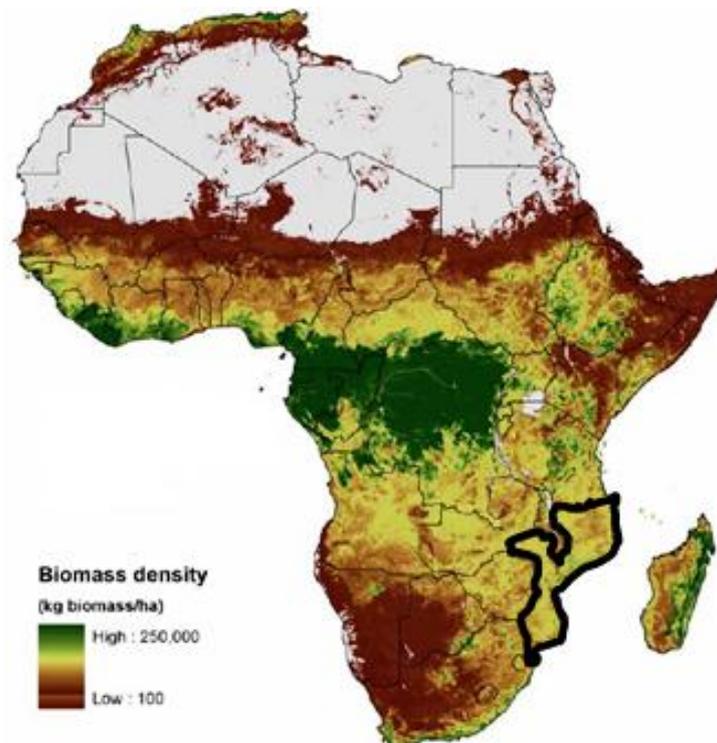


Fig. 1.2: Densidade de biomassa no continente Africano, 2009

Necessariamente, um dos primeiros passos para definir políticas para a bioenergia consiste numa avaliação realista do potencial de biomassa. De um modo geral, há um amplo consenso sobre os factores mais importantes que afectam a contribuição que esta bioenergia pode ter no futuro abastecimento em energia primária (GTZ, 2009b). Estes são:

- Disponibilidade de terra;
- Produtividade da biomassa;
- Competição pelo uso do solo ou pela biomassa para outros fins e pela matéria residual derivada da biomassa (incluindo resíduos de culturas, resíduos florestais e resíduos urbanos), devido às necessidades de terra para a produção de alimentos e utilização dos resíduos para queima no terreno e aproveitamento das cinzas por parte dos novos cultivos.

A discussão sobre o potencial bioenergético envolve, inevitavelmente, comparar a quantidade de energia produzida e a quantidade de terras ocupadas para esse fim.

## **1.2. Produção e consumo de combustíveis lenhosos**

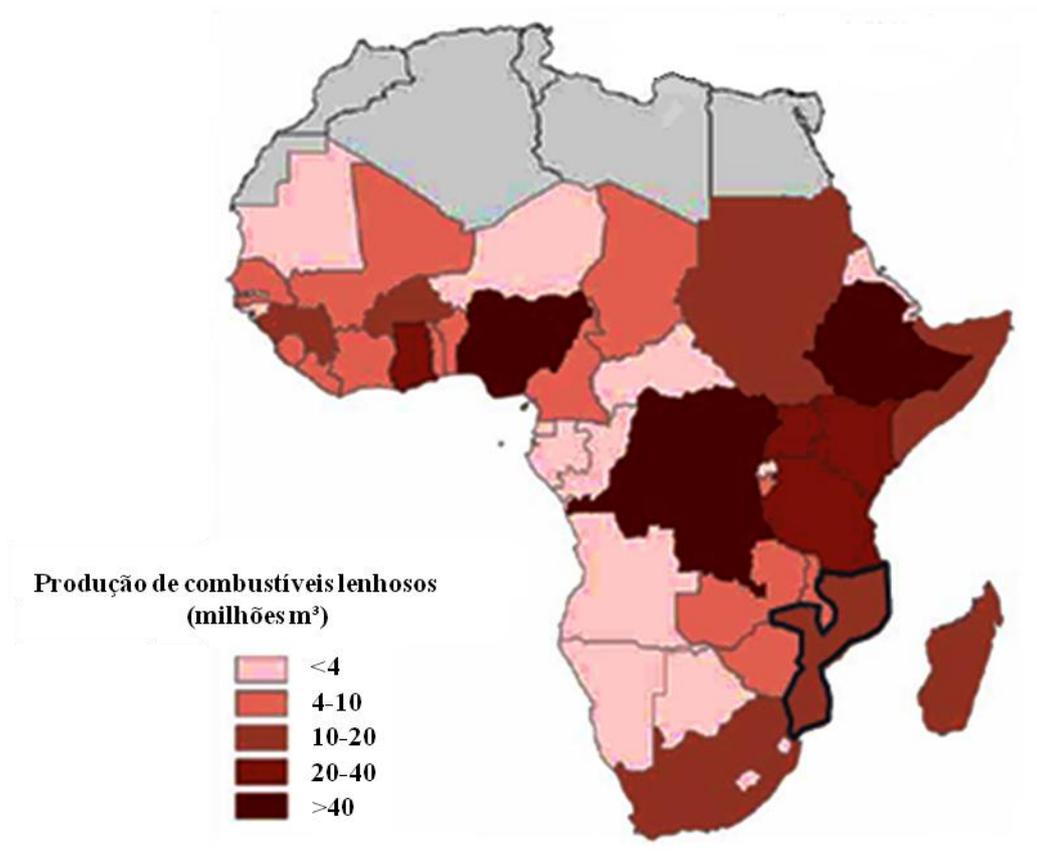
Nas regiões em desenvolvimento na qual as famílias são fortemente dependentes de biomassa, as mulheres e crianças são geralmente responsáveis pela colecta de combustível, uma tarefa exaustiva, demorada e com numerosos riscos.

Nas cidades, onde as famílias são principalmente dependentes de lenha ou carvão vegetal para cozinhar, verifica-se frequentemente uma elevada desmatção local nas áreas circundantes. Paradoxalmente, o uso de carvão vegetal em áreas rurais também se encontra em crescimento. De facto, quer a lenha quer o carvão vegetal são objecto de uso doméstico através de fogões tradicionais (a que não é alheio o aumento do poder de compra), mas também no sector agrícola e industrial rural para a fabricação de tijolos, processamento de alimentos, secagem do tabaco, entre outros (FAO, 2010).

Embora alguns Países Africanos sejam dotados de enorme diversidade de fontes de energia como petróleo, gás, carvão, urânio e hidroeléctrica, não dispõem de infra-estruturas locais de utilização ou quando existem são muito limitadas. As fontes tradicionais de energia sob a forma de lenha e carvão vegetal representam mais de 80% do uso total de energia na África Subsaariana, sendo o carvão responsável pela maior parte da procura total e mais de 95% da procura urbana (GTZ, 2009b).

O continente Africano tem a maior taxa de natalidade de qualquer continente e também uma das mais altas taxas de urbanização do mundo, com uma taxa média de crescimento urbano de 4% ao ano, pelo que o crescimento da população urbana está directamente associado a um crescimento na procura de carvão vegetal (Belward, 2011). Cada aumento de 1% no nível de urbanização é directamente responsável por um aumento de 14% do consumo de carvão vegetal.

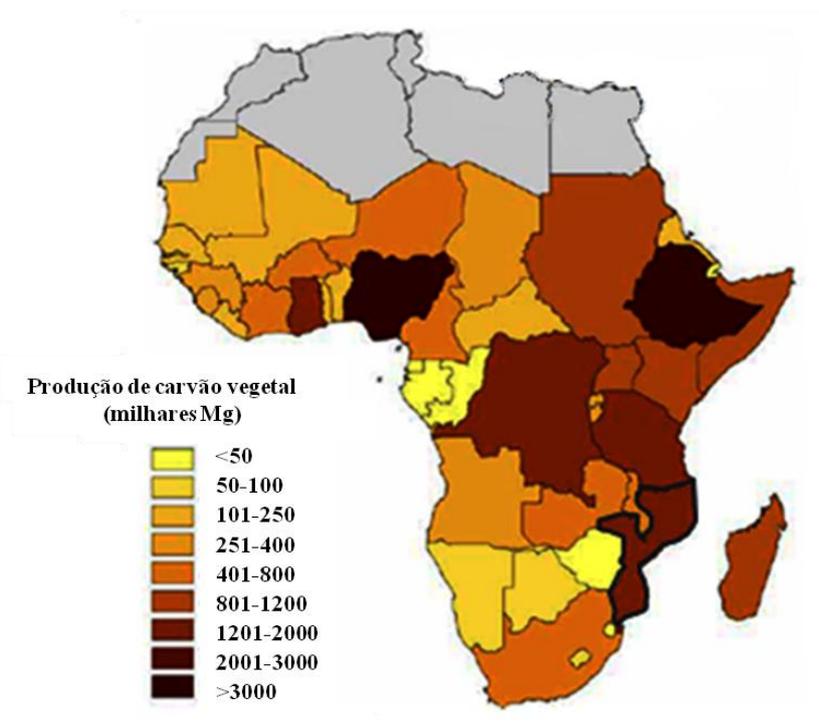
A Figura 1.3 identifica claramente os Países com uma elevada produção de combustíveis lenhosos, entre os quais figuram a Etiópia, a República Democrática do Congo e a Nigéria.



**Fig. 1.3:**Produção anual de combustíveis lenhosos em África, 2010  
Fonte: Adaptado de Belward (2011)

A Figura 1.4 ilustra os Países que apresentam maior produção de carvão vegetal. Assim, podemos verificar que Países como a Etiópia e a Nigéria produzem acima de 3 milhões de Mg/ano. No caso de Moçambique, a produção situa-se entre 1,2 a 2 milhões de Mg/ano. Os elevados níveis de produção na Nigéria e Etiópia servem principalmente para satisfazer as necessidades internas. Na verdade, a Etiópia é o terceiro maior utilizador mundial de combustíveis tradicionais para produção doméstica de energia, com 96% da população dependente de biomassa tradicional, principalmente na forma de lenha e carvão vegetal, mas também estrume e outros resíduos agrícolas (Belward *et al.*, 2011).

Nos anos 90, cerca de 89% do consumo total de energia estava associado às famílias, enquanto apenas 4,6% se devia ao consumo industrial (GTZ, 2009b).



**Fig. 1.4:** Produção anual de carvão vegetal em África, 2010  
Fonte: Adaptado de Belward (2011)

A África Subsaariana produz cerca de 600 milhões de m<sup>3</sup> de lenha e carvão vegetal por ano, o que abrange 60% a 85% das necessidades de energia, dependendo do País e região (FAO, 2010). A Figura 1.5 ilustra a forma tradicional de produção de carvão vegetal em África (GTZ, 2009b).



**Fig. 1.5:** Produção tradicional de carvão vegetal no Quênia

A eficiência da conversão da madeira em carvão vegetal depende de muitos factores, entre os quais, tipo de forno, teor de humidade da madeira, espécies utilizadas, entre outros (Belward *et al.*, 2011). Segundo a FAO (2010), no forno tradicional em terra, amplamente utilizado na África Subsaariana, são necessárias 5 a 10 Mg de madeira para produzir um Mg de carvão vegetal, tendo portanto, uma eficiência de conversão entre 10 a 20%. O continente Africano produz mais de 29 milhões de Mg de carvão vegetal por ano, mas a produção não declarada pode exceder este valor. Na Tanzânia, como exemplo, apenas 25% dos cerca de 24.500 sacos de carvão vegetal consumidos diariamente na cidade de Dar Es Salaam são contabilizados nos postos de controlo rodoviários (GTZ, 2009a).

Actualmente, os dispositivos para cozinhar com biomassa utilizam principalmente querosene (o responsável por muitos incêndios) tal como os fogões de barro tradicionais ou de metal, cimento e cerâmica ou fogões de tijolos, com ou sem chaminés ou exaustores de operação. Como consequência das emissões poluentes originadas por estes dispositivos, os níveis de poluição no interior das habitações são muitas vezes maiores do que os típicos níveis ao ar livre, mesmo aqueles que se verificam em cidades altamente poluídas.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que mais de 1,45 milhões de pessoas morrem prematuramente em cada ano devido à poluição no interior das habitações como resultado da ineficiente combustão de biomassa, sendo significativo o número de crianças afectadas. O número de mortes precoces causadas pela poluição atmosférica no interior das residências é maior do que o número de mortes precoces causadas pela malária ou tuberculose (GTZ, 2009a).

A área florestal de África supera os 235 milhões de hectares, existindo também outras áreas arborizadas onde a vegetação típica é a savana arbustiva, que ocupa mais de 830 milhões de hectares (Belward *et al.*, 2011). As savanas e as chamadas *woodlands* são as principais fontes de madeira para fins energéticos sendo que os seus *stocks* potenciais disponíveis para fins energéticos variam entre 11,7 Mg por hectare nas savanas semi-áridas da região Somali-Masai da África Oriental e 136,3 Mg por hectare nas savanas sub-húmidas da região Congo-Zambeziano (GTZ, 2009b).

De acordo com a DNFFB (1995), Moçambique apresenta-se como um dos dez principais Países que contribuíram com cerca de dois terços do consumo Africano de lenha, enquanto os restantes 45 Países contribuíram apenas com um terço. No entanto, em África, o consumo médio *per capita*/ano de lenha diminuiu de forma pouco significativa – de 1,08 m<sup>3</sup> em 1980 para 0,99 m<sup>3</sup> em 1994 (Tabela 1.2).

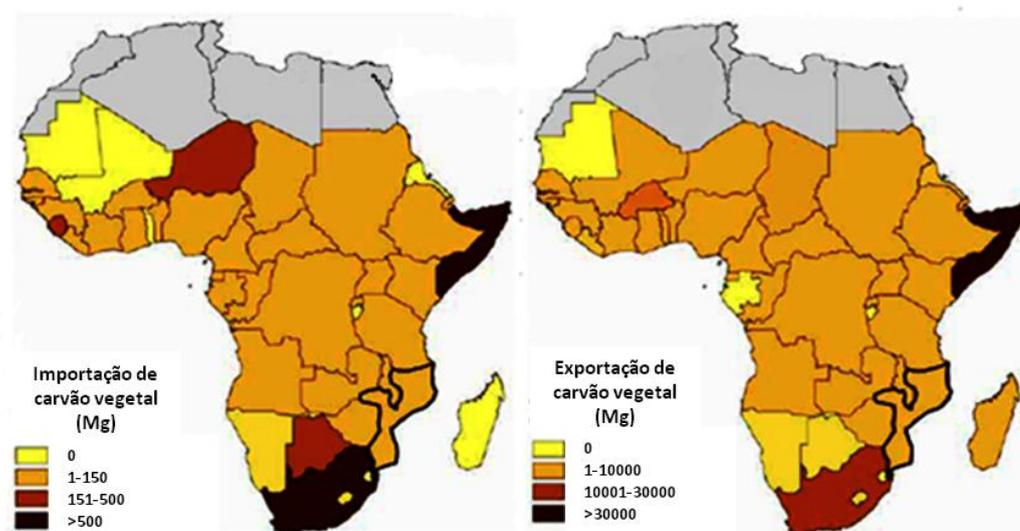
**Tabela 1.2:** Consumo médio de lenha *per capita*/ano em regiões Africanas

| Região           | 1980<br>(m <sup>3</sup> ) | 1985<br>(m <sup>3</sup> ) | 1990<br>(m <sup>3</sup> ) | 1994<br>(m <sup>3</sup> ) |
|------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Moçambique       | 1,200                     | -                         | -                         | 1,000                     |
| TSA <sup>1</sup> | 1,660                     | 1,583                     | 1,381                     | 1,376                     |
| Média            | 1,080                     | 1,002                     | 0,941                     | 0,989                     |

Fonte: Amous (1999) e Kir (1984)

<sup>1</sup>Tropical Southern Africa

Embora os números do comércio local e nacional de carvão vegetal sejam elevados, as estatísticas da FAO (*Food and Agriculture Organization*) mostram que a importação e exportação anuais são relativamente baixas, com poucas excepções, tais como a África do Sul e a Somália (Figura 1.6) (FAO, 2011). O comércio internacional de carvão é desencorajado em muitos Países, devido ao seu impacto sobre as florestas e bosques, sendo um exemplo o Quénia que proibiu a exportação de carvão vegetal para Países do Médio Oriente, já nos anos 70 (Deweese, 1989).



**Fig. 1.6:** Importações (esquerda) e exportações anuais de carvão vegetal (direita), 2010

Fonte: Adaptado de Belward (2011)

O consumo de combustível derivado da madeira supera de longe outros usos na África Subsaariana (Wardell *et al.*, 2003). Segundo os mesmos autores, a força motriz por detrás da desflorestação na África Subsaariana pode ser atribuída principalmente ao derrube de árvores para permitir novas áreas agrícolas, extracção de madeiras para serrações e para a utilização da madeira na produção de lenha e carvão vegetal. As estatísticas da FAO para África demonstram um consumo mais elevado de madeira para combustível do que um consumo de madeira de serração (FAO, 2011).

A Figura 1.7 mostra claramente a diferença existente no consumo de madeira como combustível ou para outros fins como, por exemplo, mobiliário. A diferença é mais marcante em África e na Ásia onde o peso do consumo de combustíveis lenhosos em relação a outros fins lenhosos é de, aproximadamente, 90% e 80%, respectivamente.

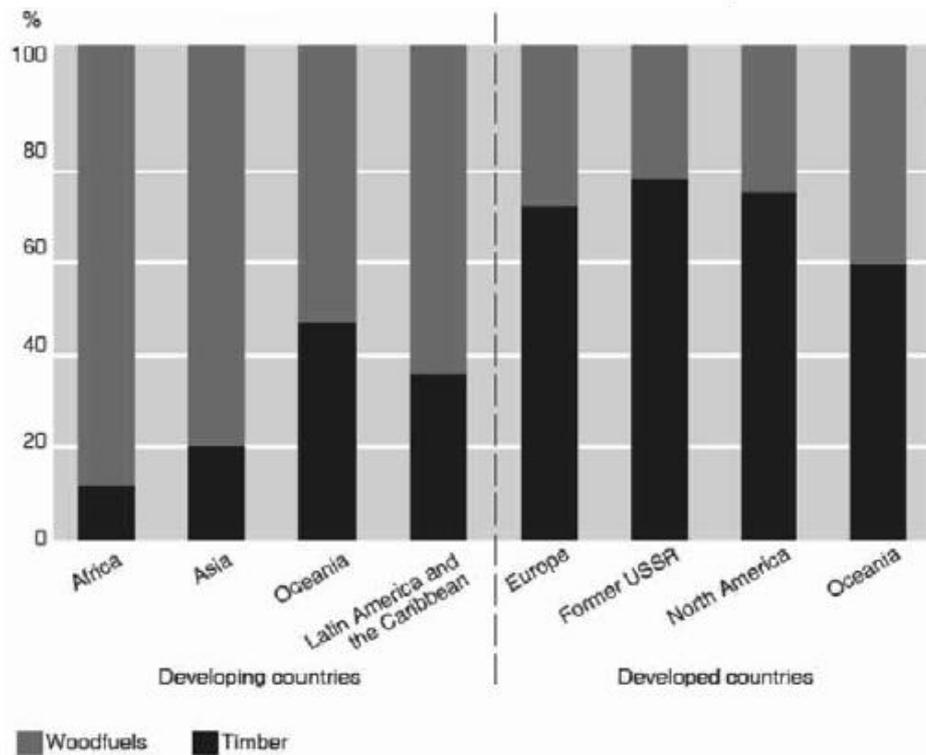


Fig. 1.7: Comparação entre o consumo de madeira para energia e para outros fins  
 Fonte: FAO (2011)

### 1.3. As alterações na vegetação natural

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) mede as mudanças na floresta e vegetação natural ao longo do tempo, com base no que é observado a partir de imagens de satélite, destacando padrões de desflorestação e devastação e, em alguns casos, as áreas de reflorestação (Brink *et al.*, 2012). Os recursos florestais são fortemente explorados e particularmente ameaçados na África Ocidental e em alguns Países da África Oriental como a Tanzânia, Zâmbia, Moçambique, Zimbabué e também na República Democrática do Congo. No entanto, a taxa anual de desflorestação (TAD) observada nas florestas tropicais húmidas africanas – 0,16%, é a mais baixa de todas as florestas tropicais mundiais (GTZ, 2009b) embora dados recentes apontem para taxas de desflorestação elevadas. Por outro lado, as savanas e as *woodlands* estão a desaparecer duas vezes mais rápido na África Subsaariana; são a principal fonte de lenha e carvão vegetal sendo que o NDVI evidencia que o “motor da mudança” está intimamente ligado aos mercados da lenha e do carvão vegetal (Figura 1.8).

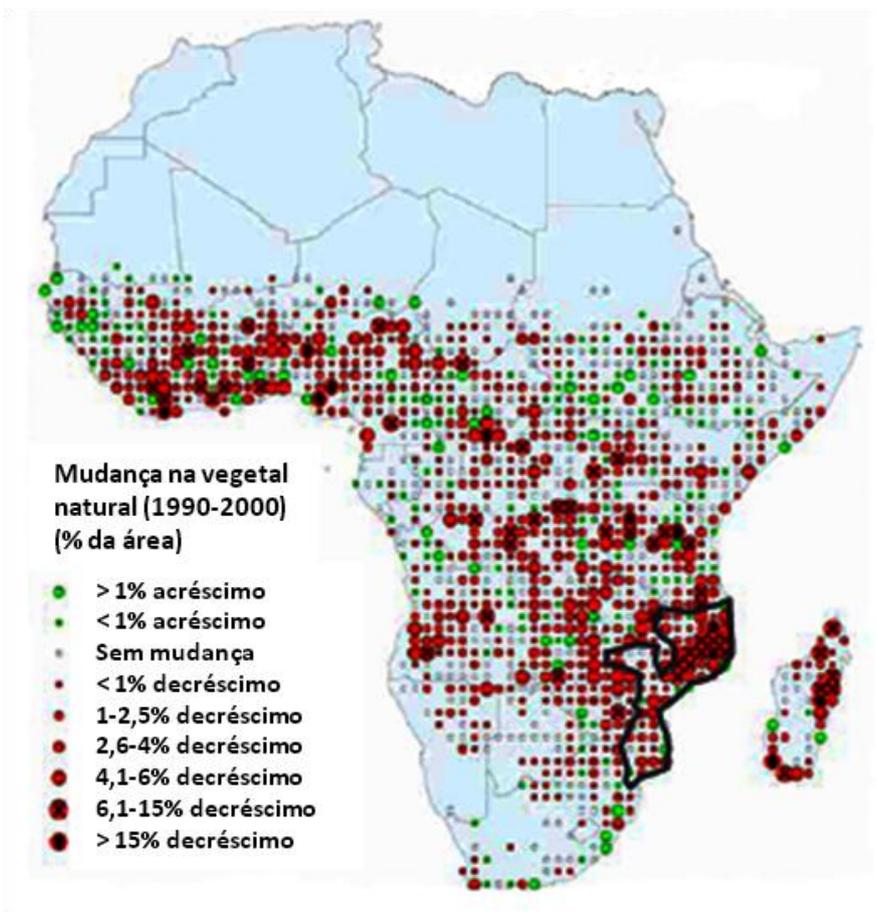
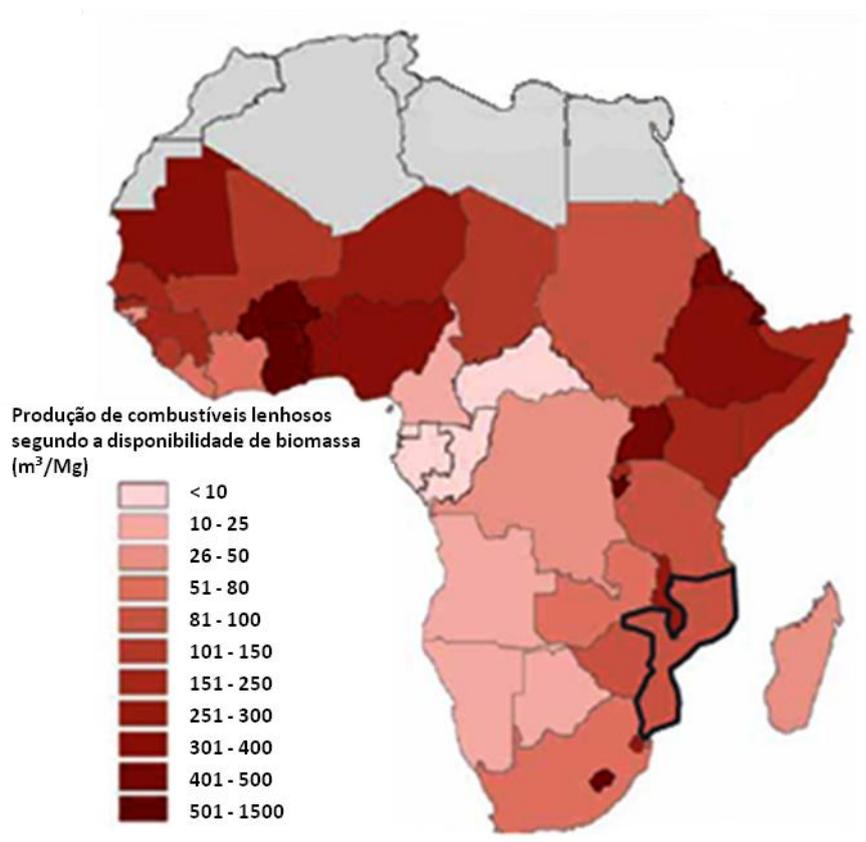


Fig. 1.8: Mudança na vegetação natural entre 1990 e 2000  
Fonte: Adaptado de Brink *et al.* (2012)

A pressão da população também é maior nessas regiões, principalmente devido a razões biológicas e ecológicas – melhor clima para as pessoas e gado, árvores de menor porte tornando-se mais fácil o seu corte para permitir a agricultura, muitas vezes solos mais férteis, entre outros (GTZ, 2009a).

O balanço de biomassa disponível num País com produção de lenha e carvão vegetal revela grandes contrastes, sendo que alguns Países claramente recolhem muito mais madeira do que aquela que pode ser substituída de uma forma sustentável. A Figura 1.9 não representa um índice de sustentabilidade, mas fornece uma visão geral, ou seja, quanto mais escuras são as cores, menos sustentável é o seu uso actualmente (FAO, 2003a). Modelos detalhados, como é o caso do modelo da FAO designado por WISDOM (*Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping Methodology*) fornecem uma avaliação detalhada e localizada.



**Fig. 1.9:** Produção de lenha e carvão vegetal por biomassa disponível, m³/Mg  
Fonte: Adaptado de FAO (2003a)

## **2. Os combustíveis lenhosos em Moçambique**

### **2.1. Breve análise e dados gerais**

Os estudos disponíveis revelam que a maior parte da população rural e urbana em Moçambique depende da biomassa lenhosa como principal fonte de energia para cozinhar alimentos e para aquecimento. A maioria dos dados sobre o consumo de combustível lenhoso é amplamente baseado em estimativas, uma vez que grande parte da sua produção ocorre fora dos circuitos comerciais e, portanto, não se encontram registados (Fraser e Karkari, 1987). Para além disso, estes estudos indicaram também, que o problema do excesso de consumo dos combustíveis lenhosos é relativamente recente devido à migração da população rural para meios urbanos, embora as reservas de biomassa no País fossem consideradas abundantes em 1990 (BTG, 1990).

O combustível lenhoso continuará a ser a principal fonte de energia para as famílias pobres no futuro próximo e uma fonte de geração de rendimentos (Magane, 1999), apesar da disponibilidade de energia eléctrica e de carvão como alternativas energéticas e das descobertas de fontes de energia de origem fóssil como o carvão mineral (Manso e Dimande, 1996). Mais recentemente, foram encontradas novas fontes no Norte do País como é o caso do gás natural.

Em Moçambique tem-se observado um uso intensivo de recursos florestais para fins energéticos. Estima-se que 80% da energia consumida no País seja obtida da floresta (Manso e Dimande, 1996) e 98% dos produtos florestais obtidos anualmente sejam destinados à produção de lenha e carvão vegetal (CHAPOSA, 2000).

As famílias de rendas baixas (designação local vulgar para famílias de poucos recursos), principalmente dos centros urbanos, são os potenciais consumidores de lenha e carvão vegetal. Grandes cidades e determinadas zonas de produção agrícola sofreram períodos de escassez desde os anos 80 (Kir, 1984). Isso ter-se-á verificado principalmente nas Províncias onde o consumo médio de combustíveis lenhosos se encontra acima do incremento médio anual (IMA) da floresta, como nas Províncias de Maputo, Beira e Nampula onde se encontram as três maiores cidades Moçambicanas.

Moçambique é um dos Países da Comunidade para o Desenvolvimento da África Austral (CDAA) que ainda possui consideráveis recursos florestais e faunísticos. A agricultura itinerante, a exploração de madeira, lenha e a produção de carvão vegetal, as queimadas descontroladas e a caça furtiva são apontadas como as principais ameaças aos recursos florestais e faunísticos do País (Bila, 2005).

Por outro lado, os incêndios florestais são um sério problema; cerca de 40% do País é afectado pelo fogo todos os anos sendo o Noroeste e partes centrais do País as zonas mais afectadas, com cerca de 74% dessas áreas atingidas anualmente por incêndios (FAO, 2003c). O fogo tornou-se uma das principais ferramentas para a limpeza de terras para cultivo, caça ilegal, exploração de madeira e aquisição de outros bens e serviços da floresta, incluindo a produção de carvão vegetal. Estas actividades, bem como fogos acidentais, podem levar à ocorrência de incêndios incontroláveis.

Uma das estratégias adoptadas pelo Governo de Moçambique para lidar com a escassez de energia urbana foi a criação de extensas plantações de florestas para a produção de combustíveis lenhosos próximos de cidades, tais como: Maputo, Beira e Nampula. Estas plantações eram destinadas a abastecer tanto em lenha como em carvão vegetal as cidades envolventes (BTG, 1990).

De acordo com as estimativas de consumo de energia no País, os combustíveis lenhosos contribuem de forma indirecta para as necessidades energéticas do País em cerca de 80% (Kir, 1984; Fraser e Karkari, 1987) sendo o consumo de energia proveniente da biomassa lenhosa estimado em cerca de 16 milhões de metros cúbicos por ano (Williams, 1993; CHAPOSA, 1999). O crescimento médio anual da população, segundo o Relatório de Desenvolvimento Mundial efectuado pelo Banco Mundial em 1995, foi aproximadamente de 2,5% entre 1970 e 1980, 1,7% entre 1980 e 1993, e de acordo com o Instituto Nacional de Estatística (INE), projectado em 2,4% para o período compreendido entre 1997 e 2020 (INE, 1997).

Em Moçambique, a gestão das florestas naturais começou com a reintrodução de concessões florestais em 2000, após a aprovação de legislação sobre a floresta e vida selvagem em 1999. A rede de estradas é insignificante e não existem aceiros. Entre rios e cursos de água, a floresta é geralmente composta de blocos individuais que variam de algumas centenas a muitos milhares de hectares. Quando um incêndio percorre um bloco florestal, normalmente varre toda a área até encontrar uma barreira na paisagem, como é o caso de um rio.

Outra questão importante é a pressão sobre os limitados recursos ao redor de áreas urbanas e ao longo dos corredores rodoviários principais, como resultado do aumento da população nestas áreas, o que fez aumentar drasticamente a exigência em terras agrícolas assim como em produtos originários da floresta e da vida selvagem (principalmente combustíveis lenhosos).

Indicadores mostram que as florestas se estão a tornar menos ricas em biodiversidade de espécies e mais fragmentadas (FAO, 2003c).

## 2.2. Caracterização do País

### 2.2.1. Situação geográfica

Moçambique é um País que se situa no Sudeste Africano fazendo fronteira terrestre com a República da África do Sul e a Suazilândia a Sul, o Zimbabué a Oeste, Zâmbia e Malawi a Noroeste e República da Tanzânia a Norte. Em relação às fronteiras marítimas, Moçambique encontra-se a Oeste de Madagascar, Comoros e dos Territórios Franceses de *Mayotte* e Ilhas Glorioso (Figura 2.1).



**Fig. 2.1:** Localização de Moçambique  
Fonte: Adaptado do *Google Earth*

O País encontra-se entre os paralelos 10° 27' e 26° 56' latitude Sul e os meridianos 30°12' e 40°51' longitude Este, sendo banhado a Leste pelo Oceano Índico em toda a sua extensão (Figura 2.1 e Figura 2.2).

O seu território compreende uma vasta área com cerca de 799.380 km<sup>2</sup>, transformando-o assim no 16º maior País de África e o 34º a nível mundial.

A zona Norte do País é constituída por uma grande formação montanhosa em que as maiores elevações se situam ao longo da margem Leste do Vale do *Rift* da África Oriental.

A região Centro é dominada pelo Vale do Baixo Zambeze. Junto ao Delta, o Vale é caracterizado por planícies enquanto no interior, na Província de Tete, as margens do Vale são montanhosas.

A zona Sul do País (a Sul do Rio Save) é constituída por uma vasta planície litoral limitada por formações montanhosas ao longo da fronteira ocidental.

Ao longo dos cerca de 2.500 quilómetros de costa existem numerosas ilhas sendo de destacar o arquipélago das Quirimbas, na Província de Cabo Delgado, a Ilha de Moçambique e as ilhas de Goa e Sena na Província de Nampula, o arquipélago de Bazaruto em Inhambane, as ilhas de Inhaca, Elefantes e Xefina na Província de Maputo.



**Fig. 2.2:** Mapa do continente Africano com a localização geográfica de Moçambique  
Fonte: autor

Administrativamente, Moçambique está organizado em 11 Províncias, 143 Distritos e 410 Postos Administrativos. A sua capital é Maputo, de longe a cidade mais populosa, com uma população estimada em 1.094.628 habitantes de um total nacional de 20.252.223 habitantes (INE, 2012b).

### **2.2.2. Clima**

O clima do País é predominantemente tropical húmido, com duas estações: fresca e seca e quente e húmida. Com efeito, durante a maior parte do ano o tempo é dominado por um sistema de altas pressões que se mantém sobre a zona Sul do Planalto Africano enquanto as massas de ar NE e SE provenientes do Oceano Índico geram precipitações durante os meses de Outubro a Março, sendo as chuvas mais intensas no período compreendido entre Dezembro e Fevereiro. Toda a linha de costa recebe cerca de 800-900 mm de precipitação por ano, tendo quatro focos húmidos adicionais nas zonas do litoral SO e NE.

O Norte do País é, de um modo geral, mais húmido que o Sul, com a excepção do Vale do Baixo Zambeze, na Província de Tete que, recebe menos de 600 mm por ano. Existe ainda, uma gama de focos bastante húmidos ao longo da fronteira ocidental, nas encostas mais elevadas das montanhas que se encontram na fronteira com o Zimbabué.

No Sul de Moçambique a precipitação é relativamente elevada no litoral, de onde decresce rapidamente em direcção às zonas do interior, aumentando depois nas encostas das montanhas dos Libombos, nas fronteiras Ocidentais. O interior da Província de Gaza, região fronteiriça com a África do Sul e Zimbabué, é árido. É na Província de Gaza que se localiza Pafuri, um dos pontos mais secos do País (com precipitação média anual da ordem dos 300 mm).

A precipitação excede os 1.500 mm/ano na cadeia da Gorongosa que se localiza entre os planaltos Ocidentais e a cidade da Beira no litoral. Todas as regiões montanhosas mais altas, a Norte do rio Zambeze são chuvosas.

Existe uma relação estreita entre as vastas zonas ecológicas e a precipitação. As regiões que recebem acima de 2.000 mm/ano são caracterizadas por florestas densas, havendo um decréscimo da precipitação na zona de transição entre a savana húmida e a savana árida.

A Figura 2.3 mostra o mais recente mapa de precipitação de Moçambique onde é possível verificar um maior índice de precipitação no Norte e nas regiões montanhosas do Norte e Centro.

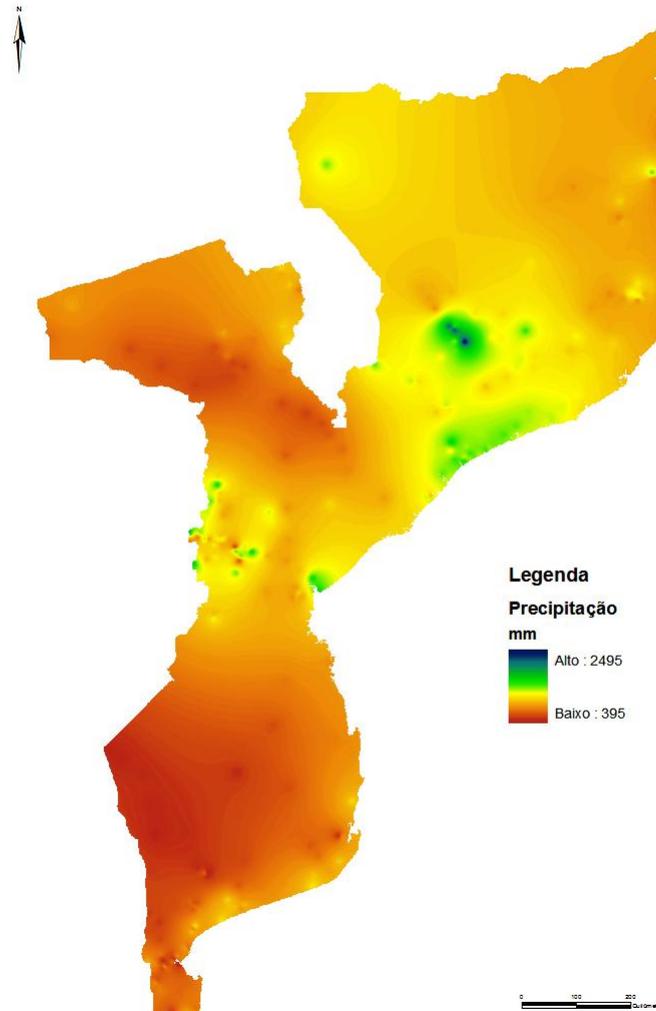


Fig. 2.3: Mapa de precipitação de Moçambique  
Fonte: Alterado de FAO *GeoNetwork*

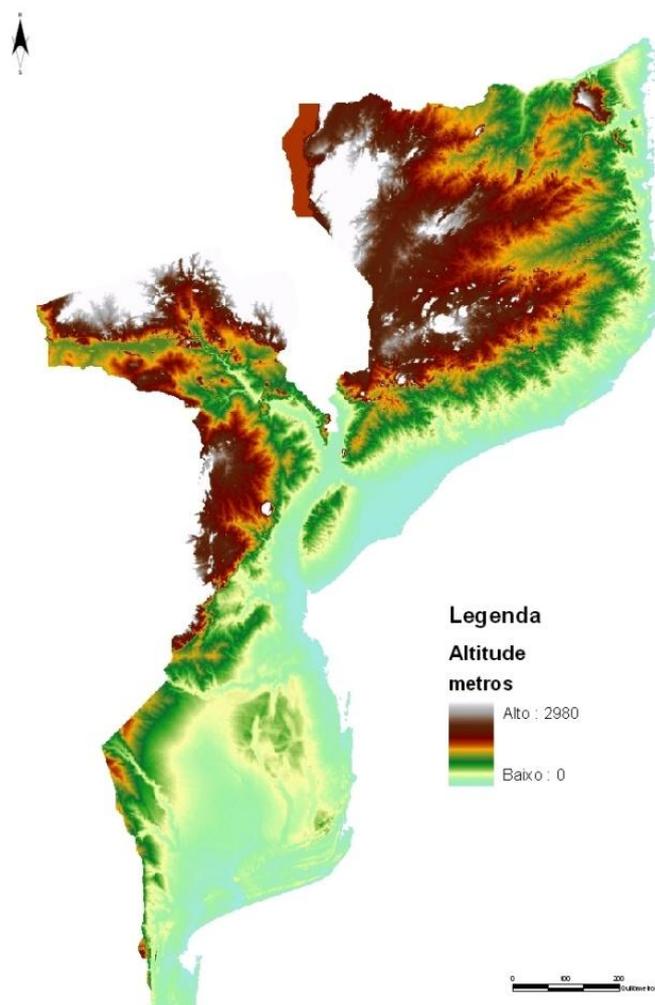
### 2.2.3. Relevo e solos

Segundo Cumbe (2007), o relevo Moçambicano é constituído por três estruturas principais: planícies, planaltos e montanhas. Basicamente existe uma certa sequência na sua disposição: do litoral para o interior o relevo vai de planície a montanha, mas nalguns casos as montanhas ocorrem em plena planície (Figura 2.4).

A área de planícies estende-se ao longo do litoral desde a foz do rio Rovuma até à Ponta do Ouro. Ocupa cerca de um terço do território nacional, aproximadamente 250.000 km<sup>2</sup>. A maior extensão encontra-se nas Províncias de Sofala, Inhambane e Gaza, tornando-se cada vez mais estreita quando se caminha para Norte. Hipsometricamente, a planície Moçambicana é muito homogénea, sem grandes flutuações – a altitude não ultrapassa os 200 metros, mas distinguem-se duas faixas, designadamente uma no litoral tendo como máximo 100 metros de altitude e outra a seguir a esta cuja altitude varia entre 100 e 200 metros.

A maior extensão de planaltos encontra-se na região Norte e Centro, de onde progridem para a fronteira Ocidental. No Sul ocupam apenas uma faixa nas Províncias de Maputo e Gaza, ao longo da fronteira com a República da África do Sul e o Zimbabué. A região dos planaltos ocupa cerca de dois terços do território sendo de vez em quando interrompida por montanhas. Morfologicamente, distinguem-se os planaltos médios cuja altitude varia entre os 250 e os 500 m e os altiplanaltos que possuem entre 500 e 1.000 metros.

As montanhas são zonas de altitude superior a 1.000 metros. Não chegam a constituir uma zona contínua e homogénea. As principais formações ocorrem na zona Centro e Norte do País, erguendo-se na zona de planaltos.



**Fig. 2.4:** Mapa de relevo de Moçambique  
Fonte: Alterado de CGIAR-CSI

Moçambique apresenta uma grande variedade de solos, sob influência marcada das condições geológicas e do tipo de clima característico do País. A Figura 2.5 apresenta um mapa detalhado com as várias classes de solo existentes em Moçambique.

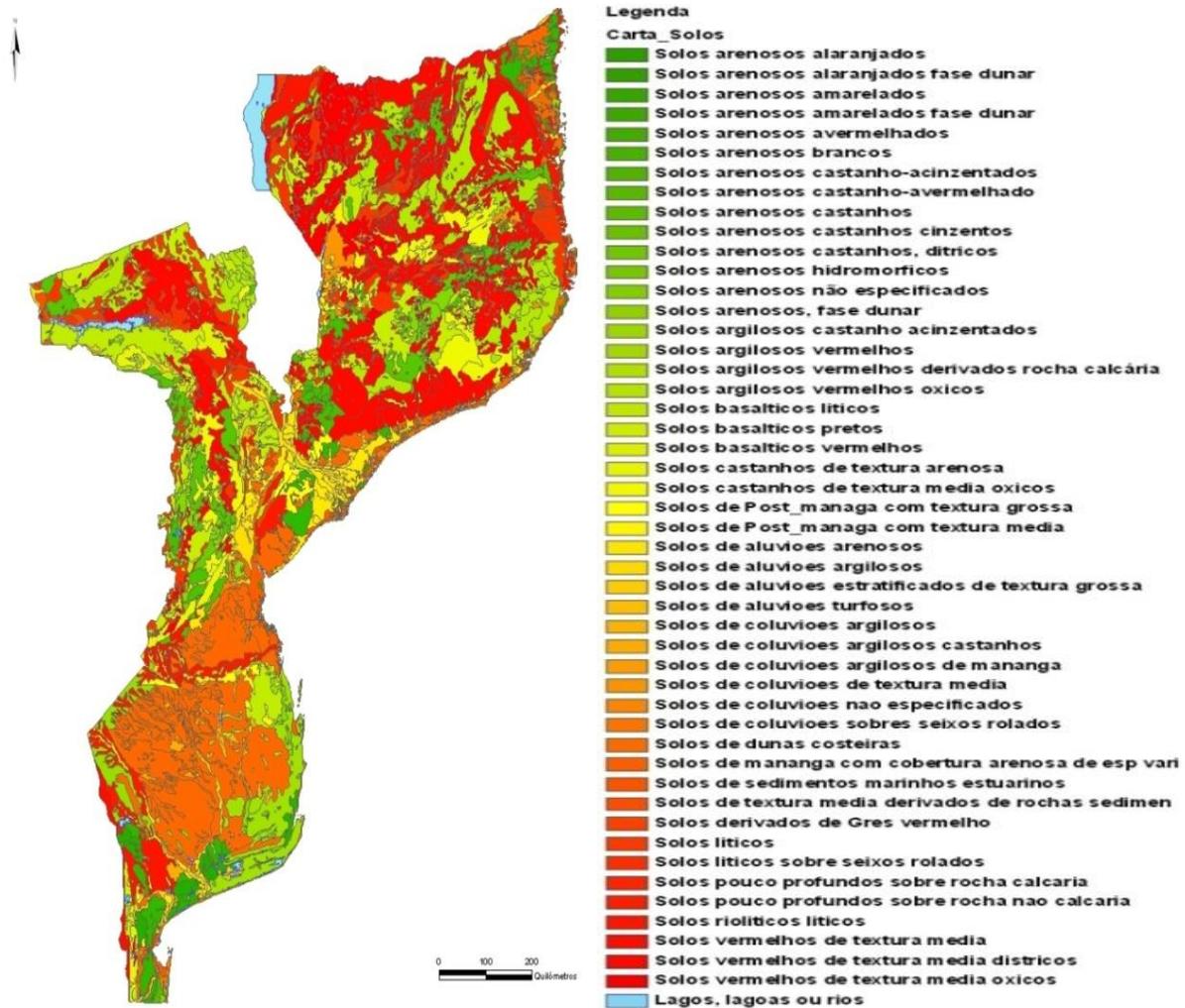


Fig. 2.5: Mapa de solos de Moçambique  
Fonte: alterado de EuDASM)

#### 2.2.4. População

Segundo dados do Censos efectuado em 1997, Moçambique contava com uma população de 16.099.200 habitantes (INE, 2012b). O mais recente Censos Populacional ocorreu em 2007 e indicou uma taxa anual de crescimento de 2,32%, cifrando-se em 20.252.223 habitantes. Durante o período que ocorreu entre os dois Censos, o crescimento da população cifrou-se em 4.153.023 habitantes, ou seja, houve um aumento de 25,8%. A Figura 2.6 mostra a evolução da população entre 1997 e 2007 nas diferentes Províncias.

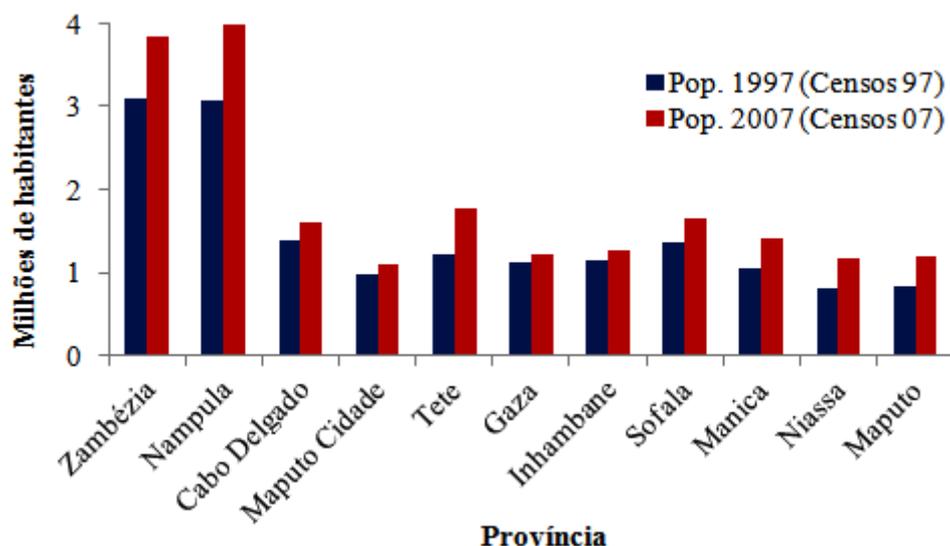


Fig. 2.6: Evolução da população entre 1997 e 2007, por Província

Os maiores crescimentos populacionais ocorreram nas Províncias de Tete, Maputo e Niassa, com uma taxa de crescimento anual de, aproximadamente, 3,8%, enquanto as Províncias de Inhambane, Gaza e Maputo Cidade foram as que apresentaram uma taxa de crescimento anual menor, cerca de 1%.

Em relação à distribuição da população por Província em 2007, destacam-se Nampula e Zambézia como as Províncias mais populosas de Moçambique (Figura 2.7).

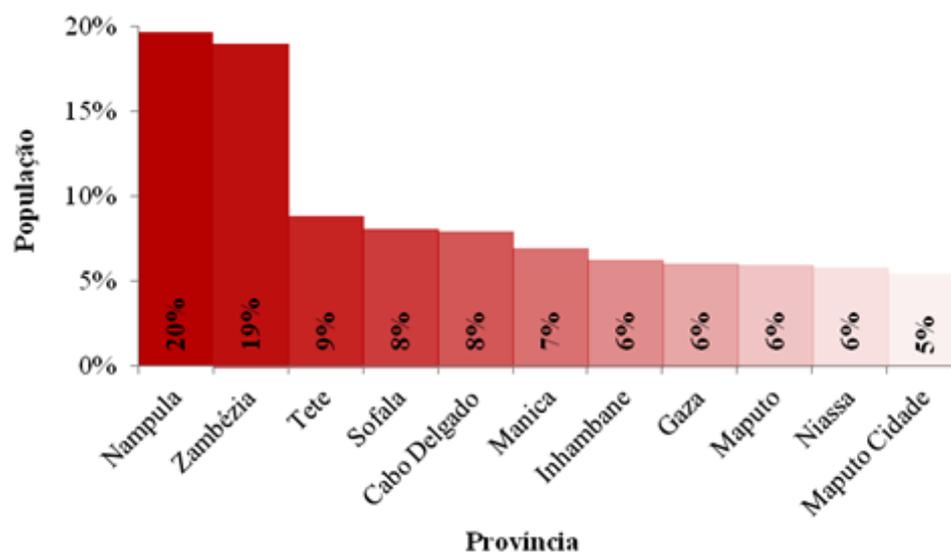


Fig. 2.7: Distribuição da população em 2007, por Província

### 2.3. Caracterização do coberto florestal

Segundo Mangué (1998), a savana pode ser dividida em dois grandes grupos: savana húmida de solos distróficos com uma precipitação superior a 900 mm e savana seca de solos eutróficos com uma precipitação que se situa entre os 400 a 600 mm. O primeiro é caracterizado pela predominância das subfamílias *Caesalpinoideae* (Família das *Fabaceae* – por exemplo, Pau-Ferro) e *Combretaceae* (Ordem *Myrtales* – árvores, arbustos e lianas) em solos lixiviados, arenosos e de textura mais leve. O segundo pela predominância de *Acacia* spp. e *Colophospermum mopane* em texturas mais pesadas e solos saturados. Na zona de transição de precipitação entre os 600 mm e 900 mm há uma sobreposição dos dois tipos de biomas de savana (MAE, 2005). A savana de Miombo, que tipifica a savana húmida de solos distróficos, atinge o seu limite Sul, a Norte do estuário do Rio Limpopo.

O ecossistema de savana representa 60% da superfície da terra na África Subsaariana, 35% da África Austral (Scholes, 1990).

De acordo com Saket (1994), a vegetação natural estende-se por uma área de 618.274 km<sup>2</sup> equivalendo a cerca de 78% da área total de terra em Moçambique. É composto por florestas naturais, matas, arbustos, pastagens arborizadas, mangais (Figura 2.8) e plantações florestais.



**Fig. 2.8:** Mangal nas proximidades da cidade de Quelimane  
Fonte: Autor

A distribuição do uso do solo e seus tipos de cobertura em 1980 e 1990 encontram-se resumidos na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1:** Distribuição do uso de solo e tipos de cobertura em 1980 e 1990

| <b>Tipo de uso do solo</b>         | <b>Área em 1980 (ha)</b> | <b>Área em 1990 (ha)</b> |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Floresta natural (produtiva)       | 19.129.480               | 19.735.400               |
| Plantações florestais              | 42.000                   | 42.000                   |
| Matagal                            | 19.880.998               | 26.278.471               |
| Pradaria                           | 31.952.950               | 20.114.357               |
| Mangais                            | 455.500                  | 396.080                  |
| Dunas                              | 98.250                   | 78.867                   |
| Agricultura                        | 5.496.200                | 11.843.910               |
| Corpos de água                     | 1.029.948                | 1.029.948                |
| Área não classificada              | 1.280.000                | 1.280.000                |
| <b>TOTAL</b>                       | <b>80.799.033</b>        | <b>80.799.033</b>        |
| Desflorestação anual (1980-1990) % | 0.26                     |                          |

Fonte: Saket, (1994)

Segundo a FAO (2003a), Moçambique tem cerca de 39% da sua área coberta por floresta (30 milhões de hectares). A vegetação natural varia de florestas sempre-verdes a folha caduca, de florestas de montanha a galerias ripícolas, de florestas de mangal a pradarias. A maioria da floresta é constituída por folhosas (predominantemente em floresta aberta) sendo o género *Brachystegia* spp. o mais comum, especialmente no Norte e Centro do País. As florestas fechadas de folhosas são principalmente florestas montanhosas ou sub-montanhosas, florestas ribeirinhas ou mangais. Áreas significativas de savana e arbustos também ocorrem. Por exemplo, a floresta de *Colophospermum mopane* é dominante em extensas áreas.

Moçambique tem uma rede de reservas e áreas protegidas que correspondem a cerca de 2% da área total do País.

A terra utilizada para a agricultura duplicou durante o período compreendido entre 1980 e 1990 (115,5%), enquanto as terras classificadas como pastagens perderam mais de um terço da sua superfície (37,05%). Outro tipo de uso do solo que mostrou uma mudança significativa no período em consideração foi o matagal, que aumentou cerca de um terço (32,2%) da sua superfície (FAO, 2003b).

### 2.3.1. Principais tipos de vegetação

De acordo com a FAO (2003c), 49,6% do País ou cerca de 39.022.000 hectares encontram-se de alguma forma florestados. Destes, cerca de 62.000 hectares representavam florestas plantadas. A informação disponível sobre a floresta natural do País foi fornecida através de um inventário de reconhecimento por Malleux e actualizada por Saket (1994). De acordo com os resultados do inventário, quase 38 milhões de hectares foram classificados como floresta produtiva, distribuídos pelos seguintes tipos de floresta:

- (1.1) Floresta Alta Densa;
- (1.2) Floresta Alta Meio Densa;
- (1.3) Floresta Alta Aberta;
- (2.1) Floresta Baixa Densa;
- (2.2) Floresta Baixa Meio Densa;
- (2.3) Floresta Baixa Aberta;
- (3.1) Matagal Alto;
- (3.2) Matagal Médio Alto;
- (3.3) Matagal Baixo.

A distribuição por Província dos tipos de florestas acima mencionados encontra-se descrita na Tabela 2.2 e na Tabela 2.3.

**Tabela 2.2:** Área por tipo de floresta em Cabo Delgado, Niassa, Nampula, Zambézia e Tete (x1.000 ha)

| <b>Tipo de Floresta</b> | <b>Cabo Delgado</b> | <b>Niassa</b>    | <b>Nampula</b>   | <b>Zambézia</b>  | <b>Tete</b>      |
|-------------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1.1                     | 0                   | 0                | 0                | 0                | 19.144           |
| 1.2                     | 2.252               | 0                | 0                | 0                | 0                |
| 1.3                     | 11.261              | 0                | 0                | 0                | 19.707           |
| 2.1                     | 182.432             | 255.068          | 24.212           | 187.500          | 82.770           |
| 2.2                     | 369.369             | 386.824          | 166.104          | 597.410          | 347.410          |
| 2.3                     | 1.177.365           | 1.564.752        | 765.203          | 1.146.959        | 150.901          |
| 3.1                     | 1.216.216           | 1.644.707        | 867.117          | 1.142.455        | 515.766          |
| 3.2                     | 1.140.766           | 1.717.905        | 922.860          | 1.351.914        | 1.317.005        |
| 3.3                     | 1.009.572           | 2.921.734        | 1.141.329        | 1.436.937        | 3.095.721        |
| <b>TOTAL</b>            | <b>5.109.233</b>    | <b>8.490.990</b> | <b>3.886.825</b> | <b>5.863.175</b> | <b>5.548.424</b> |

**Tabela 2.3:** Área por tipo de floresta em Manica, Sofala, Inhambane, Gaza e Maputo (x1.000 ha)

| Tipo de Floresta | Manica           | Sofala           | Inhambane        | Gaza             | Maputo           |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1.1              | 60.811           | 69.820           | 2.815            | 19.144           | 0                |
| 1.2              | 12.950           | 211.149          | 5.068            | 0                | 0                |
| 1.3              | 22.523           | 175.113          | 19.369           | 6.194            | 0                |
| 2.1              | 30.405           | 148.649          | 69.820           | 12.387           | 12.431           |
| 2.2              | 206.644          | 256.194          | 289.414          | 259.009          | 128.834          |
| 2.3              | 251.126          | 543.919          | 809.234          | 364.527          | 118.663          |
| 3.1              | 462.275          | 763.414          | 556.306          | 775.901          | 228.285          |
| 3.2              | 859.234          | 766.892          | 1.047.860        | 1.263.514        | 349.774          |
| 3.3              | 1.659.347        | 719.595          | 1.115.428        | 1.985.079        | 456.006          |
| <b>TOTAL</b>     | <b>3.565.315</b> | <b>3.654.745</b> | <b>3.915.314</b> | <b>4.685.755</b> | <b>1.293.993</b> |

A floresta de Miombo constitui o tipo de vegetação mais vasto e é dominante no Norte e Centro do País, existindo diversos tipos de Miombo. As espécies dominantes neste tipo de vegetação são essencialmente *Brachystegia speciformis* (Msasa) frequentemente misturada com *Julbernardia globiflora* (Mnondo) (CNDS, 2002). Segundo o mesmo inventário, o segundo tipo de vegetação mais extensa é a floresta de Mopane que ocorre na região do Limpopo-Save e no Vale do Alto Zambeze, sendo dominado pela espécie arbórea *Colophospermum mopane*. Outras três espécies arbustivas comuns incluem-se a *Adansonia digitata* (Embondeiro ou Baobá) *Azzielie quanzensis* (Chanfuta) e *Sterculia rogersii* (Chichá).

Ao longo da fronteira com o Zimbabué e o Malawi onde as planícies Moçambicanas se elevam de uma forma acentuada em direcção à orla Ocidental do grande planalto da África Austral ocorrem pequenas “ilhas” de *habitat* afro-montanos compreendendo florestas húmidas e pradarias montanhosas. Estas áreas são reconhecidas pela elevada biodiversidade e endemismo. Nos vales do Zambeze, Limpopo e Incomati predominam as formações vegetais de planícies aluviais. Florestas marginais compostas de espécies fornecedoras de madeira como *Ficus* spp. (Figueiras), *Syzigium cordatum* (Umdoni) e *Kigelia africana* (Árvore salsicha) ocorrem ao longo das margens dos rios. Para além desta zona, as planícies são periodicamente inundadas e mal drenadas, caracterizadas por extensas pradarias (CNDS, 2002). A zona costeira é constituída por um complexo mosaico de diferentes tipos de vegetações que incluem florestas de dunas, bosques, pradarias, planícies de deltas inundáveis e mangais. As florestas de mangais são floristicamente bem desenvolvidas nas regiões Norte e Centro e menos no Sul.

### 2.3.2. Crescimento das florestas naturais

Estima-se que 62 milhões de hectares, cerca de 80% do território nacional, estejam cobertos por algum tipo de vegetação natural, entre florestas de diferentes alturas e densidades, savanas, matagais e pradarias (Bila, 2005).

As florestas produtivas contêm um volume de madeira comercial em pé acima de 40 cm de diâmetro à altura do peito (DAP) de aproximadamente 22 milhões de metros cúbicos, o que permitiria um corte anual de cerca de 500.000 m<sup>3</sup>. A maior parte dessas florestas são encontradas nas Províncias do Centro e Norte de Moçambique (DNTEF, 2008b).



**Fig. 2.9:** Madeira proveniente de florestas naturais  
Fonte: Autor

A floresta com capacidade de produção de madeira cobre uma área de 197.354 km<sup>2</sup>, ou 24,43% do total de terras existentes no País, enquanto a área actual da vegetação composta por mangais é de 396.080 hectares (Saket *et al.*, 1995). Outros autores como Bila e Salmi (2003) sugerem valores muito aproximados, ou seja, as florestas produtivas constituídas por matas com potencial para a produção de madeira industrial somam 19 milhões de hectares e as florestas de uso múltiplo somam cerca de 35 milhões de hectares.

Os tipos de floresta que têm capacidade de produção de madeira originam um incremento estimado em 503.000 m<sup>3</sup>, nos quais 68.000 m<sup>3</sup> de madeira com valor comercial dentro da categoria de DAP superior a 25 cm (Saket *et al.*, 1995). Segundo outros autores como Bila e Salmi (2003), a floresta natural permite a exploração anual de 500.000 m<sup>3</sup> de madeira em toros em regime sustentável.

## 2.4. Combustíveis lenhosos

### 2.4.1. Principais espécies utilizadas

Em Moçambique, os combustíveis lenhosos (CL) consumidos pelas populações rurais e comunidades locais são principalmente obtidos de uma forma directa através das florestas naturais. Nas áreas urbanas, os CL são provenientes dos resíduos das indústrias transformadoras de madeira (ITM) (Tabela 2.4), da lenha e do carvão vegetal produzido nas zonas rurais.

**Tabela 2.4:** Tipo e nº de indústrias da madeira a partir das quais o combustível lenhoso é gerado

| <b>Província</b> | <b>Serrações</b> | <b>Contraplacados</b> | <b>Painel de Aglom.</b> | <b>Folheados</b> | <b>Parqué</b> | <b>Postes</b> | <b>Total</b> |
|------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|------------------|---------------|---------------|--------------|
| C. Delgado       | 10               | 0                     | 0                       | 0                | 0             | 0             | <b>10</b>    |
| Zambézia         | 5                | 0                     | 0                       | 0                | 0             | 0             | <b>5</b>     |
| Nampula          | 14               | 0                     | 0                       | 0                | 0             | 0             | <b>14</b>    |
| Inhambane        | 13               | 0                     | 0                       | 0                | 1             | 0             | <b>14</b>    |
| Gaza             | 7                | 0                     | 0                       | 0                | 0             | 0             | <b>7</b>     |
| Tete             | 6                | 0                     | 0                       | 0                | 0             | 0             | <b>6</b>     |
| Sofala           | 11               | 1                     | 0                       | 1                | 1             | 1             | <b>15</b>    |
| Maputo           | 19               | 0                     | 0                       | 0                | 0             | 0             | <b>19</b>    |
| Manica           | 10               | 0                     | 1                       | 0                | 0             | 1             | <b>12</b>    |
| Niassa           | 6                | 0                     | 0                       | 0                | 0             | 0             | <b>6</b>     |
| <b>TOTAL</b>     | <b>101</b>       | <b>1</b>              | <b>1</b>                | <b>1</b>         | <b>2</b>      | <b>2</b>      | <b>108</b>   |

Fonte: DNFFB, 2001

A conversão de madeira para carvão vegetal é um pequeno mas decisivo factor na cadeia de valor do carvão vegetal (Figura 2.10). Geralmente, são utilizados fornos tradicionais, o que se traduz em baixas eficiências de conversão, contudo, em muitos Países da África Subsaariana foram efectuadas intervenções em larga escala no sentido de implementar fornos de produção de carvão vegetal mais eficientes (AFREA, 2011; The International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank Group, (Washington) USA). Estas intervenções tiveram um efeito limitado devido à produção ilegal de carvão vegetal, elevados custos dos materiais, aumento da mão-de-obra e falta de conhecimentos (Hedon, 2010).



**Fig. 2.10:** Cadeia de valor do carvão vegetal  
Fonte: AFREA (2011)

A procura e recolha de espécies nativas para combustíveis lenhosos é selectiva e difere de região para região. Apenas algumas espécies, particularmente folhosas, que produzem mais energia térmica, libertam pouco fumo e a sua combustão é de longa duração, são preferidas em detrimento de outras sem estas características. Algumas das espécies lenhosas mais comuns encontram-se descritas na Tabela 2.5 (Muchanga *et al.*, 1997).

Segundo a lista das espécies classificadas como comerciais e de acordo com o Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia (Boletim da República, 2002) e do Diploma Ministerial de 20 de Dezembro de 2006, somente as espécies pertencentes à 4ª classe (Tabela 2.6) deverão ser utilizadas como combustíveis lenhosos. Em todo o caso, a Lei também prevê a possibilidade de utilização das restantes espécies comerciais, caso as mesmas apresentem deficiências de conformação do fuste que inviabilizem o seu aproveitamento para a indústria madeireira.

**Tabela 2.5:** Espécies lenhosas mais comuns para processos de carbonização

| Nome científico                              | Nome comercial/local     |
|--|--------------------------|
| <i>Acacia nilotica/senegalensis/tortilis</i> | Micaia/Munga             |
| <i>Azelia quanzensis</i>                     | Chanfuta                 |
| <i>Antidesma venosum</i>                     | Nhongue/Chongue          |
| <i>Borassus aethiopicum</i>                  | Mudikwa/Palmeira         |
| <i>Brachystegia speciformis</i>              | Messassa                 |
| <i>Calophyllum molle</i>                     | Chivondzoane             |
| <i>Colophospermum mopane</i>                 | Chanato/Missano/Missanye |
| <i>Combretum imberbe</i>                     | Monzo                    |
| <i>Fernandoa magnifica</i>                   | Tondjua/Mpovatako        |
| <i>Strychnos madagascariensis</i>            | Nkwakwa                  |
| <i>Terminalia sericea</i>                    | Inconola                 |
| <i>Lecaniodiscus franxinifolia</i>           | Mutarara                 |
| <i>Millettia stuhlmannii</i>                 | Panga-Panga              |

**Tabela 2.6:** Lista das espécies comerciais para uso como combustíveis lenhosos, 4ª classe

| <b>Nome científico</b>             | <b>Nome comercial/local</b>             |
|------------------------------------|---|
| <i>Acacia álvida</i>               | Micaia, Dzungua, Sango                  |
| <i>Acacia burkei</i>               | Micaia, Munga                           |
| <i>Acacia erioloba</i>             | Micaia, Munga                           |
| <i>Acacia karroo</i>               | Micaia, Munga                           |
| <i>Acacia nilótica</i>             | Micaia, Munga                           |
| <i>Acacia polyacantha</i>          | Micaia, N'roca                          |
| <i>Acacia robusta</i>              | Micaia, Massadzi                        |
| <i>Acacia senegal</i>              | Micaia, Munga                           |
| <i>Acacia sieberana</i>            | Micaia, Munga                           |
| <i>Acacia tortilis</i>             | Micaia, Munga                           |
| <i>Acacia xanthophloea</i>         | Micaia, Megerengue                      |
| <i>Antidesma venosum</i>           | Nhongue, Chongue                        |
| <i>Borassus aethiopicum</i>        | Mudicua, Palmeira                       |
| <i>Cussonia sp.</i>                | Capwapwa, Nampuko-puko                  |
| <i>Dolichandrone alba</i>          | Tsani                                   |
| <i>Fernandoa magnifica</i>         | Titi, Nancilacona                       |
| <i>Hirtella zanguebarica</i>       | Tondjua, Mpovataco                      |
| <i>Hyphaene sp.</i>                | Cimboma, Mucimboma                      |
| <i>Kirkia acuminata</i>            | Micheu, Palmeira                        |
| <i>Lannea sp.</i>                  | Mtumbui, Poko-poko                      |
| <i>Lecaniodiscus fraxinifolius</i> | Chiumbucanho, Msatoto, Cimuili, Kanyupo |
| <i>Manilkara sp.</i>               | Mutarara                                |
| <i>Mimusops sp.</i>                | Nheve, Nhewa                            |
| <i>Treculia africana</i>           | Ntzole, Bengwerwa                       |
| <i>Tamarrindus indica</i>          | Tcheia                                  |

#### 2.4.2. Produção tradicional de carvão vegetal

Segundo Belward (2011), Moçambique produz entre 1,2 a 2 milhões de Mg por ano de carvão vegetal. Todo o carvão vegetal consumido em Moçambique, fundamentalmente proveniente de madeira dura, é produzido pelo método do forno tradicional. O método apresenta oito etapas: (i) localização de árvores adequadas, (ii) escolha do local certo para a construção do forno, (iii) corte de árvores e transporte das mesmas para o local do forno, (iv) selecção do material necessário para construção do forno (relva, areia/argila e pedras quando disponíveis), (v) construção do forno, (vi) funcionamento do forno, (vii) descarga do forno, (viii) colocação do carvão em sacos (Fernandes *et al.*, 1997).

A Figura 2.11 ilustra a forma como o carvão vegetal é apresentado nos postos de revenda.



**Fig. 2.11:** Carvão vegetal ensacado  
Fonte: Autor

Em Maputo, na maioria dos agregados familiares, a lenha foi substituída pelo carvão vegetal devido à sua densidade energética mais elevada e também à facilidade de transporte e armazenamento.

Segundo Vilanculos (1998), o carvão vegetal é feito em fornos de terra, cujas produções variam entre 20 e 50 sacos (muito raramente 70 sacos) e com pesos entre 25 e 35 kg por saco, dependendo das espécies utilizadas. Este tipo de forno requer apenas ferramentas simples e trabalho, o que permite que sejam os próprios membros da família ou outros produtores a colaborarem neste tipo de produção. O tipo de pagamento deste trabalho é feito através de uma bebida local – Wutchema (20 a 25 litros).

A maioria dos estudos realizados em Moçambique tiveram lugar em Maputo, possivelmente pelo facto de esta cidade apresentar a maior taxa de consumo de combustíveis lenhosos no País e uma enorme escassez de biomassa. Assim sendo, as técnicas de produção de carvão vegetal, que vão ser discutidas de seguida, são praticadas na região Sul de Moçambique.

Aparentemente, quase todo o carvão vegetal produzido nesta região é feito por carvoeiros privados. Estes carvoeiros operam em duas das principais áreas de produção de carvão vegetal que fornecem Maputo, Changanene e Marracuene (BTG, 1990). Segundo Pereira (1989) e de acordo com estudos realizados pela Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia (DNFFB) entre 1985 e 1988, estas áreas forneciam 90% de todo o carvão vegetal que entrava na cidade de Maputo, sendo a maior parte do carvão vegetal transportado através dos corredores rodoviários de Michafutene (Estrada Nacional N1) e Matola-Rio (Estrada Nacional N2).

Segundo Mansur e Karlberg (1986), estimava-se que operassem cerca de 300 a 500 carvoeiros na Região de Changanene. Estes carvoeiros produziam durante todo o ano, excepto nos dois meses correspondente à época do ano com maior precipitação (Dezembro e Janeiro) sendo responsáveis pela maior parte da produção de carvão vegetal que abastecia a cidade de Maputo, utilizando espécies locais de madeira densa e dura, tais como, a Micaia (*Acacia nilotica/senegalensis/tortilis*), Inconola (*Terminalia sericea*), Macuacua (*Strychnos innocua*), Chivondzoane (*Calophyllum molle*), entre outras, grande parte delas pertencentes à Família das Acácias.

A maioria dos fornos de terra, de formato triangular, têm uma base de 4 metros e um comprimento de 7 ou 8 metros. O volume da maior pilha está calculado em cerca de 14 m<sup>3</sup> esterres (perto de 9 m<sup>3</sup> sólidos). Como as espécies utilizadas – principalmente Micaia (*Acacia nigrescens*), combinam uma alta densidade com um teor de humidade relativamente baixo quando verde, estima-se que o total de matéria-prima utilizada é de 11 Mg para as maiores pilhas. O número total de dias para a operação ficar completa varia entre 9 e 22 dias, sendo que a preparação da madeira demora cerca de 2 a 14 dias, dependendo da utilização de serras eléctricas ou serras simples. A construção de uma pilha pode demorar entre 1 a 3 dias, dependendo do número de trabalhadores disponíveis. O tempo de carbonização demora entre 3 a 5 dias e, finalmente, o tempo de arrefecimento de 2 a 3 dias. O rendimento de transformação médio é de 16% com base no peso ou 128 kg de carvão vegetal/m<sup>3</sup> estere de madeira. Estes carvoeiros profissionais trabalham em grupos de 4 a 8 homens e fazem, pelo menos, 12 vezes este processo por ano (Batista e Couto, 2007).

A Região de Marracuene era, também, um importante fornecedor de carvão vegetal para a capital, conseguindo produzir cerca de 3.000 Mg por ano. O carvão vegetal era produzido por dezenas de carvoeiros profissionais e uma infinidade de carvoeiros ocasionais – a maioria mulheres e jovens (Alface, 1994).

De acordo com a FAO (2003c), a produção média de combustíveis lenhosos em Moçambique é de aproximadamente 16,7 milhões de m<sup>3</sup> por ano. Destes, pelo menos 3 milhões são convertidos em carvão vegetal, principalmente para o consumo urbano (del Gatto, 2003). A Tabela 2.7 compara esta quantidade com a produção autorizada para os anos 1997-2001 através dos Relatórios Estatísticos de 2000 (DNFFB, 2001) e 2001 (DNFFB, 2002).

**Tabela 2.7:** Estimativa da produção ilegal de carvão vegetal em Moçambique, 1997-2001

| Ano  | Produção anual oficial (m <sup>3</sup> ) | Produção anual estimada (m <sup>3</sup> ) | Estimativa da percentagem de produção ilegal (%) |
|------|--|---|--|
| 1997 | 280.500                                  | 3.000.000                                 | 90,7   |
| 1998 | 134.500                                  | 3.000.000                                 | 95,5   |
| 1999 | 39.500                                   | 3.000.000                                 | 98,7   |
| 2000 | 59.000                                   | 3.000.000                                 | 98,0   |
| 2001 | 159.500                                  | 3.000.000                                 | 94,7   |

Fontes: Relatório Anual 2000 (DNFFB, 2001), Relatório Anual 2001 (DNFFB, 2002) e FAO (2003c)

Estes dados foram calculados por conversão segundo Brower e Falcão, citados por del Gatto (2003) em que:

- Estere para m<sup>3</sup>: 0,65 m<sup>3</sup>;
- Peso médio específico da lenha: 657 kg/m<sup>3</sup>;
- Eficiência de conversão para carvão vegetal: 14%;
- Peso médio do saco de carvão vegetal: 32 kg.

De acordo com esta tabela, provavelmente 1-5% da produção total de carvão vegetal encontra-se actualmente registada. Em termos gerais, isto significa que a produção ilegal de carvão vegetal poderá ser mais de 8 milhões de sacos por ano (del Gatto, 2003).

No início dos anos 20, uma forte preocupação em relação ao problema do abastecimento de energia e reflorestação no País conduziu à criação do departamento florestal em Lourenço Marques (actualmente Maputo), com filiais em todos os Distritos (actualmente Províncias). O estabelecimento de plantações para combustíveis lenhosos no Limpopo e Marracuene, por exemplo, começou durante o regime colonial Português (BTG, 1990).

Durante o 3.º Congresso, que teve lugar em 1977, o Partido da Frente de Libertação de Moçambique (FRELIMO) formulou directivas relevantes para o desenvolvimento de programas florestais e CL. Este esforço Governamental pós-independência, resultou em uma série de projectos florestais, tais como:

- Plantações florestais em Manica, para fins industriais (FO-1);
- Plantações para combustíveis lenhosos ao redor da cidade de Maputo (FO-2);
- Plantações para combustíveis lenhosos ao redor da cidade da Beira (FO-4);
- Plantações para combustíveis lenhosos ao redor da cidade de Nampula (FO-5);
- Inventário florestal e construção de uma serração na cidade de Pemba (FO-6);
- Pequenas florestas e indústrias relacionadas, em aldeias (Províncias de Sofala, Nampula e Cabo Delgado) (FO-7).

Entre outros projectos e com o apoio do *Mozambique – Nordic Agricultural Programme* (MONAP), um total de 25 projectos foram estabelecidos por empresas estatais visando o desenvolvimento agrícola e florestal bem como plantações florestais para a indústria da madeira e fornecimento de combustíveis lenhosos.

Em Setembro de 1989, foi realizada uma avaliação do Programa MONAP bem como um inventário de todas as plantações em Moçambique (Astorga *et al.*, 1989) tendo-se chegado a um valor final de 40.000 hectares de floresta plantada de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. Cerca de 50% desta área encontrava-se na Província de Manica, sob o controle da Indústria Florestal de Manica (IFLOMA), uma empresa florestal e madeireira paraestatal.

#### **2.4.3. Breve análise dos projectos florestais**

Segundo a FAO (2003a), Moçambique estabeleceu uma área modesta de plantações, cerca de 50.000 hectares, com base nas espécies *Pinus*, *Eucalyptus* e *Casuarina*. As plantações industriais estavam localizadas principalmente na Província de Manica, onde foram estabelecidas no início dos anos 80 (Projecto FO-1). A sua finalidade era substituir, através de plantações, a madeira existente no mercado doméstico por madeira menos densa, economizando valiosa madeira dura para exportação.

A primeira reconhecida plantação para a produção de combustíveis lenhosos foi iniciada em 1978. No início, foi plantado *Eucalyptus grandis*, tendo sido mais tarde substituído por *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus tereticornis*. Para além disso, o Género *Casuarina* spp. foi plantado para controlar o movimento das dunas costeiras.

Tendo em vista a escassez de madeira como combustível nas áreas urbanas e da necessidade premente para aumentar o abastecimento local, o Governo de Moçambique iniciou, nos anos 70-80, projectos de plantações de florestas para a produção de combustíveis lenhosos perto de grandes cidades como Maputo (Projecto FO-2), Beira (Projecto FO-4) e Nampula (Projecto FO-5). Os locais de plantação foram determinados com base nas necessidades perceptíveis de combustíveis lenhosos no momento da concepção do projecto.

No entanto, apesar de vários constrangimentos como a falta de conhecimento florestal, fundos financeiros, meios de reposição e do conflito civil passado, um total de cerca de 8.450 hectares foram reflorestados, o que está longe dos originalmente propostos 69.000 hectares (Astorga *et al.*, 1989). No entanto, uma valiosa experiência e conhecimento florestal foram adquiridos no processo. Como o financiamento externo do Programa MONAP terminou, o Banco Mundial propôs que 1,4 milhões de USD (*United States Dollar*) fossem investidos nos cinco anos seguintes para garantir a continuidade da experiência e conhecimento florestal.

Quando o Projecto FO-2 teve início, em 1977, um programa-treino relativo à produção de carvão vegetal também foi iniciado. Desta forma, passou a ser utilizado todo o material obtido da limpeza das quatro áreas que iriam ser florestadas. Em 1981, Mabonga e Mwisaka introduziram três métodos de carbonização: i) o forno tradicional de terra; ii) os fornos de metal Mark V; iii) e o forno Casamence. A produção média de carvão vegetal obtida com os diferentes fornos foi de 49 kg/m<sup>3</sup> estere, 106 kg/m<sup>3</sup> estere e 89 kg/m<sup>3</sup> estere respectivamente, o que corresponde a 14,8%, 32,1% e 27,0% de rendimento de conversão (Mabonga e Mwisaka, 1981).

Durante o programa de formação no âmbito da produção de carvão vegetal no Projecto FO-2, entre 1979 e 1981, foram produzidos 40.000 sacos com diferentes pesos (aproximadamente 1.360 Mg de carvão vegetal). Depois de 1981, quando a limpeza do terreno estava praticamente feita, a produção de carvão vegetal caiu drasticamente, sendo a falta de matéria-prima um dos principais motivos. A utilização de técnicas de secagem impróprias e a impossibilidade de controlar regularmente o processo de carbonização devido à situação de insegurança que se vivia na época também contribuíram para a queda de produção.

Por este facto, desde 1983/84 até 1989/90, produziram-se pequenas quantidades de carvão vegetal (menos de 100 Mg/ano). Em 1989, atingiu-se o valor mais baixo de sempre, 17 Mg. A Tabela 2.8 apresenta os dados de produção de carvão vegetal até 1989/90.

**Tabela 2.8:** Produção histórica de carvão vegetal em Moçambique

| Ano     | Produção Planeada (Mg) | Produção Realizada (Mg) |
|---------|------------------------|-------------------------|
| 1978/79 | 4.892                  | 198                     |
| 1979/80 | 8.616                  | 271                     |
| 1980/81 | 6.075                  | 658                     |
| 1981/82 | 1.510                  | 726                     |
| 1982/83 | 511                    | 446                     |
| 1983/84 | -                      | 66                      |
| 1984/85 | 320                    | 88                      |
| 1985/86 | 320                    | 92                      |
| 1986/87 | -                      | 74                      |
| 1987/88 | 238                    | 36                      |
| 1988/89 | 80                     | 24                      |
| 1989/90 | -                      | 17                      |

Fonte: Astorga *et al.*, 1989

O Projecto FO-2 estava localizado na Província de Maputo, nas áreas circundantes à cidade de Maputo. A sede do projecto estava situada no Distrito de Marracuene. Foi criado em 1977 pela FAO com o objectivo de produzir biomassa para lenha e carvão vegetal para abastecer a cidade de Maputo. Uma área-alvo de 24.000 hectares estava destinada a ser plantada com espécies de crescimento rápido (*Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus paniculata*, *Eucalyptus grandis* e em menor escala *Eucalyptus camaldulensis*), tendo por objectivo o fornecimento de 60% do carvão vegetal consumido em Maputo.

Este Projecto estava situado em quatro distintas localidades dentro do Distrito de Marracuene e com as seguintes localizações e áreas correspondentes:

- Marracuene com 1.003 hectares;
- Michafutene com 2.430 hectares;
- Uambila com 12.257 hectares;
- Mucapana com 11.943 hectares.

Em relação ao Projecto FO-4, localizado na Província de Sofala, Distrito de Dondo, iniciou-se em 1981 com os mesmos objectivos que o projecto acima referido (Projecto FO-2), com o objectivo de fornecer madeira como combustível para a cidade da Beira. Cerca de 2.000 hectares foram plantados até final de 1989. As árvores existentes no Projecto FO-4 tiveram, em geral, um desempenho muito melhor do que no Projecto FO-2, com rendimentos por hectare em algumas jovens árvores tão elevados como 102 m<sup>3</sup>/hectare (Astorga *et al.*, 1989). De acordo com o relatório de avaliação do Programa MONAP, a produção de carvão vegetal no Projecto FO-4, próximo da cidade da Beira, parou. A produção de carvão vegetal não pagava o seu custo e, por esse motivo, deixou de se produzir.

Um outro projecto introduzido, Projecto FO-5, situava-se em duas zonas: Rapale, a 20 km de Nampula, totalizando 500 hectares e Nacavale, a 50 km de Nampula, totalizando 1.000 hectares. A sua plantação iniciou-se em 1952 e 1984, respectivamente. As espécies plantadas são também *Eucalyptus* spp., mais especificamente *Eucalyptus tereticornis* e o anteriormente mencionado *Eucalyptus camaldulensis*. As suas variedades foram seleccionadas com base nas lições aprendidas no Projecto FO-2. A carbonização no Projecto FO-5 foi realizada exclusivamente em longos fornos tradicionais, com 8 m de comprimento, 1 m de largura e 1 m de altura. A partir de 8 m<sup>3</sup> esteres de madeira, foram produzidos 12 a 14 sacos de carvão vegetal pesando cada um cerca de 45 kg. Este resultado é 10% menor do que aquele que era obtido sob a supervisão de Mabonga e Mwisaka, no Projecto FO-2. Em 1991, a meta de produção foi fixada em 30 a 40 Mg.

Actualmente estes projectos cessaram a sua operação devido a factores adversos e a maioria das plantações foi atribuída às comunidades locais. Assim, o Governo interrompeu o seu programa de plantações próprias e agora concentra-se na criação de incentivos para plantações privadas. Os problemas deste tipo de plantações incluem a falta de operações adequadas de silvicultura, resultando em madeira de baixa qualidade que não atende às necessidades da indústria e ao elevado custo de produção de combustíveis lenhosos provenientes das plantações de eucalipto devido ao custo do trabalho. Como resultado, essas plantações estão praticamente abandonadas, para além dos consumidores preferirem as espécies locais com um poder calorífico superior ao da madeira proveniente do género *Eucalyptus* (FAO, 2003a), apesar de alguns autores como Girard (1987) defenderem que o poder calorífico não difere muito entre as diferentes espécies.

#### **2.4.4. Transporte e comércio**

O carvão vegetal e a lenha são transportados para as áreas urbanas por vendedores e ou comerciantes, utilizando os seus próprios camiões ou camiões contratados e, em alguns casos, através de comboios (Fernandes e Monjane, 1997). No entanto, o estado desses camiões é tão deplorável que durante a estação chuvosa torna-se extremamente difícil aceder às áreas de produção de carvão vegetal. Apesar dessa situação, a venda a retalho é realizada a uma escala muito pequena e ineficiente (Fig. 2.12).

Ao contrário da necessidade predominante de transportar a maior parte dos produtos agrícolas e florestais na direcção Norte-Sul, a rede ferroviária existente estende-se de Leste a Oeste, com a intenção original de servir os Países vizinhos. Coincidentemente, as maiores fontes de madeira como combustível para Maputo, Beira e Nampula estão localizados na direcção das ferrovias existentes, para que possam beneficiar desta forma relativamente barata de transporte.



**Fig. 2.12:** Transporte individual de carvão vegetal  
Fonte: Autor

Segundo Foley (2001), as regiões de Changanane e Marracuene na Província de Gaza (corredor do Limpopo) e Província de Maputo respectivamente, forneciam a maior parte do carvão vegetal comercializado em Maputo. Alguns produtores providenciavam a distribuição e comercialização do seu próprio carvão vegetal em Maputo, organizando o transporte e a venda do carvão vegetal directamente no mercado retalhista.

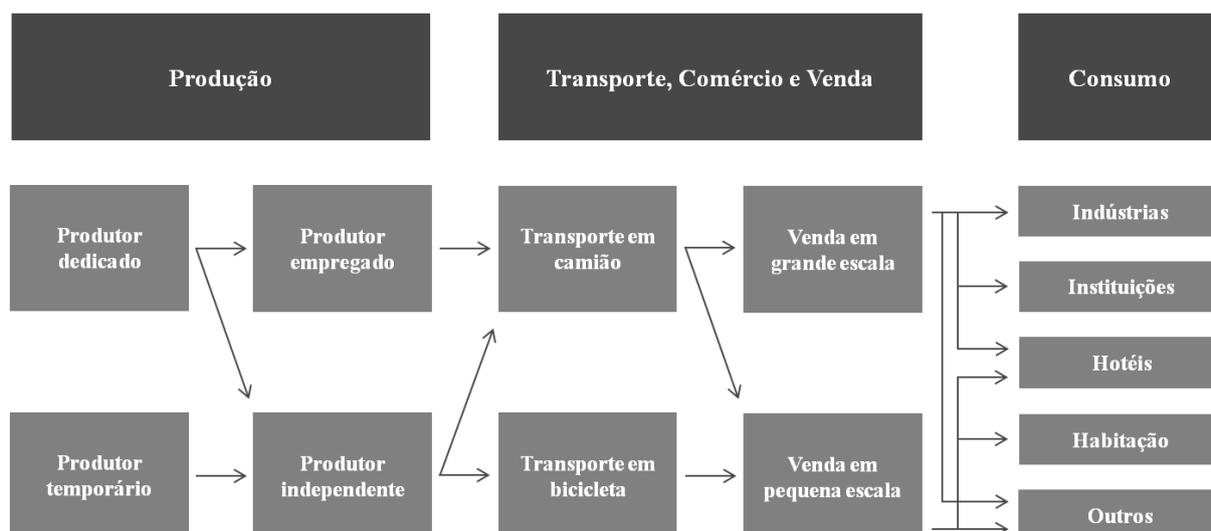
A comercialização da sua carga, nunca mais de 50 sacos de cada vez, poderia levar um ou dois dias sendo que os valores oscilavam entre os 4,6 USD e os 5,3 USD por saco. Estes valores facilmente cobriam as suas despesas de transporte, que se situavam por volta de 1 USD por saco. Os revendedores que não tinham transporte próprio, muitas vezes alugavam um camião, que custava cerca de 12,72 USD por dia, incluindo combustível para uma viagem Changalane – Maputo.

Segundo o mesmo autor, em 1990, o preço comum para o transporte de um grande saco de carvão (cerca de 45 kg) era de 0,42 USD. Os transportadores de combustíveis lenhosos utilizavam camiões que, normalmente poderiam transportar entre 70 a 100 sacos de carvão vegetal. Para obter uma carga de camião cheio, os transportadores tinham de recolher sacos de carvão vegetal de um grande número de carvoeiros, o que poderia levar grande parte do dia.

O carvão vegetal é distribuído em diferentes quantidades. Geralmente algum tipo de lata ou outro recipiente padrão é utilizado como dispositivo de medição. A quantidade mais comum é uma lata cheia de leite, cerca de 800-900 gramas, mas as quantidades oferecidas variam de pequenas pilhas de menos de 250 gramas a grandes latas de óleo de 20 litros contendo até 10 kg de carvão vegetal (Cajadas, 1992). Em relação ao comércio de sacos, o preço de revenda era de 1,06 USD. Por saca, a margem do retalhista situava-se entre os 0,35 USD e os 0,42 USD, ou seja, 67% do seu preço de compra. Esta margem tinha de cobrir todos os custos do retalhista, incluindo aluguer da banca, os custos dos trabalhadores, guardas-nocturnos, entre outros.

No período compreendido entre 1988 a 1992, os preços dos combustíveis lenhosos subiram substancialmente. No entanto, para o mesmo período, o carvão vegetal e a lenha tiveram destinos diferentes. Assim, o lucro do carvão vegetal era de 42%, enquanto para a lenha era de apenas 5,8% (Cajadas, 1992).

Segundo Van Beukering (2007), citado pelo Relatório da AFREA (2011), o comércio e o transporte de carvão vegetal das áreas rurais para os centros urbanos bem como a cadeia de valores desde o produtor até ao consumidor é muito semelhante nos Países da África Subsaariana (Figura 2.13). Envolve geralmente uma interação entre os transportadores em pequena e grande escala e os vendedores/comerciantes, especialmente os de grande escala, os quais comumente também transportam o carvão vegetal.



**Fig. 2.13:** Cadeia de valores na produção, transporte e consumo de carvão vegetal  
 Fonte: Adaptado de AFREA (2011)

Um dos grandes problemas encontrados nesta cadeia de valores é a escassez de carvão vegetal obtido através de licenças oficiais de produção. Esta situação poderá ser causada pelos: (i) elevados custos relacionados com a deslocação aos serviços oficiais mais próximos e a duração do processo; (ii) a falta de recursos naturais que restringem a emissão de licenças; (iii) e os potenciais subornos aos representantes oficiais que são responsáveis pela emissão de licenças de produção (AFREA, 2011). Estas dificuldades em obter licenças oficiais parecem levar à produção e comercialização ilegal de carvão vegetal.

Neste momento, os preços por kg de carvão vegetal vendido em Moçambique variam entre os €0,05 e os €0,47 para as Províncias do Norte e para a cidade de Maputo, respectivamente (do autor). Este último valor deve-se ao facto da escassez de matéria-prima nas proximidades e à enorme pressão por parte do consumo.

#### **2.4.5. Consumo**

Estudos realizados pela DNFFB em 1985 e 1988 para analisar o abastecimento de lenha e carvão vegetal em Maputo (Mansur e Karberg, 1986; Pereira, 1989) revelaram que, em média, 130 e 100 camiões transportando combustíveis lenhosos entravam diariamente em Maputo através de Postos de Controlo existentes nas Estradas Nacionais N1 e N2 em 1985 e 1988, respectivamente. A grande maioria transportava lenha: 90% em 1985 e 93% em 1988. Consequentemente, a percentagem de carvão vegetal no fornecimento desceu de 10% para apenas 7%. Para além do número de veículos, também a carga média de carvão vegetal por camião decresceu, de 274 kg/camião em 1985 para 236 kg/camião em 1988.

Com base apenas nas conclusões dos dois períodos de pesquisa, Mansur e Karlberg (1986) e Pereira (1989) realizaram uma extrapolação linear para estimar o fornecimento anual de combustíveis lenhosos. O fornecimento total de combustíveis lenhosos caiu de 13 mil Mg (1985) para 8,6 mil Mg (1988), o abastecimento de carvão vegetal em 46% de 1,3 mil Mg para cerca de 600 Mg (Tabela 2.9). Em comparação, o fornecimento de carvão vegetal em 1979 foi estimado em 24.000 Mg, significando que sofreu uma redução de 97,5% em menos de uma década (Mabonga e Mwisaka, 1981).

**Tabela 2.9:** Abastecimento de combustíveis lenhosos em Maputo, 1985 e 1988

| Ano  | C. Lenhosos (Mg/ano) | Lenha (Mg/ano) | Carvão Vegetal (Mg/ano) |
|------|----------------------|----------------|-------------------------|
| 1985 | 13.001               | 11.701         | 1.300                   |
| 1988 | 8.614                | 8.011          | 603                     |

Fonte: DNFFB, 1995

Assumindo que toda a lenha e carvão vegetal transportado são utilizados para consumo doméstico e que 70% da população de Maputo utiliza apenas combustíveis lenhosos (mínimo de 650 MJ/*per capita*/ano), estes fornecimentos representavam em 1985 e 1988, cerca de 56% e 32% dos requisitos mínimos, respectivamente (DNFFB, 1995).

O carvão vegetal e a lenha são o principal combustível nas áreas urbanas de Moçambique. Enquanto cerca de 70 a 80% das habitações urbanas contam com os combustíveis lenhosos, as habitações rurais dependem inteiramente destes combustíveis para a sua energia doméstica (Williams, 1993). A utilização de carvão vegetal por parte dos habitantes das cidades é afectada pela sua disponibilidade. Durante a estação chuvosa, há geralmente uma escassez de carvão vegetal nos mercados urbanos e, invariavelmente, os preços sobem. Como em outros lugares do Sul de África, a escassez de carvão vegetal e o conseqüente aumento de preço atinge o seu auge entre os meses de Janeiro e Fevereiro, quando as chuvas estão no seu pico.

Com excepção de cidades como Maputo, Beira, Nampula, Chokwè, Xai-Xai, Chimoio, Quelimane e Tete, os habitantes das áreas urbanas e rurais geralmente providenciam madeira para as necessidades locais através dos seus próprios recursos. Assim, com este propósito, o fluxo de madeira como combustível é normalmente limitado a curtas distâncias.

Segundo a DNFFB (1992), o consumo de postes para a construção e para cercas nas áreas rurais está estimado em 0,03 m<sup>3</sup>/per capita/ano, o que corresponde a um total de 317 mil m<sup>3</sup>. Dados referentes a 1992 mostram que o consumo de madeira para combustível, carvão vegetal e postes era de aproximadamente 91.000 m<sup>3</sup> esteres conforme mostra a Tabela 2.10.

**Tabela 2.10:** Consumos de madeira em Moçambique, 1992

| <b>Descrição</b>  | <b>Madeira como combustível</b> | <b>Madeira para carvão vegetal</b> | <b>Madeira para postes</b> |
|---|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Número de licenças emitidas                               | 696                             | 293                                | 95                         |
| Quantidade de madeira autorizada (m <sup>3</sup> esteres) | 209.888                         | 59.050                             | 6.443                      |
| Corte de madeiras sob licença (m <sup>3</sup> )           | 68.792                          | 19.375                             | 3.155                      |

Fonte: Relatório anual de estatística florestal da DNFFB, 1992.

Em relação à produção de lenha comercializada e consumida por parte da população urbana e por algumas indústrias e de acordo com o levantamento realizado em 1977 em Maputo, o consumo médio de carvão vegetal foi assumido como sendo de 160 kg/per capita/ano (DNFFB, 1992).

Nas áreas rurais, quase 100% da energia consumida é proveniente de lenha. A média de consumo anual de lenha pelas famílias foi estimada em 5000 kg e 635 kg para uso doméstico em áreas rurais e urbanas, respectivamente. Produtos como querosene são usados principalmente para iniciar fogo e para efeitos de iluminação (DNFFB, 1992 e Williams, 1993). Este consumo difere do valor médio indicado por Kityo (2004) – 0,67 Mg/per capita/ano e de Kir (1984) que estimou o consumo entre 1,0 e 1,7 m<sup>3</sup>/per capita/ano.

A elevada procura de combustíveis lenhosos em Maputo foi apontada como a principal força motriz da desflorestação e provável degradação das florestas naturais. Saket (1994) estimou que a desflorestação em Maputo no período compreendido entre 1970 e 1988 era de 20%.

Apesar dos recursos florestais estarem completamente esgotados pela produção de carvão vegetal em Maputo, o fornecimento de combustíveis lenhosos permanece como produto primário para a maioria das famílias. Esta situação deverá persistir já que as fontes alternativas de combustível como a electricidade não são acessíveis nem fiáveis para uma boa parte das famílias, quer a nível económico quer a nível de funcionamento, apesar da modernização da subestação de 60 MW a Oeste da cidade de Maputo (BTG, 1990), bem como de campanhas de marketing para aquisição de fogões a carvão vegetal de modo a alterar os hábitos de consumo, de forma a reduzir a procura de combustíveis lenhosos.

Moçambique possui diversos tipos de recursos energéticos endógenos. As florestas de Miombo, Mopane e Acácia são as principais fontes de energia em grandes cidades como Maputo, Beira, Nampula, Quelimane, Chimoio, Tete, Xai-Xai e Chokwè, sendo a lenha e carvão vegetal os principais produtos. O consumo anual de combustíveis lenhosos foi estimado em 16 milhões de m<sup>3</sup>, dos quais a floresta de Miombo contribui com 85% das necessidades totais de energia para uso doméstico (Brigham *et al.*, 1997). No entanto, um fornecimento contínuo deste recurso energético renovável só poderá ser garantido se for aplicada uma gestão adequada às florestas existentes.

### **3. Potencial energético disponível**

Neste capítulo serão avaliados alguns dados presentes nos capítulos anteriores bem como novos dados no sentido de caracterizar e quantificar a sustentabilidade da produção de combustíveis lenhosos provenientes da floresta natural. Para tal, é necessário definir quais os parâmetros mais relevantes e que influenciam a disponibilidade deste recurso renovável.

#### **3.1. Metodologia**

A Tabela 3.1 descreve os parâmetros de cálculo da disponibilidade de combustíveis lenhosos e que serão necessários para a metodologia a propor.

**Tabela 3.1:** Parâmetros de cálculo da produção de combustíveis lenhosos

| <b>Parâmetros</b>                  | <b>Dados</b>   |
|------------------------------------|--|
| <i>Biostock</i>                    | Volume total de madeira em pé existente em Moçambique.             |
| Incremento médio anual (IMA)       | Volume anual disponível para a produção de lenha e carvão vegetal. |
| Importação e Exportação            | Balanço de entrada e saída de combustíveis lenhosos.               |
| Taxa anual de desflorestação (TAD) | Taxa anual de desflorestação por Província.                        |
| Poder calorífico inferior (PCI)    | Potencial energético da lenha.                                     |

Fonte: Autor

A metodologia para o cálculo do potencial energético de produção de combustíveis lenhosos descritos na Figura 3.1, permite analisar a disponibilidade de combustíveis lenhosos. O método baseia-se na avaliação disponível em *biostock* florestal, no incremento anual em biomassa, nos dados disponíveis sobre importação e exportação de combustíveis lenhosos, na taxa de desflorestação e no poder calorífico inferior. Em relação a este último parâmetro, não é possível diferenciar todas as espécies lenhosas bem como a sua representatividade no *biostock* nacional, adoptando-se assim um valor médio tendo em consideração o teor de humidade e o seu peso. A taxa de desflorestação permite projectar no futuro a disponibilidade de biomassa florestal, tornando-se assim importante para uma avaliação futura do balanço disponibilidade/consumo de combustíveis lenhosos.

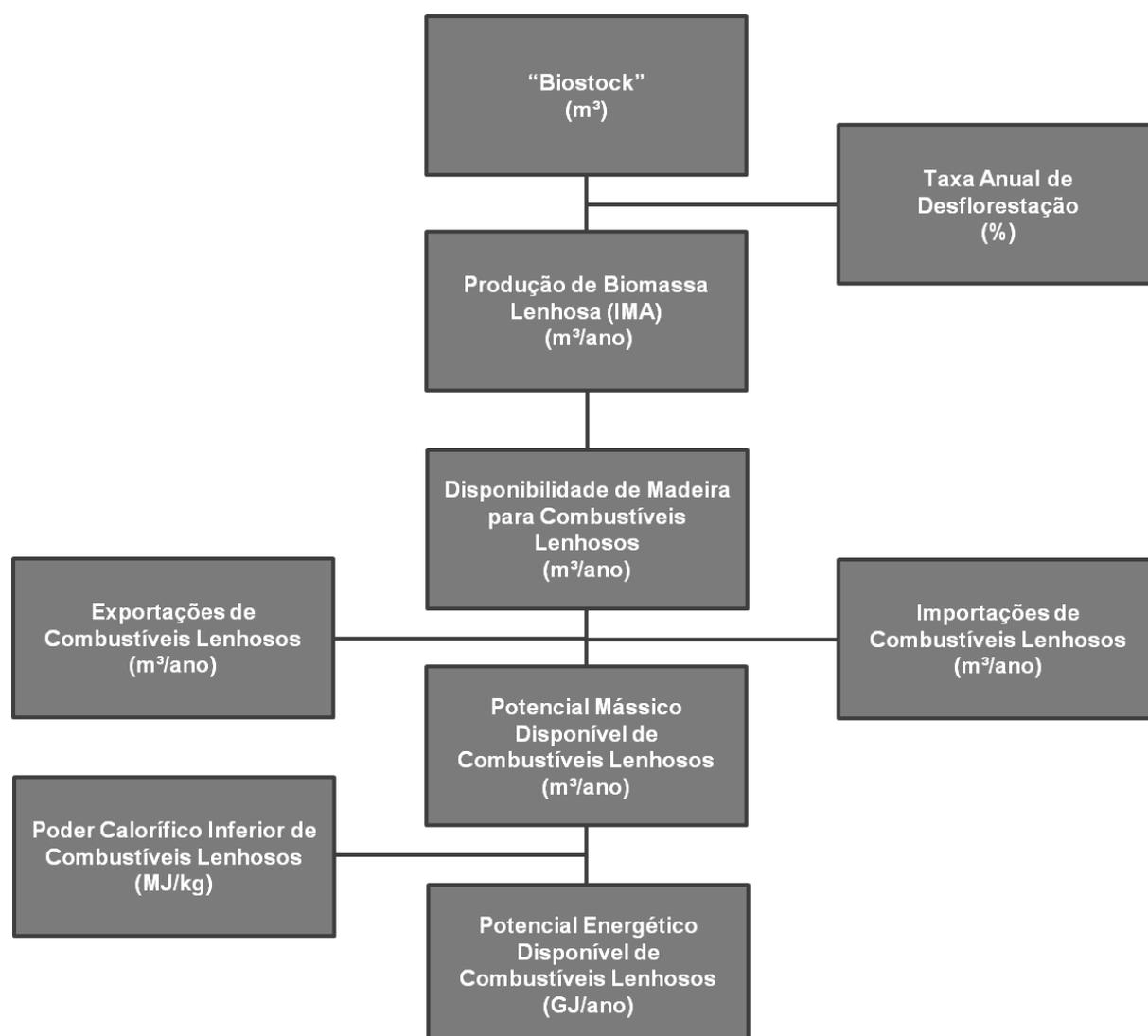
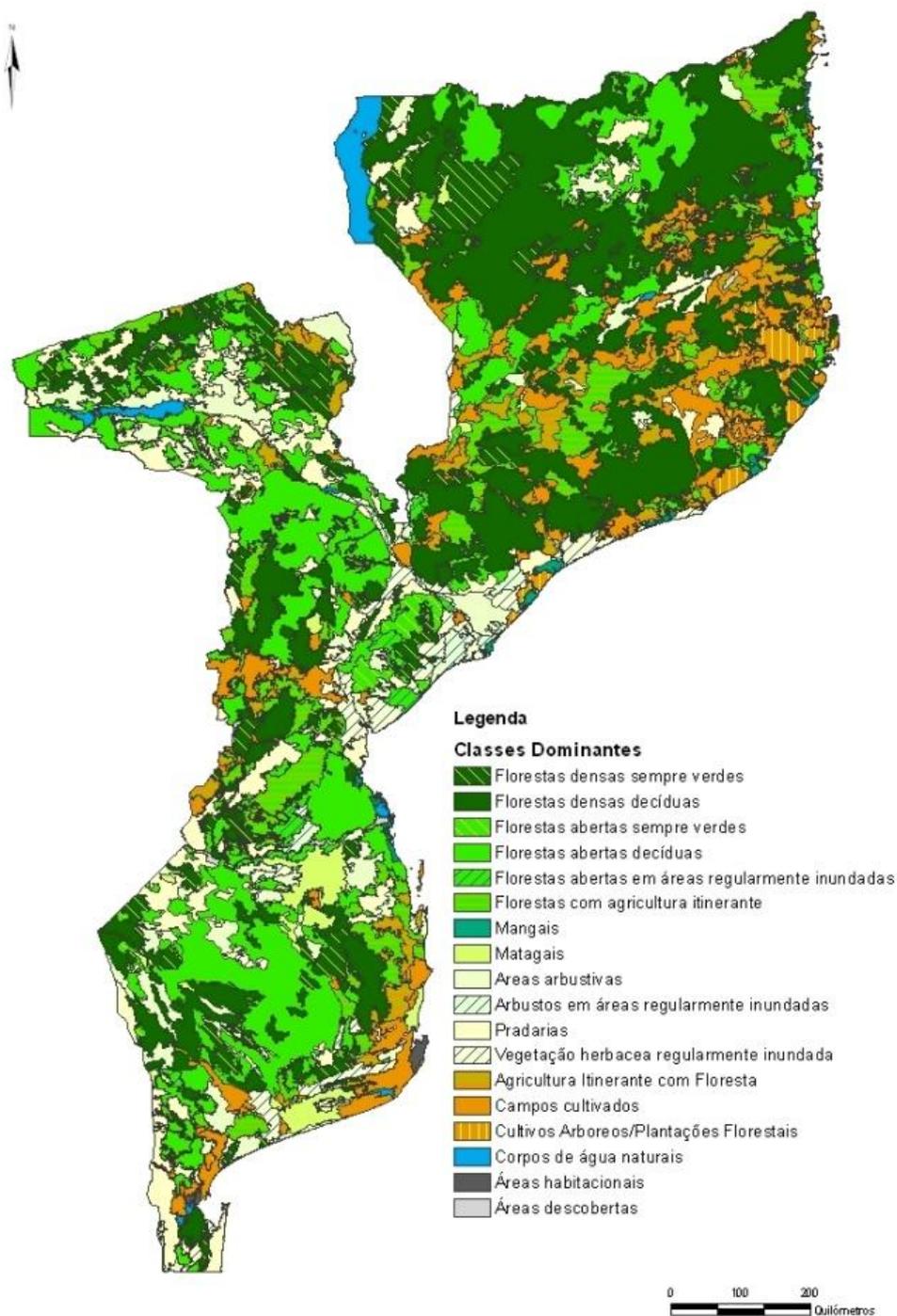


Fig 3.1: Metodologia para cálculo do potencial energético de produção

### 3.2. Biostock



**Fig 3.2:** Mapa de uso e cobertura do solo em Moçambique  
Fonte: FAO GeoNetwork

Moçambique é um País relativamente rico em florestas naturais. A sua área de floresta produtiva, ou seja, com potencial para a produção de madeira foi estimada em cerca de 20 milhões de hectares, através de um Inventário Florestal Nacional efectuada em 1994 (Saket, 1994).

Através de um recente Inventário Florestal Nacional efectuado entre 2005 e 2007 denominado “Projecto de Avaliação Integrada das Florestas de Moçambique” vulgo AIFM, Moçambique apresenta cerca de 70% da sua área, 54,8 milhões de hectares, coberta com florestas e outras formações lenhosas (Figura 3.3). Destes, cerca de 40,1 milhões de hectares representam florestas e os restantes 14,7 milhões formações lenhosas, entre as quais, matagais, floresta com agricultura itinerante e vegetação arbustiva (DNTF, 2008b).

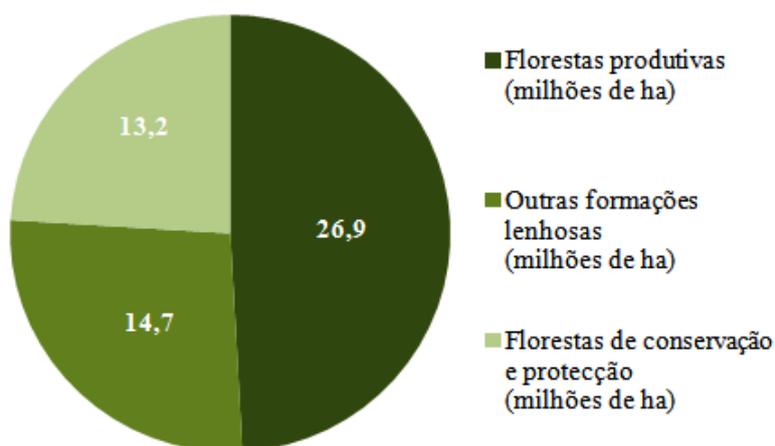


Fig 3.3: Área de cobertura florestal em Moçambique

Em relação à distribuição da área florestal total, cerca de 40,1 milhões de hectares, as Províncias de Moçambique apresentam valores consideravelmente diferentes (Figura 3.4). As Províncias do Niassa, Zambézia e Cabo Delgado são as mais representativas enquanto as Províncias de Maputo, Inhambane e Nampula são as que apresentam uma área de floresta mais reduzida (DNTF, 2008b).

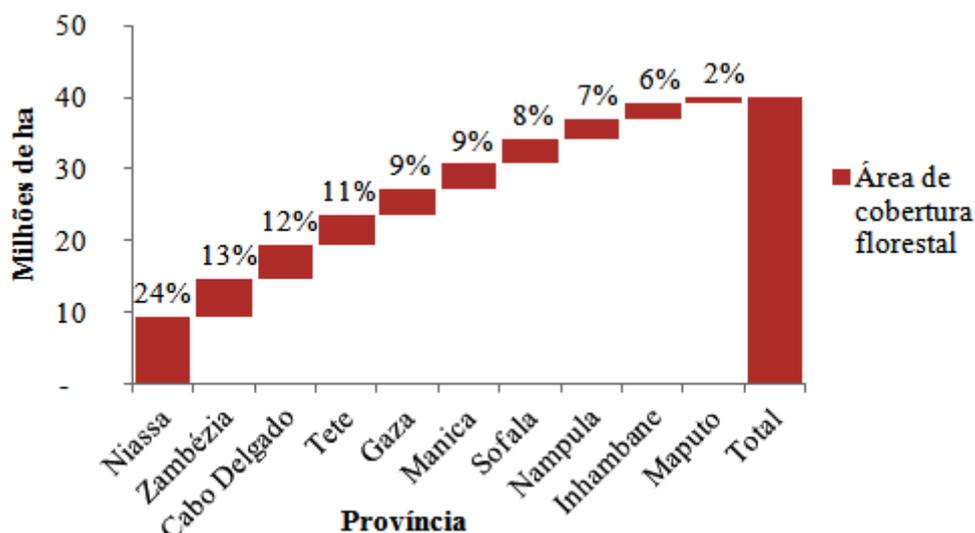


Fig 3.4: Área florestal total, por Província

Em relação ao volume total, o mesmo foi calculado para todas as espécies encontradas independentemente do seu DAP. Para tal, foi utilizada a seguinte equação (DNTF, 2008b):

$$Vt = \frac{P \times D^2}{4} \times ht \times ft + Vr \quad [\text{Eq. 3.1}]$$

*Vt* – Volume total

*P* – Perímetro basal

*D* – Diâmetro à altura do peito

*ht* – Altura total

*ft* – Factor de forma para o volume total (0,65)

*Vr* – Volume das ramadas presentes

Considerando as estimativas utilizadas pelo Projecto da AIFM, foram quantificados os volumes médios por hectare e as áreas totais das florestas e outras formações lenhosas, apresentando um valor aproximado de 1,75 mil milhões de m<sup>3</sup> (Tabela 3.2).

**Tabela 3.2:** Volume total segundo o tipo de vegetação

| <b>Tipo de vegetação</b>            | <b>Volume médio (m<sup>3</sup>/ha)</b> | <b>Área total (ha)</b> | <b>Volume total (m<sup>3</sup>)</b> |
|-------------------------------------|--|------------------------|-------------------------------------|
| Floresta densa                      | 40,2                                   | 22.727.000             | 913.625.400                         |
| Floresta aberta                     | 32,2                                   | 16.390.000             | 527.758.000                         |
| Vegetação arbustiva e matagais      | 18,8                                   | 8.800.000              | 165.440.000                         |
| Floresta com agricultura itinerante | 20,6                                   | 6.751.000              | 139.070.600                         |
| <b>TOTAL</b>                        | <b>28,0</b>                            | <b>54.668.000</b>      | <b>1.745.894.000</b>                |

Fonte: alterado de DNTF (2008b)

Tal como foi referido, o volume total estimado para as florestas bem como outras formações lenhosas foi de 1,75 mil milhões de m<sup>3</sup>, sendo que o volume considerado para as florestas produtivas, ou seja disponível, representa cerca de 56,44% do volume total – cerca de 985 milhões de m<sup>3</sup>. Destes, cerca de 68,4% corresponde às espécies actualmente não comerciais, 13,1% representa as espécies de valor comercial com DAP > 40 cm e 18,5% do volume corresponde às espécies de valor comercial com um DAP compreendido entre 10-40 cm. As espécies não comerciais não se encontram em exploração legal e como tal, têm potencial para serem utilizadas como combustíveis lenhosos ou para as indústrias transformadoras de madeira. O *stock* existente em Moçambique é elevado, cerca de 674 milhões de m<sup>3</sup> (Tabela 3.3).

**Tabela 3.3:** Volume total por tipo de espécies e DAP

| <b>Tipo de Espécies</b> | <b>DAP (cm)</b> | <b>Volume total (%)</b> | <b>Volume total (m<sup>3</sup>)</b> |
|-------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Não Comerciais          | Todos           | 68,4%                   | 674.001.680                         |
| Comerciais              | 10 – 40         | 18,5%                   | 182.295.776                         |
| Comerciais              | > 40            | 13,1%                   | 129.085.117                         |
| <b>TOTAL</b>            | -               | <b>100%</b>             | <b>985.382.574</b>                  |

Fonte: alterado de DNTF (2008b)

No que se refere ao volume de *biostock* existente nas áreas de floresta densa e aberta (Tabela 3.4), ou seja, parte do tipo de vegetação existente nas florestas de produção, os valores referentes ao somatório das áreas diferem em cerca de 208 mil hectares do valor apresentado na Tabela 3.2. Trata-se de uma redução em 0,5% da área e para a qual não se encontrou explicação. Em relação ao volume total passou-se o contrário, houve um aumento de 2,7%, passando de 1.441.383.400 m<sup>3</sup> para 1.481.208.282 m<sup>3</sup>. Este aumento deveu-se essencialmente ao aumento da média ponderada em volume de biomassa por hectare aquando da repartição entre Províncias.

**Tabela 3.4:** Volume total em florestas densas e abertas, por Província

| <b>Província</b> | <b>Área de floresta densa e aberta (ha)</b> | <b>Volume médio (m<sup>3</sup>/ha)</b> | <b>Volume total (m<sup>3</sup>)</b> |
|------------------|---|--|-------------------------------------|
| Cabo Delgado     | 4.753.120                                   | 48,9                                   | 232.427.568                         |
| Gaza             | 3.770.602                                   | 20,0                                   | 75.412.040                          |
| Inhambane        | 2.305.202                                   | 25,1                                   | 57.860.570                          |
| Manica           | 3.277.420                                   | 41,8                                   | 136.996.156                         |
| Maputo           | 784.002                                     | 14,7                                   | 11.524.829                          |
| Nampula          | 2.690.602                                   | 41,4                                   | 111.390.923                         |
| Niassa           | 9.424.802                                   | 30,1                                   | 283.686.540                         |
| Sofala           | 2.849.202                                   | 48,8                                   | 139.041.058                         |
| Tete             | 4.206.302                                   | 36,3                                   | 152.688.763                         |
| Zambézia         | 4.847.402                                   | 57,8                                   | 280.179.836                         |
| <b>TOTAL</b>     | <b>38.908.656</b>                           | <b>36,5</b>                            | <b>1.481.208.282</b>                |

Fonte: alterado de DNTF (2008b)

No entanto, deverão ser excluídas as áreas consideradas de protecção e conservação onde não existe oficialmente exploração florestal. As áreas protegidas ocupam cerca de 13 milhões de hectares, com maior incidência nas Províncias do Niassa (26%), Sofala (14%) e Cabo Delgado (12%). As Províncias com uma área protegida mais reduzida são as de Maputo (1%) e Nampula (3%). O volume total disponível encontrado situa-se em, aproximadamente, 985 milhões de m<sup>3</sup> (Tabela 3.5).

**Tabela 3.5:** Volume total disponível em florestas densas e abertas, por Província

| <b>Província</b> | <b>Área de floresta densa e aberta (ha)</b> | <b>Área de floresta de protecção e conservação (ha)</b> | <b>Volume médio (m<sup>3</sup>/ha)</b> | <b>Volume total disponível (m<sup>3</sup>)</b> |
|------------------|---|---|--|--|
| Cabo Delgado     | 4.753.120                                   | 1.627.600   | 48,9                                   | 152.837.928                                    |
| Gaza             | 3.770.602                                   | 1.356.900   | 20,0                                   | 48.274.040                                     |
| Inhambane        | 2.305.202                                   | 982.100   | 25,1                                   | 33.209.860                                     |
| Manica           | 3.277.420                                   | 1.504.700   | 41,8                                   | 74.099.696                                     |
| Maputo           | 784.002                                     | 137.600   | 14,7                                   | 9.502.109                                      |
| Nampula          | 2.690.602                                   | 454.600   | 41,4                                   | 92.570.483                                     |
| Niassa           | 9.424.802                                   | 3.379.300   | 30,1                                   | 181.969.610                                    |
| Sofala           | 2.849.202                                   | 1.885.600   | 48,8                                   | 47.023.778                                     |
| Tete             | 4.206.302                                   | 881.500   | 36,3                                   | 120.690.313                                    |
| Zambézia         | 4.847.402                                   | 951.100   | 57,8                                   | 225.206.256                                    |
| <b>TOTAL</b>     | <b>38.908.656</b>                           | <b>13.161.000</b>                                       | <b>36,5</b>                            | <b>985.384.072</b>                             |

Fonte: alterado de DNTF (2008b)

O volume total disponível em florestas densas e abertas, descriminado por Província e encontrado na Tabela 3.5 difere assim do valor encontrado na Tabela 3.3. Na realidade, o volume encontrado é superior em 1.498 m<sup>3</sup> possivelmente devido a factores de arredondamento. Assim, será aplicado ao valor encontrado na Tabela 3.3 um factor de correcção de 0,000152% (Tabela 3.6).

**Tabela 3.6:** Factor de correcção do volume total por tipo de espécie e DAP

| <b>Tipo de Espécies</b> | <b>DAP (cm)</b> | <b>Volume total (%)</b> | <b>Volume total (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Factor de correcção (%)</b> | <b>Volume total corrigido (m<sup>3</sup>)</b> |
|-------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|---|
| Não Comerciais          | Todos           | 68,4%                   | 674.001.680                         | -                              | 674.002.705                                   |
| Comerciais              | 10 – 40         | 18,5%                   | 182.295.776                         | -                              | 182.296.053                                   |
| Comerciais              | > 40            | 13,1%                   | 129.085.117                         | -                              | 129.085.313                                   |
| <b>TOTAL</b>            | <b>-</b>        | <b>100%</b>             | <b>985.382.574</b>                  | <b>0,000152</b>                | <b>985.384.072</b>                            |

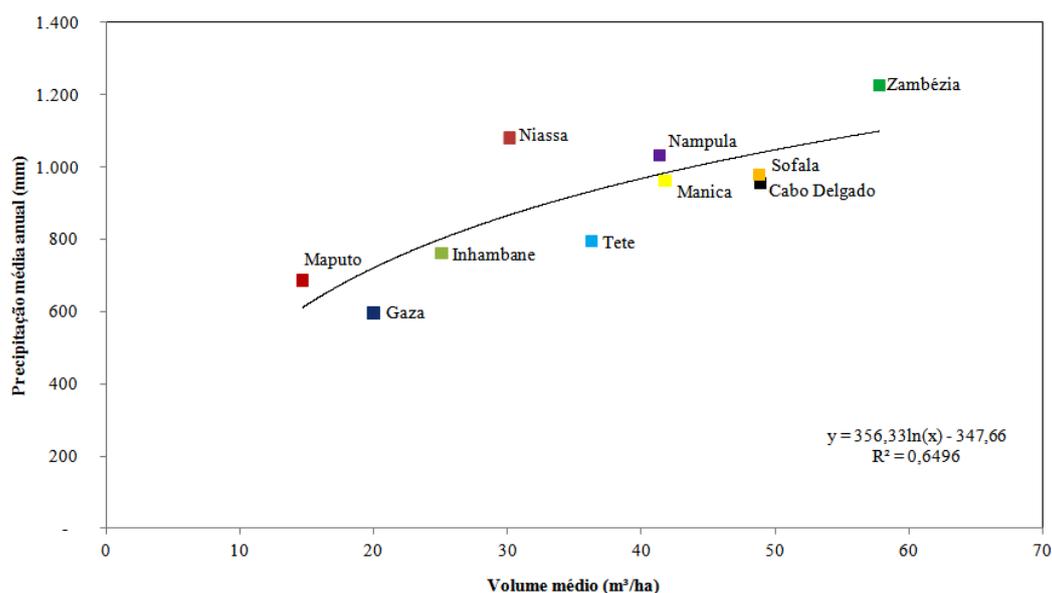
Desta forma, o volume total presente na Tabela 3.2 será corrigido para 1.745.895.498 m<sup>3</sup>.

A Figura 3.5 representa a correlação entre o volume médio encontrado no Inventário Florestal Nacional e referido tanto na Tabela 3.4 como na Tabela 3.5, com a precipitação média anual para cada Província. Os dados de precipitação que se encontram na Tabela 3.7 foram retirados do *raster* da precipitação de Moçambique (Figura 2.3) após tratamento de dados para cálculo da precipitação média.

**Tabela 3.7:** Precipitação média anual, por Província

| Província    | Precipitação média anual (mm) |
|--------------|-------------------------------|
| Cabo Delgado | 954                           |
| Gaza         | 596                           |
| Inhambane    | 760                           |
| Manica       | 960                           |
| Maputo       | 686                           |
| Nampula      | 1.031                         |
| Niassa       | 1.080                         |
| Sofala       | 978                           |
| Tete         | 794                           |
| Zambézia     | 1.225                         |

Fonte: alterado de FAO GeoNetwork



**Fig 3.5:** Correlação entre o volume médio e a precipitação média anual, por Província

O gráfico permite concluir que existem outros factores edafo-climáticos que justificam os resultados obtidos em Províncias como o Niassa em relação, por exemplo, à Província de Tete. Ambas não sofrem de uma pressão populacional elevada (especialmente a Província do Niassa) e no entanto o volume encontrado na Província do Niassa encontra-se bastante abaixo do esperado. O contrário se passa com a Província de Tete. O volume médio em *biostock* reporta somente a florestas densas e abertas, não tendo em consideração a perda de muitas destas áreas para outro tipo de vegetação.

Em relação ao volume comercial total, foi calculado para todas as espécies classificadas como comerciais de acordo com o Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia, Decreto nº 12/2002 (Boletim da República, 2002) e do Diploma Ministerial de 20 de Dezembro de 2006. O DAP mínimo para avaliação do volume foi de 10 cm, tendo sido utilizada a seguinte equação (DNTEF, 2008b):

$$V_c = \frac{P \times D^2}{4} \times hc \times fc \quad [\text{Eq. 3.2}]$$

$V_c$  – Volume comercial total

$P$  – Perímetro basal

$D$  – Diâmetro à altura do peito

$hc$  – Altura comercial

$fc$  – Factor de forma para o volume comercial (0,8)

Deste modo, o volume comercial total calculado e descrito na Tabela 3.6 inclui a soma de todas as árvores com um DAP maior de 10 cm, pertencentes às espécies classificadas como comerciais. Este volume inclui ambos os volumes comerciais: disponível e em crescimento.

O volume comercial disponível aplica-se às espécies comerciais com um DAP maior ou igual que o DAP mínimo legal de corte enquanto o volume comercial em crescimento aplica-se a todas as espécies comerciais com um DAP maior ou igual a 10 cm e inferior ao DAP mínimo legal de corte (Tabela 3.8). O DAP mínimo de corte depende de espécie para espécie e varia entre os 20 e os 50 cm, sendo de 40 cm para a maioria das espécies (Boletim da República, 2002).

**Tabela 3.8:** *Biostock* comercial

| <b>Tipo de <i>biostock</i> comercial</b> | <b>DAP (cm)</b> | <b>(%)</b> | <b>(m<sup>3</sup>)</b> |
|--|-----------------|------------|------------------------|
| Volume comercial em crescimento          | 10 – 40         | 58,54      | 182.296.053            |
| Volume comercial disponível              | > 40            | 41,46      | 129.085.313            |
| <b>Volume comercial total</b>            | <b>&gt; 10</b>  | <b>100</b> | <b>311.381.366</b>     |

Em relação às classes de madeira definidas no Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia (Boletim da República, 2002), as espécies de 1ª classe e preciosa, as mais procuradas para exploração de madeira, apresentam cerca de 33 mil m<sup>3</sup> de volume comercial disponível, enquanto as restantes classes apresentam o volume mais representativo, cerca de 96 mil m<sup>3</sup> (Tabela 3.9).

**Tabela 3.9:** Volume comercial disponível segundo a classe comercial

| Classe comercial | Volume comercial disponível (m <sup>3</sup> ) | %          |
|------------------|---|------------|
| Preciosa         | 5.566.159                                     | 4,31       |
| 1ª classe        | 27.601.022                                    | 21,38      |
| 2ª classe        | 55.935.248                                    | 43,33      |
| 3ª classe        | 17.842.172                                    | 13,82      |
| 4ª classe        | 22.140.713                                    | 17,15      |
| <b>TOTAL</b>     | <b>129.085.313</b>                            | <b>100</b> |

Segundo o Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia, Capítulo III, Artigo 24 e citando (Boletim da República, 2012):

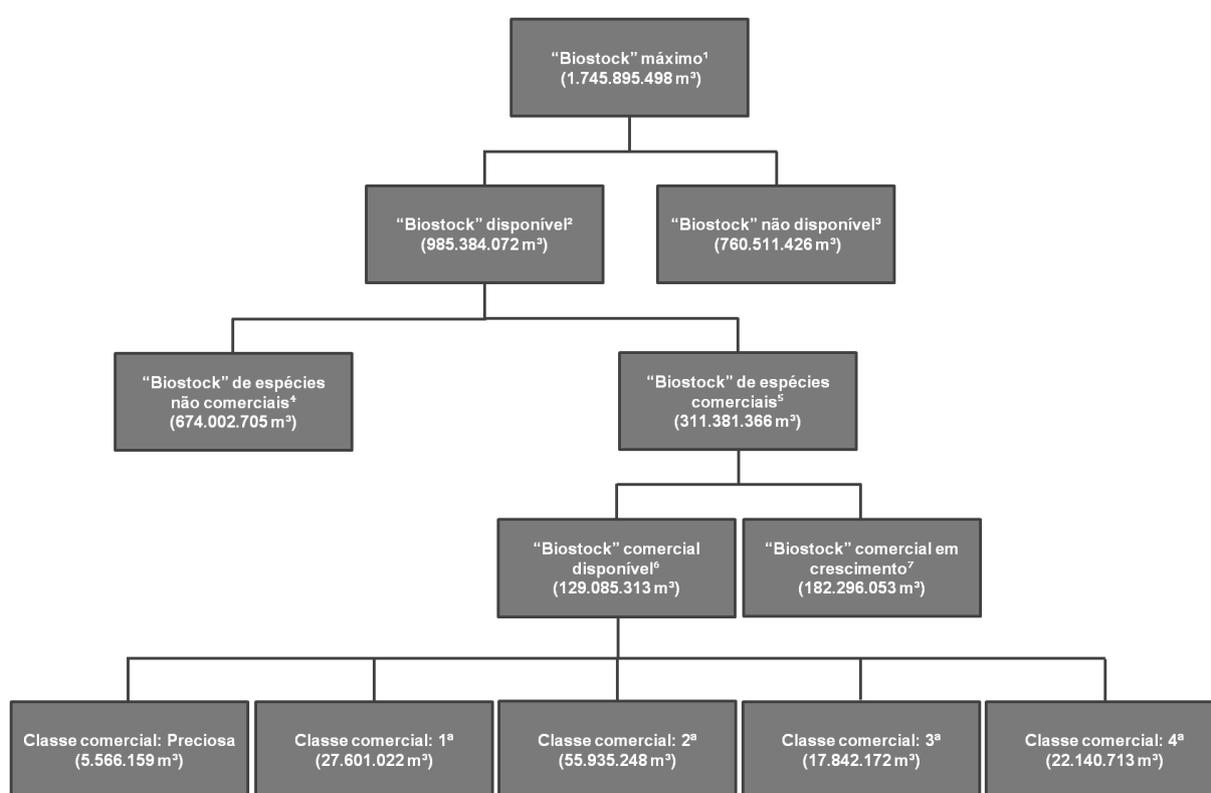
1. Não é permitida a utilização do produto principal de espécies florestais produtoras de madeira preciosa, de 1ª, 2ª e 3ª classe, para a produção de lenha e carvão vegetal, bem como a utilização de espécies florestais raras, protegidas ou com valor histórico, sociocultural.

2. Para efeitos do número anterior, não são considerados produtos principais os toros deformados ou que por qualquer razão natural ou defeito de corte não possam ter um aproveitamento industrial madeireiro. Esta situação deverá ser confirmada pelos Serviços Provinciais de Florestas e Fauna Bravia.

Assim, os resíduos provenientes da actividade florestal nas espécies produtoras de madeira preciosa, 1ª, 2ª e 3ª classe poderão ser utilizados para a produção de lenha e carvão vegetal bem como todo o volume das espécies pertencentes à 4ª classe.

Em termos resumidos, o diagrama da Figura 3.6 estratifica o volume de *biostock* calculado pelo mais recente Inventário Florestal Nacional. Podemos assim verificar que existe algum potencial de aproveitamento para combustíveis lenhosos nas categorias de:

- *Biostock* de espécies não comerciais, com um volume de 674 milhões de m<sup>3</sup>;
- Classe comercial: Preciosa, com um volume de 5,6 milhões de m<sup>3</sup>;
- Classe comercial: 1<sup>a</sup>, com um volume de 27,6 milhões de m<sup>3</sup>;
- Classe comercial: 2<sup>a</sup>, com um volume de 55,9 milhões de m<sup>3</sup>;
- Classe comercial: 3<sup>a</sup>, com um volume de 17,8 milhões de m<sup>3</sup>;
- Classe comercial: 4<sup>a</sup>, com um volume de 22,1 milhões de m<sup>3</sup>.



**Fig 3.6:** Diagrama estratificado do volume de *biostock*

Em que:

<sup>1</sup> Volume de todo o tipo de vegetação bem como de florestas de protecção e conservação;

<sup>2</sup> Volume das áreas de floresta densa e aberta;

<sup>3</sup> Volume das áreas de protecção e conservação;

<sup>4</sup> Volume das espécies não comerciais em áreas de floresta densa e aberta;

<sup>5</sup> Volume das espécies comerciais em áreas de floresta densa e aberta;

<sup>6</sup> Volume das espécies comerciais disponíveis;

<sup>7</sup> Volume das espécies comerciais em crescimento.

Os valores encontrados para os diversos tipos de *biostock* serão utilizados para o cálculo do incremento médio anual (Capítulo 3.3), tendo em consideração que somente o *biostock* de espécies não comerciais e o de espécies pertencentes à 4ª classe têm um potencial de 100% de aproveitamento do seu IMA.

Em relação aos restantes potenciais encontrados (classes preciosa, 1, 2 e 3ª classes), dados da DNTF (2008b) indicam um aproveitamento da exploração florestal bastante reduzida, cerca de 25%, ou seja, 75% do volume de madeira explorado nestas classes é rejeitado após o abate. De facto, existe uma explicação bastante plausível para a ocorrência deste facto e está profundamente relacionado com as exigências do mercado e a lei em vigor. O volume de madeira licenciada para abate é controlado pelos Serviços Provinciais de Florestas e Fauna Bravia (segundo o Artigo 10 do Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia) através da emissão de guias de transporte do volume abatido sendo o pagamento efectuado com a entrega da concessão de corte (Boletim da República, 2002).

Por outras palavras, existe uma limitação ao volume transportado mas não ao volume abatido o que leva os madeireiros a transportarem tão só a zona do fuste com um DAP superior, excluindo a restante madeira com um valor de mercado menos apetecível, especialmente para o caso de exportação.

Um outro impedimento ao transporte da totalidade do fuste e parte dos ramos superiores deve-se ao DAP mínimo de corte presente no Anexo 1 do Regulamento de Lei de Florestas e Fauna Bravia (Boletim da República, 2002), tornando-se difícil provar a proveniência de determinados toros com DAP inferior ao permitido por lei.

### **3.3. Produção de biomassa lenhosa**

O cálculo do IMA é uma combinação entre os dados obtidos através do mais recente inventário florestal com os dados sobre o crescimento e rendimento da floresta. Em Moçambique, bem como em outros Países subtropicais, os dados sobre o crescimento da floresta natural são escassos. A utilização de parcelas permanentes para o cálculo do IMA seria o indicador mais correcto (DNTF, 2008b).

Não sendo possível a utilização de dados mais concretos, o IMA foi calculado através de dois métodos já utilizados em Moçambique: precipitação e volume comercial disponível.

O primeiro método foi utilizado em 1994 (Saket, 1994) baseando-se essencialmente em inventários florestais e estimativas antigas. O IMA foi assim calculado através da seguinte expressão:

$$IMA = 0,5129 + 1,08171p^2 \quad [\text{Eq. 3.3}]$$

Em que:

$IMA$  – Incremento médio anual ( $\text{m}^3/\text{ha}/\text{ano}$ )  
 $p$  – Precipitação média anual (mm)

Foram aplicados três factores de redução do IMA, nomeadamente:

- Quociente do volume de todas as árvores com um DAP > 40 cm sobre o volume de todas as árvores com um DAP > 25 cm;
- Quociente do volume do tronco sobre o volume total;
- Proporção do volume comercial sobre o volume total.

O segundo método foi utilizado por Cuamba (2005) e ao contrário do anterior, não utiliza a precipitação como um factor determinante na obtenção do IMA mas sim o volume comercial disponível. Neste método, o IMA é substituído pelo corte anual admissível (CAA) através da seguinte expressão:

$$CAA = \frac{Sc \times fpa}{C} \quad [\text{Eq. 3.4}]$$

Em que:

$CAA$  – Corte anual admissível ( $\text{m}^3/\text{ano}$ )  
 $Sc$  – Volume comercial disponível ( $\text{m}^3$ )  
 $fpa$  – Factor sobre as perdas anuais  
 $C$  – Ciclo de corte (anos)

O CAA é obtido através do volume comercial disponível, das perdas anuais devido à mortalidade natural, exploração ilegal, queimadas descontroladas e do ciclo de corte, entre outros. O seu valor final é expresso em volume, ou seja,  $\text{m}^3$ .

Para o cálculo do ciclo de corte, é necessário ter em consideração o incremento médio anual em diâmetro. Através de algumas experiências regionais, determinou-se um IMA de 2,5 mm em diâmetro por ano para todas as espécies existentes. O valor encontrado para o crescimento anual em diâmetro, 2,5 mm, pressupõe que uma árvore presentemente com 30 cm de diâmetro, necessite de 40 anos para perfazer um diâmetro de 40 cm (diâmetro médio legal para abate de espécies produtivas). Dessa forma, foi aplicado um ciclo de corte de 40 anos (DNTF, 2008b).

Algumas reduções foram introduzidas na fórmula de modo a poder contabilizar as perdas anuais, mais propriamente, um factor de redução de 0,8. O resultado da média da estimativa de corte anual admissível do total das espécies (CAATE) baseado nos dois métodos anteriormente descritos pode ser visto na Tabela 3.10.

Segundo a DNTF (2008b), os valores obtidos em cada método são bastante semelhantes existindo uma diferença de sensivelmente 8% entre os mesmos, 2.143.900 m<sup>3</sup> no método de Saket e 2.309.300 m<sup>3</sup> no método de Cuamba. No entanto e segundo a mesma fonte, os resultados são bastante díspares entre Províncias. Estes valores estão muito acima do valor referenciado por Saket (2004), que estimou o IMA para Moçambique em pouco mais de 500.000 m<sup>3</sup>.

**Tabela 3.10:** Corte médio anual admissível do total das espécies, por Província

| <b>Província</b> | <b>CAATE<br/>(m<sup>3</sup>/ano)</b> |
|------------------|--------------------------------------|
| Cabo Delgado     | 394.600                              |
| Gaza             | 103.500                              |
| Inhambane        | 48.050                               |
| Manica           | 167.600                              |
| Maputo           | 14.050                               |
| Nampula          | 215.050                              |
| Niassa           | 314.900                              |
| Sofala           | 167.350                              |
| Tete             | 166.650                              |
| Zambézia         | 634.850                              |
| <b>TOTAL</b>     | <b>2.226.600</b>                     |

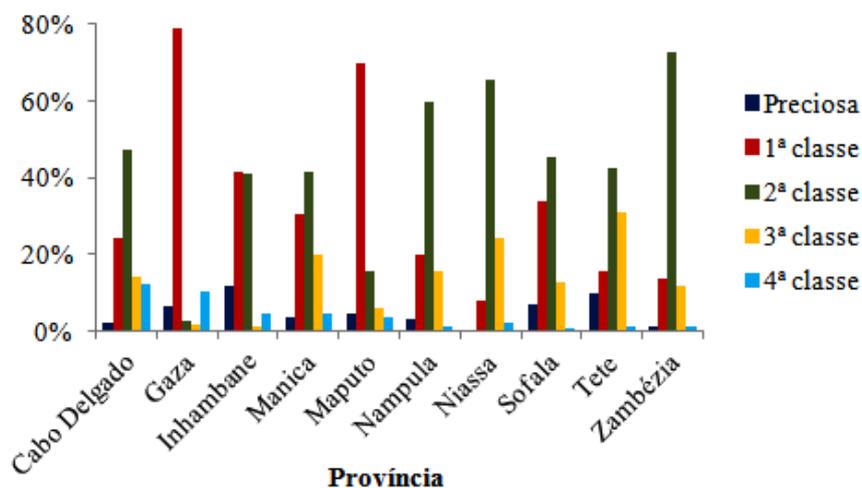
Fonte: DNTF (2008b)

Para a avaliação da disponibilidade de combustíveis lenhosos é necessário diferenciar os volumes comerciais disponíveis para corte de cada classe de madeira comercial. Os únicos dados disponíveis referem-se ao volume comercial disponível de espécies que apresentem um valor acima de 1 m<sup>3</sup>/ha, ou seja, o valor apresentado no Inventário Florestal Nacional (Tabela 3.9) é inferior ao valor entretanto calculado, 118,8 milhões de m<sup>3</sup> para 129,1 milhões de m<sup>3</sup>, respectivamente. No entanto, é possível agrupar todas as espécies por classe e Província e apresentar um peso percentual, o qual será utilizado para calcular o corte anual admissível por classe (CAAC) e por Província (Tabela 3.11).

**Tabela 3.11:** Percentagem do corte anual admissível médio por classe, por Província

| <b>Província</b> | <b>Classe Preciosa (%)</b> | <b>1ª Classe (%)</b> | <b>2ª Classe (%)</b> | <b>3ª Classe (%)</b> | <b>4ª Classe (%)</b> |
|------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| C. Delgado       | 2,12                       | 24,16                | 47,07                | 14,3                 | 12,35                |
| Gaza             | 6,48                       | 78,92                | 2,74                 | 1,48                 | 10,37                |
| Inhambane        | 11,70                      | 41,62                | 40,88                | 1,19                 | 4,62                 |
| Manica           | 3,77                       | 30,38                | 41,37                | 19,84                | 4,64                 |
| Maputo           | 4,59                       | 69,93                | 15,70                | 6,22                 | 3,56                 |
| Nampula          | 3,21                       | 19,98                | 59,59                | 15,82                | 1,40                 |
| Niassa           | 0,00                       | 8,05                 | 65,72                | 24,13                | 2,10                 |
| Sofala           | 7,12                       | 33,97                | 45,30                | 12,68                | 0,93                 |
| Tete             | 9,81                       | 15,75                | 42,64                | 30,78                | 1,01                 |
| Zambézia         | 1,08                       | 13,47                | 72,69                | 11,77                | 0,99                 |

A Figura 3.7 permite verificar que as espécies da 2ª classe encontram-se em maioria nas Províncias de Cabo Delgado, Manica, Nampula, Niassa, Sofala, Tete e Zambézia. Nas Províncias de Gaza, Inhambane, e Maputo são as espécies da 1ª classe as dominantes.



**Fig 3.7:** Percentagem do corte anual admissível por classe, por Província

Tendo em consideração o CAATE determinado na Tabela 3.10 e as percentagens do CAAC apresentados na Tabela 3.11, foi assim possível calcular os distintos CAA por Província (Tabela 3.12).

**Tabela 3.12:** Corte anual admissível médio por classe, por Província

| Província    | CAATE<br>(m <sup>3</sup> /ano) | CAACP <sup>1</sup><br>(m <sup>3</sup> /ano) | CAAC1 <sup>2</sup><br>(m <sup>3</sup> /ano) | CAAC2 <sup>3</sup><br>(m <sup>3</sup> /ano) | CAAC3 <sup>4</sup><br>(m <sup>3</sup> /ano) | CAAC4 <sup>5</sup><br>(m <sup>3</sup> /ano) |
|--------------|--------------------------------|---|---|---|---|---|
| C. Delgado   | 394.600                        | 8.376                                       | 95.324                                      | 185.753                                     | 56.426                                      | 48.722                                      |
| Gaza         | 103.500                        | 6.703                                       | 81.683                                      | 2.840                                       | 1.536                                       | 10.738                                      |
| Inhambane    | 48.050                         | 5.623                                       | 19.996                                      | 19.642                                      | 570   | 2.218                                       |
| Manica       | 167.600                        | 6.312                                       | 50.922                                      | 69.340                                      | 33.253                                      | 7.774                                       |
| Maputo       | 14.050                         | 645   | 9.825                                       | 2.206                                       | 874   | 500   |
| Nampula      | 215.050                        | 6.895                                       | 42.958                                      | 128.157                                     | 34.020                                      | 3.020                                       |
| Niassa       | 314.900                        | -   | 25.351                                      | 206.954                                     | 75.981                                      | 6.613                                       |
| Sofala       | 167.350                        | 11.915                                      | 56.845                                      | 75.811                                      | 21.220                                      | 1.559                                       |
| Tete         | 166.650                        | 16.349                                      | 26.254                                      | 71.059                                      | 51.302                                      | 1.686                                       |
| Zambézia     | 634.850                        | 6.868                                       | 85.510                                      | 461.460                                     | 74.732                                      | 6.280                                       |
| <b>TOTAL</b> | <b>2.226.600</b>               | <b>69.686</b>                               | <b>494.668</b>                              | <b>1.223.223</b>                            | <b>349.914</b>                              | <b>89.110</b>                               |

<sup>1</sup>Corte anual admissível – classe preciosa

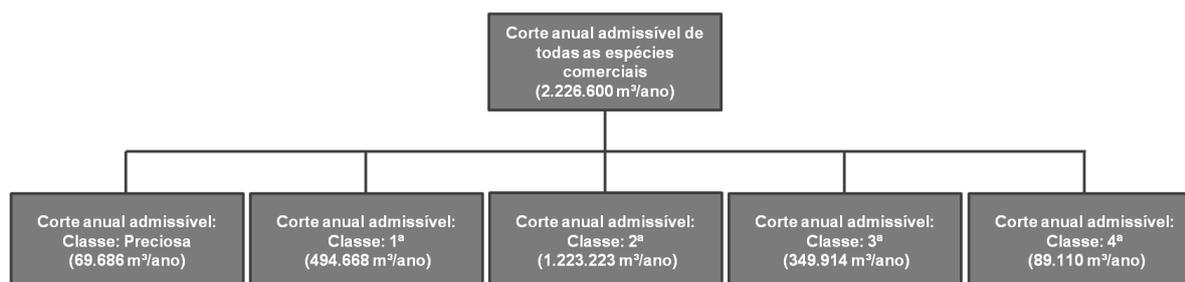
<sup>2</sup>Corte anual admissível – 1ª classe

<sup>3</sup>Corte anual admissível – 2ª classe

<sup>4</sup>Corte anual admissível – 3ª classe

<sup>5</sup>Corte anual admissível – 4ª classe

Em termos resumidos, o corte anual admissível médio para as espécies comerciais foi calculado em 2,2 milhões de m<sup>3</sup>. As espécies de madeira comercial pertencentes à 4ª classe, com um potencial de 100% em aproveitamento para combustíveis lenhosos, correspondem a cerca de 4% do volume total anual disponível para corte (Figura 3.8).



**Fig 3.8:** Diagrama estratificado do volume de corte anual admissível para espécies comerciais

Segundo a DNTF (2006), cerca de 92% do volume comercializado pertence às espécies consideradas preciosas ou de 1ª classe. Dessa forma e considerando os dados obtidos no anterior Inventário Florestal Nacional (Saket, 1994) em que previa um incremento médio anual de 500.000 m<sup>3</sup>, foram aplicados os dois métodos anteriormente descritos para calcular o corte anual admissível baseado essencialmente nos incrementos do *biostock* das espécies pertencentes à 1ª classe e classe preciosa, ou seja, o corte anual admissível das espécies mais exploradas (CAAEE) e o corte anual admissível médio das espécies mais exploradas (CAAMEE). Os dados obtidos e nos quais se baseiam as autoridades oficiais para o licenciamento florestal encontram-se descritos na Tabela 3.13.

**Tabela 3.13:** Intervalo estimado pelos dois métodos para o corte admissível, por Província

| <b>Província</b> | <b>CAAEE<sup>1</sup><br/>(m<sup>3</sup>/ano)</b> | <b>CAAMEE<sup>2</sup><br/>médio (m<sup>3</sup>/ano)</b> |
|------------------|--|---|
| Cabo Delgado     | 84.100 – 120.400                                 | 102.250   |
| Gaza             | 62.800 – 113.900                                 | 88.350  |
| Inhambane        | 28.200 – 33.300                                  | 30.750  |
| Manica           | 49.000 – 64.200                                  | 56.600  |
| Maputo           | 10.600 – 10.100                                  | 10.350  |
| Nampula          | 42.600 – 57.100                                  | 49.850  |
| Niassa           | 31.500 – 21.200                                  | 26.350  |
| Sofala           | 53.300 – 81.200                                  | 67.250  |
| Tete             | 31.900 - 48.000                                  | 39.950  |
| Zambézia         | 121.600 – 91.200                                 | 106.400   |
| <b>TOTAL</b>     | <b>515.700 – 640.500</b>                         | <b>578.100</b>  |

<sup>1</sup>Corte anual admissível das espécies mais exploradas

<sup>2</sup>Corte anual admissível médio das espécies mais exploradas

Fonte: alterado de DNTF (2008b)

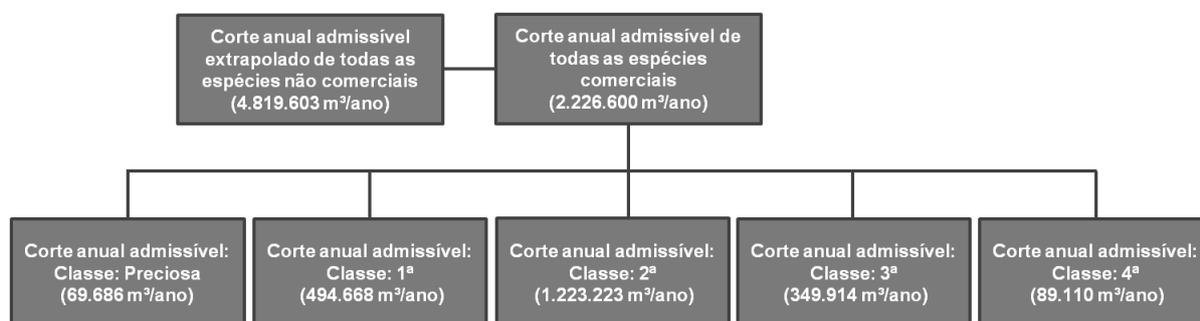
No que respeita ao incremento médio anual ou corte anual admissível de espécies não comerciais, não estão disponíveis dados que permitam a sua quantificação. No entanto, é possível extrapolar esses mesmos dados através dos volumes quantificados de *biostock* de espécies comerciais e não comerciais. O *biostock* de espécies comerciais e não comerciais é de, aproximadamente, 311 milhões de m<sup>3</sup> e 674 milhões de m<sup>3</sup> respectivamente (Figura 3.6). Tendo em consideração o corte anual admissível de espécies comerciais de aproximadamente 2,2 milhões de m<sup>3</sup> (Figura 3.8), é possível extrapolar o volume de corte anual admissível de espécies não comerciais (Tabela 3.14).

**Tabela 3.14:** Extrapolação do corte anual admissível de espécies não comerciais

| Espécies Comerciais               |  | Espécies não Comerciais           |   |
|-----------------------------------|--|-----------------------------------|---|
| <i>Biostock</i> (m <sup>3</sup> ) | Corte anual admissível (m <sup>3</sup> ) | <i>Biostock</i> (m <sup>3</sup> ) | Corte anual admissível (m <sup>3</sup> ) <sup>1</sup> |
| 311.381.366                       | 2.226.600                                | 674.002.705                       | 4.819.603   |

<sup>1</sup>Volume extrapolado

Desta forma, é possível verificar no diagrama da Figura 3.9, os volumes de corte anual admissível para as espécies comerciais e não comerciais.



**Fig 3.9:** Diagrama estratificado do volume de corte anual admissível para espécies comerciais e não comerciais

### 3.4. Disponibilidade de madeira

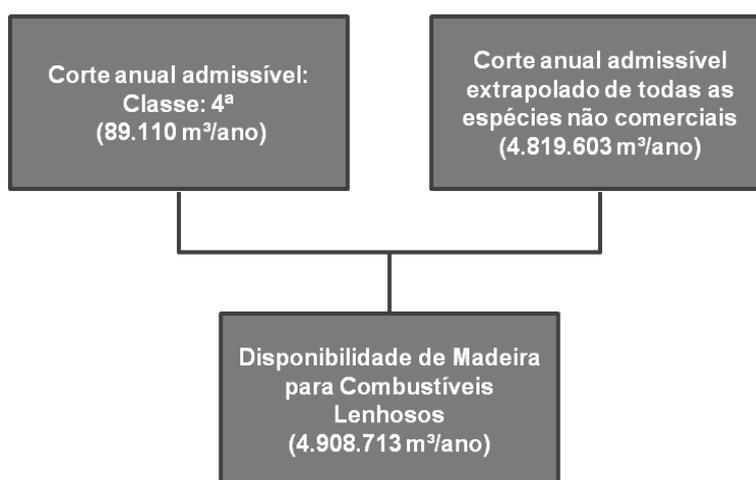
A disponibilidade de biomassa para combustíveis lenhosos resulta da análise do IMA para todas as espécies florestais independentemente de se encontrarem ou não a ser exploradas comercialmente.

Da produção de biomassa lenhosa resultante do incremento médio anual analisado no Capítulo 3.2 com um total de, aproximadamente 7 milhões de m<sup>3</sup>/ano, cerca de 5 milhões de m<sup>3</sup>/ano resultam do corte anual admissível extrapolado de todas as espécies não comerciais, ou seja, espécies que não se encontram licenciadas para abate no Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia (Capítulo III, Artigo 24). Esta falta de licenciamento não se deve na totalidade à protecção das espécies mas sim à falta de conhecimento da totalidade das espécies existentes no mosaico florestal nacional e da não utilização das mesmas para aproveitamento industrial e ou doméstico. Esta conclusão assenta essencialmente na recomendação da AIFM que refere o enorme potencial de utilização de espécies não comerciais, o que possibilitaria uma diminuição da pressão sobre as espécies mais utilizadas: Preciosa e 1ª classe (DNTEF, 2008b).

Convém referir que o mesmo artigo proíbe a utilização de espécies florestais raras, protegidas ou com valor histórico e sociocultural para a produção de combustíveis lenhosos, não tendo sido possível determinar qual o *biostock* e IMA dessas mesmas espécies.

Em relação às espécies comerciais, encontram-se disponíveis cerca de 23 milhões de m<sup>3</sup>/ano. Do valor anteriormente referido, somente 89 mil m<sup>3</sup>/ano se encontram disponíveis para a produção de combustíveis lenhosos já que pertencem a espécies de 4<sup>a</sup> classe (tal como exigido pelo Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia). No entanto, o mesmo Regulamento permite o aproveitamento de biomassa proveniente de outras classes em casos especiais (Capítulo 3.1) o qual poderá chegar a 75% do abate florestal, ou seja, antes da passagem pelos Serviços Provinciais de Agricultura para o licenciamento da madeira transportada (comunicação pessoal da Direcção Nacional de Terras e Florestas). Esta comunicação parece fazer todo o sentido se considerarmos que a entidade exploradora de madeira paga uma taxa de exploração por m<sup>3</sup>/ano de madeira transportada (diferente valor segundo o tipo de classe) levando assim ao transporte e licenciamento da secção da árvore mais valorizada economicamente – o seu fuste (preferencialmente com o maior DAP possível). Parece assim explicada, em parte, a enorme diferença existente entre a exploração florestal para produção de combustíveis lenhosos (ver Capítulo 3.9), cerca de 800 mil m<sup>3</sup>/ano e os 89 mil m<sup>3</sup>/ano disponíveis para o mesmo tipo de produção.

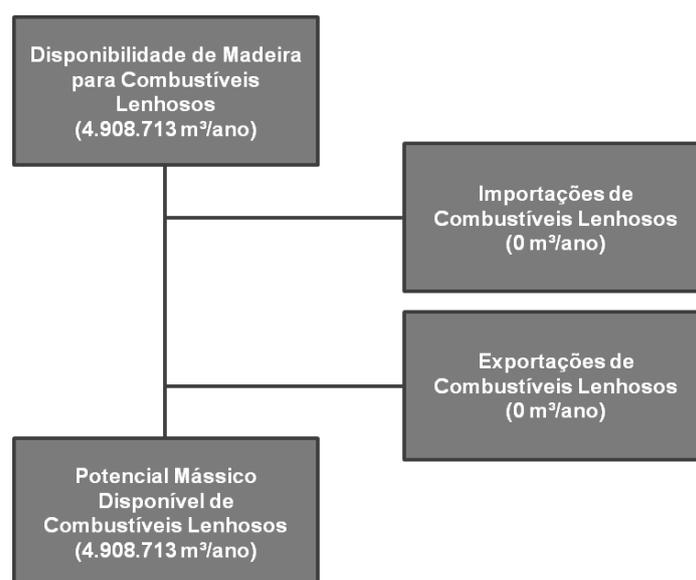
Assim, a disponibilidade de madeira para combustíveis lenhosos representa o somatório do incremento médio anual das espécies não comerciais e do corte anual admissível de espécies comerciais autorizadas para a produção de combustíveis lenhosos (Figura 3.10).



**Fig 3.10:** Diagrama estratificado da disponibilidade de madeira para combustíveis lenhosos

### 3.5. Potencial mássico disponível

O potencial mássico disponível de combustíveis lenhosos define-se como a disponibilidade de madeira para combustíveis lenhosos retirando os valores de exportações e acrescentando os valores de importação. Não foram contabilizados valores referentes à importação e exportação por ausência de dados e existência de referências a valores substancialmente baixos. Assim, o potencial mássico encontrado é idêntico à disponibilidade de madeira (Figura 3.11).



**Fig 3.11:** Diagrama estratificado do potencial mássico disponível de combustíveis lenhosos

### 3.6. Taxa anual de desflorestação

Uma estimativa preliminar da extracção ilegal de madeira poderá ser feita comparando as estatísticas florestais oficiais com os resultados de um estudo levado a cabo em 2001. Na Tabela 3.15 a primeira coluna representa a produção anual de rolaria em Moçambique entre 1997 e 2001 e em 2005. A segunda coluna indica o corte adicional médio anual estimado pelo Inquérito à Indústria Madeireira (EUREKA) com base no seu estudo. A terceira coluna apresenta a percentagem resultante da produção ilegal.

**Tabela 3.15:** Estimativa da produção ilegal de rolaria em Moçambique

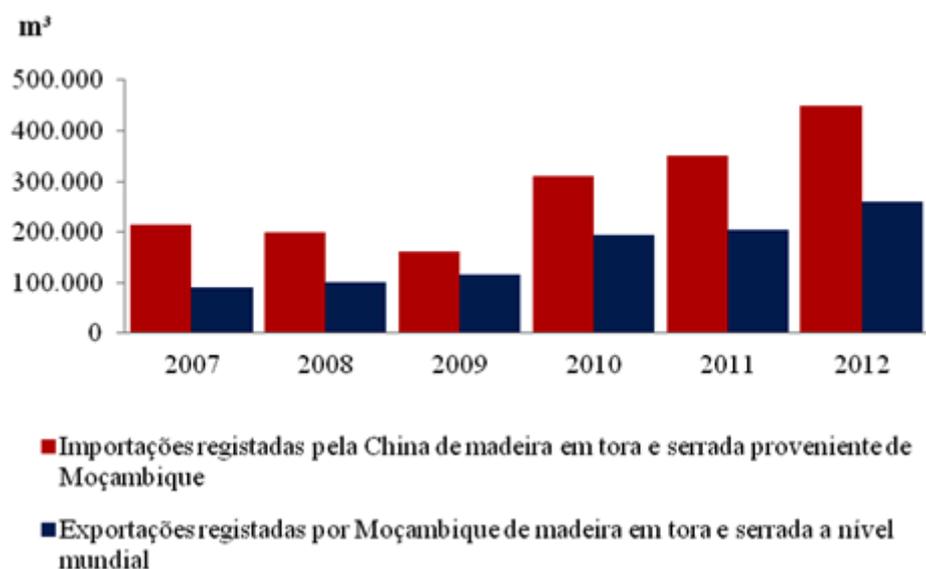
| Ano  | Produção anual oficial de rolaria (m <sup>3</sup> ) | Estimativa do corte total anual (m <sup>3</sup> ) | Estimativa da percentagem de produção ilegal (%) |
|------|---|---|--|
| 1997 | 120.558   | 180.000 – 200.000                                 | 33 – 40  |
| 1998 | 119.761   | 180.000 – 200.000                                 | 33 – 40  |
| 1999 | 61.482  | 180.000 – 200.000                                 | 66 – 69  |
| 2000 | 84.750  | 180.000 – 200.000                                 | 53 – 58  |
| 2001 | 91.250  | 180.000 – 200.000                                 | 49 – 54  |
| 2005 | 134.886   | 180.000 – 200.000                                 | 25 – 33  |

Fonte: Adaptado de DNFFB (2002) e DNTF (2006)

Em comparação com outros dados sobre estimativa de produção de rolaria em Moçambique, o valor atribuído pelo estudo da EUREKA é relativamente baixo. De acordo com a FAO (2003c), a produção industrial de rolaria em Moçambique pode chegar aos 1,2 milhões de m<sup>3</sup> por ano.

Segundo del Gatto (2003), as exportações de rolaria Moçambicana em 2000 e 2001 chegaram aos 18.626 m<sup>3</sup> e 33.000 m<sup>3</sup> respectivamente, enquanto os dados das importações dos Países receptores (entre os quais China, Alemanha, Itália, Japão e Espanha) apontam para 74.148 m<sup>3</sup> em 2000 e 65.372 m<sup>3</sup> em 2001.

Este problema relacionado com o corte ilegal de madeira tem vindo a agravar-se. Um estudo recente da *Environmental Investigation Agency* (EIA) publicado em Fevereiro de 2013, indica que em 2012, o Governo de Moçambique registou exportações de 260.385 m<sup>3</sup> de madeira em tora e serrada, enquanto por exemplo a China registou importações de 450.000 m<sup>3</sup> de madeira em tora e serrada proveniente de Moçambique (EIA, 2013). A discrepância é de 189.615 m<sup>3</sup>, constituída quase inteiramente de madeira em tora contrabandeada para fora de Moçambique por empresas Chinesas, e provavelmente composta primariamente por espécies de 1ª classe – as quais se encontram proibidas de serem exportadas em tora (Figura 3.12).



**Fig 3.12:** Comparação entre importações Chinesas e exportações Moçambicanas de madeira em tora e serrada, 2007-2012

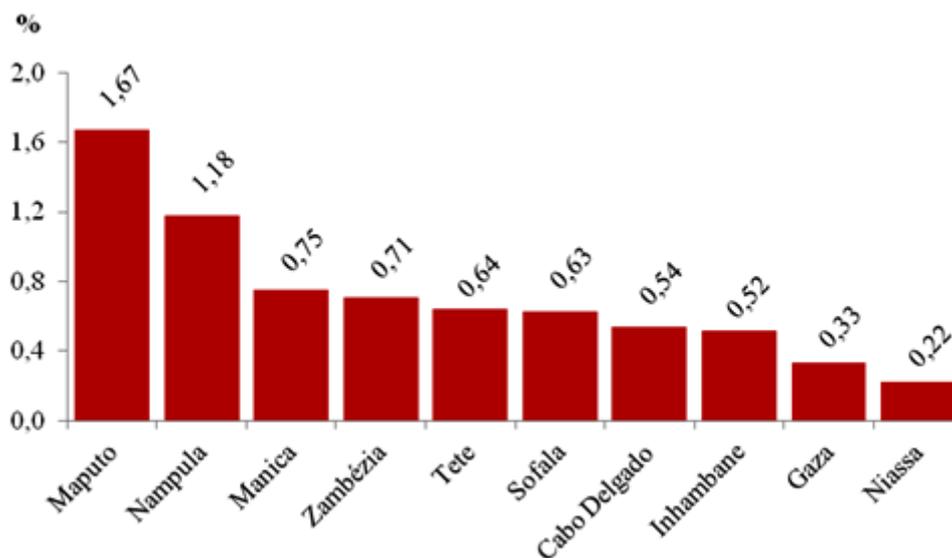
Contabilizando o facto de que a China importa 90% de toda madeira exportada de Moçambique, chegamos à conclusão que cerca de 800.000 m<sup>3</sup> de madeira provenientes de Moçambique – principalmente madeira em tora – foram contrabandeados para a China entre 2007 e 2012 (EIA, 2013).

Por exemplo, de acordo com o estudo CHAPOSA (2002), a taxa de desflorestação na Província de Maputo no período 1990 – 2000 foi de 5,7% por ano, enquanto a conversão da floresta em outro tipo de vegetação lenhosa, com pouco potencial florestal (o que indica a desflorestação resultante da exploração florestal para a produção madeireira, carvão vegetal e lenha) foi calculada em 4,4% por ano.

No global, a taxa de desflorestação em Moçambique entre 1980 e 1990 foi avaliada em 0,23% por ano (Saket, 1994). O corte raso de árvores para a produção de carvão vegetal e agricultura, na sua maioria usando fogo como uma ferramenta, têm sido apontados como as principais causas de desflorestação (Mangue, 1998).

Dados mais recentes estimam uma taxa de desflorestação nacional de 0,58% ao ano, com o maior contributo a ser dado pelas Províncias de Maputo e de Nampula, 1,18% e 1,67% respectivamente (DNTEF, 2008b). Considerando que duas das três maiores cidades Moçambicanas se encontram nestas Províncias – cidade de Maputo e de Nampula, depreende-se a importância do papel das populações urbanas na desflorestação (Figura 3.13).

A expansão da produção vegetal (agricultura itinerante) devido ao crescimento da população tem, até agora, sido baseada no alargamento das áreas de cultivo, principalmente através de desflorestação estimada em 15.000 hectares por ano, mas tem tendência a aumentar substancialmente com a introdução de novas áreas agrícolas para culturas tradicionais de rendimento como é o caso do algodão (DNTF, 2008b).



**Fig 3.13:** Taxa de desflorestação, segundo Província

A estimativa desta taxa média de desflorestação nacional foi baseada num modelo e emprega uma abordagem similar à adoptada pela FAO em que o pressuposto básico do modelo é de que a pressão populacional é o principal factor por detrás da desflorestação (DNTF, 2008b).

### **3.7. Poder calorífico inferior**

O poder calorífico é definido como a quantidade de energia na forma de calor que se liberta pela combustão de uma unidade de massa de madeira (Jara, 1989). No Sistema Internacional, é expresso em quilojoules por quilograma (kJ/kg), mas pode ser expresso em quilocalorias por quilograma (kcal/kg) (Briane e Doat, 1985). O poder calorífico divide-se em superior e inferior. O poder calorífico superior (PCS) é aquele em que a combustão se efectua 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 e Doat, 1985). O poder calorífico inferior (PCI) é a energia efectivamente disponível por unidade de massa de combustível após deduzir as perdas com a evaporação da água (Jara, 1989).

O poder calorífico da madeira seca em forno varia muito pouco para diferentes espécies de árvores dependendo principalmente do seu conteúdo em água, sendo que estudos como o do CEMIG (2005) referem um valor de 3.100 kcal/kg ou 12.989 kJ/kg como poder calorífico inferior da lenha. Esse valor provém de ensaios realizados pela Cetec – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. A Tabela 3.16 indica exemplos de PCS e PCI (medido em base seca) de diversas espécies florestais e de lenha não especificada, segundo o seu conteúdo em água.

**Tabela 3.16:** Poder calorífico superior de espécies florestais e lenha não especificada

| Espécie/Tipo                           | PCS (kcal/kg) | PCI (kcal/kg) | TH <sup>a</sup> (%) |
|--|---------------|---------------|---------------------|
| <sup>1</sup> <i>Eucalyptus</i> sp.     | 4.525         | 3.854         | 10,5                |
| <sup>1</sup> <i>Eucalyptus grandis</i> | 4.500         | 2.534         | 39,0                |
| <sup>2</sup> <i>Pinus</i> sp.          | 4.794         | -             | -                   |
| <sup>3</sup> Espécies tropicais        | 4.763         | -             | -                   |
| <sup>4</sup> Lenha                     | -             | 3.100         | -                   |
| <sup>5</sup> Lenha                     | -             | 2.400         | 40                  |
| <sup>5</sup> Lenha                     | -             | 3.680         | 12                  |

<sup>a</sup>Teor de humidade

<sup>1</sup>Santiago (2007)

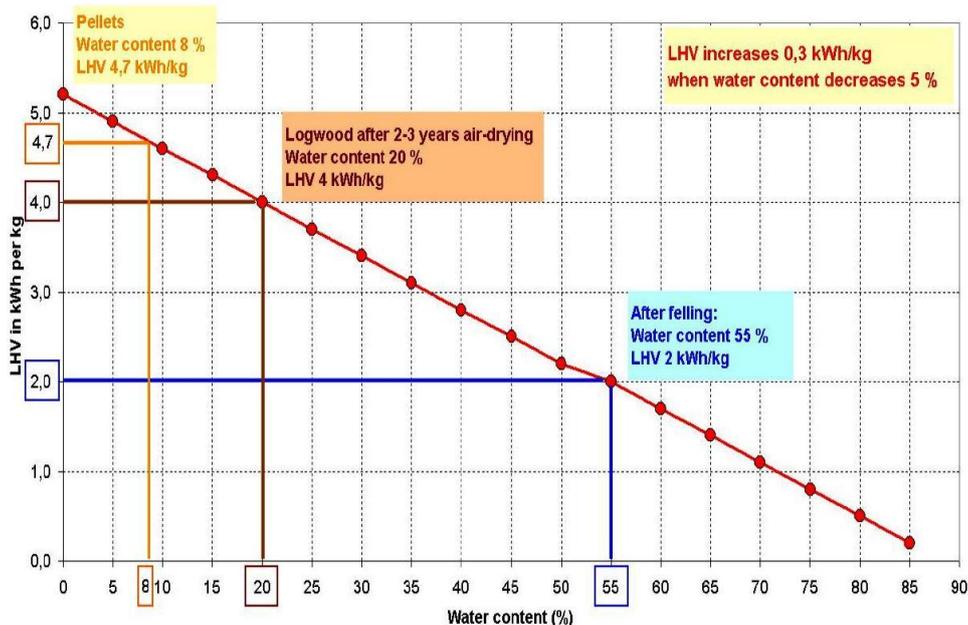
<sup>2</sup>Aroni (2005)

<sup>3</sup>Vale (2000)

<sup>4</sup>CEMIG (2005)

<sup>5</sup>Nascimento (2007)

Segundo a Figura 3.14, o PCI da madeira altera-se significativamente com a variação do conteúdo em humidade. Assim, no caso de corte e secagem ao ar durante 2 a 3 anos, a percentagem de humidade apresentada pela madeira é de 20% e com um PCI de 4 kWh/kg, por outro lado e no caso de madeira verde sem tempo de secagem, a percentagem de humidade apresentada pela madeira é de 55% e o seu PCI é 50% inferior, cerca de 2 kWh/kg (APEBIOMASSA, 2013). Outros autores como Hansfort e Mertz (2011) atribuem uma humidade de 12% (base seca) à madeira seca ao ar para uma densidade de 662 kg/m<sup>3</sup> e um peso seco ao ar de 759 kg por m<sup>3</sup>. Autores como Nascimento (2007) referem um PCI da madeira de 3.680 kcal/kg para um teor de humidade de 12%.



**Fig 3.14:** Poder calorífico inferior da madeira segundo o conteúdo em água  
 Fonte: APEBIOMASSA, 2013

Apesar de alguns autores referirem que o poder calorífico das espécies florestais variar essencialmente com o seu teor em humidade, existem diferenças entre as mesmas. As espécies com maior PCS ultrapassam as 5.000 kcal/kg enquanto outras não chegam às 4.000 kcal/kg (base seca). Em relação à densidade básica da madeira, os valores encontrados são muito díspares, podendo oscilar de 200 m<sup>3</sup>/kg a 1000 m<sup>3</sup>/kg. A Tabela 3.17 exemplifica espécies florestais com maior e menor PCS bem como a densidade básica da madeira.

**Tabela 3.17:** Poder calorífico superior e densidade básica de algumas espécies florestais

| Espécie                                     | PCS (kcal/kg) | Db <sup>a</sup> |
|---|---------------|-----------------|
| <sup>1</sup> <i>Acosmium dasycarpum</i>     | 4.989         | 0,74            |
| <sup>3</sup> <i>Dipteryx odorata</i>        | 4.828         | 1,08            |
| <sup>3</sup> <i>Eriotheca globosa</i>       | 3.888         | 0,39            |
| <sup>3</sup> <i>Matisia cordata</i>         | 4.062         | 0,42            |
| <sup>2</sup> <i>Mezilaurus itaúba</i>       | 5.263         | 0,70            |
| <sup>2</sup> <i>Ocotea cymbarum</i>         | 5.150         | 0,47            |
| <sup>2</sup> <i>Platymiscium ulei</i>       | 4.987         | 0,75            |
| <sup>1</sup> <i>Psidium warmingianum</i>    | 4.752         | 0,20            |
| <sup>2</sup> <i>Qualea brevipedicellata</i> | 4.398         | 0,63            |

<sup>a</sup>Densidade básica

<sup>1</sup>Vale (2000)

<sup>2</sup>Cunha (1989)

<sup>3</sup>Quirino (2004)

### 3.8. Resultados

Para determinar o potencial energético disponível é necessário converter os valores do potencial mássico disponível de combustíveis lenhosos (m<sup>3</sup>/ano) em Mg/ano e conseqüentemente em unidades energéticas tais como joule ou caloria. É importante referir que os valores anteriormente encontrados e provenientes do *biostock* indicam volumes e não pesos específicos. Adoptaram-se os valores referidos por Hansfort e Mertz (2011)<sup>1</sup> e Nascimento (2007)<sup>2</sup> em que:

- 1 m<sup>3</sup> = 759 kg (peso seco ao ar)<sup>1</sup>;
- Humidade da madeira seca ao ar (base seca)<sup>1</sup>: 12%;
- PCI = 3.680 kcal/kg com 12% de humidade<sup>2</sup>.

Desta forma aplicou-se a seguinte equação:

$$PED = PMD \times \frac{Psa}{U1} \times PCI \div U \quad [\text{Eq. 3.5}]$$

Em que:

*PED* – Potencial Energético Disponível (Gcal/ano)

*PMD* – Potencial Mássico Disponível (m<sup>3</sup>/ano)

*Psa* – Peso seco ao ar (kg)

*U1* – Unidade de conversão (m<sup>3</sup>)

*PCI* – Poder calorífico inferior (Mcal/Mg)

*U2* – Unidade de conversão (Mcal - Gcal)

O Potencial mássico disponível de combustíveis lenhosos (Capítulo 3.4) é idêntico à disponibilidade de madeira para combustíveis lenhosos, ou seja, cerca de 4.908.713 m<sup>3</sup>/ano. Assim, o potencial energético disponível de combustíveis lenhosos será de 13,7 milhões de Gcal/ano aplicando a equação anteriormente referida:

$$PED = 4.908.713 \times \frac{759}{1.000} \times 3.680 \div 1.000 = \mathbf{13.710.624 \text{ Gcal/ano}}$$

Considerando que 1 caloria (cal) é equivalente a 4,19002 joule (j), o potencial mássico disponível poderá ser representado em diversas unidades, entre as quais:

- 13,71 milhões de Gcal/ano;
- 57,45 milhões de GJ/ano.

Este potencial encontra-se associado ao *biostock* determinado pelo Inventário Florestal Nacional e descrito no Capítulo 3.2 e toda a metodologia assenta no ano de referência deste mesmo Inventário – 2008. Dessa forma é necessário entrar em linha de conta com a taxa anual de desflorestação (Capítulo 3.6).

Como vimos anteriormente, a disponibilidade de madeira para combustíveis lenhosos é idêntica ao potencial mássico disponível de combustíveis lenhosos – 4.908.713 m<sup>3</sup>/ano (Figura 3.11). Este valor provém do somatório do corte anual admissível de espécies de 4<sup>a</sup> classe (CAAC4) – 89.110 m<sup>3</sup>/ano, e do corte anual admissível extrapolado de todas as espécies não comerciais (CAAEENC) – 4.819.603 m<sup>3</sup>/ano (Figura 3.10). Dessa forma, serão projectados para cada um, os valores para o ano corrente de 2013, tendo em consideração a taxa anual de desflorestação (TAD).

A Tabela 3.18 projecta os resultados do CAAC4 para o corrente ano de 2013, verificando-se uma redução de 2,73% do total de corte disponível.

**Tabela 3.18:** Projecção do corte anual admissível das espécies de 4ª classe segundo a taxa anual de desflorestação, 2008-2013

| Província    | TAD <sup>1</sup> 2008 (%) | CAAC4 <sup>2</sup> 2008 (m <sup>3</sup> /ano) | CAAC4 <sup>2</sup> 2009 (m <sup>3</sup> /ano) | CAAC4 <sup>2</sup> 2010 (m <sup>3</sup> /ano) | CAAC4 <sup>2</sup> 2011 (m <sup>3</sup> /ano) | CAAC4 <sup>2</sup> 2012 (m <sup>3</sup> /ano) | CAAC4 <sup>2</sup> 2013 (m <sup>3</sup> /ano) |
|--------------|---------------------------|---|---|---|---|---|---|
| Cabo Delgado | 0,54                      | 48.722  | 48.459  | 48.197  | 47.937  | 47.678  | 47.421  |
| Gaza         | 0,33                      | 10.738  | 10.703  | 10.667  | 10.632  | 10.597  | 10.562  |
| Inhambane    | 0,52                      | 2.218   | 2.206   | 2.195   | 2.184   | 2.172   | 2.161   |
| Manica       | 0,75                      | 7.774   | 7.716   | 7.658   | 7.600   | 7.543   | 7.487   |
| Maputo       | 1,67                      | 500   | 492   | 483   | 475   | 467   | 460   |
| Nampula      | 1,18                      | 3.020   | 2.984   | 2.949   | 2.914   | 2.880   | 2.846   |
| Niassa       | 0,22                      | 6.613   | 6.598   | 6.584   | 6.569   | 6.555   | 6.541   |
| Sofala       | 0,63                      | 1.559   | 1.549   | 1.539   | 1.530   | 1.520   | 1.511   |
| Tete         | 0,64                      | 1.686   | 1.675   | 1.664   | 1.654   | 1.643   | 1.633   |
| Zambézia     | 0,71                      | 6.280   | 6.235   | 6.191   | 6.147   | 6.104   | 6.060   |
| <b>TOTAL</b> | <b>0,58</b>               | <b>89.110</b>                                 | <b>88.618</b>                                 | <b>88.129</b>                                 | <b>87.643</b>                                 | <b>87.160</b>                                 | <b>86.680</b>                                 |

<sup>1</sup>Taxa anual de desflorestação

<sup>2</sup>Corte anual admissível das espécies de 4ª classe

Tendo em consideração que não existem dados disponíveis sobre a distribuição do corte anual admissível extrapolado de todas as espécies não comerciais por Província, tornou-se necessário encontrar-se uma distribuição segundo o volume total disponível. A Tabela 3.19 projecta os resultados do CAAEENC para o corrente ano de 2013, verificando-se uma redução de 3,02% do total de corte disponível.

**Tabela 3.19:** Projectação do corte anual admissível extrapolado de espécies não comerciais segundo a taxa anual de desflorestação, 2008-2013

| Província    | Volume Total Disponível (m <sup>3</sup> ) | Volume Total (%) | TAD <sup>1</sup> 2008 (%) | CAAEEENC <sup>2</sup> 2008 (m <sup>3</sup> /ano) | CAAEEENC <sup>2</sup> 2009 (m <sup>3</sup> /ano) | CAAEEENC <sup>2</sup> 2010 (m <sup>3</sup> /ano) | CAAEEENC <sup>2</sup> 2011 (m <sup>3</sup> /ano) | CAAEEENC <sup>2</sup> 2012 (m <sup>3</sup> /ano) | CAAEEENC <sup>2</sup> 2013 (m <sup>3</sup> /ano) |
|--------------|---|------------------|---------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Cabo Delgado | 152.837.928                               | 15,51            | 0,54                      | 747.544  | 743.507  | 739.493  | 735.499  | 731.528  | 727.577  |
| Gaza         | 48.274.040                                | 4,90             | 0,33                      | 236.113  | 235.334  | 234.557  | 233.783  | 233.011  | 232.242  |
| Inhambane    | 33.209.860                                | 3,37             | 0,52                      | 162.432  | 161.588  | 160.748  | 159.912  | 159.080  | 158.253  |
| Manica       | 74.099.696                                | 7,52             | 0,75                      | 362.428  | 359.710  | 357.012  | 354.335  | 351.677  | 349.040  |
| Maputo       | 9.502.109                                 | 0,96             | 1,67                      | 46.476   | 45.700   | 44.936   | 44.186   | 43.448   | 42.722   |
| Nampula      | 92.570.483                                | 9,39             | 1,18                      | 452.771  | 447.428  | 442.148  | 436.931  | 431.775  | 426.680  |
| Niassa       | 181.969.610                               | 18,47            | 0,22                      | 890.030  | 888.072  | 886.118  | 884.169  | 882.223  | 880.283  |
| Sofala       | 47.023.778                                | 4,77             | 0,63                      | 229.998  | 228.549  | 227.109  | 225.678  | 224.256  | 222.843  |
| Tete         | 120.690.313                               | 12,25            | 0,64                      | 590.307  | 586.529  | 582.776  | 579.046  | 575.340  | 571.658  |
| Zambézia     | 225.206.256                               | 22,85            | 0,71                      | 1.101.504  | 1.093.684  | 1.085.918  | 1.078.208  | 1.070.553  | 1.062.952  |
| <b>TOTAL</b> | <b>985.384.072</b>                        | <b>100,00</b>    | <b>0,58</b>               | <b>4.819.603</b>                                 | <b>4.790.100</b>                                 | <b>4.760.815</b>                                 | <b>4.731.746</b>                                 | <b>4.702.892</b>                                 | <b>4.674.251</b>                                 |

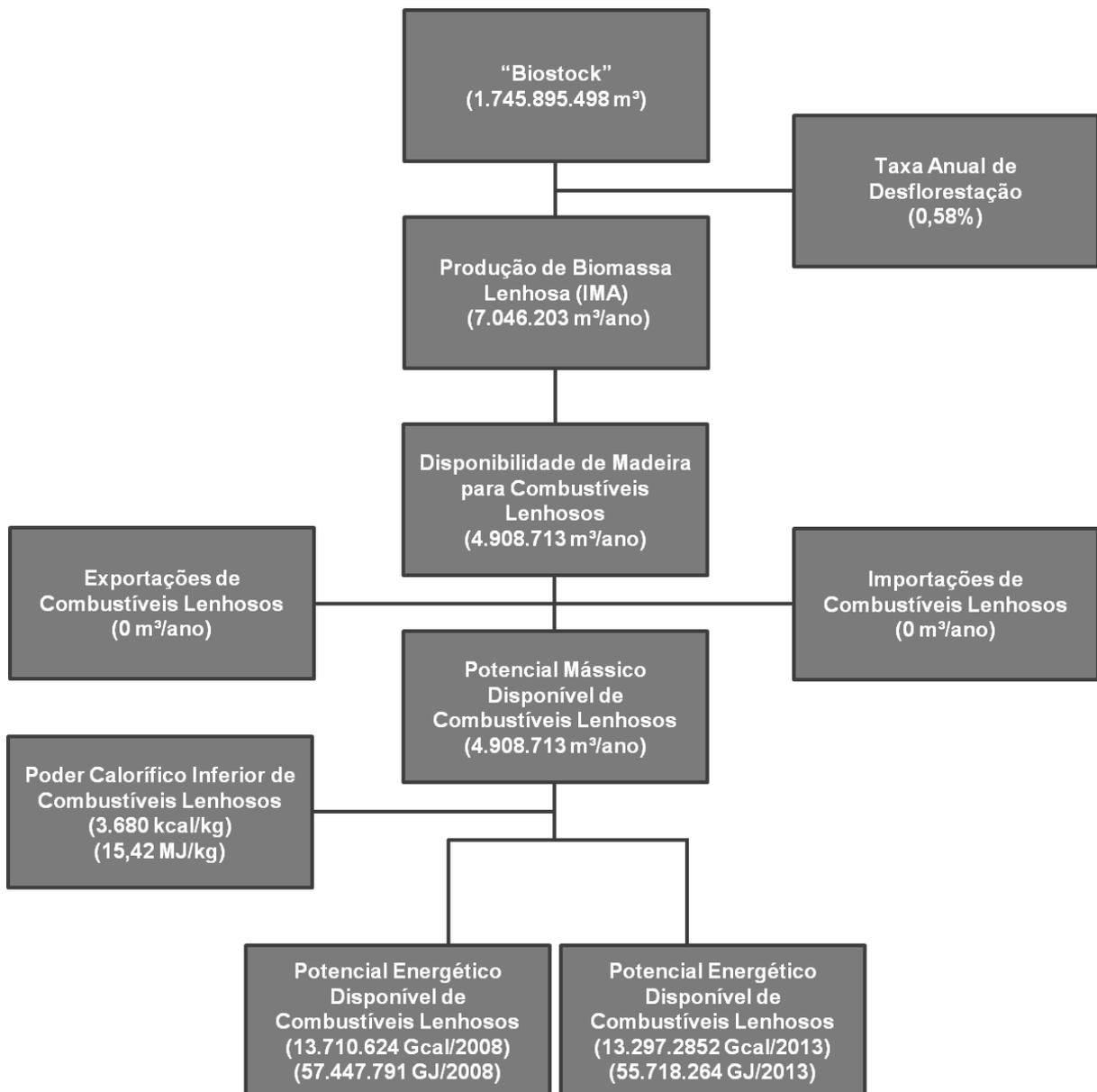
<sup>1</sup>Taxa anual de desflorestação

<sup>2</sup>Corte anual admissível extrapolado de todas as espécies não comerciais

Desta forma, os valores do potencial energético disponível (PED) de combustíveis lenhosos reduzem-se significativamente à medida que o *biostock* diminui. O valor do PED altera-se assim de 57.448 GJ em 2008 para 55.718 GJ em 2013 (Figura 3.15), após aplicação da equação [Eq. 3.5].

$$PED(2008) = 4.908.713 \times \frac{759}{1.000} \times 3.680 \div 1.000 = \mathbf{13.710.624 \text{ Gcal} = 57.447.791 \text{ GJ}}$$

$$PED(2013) = 4.760.931 \times \frac{759}{1.000} \times 3.680 \div 1.000 = \mathbf{13.297.852 \text{ Gcal} = 55.718.264 \text{ GJ}}$$



**Fig 3.15:** Resultados do cálculo do potencial energético de produção de combustíveis lenhosos para 2013

### 3.9. Produção oficial

A exploração florestal em Moçambique carece de licenciamento por parte das autoridades florestais e tem em consideração o CAA calculado (Tabela 3.13). Através dos Relatórios Estatísticos Anuais editados tanto pela DNFFB (1992, 1995, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003) como pela mais recente DNTF (2004, 2005, 2006, 2007, 2008a, 2009), é possível verificar que o volume licenciado supera o volume oficialmente escoado. Este último encontra-se discriminado na Tabela 3.20 para o período compreendido entre 1998 e 2008 e envolve os quatro principais produtos da exploração florestal:

- Lenha;
- Carvão vegetal;
- Estacas;
- Madeira em toros.

**Tabela 3.20:** Evolução do volume oficial escoado de combustíveis lenhosos e madeiras, 1998-2008

| Ano  | Produção de lenha (m <sup>3</sup> esteres) | Produção de carvão vegetal (sacos) | Produção de estacas (m <sup>3</sup> esteres) | Produção de madeira em toros (m <sup>3</sup> ) |
|------|--|------------------------------------|--|--|
| 1998 | 234.396                                    | 386.699                            | 1.838  | 119.761  |
| 1999 | 126.602                                    | 113.138                            | 1.888  | 61.482   |
| 2000 | 76.499                                     | 169.410                            | 5.338  | 84.750   |
| 2001 | 106.774                                    | 458.433                            | 6.834  | 91.215   |
| 2002 | 57.511                                     | 688.181                            | 12.132                                       | 130.290  |
| 2003 | 36.851                                     | 713.232                            | 10.057                                       | 96.271   |
| 2004 | 62.520                                     | 686.794                            | 12.841                                       | 111.523  |
| 2005 | 38.149                                     | 515.667                            | 4.119  | 102.626  |
| 2006 | 39.680                                     | 607.629                            | 5.110  | 143.587  |
| 2007 | 46.952 <sup>1</sup>                        | 781.566 <sup>1</sup>               | 8.849 <sup>1</sup>                           | 128.353  |
| 2008 | 35.912                                     | 602.311                            | 5.805  | 124.869  |

<sup>1</sup>Dados de volume licenciado

Um dos maiores problemas que surgem aquando dos cálculos para determinação do potencial energético de produção e de consumo de determinados produtos lenhosos é a utilização de diferentes unidades de medida quer sejam metros cúbicos, metros cúbicos esteres, sacos, quilogramas, entre outros. Desta forma, torna-se importante a conversão de todos os dados provenientes da produção e consumo de diferentes produtos lenhosos numa só medida antes da sua conversão final em unidades energéticas.

O estere corresponde à medida de volume de um metro cúbico e aplica-se tradicionalmente a madeira empilhada, em geral lenha. Tecnicamente o estere compreende a madeira propriamente dita e os espaços vazios entre os toros. O uso do estere na comercialização de lenha deve-se à facilidade em tirar medidas no campo, pois basta uma vara graduada para medir as pilhas de madeira, apesar de a medida apresentar uma série de inconvenientes. Os principais inconvenientes na comercialização de madeira empilhada utilizando-se o estere como unidade de medida, são os aspectos que influenciam o volume sólido de madeira contida na pilha, tais como: diâmetro dos toros, tortuosidade e defeitos do tronco, tempo de secagem, método de empilhamento, entre outros, o que gera variações no factor de empilhamento de 9 a 36% (Batista e Couto, 2007). Este factor de empilhamento compreende a razão entre o volume empilhado e o volume sólido das pilhas de madeira. Para a lenha de uso residencial, predominantemente de origem nativa, é adoptada a densidade de 330 kg/m<sup>3</sup> estereres, valor médio identificado em pesquisa realizada pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - Cetec em localidades do Estado de Minas Gerais, Brasil (CEMIG, 2005). Este valor varia com a densidade da madeira, a sua humidade, forma, dimensões e a perícia com que a lenha é empilhada. Valor idêntico é apresentado por Hansfort e Mertz (2011) em que:

- 1 estere = 330 kg (peso seco ao ar);
- 1 m<sup>3</sup> = 759 kg (peso seco ao ar);
- Densidade da madeira seca ao ar: 662 kg/m<sup>3</sup>;
- Humidade da madeira seca ao ar (base seca): 12%;
- Humidade da madeira verde (base seca): 43%.

Outros autores como Batista e Couto (2007) referem que para converter medidas volumétricas sólidas de lenha (m<sup>3</sup>) em volume empilhado (m<sup>3</sup> estereres) deve ser adoptado um factor de empilhamento de 1,2, ou seja, para conversão de m<sup>3</sup> estereres em m<sup>3</sup> é necessário utilizar um factor de conversão de aproximadamente 0,833. Este factor de conversão será utilizado também para a conversão do volume de estacas anualmente escoadas para o mercado.

No entanto, convém referir que, segundo a FAO (1983), o peso da lenha altera-se significativamente dependendo do seu conteúdo em humidade; a diferença entre lenha verde e lenha seca poderá chegar aos 75% e a conversão entre peso e volume pode assim conduzir a um erro significativo.

Em relação ao carvão vegetal, é usualmente comercializado em base volumétrica, o que traz sérios problemas de contabilização, devido à fragmentação e à acamação do produto desde a saída das carvoarias até à sua utilização final. Segundo o CEMIG (2005), a conversão de volume para massa obtém-se da seguinte forma:

- 250 kg/m<sup>3</sup> para o carvão bruto de origem nativa;
- 340 kg/m<sup>3</sup> para os finos de carvão.

Segundo Egas (2006), são produzidos dois tipos de carvão vegetal: carvão vegetal leve e carvão vegetal pesado. O carvão vegetal leve, ao contrário do pesado, obtém-se através de uma mistura de espécies com densidades mais baixas, o que implica um peso obtido por saco comercializado de aproximadamente 30 kg para o carvão leve e 42 kg para o carvão pesado. Outros autores como del Gatto (2003) indicam um peso médio do saco de carvão vegetal de 32 kg. Já Vilanculos (1998) estabelece um valor entre os 25 e os 35 kg por saco de carvão vegetal, estando estes valores dependentes das espécies utilizadas. Por fim, o Projecto FO-2, ocorrido em Maputo entre os anos de 1979 e 1981, permitiu quantificar o peso médio de cada saco de carvão vegetal comercializado em cerca de 34 kg.

Desta forma, é possível converter os diversos dados fornecidos pela DNFFB e DNTF e presentes na Tabela 3.20, numa medida única já utilizada no cálculo do *biostock* e do incremento médio anual, o metro cúbico (m<sup>3</sup>). Os factores utilizados nos métodos de conversão e apresentados na Tabela 3.21 foram os seguintes:

- Lenha e estacas: m<sup>3</sup> estere para m<sup>3</sup> = 0,833;
- Carvão vegetal: saco para kg = 34;
- Carvão vegetal: kg para m<sup>3</sup> = 0,004

A Tabela 3.21 apresenta a evolução das diversas matérias-primas lenhosas obtidas anualmente durante o período compreendido entre 1998 e 2008 e segundo uma só unidade – m<sup>3</sup>, sendo possível verificar um valor flutuante na produção de estacas, uma descida acentuada na produção de lenha e aumentos na produção de carvão vegetal e madeira em toros.

**Tabela 3.21:** Reconversão do volume oficial escoado de combustíveis lenhosos e madeiras, 1998-2008

| Ano  | Produção de lenha (m <sup>3</sup> ) | Produção de carvão vegetal (m <sup>3</sup> ) | Produção de estacas (m <sup>3</sup> ) | Produção de madeira em toros (m <sup>3</sup> ) | TOTAL (m <sup>3</sup> ) |
|------|-------------------------------------|--|---------------------------------------|--|-------------------------|
| 1998 | 195.330                             | 52.591                                       | 1.532                                 | 119.761  | 369.214                 |
| 1999 | 105.502                             | 15.387                                       | 1.573                                 | 61.482   | 183.944                 |
| 2000 | 63.749                              | 23.040                                       | 4.448                                 | 84.750   | 175.987                 |
| 2001 | 88.978                              | 62.347                                       | 5.695                                 | 91.215   | 248.235                 |
| 2002 | 47.926                              | 93.593                                       | 10.110                                | 130.290  | 281.918                 |
| 2003 | 30.709                              | 97.000                                       | 8.381                                 | 96.271   | 232.361                 |
| 2004 | 52.100                              | 93.404                                       | 10.701                                | 111.523  | 267.728                 |
| 2005 | 31.791                              | 70.131                                       | 3.433                                 | 102.626  | 207.980                 |
| 2006 | 33.067                              | 82.638                                       | 4.258                                 | 143.587  | 263.550                 |
| 2007 | 39.127                              | 106.293                                      | 7.374                                 | 128.353  | 281.147                 |
| 2008 | 29.927                              | 81.914                                       | 4.838                                 | 124.869  | 241.547                 |

De forma a estimar o potencial de produção de combustíveis lenhosos, será utilizado o volume médio total de produção de madeira em toros, carvão vegetal, lenha e estacas ocorrido entre os anos de 1998 e 2008 (Tabela 3.22).

**Tabela 3.22:** Volume médio oficial de combustíveis lenhosos e madeiras, 1998-2008

| Ano       | Produção de lenha (m <sup>3</sup> ) | Produção de carvão vegetal (m <sup>3</sup> ) | Produção de estacas (m <sup>3</sup> ) | Produção de madeira em toros (m <sup>3</sup> ) | TOTAL (m <sup>3</sup> ) |
|-----------|-------------------------------------|--|---------------------------------------|--|-------------------------|
| 1998-2008 | 65.291                              | 70.758                                       | 5.668                                 | 108.612  | 250.328                 |

A produção de carvão vegetal através de fornos tradicionais implica um baixo rendimento de conversão, entre 8-12% (Sepp, 2008). Assumindo que o licenciamento atribuído à produção de carvão vegetal é realizado após a conversão da lenha recolhida em carvão vegetal (como parece demonstrar a Tabela 3.20 ao apresentar a unidade de produção em sacos), é necessário reconverter esta produção em matéria-prima – lenha. Assim, e assumindo um rendimento médio de conversão de 10%, a produção de carvão vegetal licenciado teve origem na transformação de 707.580 m<sup>3</sup> de lenha (Tabela 3.23).

**Tabela 3.23:** Volume médio oficial de combustíveis lenhosos convertidos em lenha e madeiras, 1998-2008

| Ano       | Produção de lenha (m <sup>3</sup> ) | Matéria-prima para produção de carvão <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> ) | Produção de estacas (m <sup>3</sup> ) | Produção de madeira em toros (m <sup>3</sup> ) | TOTAL (m <sup>3</sup> ) |
|-----------|-------------------------------------|--|---------------------------------------|--|-------------------------|
| 1998-2008 | 65.291                              | 707.580  | 5.668                                 | 108.612  | 887.149                 |

<sup>1</sup>Assumindo uma eficiência de conversão de 10%

A exploração oficial de madeira de 1998 a 2008 poderá assim ser dividida em exploração florestal combustível (EFC) (somatório da produção de lenha e da matéria-prima para produção de carvão vegetal) e exploração florestal não combustível (EFNC) (somatório da produção de estacas e de madeira em toros), ou seja:

$$EFC (m^3) = \text{Produção de lenha} + \text{Produção de lenha para carvão} \quad [\text{Eq. 3.6}]$$

$$EFC = 65.291 + 707.580 = \mathbf{772.871 m^3}$$

$$EFNC (m^3) = \text{Produção de estacas} + \text{Produção de madeira em toros} \quad [\text{Eq. 3.7}]$$

$$EFNC (m^3) = 5.668 + 108.612 = \mathbf{114.280 m^3}$$

O valor médio oficial de produção de combustíveis lenhosos é assim de cerca de 800 mil m<sup>3</sup> em contraste com o potencial mássico disponível de combustíveis lenhosos de cerca de 4,9 milhões de m<sup>3</sup> (Figura 3.15). No entanto, convém referir que a produção não oficial de lenha e carvão vegetal bem como a utilização de lenha para consumo das populações rurais e peri-urbanas não se encontram aqui quantificadas, o que poderá fazer aumentar substancialmente o valor oficial de produção.

Aplicando o PCI já utilizado para o cálculo do potencial energético disponível, a produção oficial média de combustíveis lenhosos em Moçambique atinge somente os 9.045.086 GJ/ano ou 2.158.721 Gcal/ano.

#### 4. Consumo energético total

Como se disse anteriormente, as fontes tradicionais de energia sob a forma de lenha e carvão vegetal representam mais de 80% do uso total de energia na África Subsaariana (GTZ, 2009b). Em termos gerais, o consumo de combustíveis lenhosos é estimado entre os 0,5 a 1 m<sup>3</sup>/per capita.

O CNDS (2002) refere que as populações utilizam, no mínimo, 2.600 kg de lenha por ano para atender às suas necessidades, tendo em consideração que cada família é composta, em média, por seis membros.

É extremamente difícil contabilizar o consumo efectivo de carvão vegetal, especialmente nos grandes centros urbanos. No caso de Moçambique, calcula-se que somente 1-5% da produção corrente de carvão vegetal se encontra registada, ou seja, mais de 8 milhões de sacos por ano poderão estar a ser produzidos fora do controlo das autoridades oficiais (del Gatto, 2003). Aliás, a recolha ilegal de madeira e o respectivo comércio é um flagelo a nível global com consequências muitas vezes desastrosas a nível social, económico, ambiental e de governação (Reboredo, 2013a; 2013b).

Conclui-se assim que não é fácil quantificar o volume total do consumo de combustíveis lenhosos – lenha e carvão vegetal, através dos dados oficiais de licenciamento deste tipo de combustíveis. Tendo em consideração o preço que o carvão vegetal atinge em grandes cidades como Maputo, cerca de 600 meticais/saco (aproximadamente 15 euros), e que as populações rurais poderão utilizar mais facilmente a lenha como fonte energética para cozinhar e aquecimento, parece lógico que grande parte desses licenciamentos se traduzam em produção de carvão vegetal. Assim, será mais razoável calcular o consumo de carvão vegetal e lenha através de dados efectivos ou estimados de utilização do que propriamente produção.

Neste capítulo serão avaliados alguns dados presentes nos capítulos anteriores bem como novos dados no sentido de caracterizar e quantificar o consumo doméstico de combustíveis lenhosos provenientes da floresta natural. Para tal, é necessário definir quais os parâmetros mais relevantes e que influenciam o consumo deste recurso renovável.

#### 4.1. Metodologia

A Tabela 4.1 descreve os parâmetros de cálculo do consumo de combustíveis lenhosos.

**Tabela 4.1:** Parâmetros de cálculo do consumo de combustíveis lenhosos

| Parâmetros   | Dados  |
|--|--|
| Tipo de População                                      | Quantificação da populacional que vive em meio urbano e rural. |
| Taxa de Crescimento Populacional                       | Taxa de crescimento populacional por Província.                |
| Importação e Exportação                                | Balanco de entrada e saída de combustíveis lenhosos.           |
| Tipo de combustível lenhoso                            | Quantificação do consumo de lenha e carvão vegetal.            |
| Poder Calorífico Inferior (PCI) do combustível lenhoso | Potencial energético da lenha.                                 |

Fonte: Autor

A metodologia para o cálculo do consumo energético total de combustíveis lenhosos descrita na Figura 4.1, permite analisar diferentes comportamentos de consumo de combustíveis lenhosos, quer seja no que concerne ao consumo de lenha ou ao consumo de carvão vegetal. O método baseia-se nos dados disponíveis sobre o consumo *per capita* de lenha e carvão vegetal sendo que este consumo difere segundo o tipo de consumidor – urbano ou rural. Para além disso, nem toda a população consome combustíveis lenhosos o que torna importante o conhecimento, não só dos dados sobre a população residente mas também onde se encontra – nas cidades ou nos aglomerados rurais. O crescimento populacional será também avaliado, pois tal como a taxa de desflorestação na metodologia de cálculo da disponibilidade de combustíveis lenhosos, permite avaliar a sustentabilidade do uso dos mesmos. Assim, nesta metodologia, serão quantificados os consumos dos dois tipos de combustíveis lenhosos – lenha e carvão vegetal.

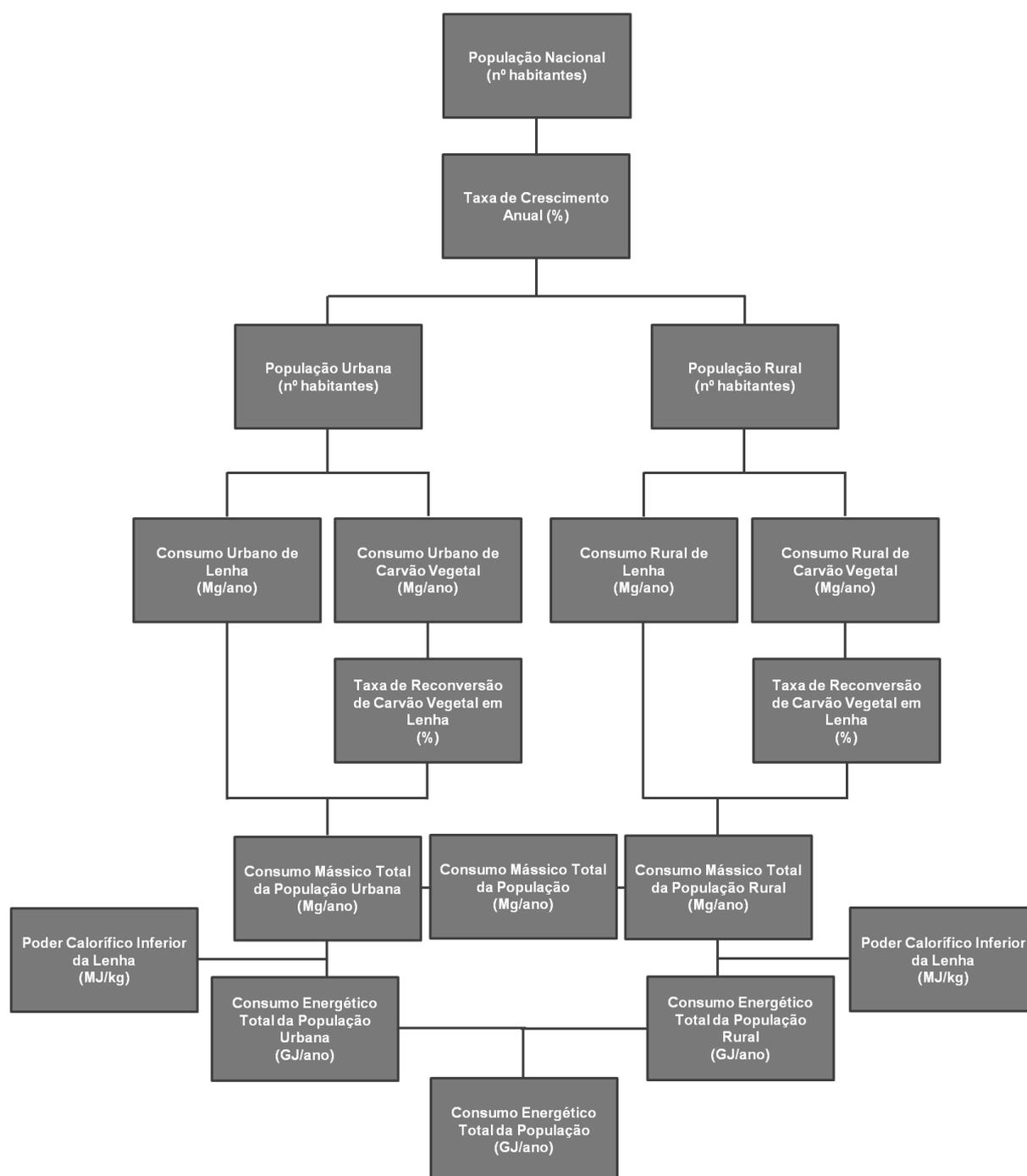


Figura 4.1 – Metodologia para cálculo do consumo energético de combustíveis lenhosos

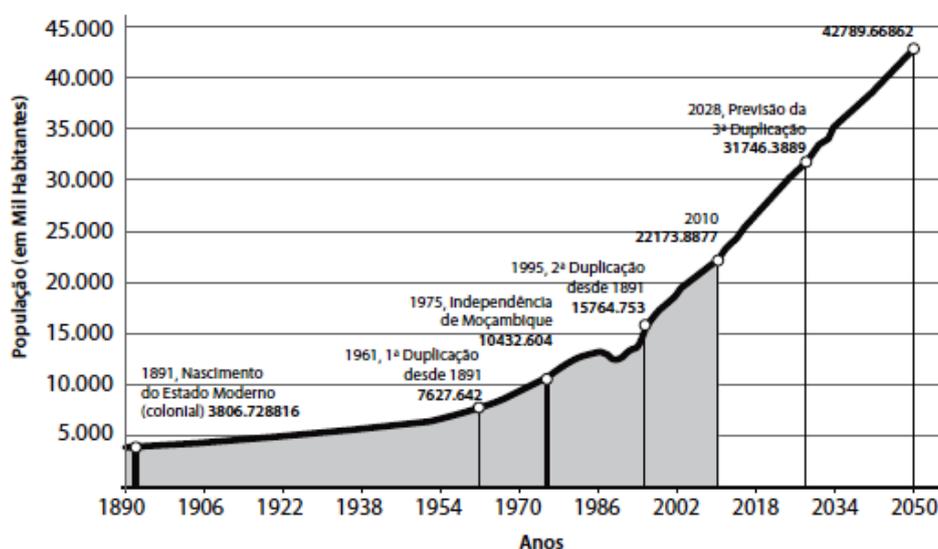
#### 4.2. População urbana, rural e taxas de crescimento populacional

Segundo Belward (2011), o crescimento da procura de carvão vegetal está directamente associado ao crescimento da população urbana, a menos que se reverta o paradigma por opções políticas. Só a realização de novos estudos sobre o consumo de CL e comparação com estudos anteriores poderá revelar padrões que influenciam decididamente o consumo.

Em Moçambique, ter muitos filhos continua a ser a principal forma de protecção social, ao dispor da maioria da população moçambicana (Francisco, 2011). Três razões explicam este facto:

- O tipo de regime demográfico prevaemente nos séculos passados e, no último meio século, a transição demográfica em curso – lenta, incipiente e atrasada, quando comparada com o processo de transição demográfica global;
- A elevada dependência da maioria da população de uma economia de subsistência precária, comparativamente à exígua economia de mercado capitalista;
- A carência de infra-estruturas institucionais, nomeadamente um sistema financeiro formal e informal, capaz de proporcionar acesso amplo e efectivo à maioria da população.

Como indica o gráfico da Figura 4.2, de 1891 até 2010, a população Moçambicana aumentou, aproximadamente de 3,8 milhões para 22,2 milhões de habitantes. Um aumento populacional de quase seis vezes mais, num período de 120 anos, resultando num incremento de 18,4 milhões de habitantes (Francisco, 2011).



**Figura 4.2** – Evolução e projecção da população Moçambicana entre 1890 e 2050 (Francisco, 2011)

Segundo as Nações Unidas (UN, 2010), a primeira duplicação populacional poderá ter ocorrido no início da década de 1960, ao totalizar 7,6 milhões de habitantes em 1961. A segunda duplicação terá acontecido por volta de 1995, ao atingir 15,8 milhões de habitantes, prevendo-se que atinja a terceira duplicação por volta do ano 2028, ano em que se espera atingir 32 milhões de habitantes. Isto significa que, após 35 anos de independência, a população duplicou.

A evolução futura do tamanho populacional dependerá da organização da sociedade/economia e da variação das taxas vitais e da estrutura etária, nomeadamente da taxa bruta de natalidade associada ao nível de fecundidade das mulheres em idade reprodutiva. As projecções da ONU (Organização das Nações Unidas) em 2008 assumem uma redução progressiva da fecundidade, tanto no mundo em geral como em Moçambique. Relativamente à população Moçambicana prevê-se que continue a crescer ao longo de toda a primeira metade e parte da segunda metade do corrente Século XXI, não se sabendo quando estabilizará (Arnaldo e Ramos, 2011).

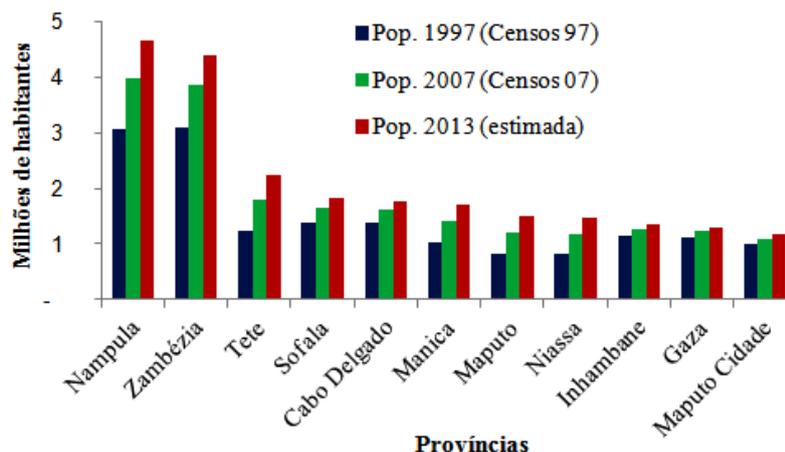
Através da análise dos resultados dos dois últimos Censos realizados em Moçambique (Censos 97 e Censos 07), é possível calcular a taxa de crescimento anual de cada Província e extrapolar essas mesmas taxas para o corrente ano de 2013 (Tabela 4.2).

**Tabela 4.2:** Censos populacionais de 1997 e 2007 e população estimada para 2013

| Província     | Pop. 1997<br>(Censos 97) | Pop. 2007<br>(Censos 07) | Taxa de<br>crescimento anual<br>(%) | Pop. 2013<br>(Estimada) |
|---------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| Cabo Delgado  | 1.382.200                | 1.606.568                | 1,52                                | 1.758.313               |
| Gaza          | 1.118.500                | 1.228.514                | 0,94                                | 1.299.650               |
| Inhambane     | 1.158.900                | 1.271.818                | 0,93                                | 1.344.784               |
| Manica        | 1.041.000                | 1.412.248                | 3,10                                | 1.695.849               |
| Maputo        | 832.100                  | 1.205.709                | 3,78                                | 1.506.199               |
| Nampula       | 3.067.900                | 3.985.613                | 2,65                                | 4.663.238               |
| Niassa        | 809.800                  | 1.170.783                | 3,76                                | 1.460.615               |
| Sofala        | 1.370.700                | 1.642.920                | 1,83                                | 1.831.558               |
| Tete          | 1.227.800                | 1.783.967                | 3,81                                | 2.232.248               |
| Zambézia      | 3.100.900                | 3.849.455                | 2,19                                | 4.382.744               |
| Maputo Cidade | 989.400                  | 1.094.628                | 1,02                                | 1.163.064               |
| <b>Total</b>  | <b>16.099.200</b>        | <b>20.252.223</b>        | <b>2,32</b>                         | <b>23.338.262</b>       |

Fonte: INE, 2010 e INE, 2012a

A Figura 4.3 mostra a evolução da população desde 1997. Províncias como Tete, Maputo, Niassa e Manica encontram-se com as taxas de crescimento mais elevadas, enquanto Inhambane, Gaza e Maputo Cidade são as Províncias em que a população menos cresce. Ainda assim, as Províncias de Nampula e Zambézia permaneceram, de longe, as mais populosas.



**Figura 4.3** – Evolução da população entre 1997 e 2013, por Província

Desta forma, a população nacional expectável para o corrente ano de 2013 é de aproximadamente 23 milhões de habitantes. O cálculo da população actual torna-se importante para a análise do consumo de combustíveis lenhosos conforme a metodologia anteriormente apresentada.

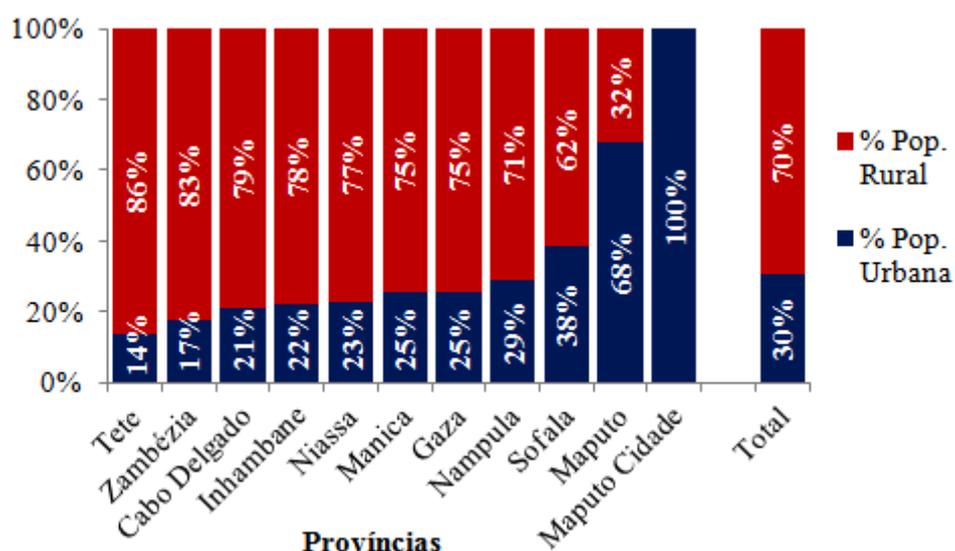
No entanto, a metodologia aplica dois diferentes tipos de consumo: urbano e rural, dado que os mesmos não são iguais, quer em termos de consumo de carvão vegetal quer em termos de consumo de lenha. Assim, é necessário diferenciar o crescimento da população segundo o meio onde vive.

Os dados fornecidos pelo Censos 1997 através do Instituto Nacional de Estatística (II Recenseamento Geral da População e Habitação, Moçambique) sobre a população segundo a área de residência, indicavam que 29% da população residia em meio urbano e 71% em meio rural (sem especificação entre Províncias). O Censos 2007 (INE, 2012b) permite verificar como está distribuída a população segundo a Província e o meio onde vive, rural ou urbano, observando-se um ligeiro aumento na percentagem da população urbana (Tabela 4.3).

**Tabela 4.3:** População urbana e rural segundo Censos 2007, por Província

| Província     | Pop. 2007 (Censos 07) | Pop. Urbana      | Pop. Rural        | Pop. Urbana (%) | Pop. Rural (%) |
|---------------|-----------------------|------------------|-------------------|-----------------|----------------|
| Cabo Delgado  | 1.606.568             | 334.853          | 1.271.715         | 21              | 79             |
| Gaza          | 1.228.514             | 312.511          | 916.003           | 25              | 75             |
| Inhambane     | 1.271.818             | 282.071          | 989.747           | 22              | 78             |
| Manica        | 1.412.248             | 357.206          | 1.055.042         | 25              | 75             |
| Maputo        | 1.205.709             | 818.967          | 386.742           | 68              | 32             |
| Nampula       | 3.985.613             | 1.139.451        | 2.846.162         | 29              | 71             |
| Niassa        | 1.170.783             | 268.017          | 902.766           | 23              | 77             |
| Sofala        | 1.642.920             | 628.753          | 1.014.167         | 38              | 62             |
| Tete          | 1.783.967             | 243.874          | 1.540.093         | 14              | 86             |
| Zambézia      | 3.849.455             | 671.643          | 3.177.812         | 17              | 83             |
| Maputo Cidade | 1.094.628             | 1.094.628        | 0                 | 100             | 0              |
| <b>Total</b>  | <b>20.252.223</b>     | <b>6.151.974</b> | <b>14.100.249</b> | <b>30</b>       | <b>70</b>      |

Segundo é possível verificar na Figura 4.4, existem diferenças assinaláveis entre a população rural e urbana segundo cada Província. A Província de Tete é aquela que apresenta uma maior diferença entre a população rural e a urbana, 86,33% e 13,67% respectivamente. Como seria de esperar e no outro extremo, a população da Província Maputo Cidade encontra-se totalmente em meio urbano.



**Figura 4.4** – Percentagem de população segundo área de residência, Censos 2007

Segundo Falcão (2004), cerca de dois terços do crescimento anual em Moçambique verifica-se em meio urbano apesar de não especificar as diferenças existentes entre cada Província e se basear em projecções de crescimento acima dos verificados no Censos 2007 para a cidade de Maputo, áreas urbanas e áreas rurais – 5%, 3% e 2,3% respectivamente. Convém salientar que é necessário ter em atenção o êxodo populacional das áreas rurais para as áreas urbanas. Para tal, foi produzida uma fórmula para cálculo do crescimento da população nas diversas Províncias tendo em consideração a taxa de crescimento anual obtida entre os Censos 1997 e 2007 (cerca de 2,32%) e a estimativa de diferentes crescimentos entre as populações urbanas e rurais (dois terços do crescimento anual em meio urbano e um terço em meio rural). Assim, para os anos seguintes é necessário calcular as seguintes equações:

$$PT^{n+1} = PT^n \times TCA + PT^n \quad [\text{Eq. 4.1}]$$

$$PU^{n+1} = TCU \times (PT^{n+1} - PT^n) + PU^n \quad [\text{Eq. 4.2}]$$

$$PR^{n+1} = TCR \times (PT^{n+1} - PT^n) + PR^n \quad [\text{Eq. 4.3}]$$

Em que:

$PT^n$  = População Total no ano n (habitantes)

$PU^x$  = População Urbana no ano n (habitantes)

$PR^n$  = População Rural no ano n (habitantes)

$n$  = Ano de referência

TCA = Taxa de Crescimento Anual (%)

TCU = Taxa de Crescimento Urbano (% da Taxa de Crescimento Anual)

TCR = Taxa de Crescimento Rural (% da Taxa de Crescimento Anual)

Para o exemplo da Província de Cabo Delgado, os dados disponíveis para o cálculo do crescimento estimado da população urbana e rural são os seguintes:

$PT^{2007} = 1.606.568$  habitantes

$PU^{2007} = 334.853$  habitantes

$PR^{2007} = 1.271.715$  habitantes

$n = 2007$

TCA = 1,52%

TCU = 65%

TCR = 35%

Desta forma e aplicando as equações [Eq. 4.1], [Eq. 4.2] e [Eq. 4.3], temos:

$$PT^{n+1} = PT^n \times TCA + PT^n$$

$$PT^{2008} = 1.606.568 \times 1,52\% + 1.606.568 = \mathbf{1.630.917 \text{ habitantes}}$$

$$PU^{n+1} = TCU \times (PT^{n+1} - PT^n) + PU^n$$

$$PU^{2008} = 65\% \times (1.630.988 - 1.606.568) + 334.853$$

$$PU^{2008} = \mathbf{350.680 \text{ habitantes}}$$

$$PR^{n+1} = TCR \times (PT^{n+1} - PT^n) + PR^n$$

$$PR^{2008} = 35\% \times (1.630.988 - 1.606.568) + 1.271.715$$

$$PR^{2008} = \mathbf{1.280.237 \text{ habitantes}}$$

A projecção indica que a população da Província de Cabo Delgado cresce dos 1.606.568 habitantes em 2007 para 1.630.917 habitantes em 2008. O crescimento foi assim projectado para 2013 para todas as Províncias de Moçambique.

A Figura 4.5 ilustra o exemplo da evolução da população rural e urbana segundo a taxa de crescimento ocorrida entre os últimos Censos e a diferença entre o crescimento anual rural e urbano. O ano de 2079 representará a inversão do rácio entre a população rural e urbana.

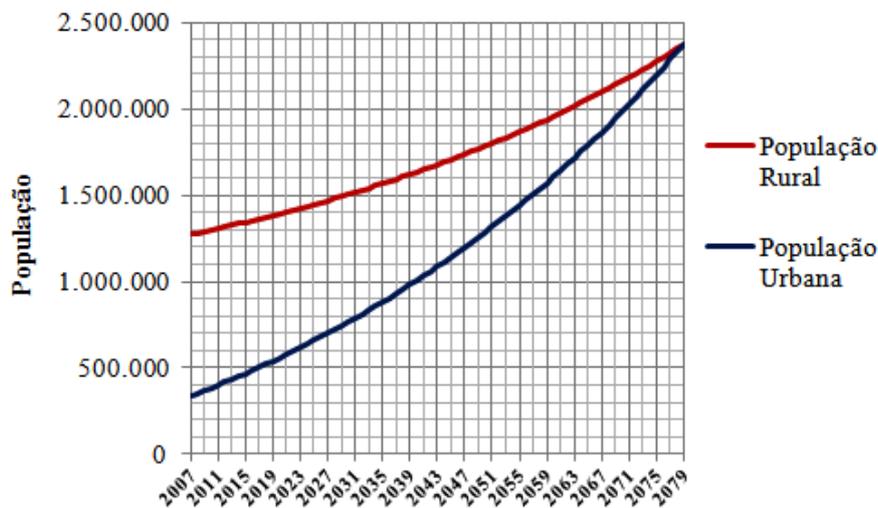


Figura 4.5 – Evolução da população rural e urbana na Província de Cabo Delgado

Tendo em consideração os seguintes pressupostos, foram aplicadas a todas as Províncias as fórmulas anteriormente apresentadas:

- A taxa de crescimento para os anos seguintes a 2007 permanece a mesma verificada entre os dois únicos Censos realizados em Moçambique, Censo 1997 e 2007;
- A taxa de crescimento nos meios urbanos representa 65% da taxa de crescimento anual.

A Tabela 4.4 apresenta a estimativa da população urbana e rural para o corrente ano de 2013 por Província. Estes dados permitirão diferenciar a evolução do consumo nas diferentes Províncias tendo em consideração os diferentes volumes de combustíveis lenhosos consumidos em meios urbanos e rurais. Convém salientar, que se estima um aumento considerável na percentagem da população urbana, passando de 28% em 2007 para 33% no corrente ano.

**Tabela 4.4:** População urbana e rural estimada para 2013, por Província

| <b>Província</b> | <b>Pop. 2013<br/>(estimada)</b> | <b>Pop.<br/>urbana</b> | <b>Pop.<br/>rural</b> | <b>Pop. urbana<br/>(%)</b> | <b>Pop. rural<br/>(%)</b> |
|------------------|---------------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------|
| Cabo Delgado     | 1.758.313                       | 433.487                | 1.324.826             | 25                         | 75                        |
| Gaza             | 1.299.650                       | 358.750                | 940.901               | 28                         | 72                        |
| Inhambane        | 1.344.784                       | 329.499                | 1.015.285             | 25                         | 75                        |
| Manica           | 1.695.849                       | 541.547                | 1.154.302             | 32                         | 68                        |
| Maputo           | 1.506.200                       | 582.061                | 924.139               | 39                         | 61                        |
| Nampula          | 4.663.237                       | 1.579.907              | 3.083.330             | 34                         | 66                        |
| Niassa           | 1.460.615                       | 456.408                | 1.004.207             | 31                         | 69                        |
| Sofala           | 1.831.559                       | 751.368                | 1.080.190             | 41                         | 59                        |
| Tete             | 2.232.248                       | 535.256                | 1.696.991             | 24                         | 76                        |
| Zambézia         | 4.382.744                       | 1.018.281              | 3.364.463             | 23                         | 77                        |
| Maputo Cidade    | 1.163.064                       | 1.163.064              | 0                     | 100                        | 0                         |
| <b>Total</b>     | <b>23.338.262</b>               | <b>7.749.627</b>       | <b>15.588.635</b>     | <b>33</b>                  | <b>67</b>                 |

A Figura 4.6 apresenta os valores estimados da população total, urbana e rural segundo o organigrama apresentado na Figura 4.1.

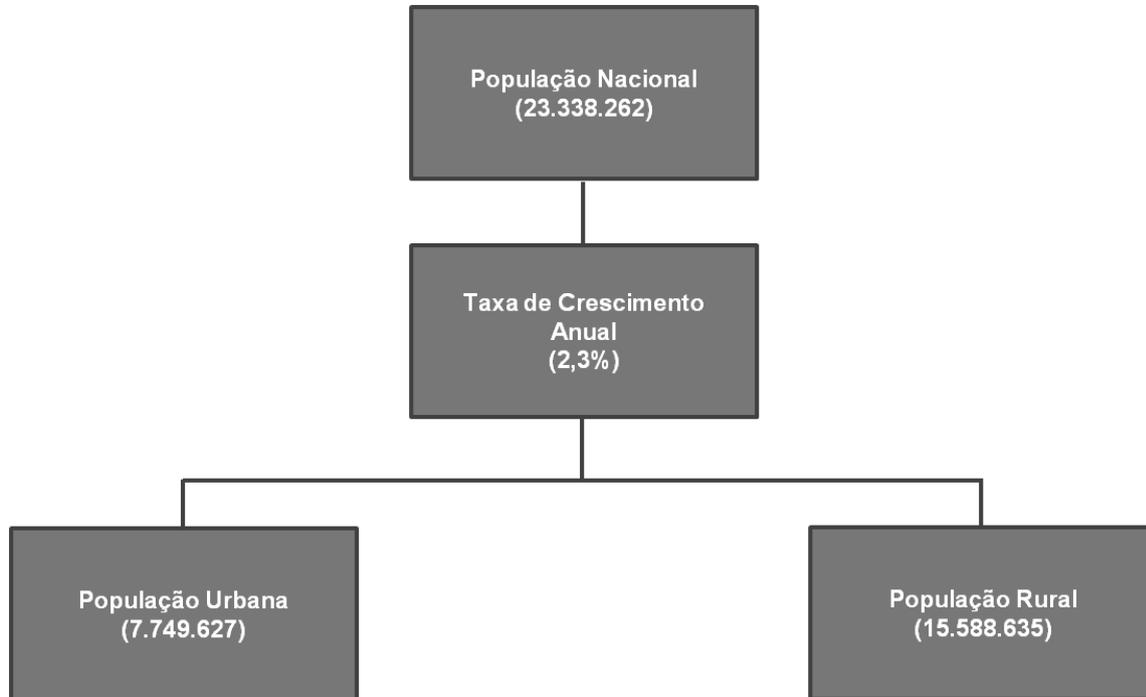


Figura 4.6 – População nacional, urbana e rural estimada para 2013

### 4.3. Consumo urbano e rural

Estudos preliminares muito recentes de 2012 não publicados que visavam o estudo do consumo de combustíveis lenhosos em grandes centros urbanos como as cidades da Beira e Nampula (DNTF, comunicação pessoal) estimaram o consumo doméstico de carvão vegetal e lenha nos meios urbanos. Estes estudos também demonstram que não existe uma relação linear entre o acesso a outras fontes energéticas (electricidade) e o consumo de combustíveis lenhosos.

Não só existe um hábito cultural de utilização de carvão vegetal e lenha como os rendimentos financeiros não permitem, em muitos casos, a substituição dos fornos convencionais em fogões eléctricos ou a gás. A Tabela 4.5 apresenta os valores médios do consumo de lenha e carvão vegetal em zonas urbanas, podendo verificar-se um consumo mais significativo de lenha.

**Tabela 4.5:** Consumo doméstico médio *per capita* de combustíveis lenhosos em zonas urbanas

| <b>Tipo de Combustível</b> | <b>Consumo médio diário <i>per capita</i><sup>1</sup> (kg)</b> | <b>Consumo médio anual <i>per capita</i><sup>1</sup> (kg)</b> |
|----------------------------|--|---|
| Lenha                      | 0,721  | 263   |
| Carvão vegetal pesado      | 0,491  | 179   |

<sup>1</sup>DNTF (comunicação pessoal)

Os valores apresentados na Tabela 4.5 apontam para uma diferença acentuada no consumo doméstico de lenha em área urbana em relação a outros estudos, como é o caso dos apresentados por Williams (1993) e DNFFB (1992). O consumo passou de 635 kg/*per capita*/ano para 263 kg/*per capita*/ano. Este decréscimo acentuado do consumo de lenha nos anos 80 para a actualidade não teve como seria expectável um aumento concomitante do consumo de carvão vegetal ou muito menos do consumo de energia eléctrica. Portanto, a única explicação plausível poderá residir na metodologia utilizada e análise de dados estatísticos a partir de inquéritos.

De facto, o consumo de carvão vegetal – cerca de 179 kg/*per capita*/ano na actualidade, não variou muito do verificado para Maputo através da Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia (DNFFB, 1992) – 160 kg/*per capita*/ano.

Ao contrário do consumo de combustíveis lenhosos em zonas urbanas, não foram encontrados estudos recentes sobre o consumo destes mesmos combustíveis nas zonas rurais, embora alguns autores (DNFFB, 1992; Williams, 1993) refiram uma quase exclusiva utilização de lenha em zonas rurais. Com os preços do carvão vegetal a subirem rapidamente nas cidades devido à deslocação das populações do meio rural para o meio urbano e com a facilidade de utilização da lenha em meio rural, parece razoável que quase 100% da população residente em meios rurais utilize a lenha para consumo doméstico e não o carvão vegetal.

Autores como Belward (2011) referem que o consumo de combustíveis lenhosos em África varia entre 0,5 e 1 m<sup>3</sup>. O CNDS (2002) afirma que o consumo mínimo seria de 2.600 kg/agregado/ano para um agregado composto por seis membros, o que daria cerca de 433 kg/*per capita*/ano. Outros valores como 1,2 m<sup>3</sup>/*per capita*/ano ou num intervalo entre 1,0 e 1,7 m<sup>3</sup>/*per capita*/ano são referidos por Kir (1984). Tendo em conta a enorme diferença encontrada entre autores, foi utilizado o valor mais recente transmitido por Kityo (2004), que aponta para um consumo de 0,67 Mg/*per capita*/ano (Tabela 4.6).

**Tabela 4.6:** Consumo doméstico *per capita* de combustíveis lenhosos em zonas rurais

| <b>Tipo de Combustível</b> | <b>Consumo médio diário <i>per capita</i><sup>1</sup> (kg)</b> | <b>Consumo médio anual <i>per capita</i><sup>1</sup> (kg)</b> |
|----------------------------|--|---|
| Lenha                      | 1,84   | 670   |
| Carvão vegetal pesado      | 0  | 0   |

<sup>1</sup>Segundo Kityo (2004)

Assim sendo e utilizando os valores estimados da população urbana e rural (Tabela 4.4) bem como os valores de consumo constantes na Tabela 4.5 e Tabela 4.6, é possível estimar o consumo total de combustíveis lenhosos para o corrente ano de 2013 em cerca de 13,87 milhões de Mg (Tabela 4.7 e Figura 4.7).

**Tabela 4.7:** Consumo urbano e rural de combustíveis lenhosos estimados para 2013

| Província     | Pop. Urbana 2013 | Pop. Rural 2013   | Consumo Anual Urbano |                  | Consumo Anual Rural |                   | Consumo Total de CL 2013 (Mg) |
|---------------|------------------|-------------------|----------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------------------|
|               |                  |                   | Carvão 2013 (Mg)     | Lenha 2013 (Mg)  | Carvão 2013 (Mg)    | Lenha 2013 (Mg)   |                               |
| Zambézia      | 1.018.281        | 3.364.463         | 182.305              | 267.914          | 0                   | 2.254.190         | 2.704.410                     |
| Nampula       | 1.579.907        | 3.083.330         | 282.855              | 415.680          | 0                   | 2.065.831         | 2.764.366                     |
| C. Delgado    | 433.487          | 1.324.826         | 77.608               | 114.052          | 0                   | 887.633           | 1.079.294                     |
| Maputo Cidade | 1.163.064        | 0                 | 208.226              | 306.007          | 0                   | 0                 | 514.233                       |
| Tete          | 535.256          | 1.696.991         | 95.828               | 140.828          | 0                   | 1.136.984         | 1.373.641                     |
| Gaza          | 358.750          | 940.901           | 64.228               | 94.389           | 0                   | 630.403           | 789.020                       |
| Inhambane     | 329.499          | 1.015.285         | 58.991               | 86.692           | 0                   | 680.241           | 825.924                       |
| Sofala        | 751.368          | 1.080.190         | 134.519              | 197.688          | 0                   | 723.728           | 1.055.935                     |
| Manica        | 541.547          | 1.154.302         | 96.954               | 142.483          | 0                   | 773.383           | 1.012.820                     |
| Niassa        | 456.408          | 1.004.207         | 81.712               | 120.083          | 0                   | 672.819           | 874.613                       |
| Maputo        | 582.061          | 924.139           | 104.208              | 153.143          | 0                   | 619.173           | 876.524                       |
| <b>Total</b>  | <b>7.749.627</b> | <b>15.588.635</b> | <b>1.387.435</b>     | <b>2.038.959</b> | <b>0</b>            | <b>10.444.385</b> | <b>13.870.779</b>             |

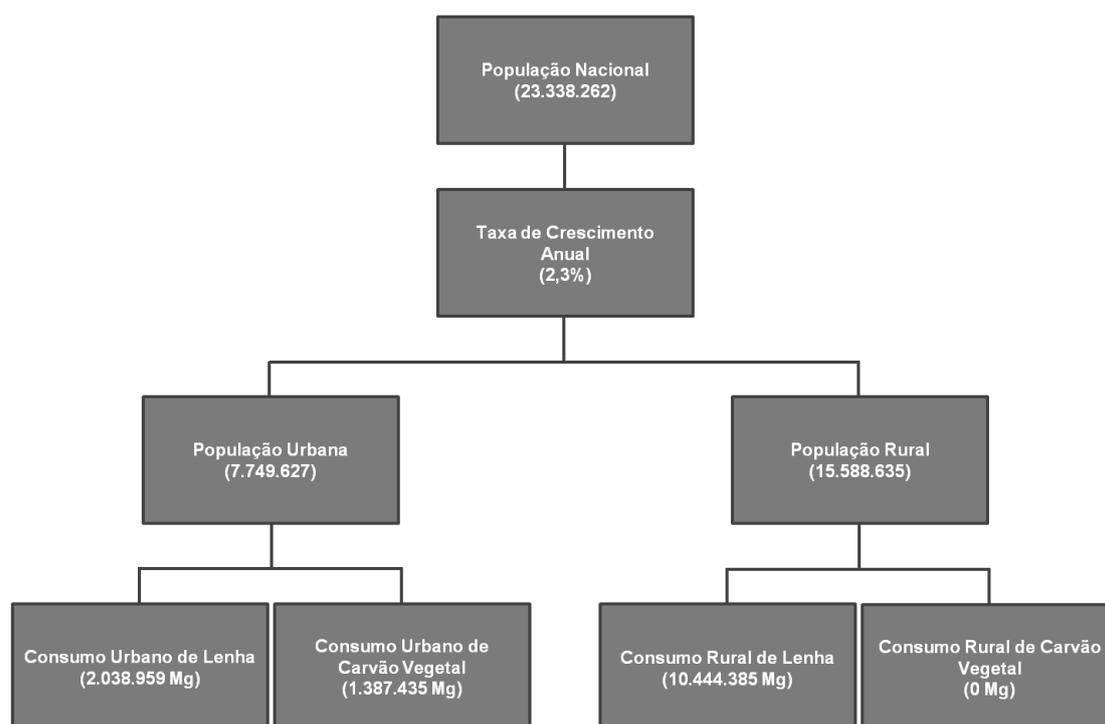


Figura 4.7 – Consumo urbano e rural de combustíveis lenhosos estimados para 2013

#### 4.4. Processos e eficiência de conversão

Os processos e a eficiência de conversão de lenha em carvão vegetal serão agora analisados para que o consumo de combustíveis lenhosos possa ser comparado nas mesmas unidades com a produção.

Segundo Belward (2011), a eficiência da conversão da madeira em carvão vegetal depende de muitos factores, entre os quais, tipo de forno, teor de humidade da madeira, espécies utilizadas, entre outros. Na forma tradicional de produção de carvão vegetal, em forno de terra, são necessárias 5 a 10 Mg de madeira para produzir um Mg carvão vegetal, tendo portanto, uma eficiência de conversão de 10-20%.

Segundo Sepp (2008), a eficiência de conversão depende essencialmente do tipo de forno utilizado na produção de carvão vegetal (Tabela 4.8). Já para Girard (1987), o forno Casamance tem um rendimento de conversão de lenha em carvão vegetal de 25%. No entanto e em termos gerais, os rendimentos são inferiores – entre 15 a 20%.

Tabela 4.8: Características do carvão vegetal

| Tipo          | Origem              | Peso/saco (kg) | Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> ) | Humidade (%) |
|---------------|---------------------|----------------|---|--------------|
| Carvão leve   | Mistura de espécies | 30             | 0,4572                                  | 7,52         |
| Carvão pesado | Mistura de espécies | 42             | 0,6938                                  | 7,75         |

Fonte: Egas, 2006

Na eficiência de conversão de lenha em carvão vegetal, o valor utilizado tem em consideração a média dos valores apresentados por Sepp (2008) (Tabela 4.9) e as conclusões que apontam para uma utilização generalizada de fornos tradicionais ou mesmo única (Fernandes e Monjane, 1997; GTZ, 2009b; AFREA, 2011).

**Tabela 4.9:** Eficiência de conversão em diferentes tecnologias de fornos

| Características                             | Fornos tradicionais  | Fornos melhorados | Fornos semi-industriais | Fornos industriais  |
|---|--|-------------------|-------------------------|---|
| Eficiência de conversão                     | 8-12%  | 12-18%            | 18-24%                  | >24%  |
| Emissões (g/kg de carvão vegetal produzido) | CO <sub>2</sub> : 450 – 550<br>CH <sub>4</sub> : ~700<br>CO: 450 – 650 | -                 |                         | CO <sub>2</sub> : ~400<br>CH <sub>4</sub> : ~50<br>CO: ~160 |

Fonte: Adaptado de Sepp, 2008

Sendo assim, a taxa de conversão de lenha em carvão vegetal adoptada foi de 10%. Considerando que o consumo de carvão vegetal se encontra somente em meio urbano conforme apresentado na Tabela 4.7, cerca de 1.387.435 Mg, temos:

$$CCVcl = CUcv \div TC \quad [Eq. 4.4]$$

Em que:

$CCVcl$  = Consumo de Carvão Vegetal reconvertido em lenha (Mg)

$CUcv$  = Consumo Urbano de carvão vegetal (Mg)

$TC$  = Taxa de Conversão (%)

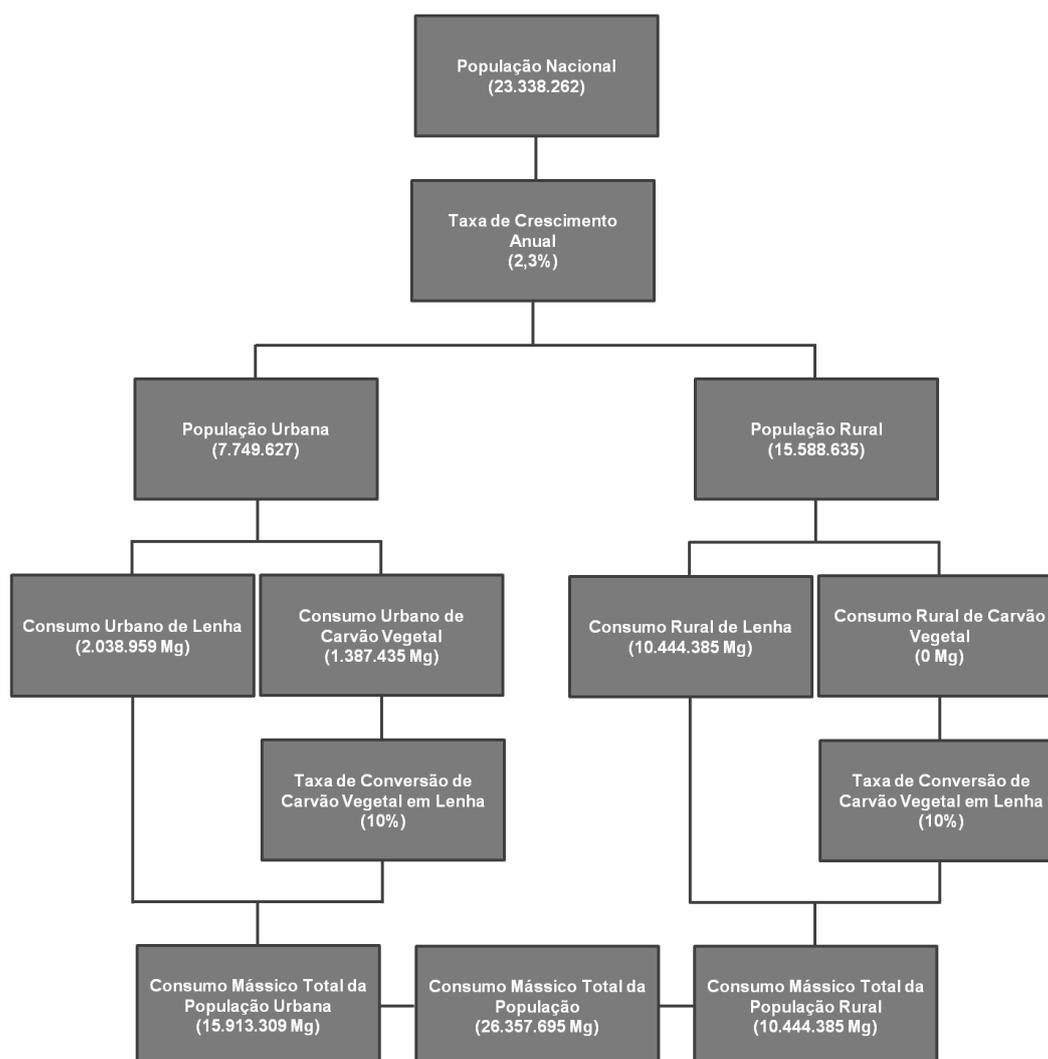
$$CCVcl = 1.387.435 \div 10\% = \mathbf{13.874.350 \text{ Mg}}$$

Ou seja, são necessárias 13.874.350 Mg de matéria-prima – lenha – para a produção de 1.387.435 Mg de carvão vegetal, para uma eficiência de conversão de 10%. Assim, os valores constantes na Tabela 4.10 já traduzem a eficiência de conversão aplicada a todo a estimativa de carvão vegetal consumido a nível doméstico.

**Tabela 4.10:** Consumo mássico total de combustíveis lenhosos

| Eficiência de conversão de lenha em carvão (%) | Consumo mássico da Pop. Urbana (Mg) | Consumo mássico da Pop. Rural (Mg) | Consumo mássico total (Mg) |
|--|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| 10%  | 15.913.309                          | 10.444.385                         | 26.357.695                 |

A Figura 4.8 ilustra todos os valores até aqui calculados após aplicação da metodologia proposta.



**Figura 4.8** – Consumo mássico total da população estimado para 2013

#### **4.5. Resultados**

Em relação ao PCI, foram aplicados os mesmos valores encontrados no Capítulo 3.7, ou seja, o poder calorífico estimado para a lenha é de 3.680 kcal/kg ou 15,42 MJ/kg.

Utilizaremos assim, a seguinte equação:

$$CET = (CMPU + CMPR) \times PCI \div U1 \quad [\text{Eq. 4.5}]$$

Em que:

- CET* – Consumo Energético Total (Gcal/ano)
- CMPU* – Consumo Mássico da População Urbana (Mg/ano)
- CMPR* – Consumo Mássico da População Rural (Mg/ano)
- PCI* – Poder Calorífico Inferior (Mcal/Mg)
- U1* – Unidade de Conversão (Mcal - Gcal)

Assim, o consumo energético total estimado para a ano de 2013 é cerca de 406 milhões de Gigajoules conforme a equação [Eq. 4.5]:

$$CET(2013) = (15.913.309 + 10.444.385) \times 3.680 \div 1.000 = \mathbf{96.996.317 \text{ Gcal}}$$

$$CET(2013) = 96.996.317 \times 4,19002 = \mathbf{406.416.506 \text{ GJ}}$$

A metodologia proposta com os resultados calculados para o corrente ano de 2013 encontra-se descrita na Figura 4.9. Verifica-se um consumo energético mais elevado nas populações urbanas – cerca de 60% do consumo energético total, apesar da população urbana consumir menor volume de combustíveis lenhosos *per capita* e de representar somente 33% da população projectada para 2013.



Figura 4.9 – Metodologia para cálculo do consumo energético total de combustíveis lenhosos para 2013

## **5. Considerações finais**

A utilização de dados provenientes de diversas fontes permitiu calcular o potencial de produção de combustíveis lenhosos – carvão vegetal e lenha com base no Inventário Florestal efectuado entre 2005 e 2007 e apresentado pela Direcção Nacional de Terras e Florestas em 2008. O potencial de Moçambique em *biostock* lenhoso era enorme, cerca de 1,7 mil milhões de m<sup>3</sup>. Desses, somente 985 milhões de m<sup>3</sup> se encontravam disponíveis para exploração, são as designadas florestas de produção. Foram identificados grupos de espécies comerciais e não comerciais (não abrangidas pelo Decreto Lei nº12 de 2002) que, segundo o Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia, podem ser utilizadas na produção de combustíveis lenhosos. No entanto, determinadas classes como preciosa, 1ª classe, 2ª classe e 3ª classe só em casos especiais poderão fazer parte do *mix* de combustíveis lenhosos. Desta forma, apesar do incremento médio indicar cerca de 7 milhões de m<sup>3</sup> disponíveis anualmente, somente 5 milhões de m<sup>3</sup> estarão disponíveis.

Considerando que não foram contabilizados volumes referentes a exportações e importações de lenha e carvão vegetal por se acreditar que são residuais, o potencial mássico disponível é igual à disponibilidade de matéria-prima, ou seja, cerca de 5 milhões de m<sup>3</sup>.

Foi tomada em consideração a taxa anual de desflorestação verificada em Moçambique, a qual, segundo o último Relatório da AIFM é de 0,58% ao ano. Foram utilizadas as diferentes taxas anuais de desflorestação para cada Província e distribuídos os valores disponíveis das espécies não comerciais partindo dos dados do volume total disponível (por indisponibilidade de dados referentes às espécies não comerciais).

Em termos energéticos, o potencial disponível foi convertido de forma a ser apresentado em unidades energéticas como caloria ou joule. Considerando um poder calorífico inferior da lenha de 3.680 kcal/kg ou 15,42 kJ/kg, o potencial energético anualmente disponível para ser consumido por indústrias e sector doméstico era de 57,4 milhões de GJ em 2008, reduzindo-se em 2013 para 55,7 milhões de GJ, consequência da desflorestação anual.

Por outro lado, a produção oficial de combustíveis lenhosos entre os anos de 1998 e 2008 foi de 773 mil m<sup>3</sup>, considerando uma taxa de eficiência de conversão de lenha em carvão vegetal de 10%. Utilizando os mesmos cálculos efectuados na determinação do potencial energético disponível, observou-se uma profunda diferença entre a disponibilidade e a produção – 55,7 milhões de GJ e 9 milhões de GJ, respectivamente.

Em relação à metodologia aplicada ao cálculo do consumo de combustíveis lenhosos, quantificaram-se os valores em energia segundo determinados parâmetros no sentido de comparar estes mesmos valores com a energia produzida através de dados oficiais. O método de quantificação da disponibilidade de combustíveis lenhosos para consumo através da diferença entre a sua disponibilidade em *stock* anual e o consumo médio *per capita* torna-se assim mais credível, já que, segundo vários investigadores, a produção oficial de combustíveis lenhosos abrange somente o licenciamento atribuído, encontrando-se longe dos números reais de produção e distribuição, quer seja de lenha mas principalmente de carvão vegetal.

O consumo de combustíveis lenhosos, muitas vezes definido para o continente Africano em  $1 \text{ m}^3/\text{per capita}/\text{ano}$ , não diferencia os valores de consumo de carvão vegetal e de lenha quer em meio urbano quer em meio rural. Foram utilizados os dados fornecidos por Kityo (2004) para o consumo doméstico de combustíveis lenhosos em zonas rurais,  $670 \text{ kg}/\text{per capita}$ . Em relação ao consumo de lenha e carvão vegetal em zonas urbanas,  $263 \text{ kg}/\text{per capita}/\text{ano}$  e  $179 \text{ kg}/\text{per capita}/\text{ano}$ , respectivamente, assumiram-se os valores fornecidos pela DNTF comunicação pessoal e baseados nos mais recentes estudos efectuados em cidades Moçambicanas.

O consumo doméstico encontra-se directamente relacionado com a população actual e o local onde habita. Através da última taxa anual de crescimento  $2,32\%$  conhecida em Moçambique (entre o Censo de 1997 e o Censo de 2007), projectou-se a população existente em 2007, cerca de 20 milhões de habitantes, para o corrente ano de 2013, cerca de 23 milhões de habitantes. Para além disso, teve-se em consideração uma maior taxa de crescimento em zonas urbanas, no sentido de quantificar não só a população total expectável em 2013 mas também o meio, urbano ou rural, onde se encontrará. Em 2007, cerca de  $70\%$  da população encontrava-se em zonas rurais, esperando-se um decréscimo de  $3\%$  para o corrente ano de 2013. A redução do rácio entre a população rural e a urbana potencia o consumo energético de combustíveis lenhosos apesar de o consumo líquido ser inferior,  $670 \text{ kg}/\text{per capita}/\text{ano}$  em zonas rurais e  $442 \text{ kg}/\text{per capita}/\text{ano}$  em zonas urbanas. Isto deve-se ao facto do carvão vegetal consumido em zonas urbanas representar um décimo (para taxas de eficiência de conversão em fornos tradicionais de  $10\%$ ) da matéria-prima que lhe deu origem.

Os valores do poder calorífico da lenha utilizados na metodologia de cálculo do consumo são idênticos aos da metodologia do potencial de produção e permitiram transformar o consumo mássico em consumo energético. Assim, para o corrente ano de 2013, prevê-se um consumo energético total de 406 milhões de GJ, sendo que 245 milhões de GJ são consumidos pelas populações urbanas e 161 milhões de GJ consumidos pelas populações rurais.

Compreende-se assim, os factores que mais interferem na sustentabilidade do consumo de combustíveis lenhosos, entre eles:

- População total;
- Rácio entre população rural e urbana;
- Consumo *per capita*/ano segundo o tipo de combustível lenhoso e o meio onde reside;
- Taxa anual de desflorestação.

A Tabela 5.1 apresenta, de forma resumida, os dados expectáveis para 2013 sobre a produção energética disponível e oficial de combustíveis lenhosos, bem como o consumo doméstico através dos parâmetros utilizados na metodologia apresentada e o consumo doméstico calculado através de valores usualmente referenciados.

**Tabela 5.1:** Resultados da produção e consumo de combustíveis lenhosos para 2013

| Potencial energético disponível (milhões GJ) | Produção energética oficial (milhões GJ) | Consumo energético doméstico (milhões GJ) | Consumo energético doméstico <sup>1</sup> (milhões GJ) |
|--|--|---|--|
| 56   | 9  | 406                                       | 273  |

<sup>1</sup>Calculado através do valor referência de 1 m<sup>3</sup>/*per capita*/ano e utilizando o mesmo PCI

Em 2013, o consumo energético doméstico de combustíveis lenhosos em Moçambique poderá superar sete vezes o potencial energético disponível. Torna-se assim importante a redução da utilização de combustíveis lenhosos para consumo doméstico de forma a ser sustentável, algo distante da realidade actual.

As seguintes medidas poderão reduzir significativamente o rácio entre a oferta e a procura de combustíveis lenhosos, entre elas:

- Melhoria na eficiência de produção de carvão vegetal, aumentando a taxa de eficiência na conversão de lenha para carvão vegetal;
- Melhoria na qualidade da distribuição de energia eléctrica, aumentando a confiança dos consumidores na rede eléctrica nacional e na utilização de fogões eléctricos;
- Expansão da utilização de fogões a gás e rede de distribuição;
- Electrificação de zonas suburbanas não abrangidas pela rede eléctrica nacional, bem como de rurais de dimensão justificável;
- Melhoria na eficiência de combustão dos fornos de cozinha tradicionais, reduzindo assim o consumo de carvão vegetal e de lenha;

- Estudos e inquéritos sobre os hábitos de consumo de combustíveis lenhosos em meios rurais para que seja possível a distinção entre o consumo de “lenha morta” não contabilizada no potencial disponível e de “lenha viva”;
- Utilização de áreas desflorestadas próximas das principais zonas de consumo para o desenvolvimento de novos projectos de plantações florestais vocacionadas para a produção de lenha e principalmente de carvão vegetal, bem como a utilização de fornos industriais de maior rendimento para a produção desse mesmo carvão vegetal. Este programa implicaria o desenvolvimento de fornos caseiros adaptados a este tipo de carvão vegetal. É a única medida que visa o aumento da disponibilidade de combustíveis lenhosos, essencialmente carvão vegetal, tendo outras vantagens como a reflorestação de zonas de risco de erosão, criação de emprego e capacidade de redução dos preços do carvão vegetal nos grandes centros urbanos tornando assim menos lucrativo a cadeia de valor do carvão vegetal com origem em florestas naturais.

## **6. Referências Bibliográficas**

AFREA – Africa Renewable Access Program (2011) Wood-Based biomass energy development for Sub-Saharan Africa – Issues and approaches. The International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank Group, (Washington) USA.

Alface, J. (1994) Estudo da eficiência dos fornos para a produção de carvão vegetal. Universidade Eduardo Modlane, Departamento de Engenharia Química. Maputo, Moçambique.

Amous, S. (1999). The role of wood energy in Africa. Forest Department, Wood Energy Today for Tomorrow (WETT), FAO, Working Paper Regional Studies FOPW/99/3. Rome, Italy.

APEBIOMASSA (2013). Associação dos Produtores de Energia e Biomassa. Disponível em: [www.apebiomassa.pt](http://www.apebiomassa.pt) e acedido em 14.03.2013.

Arnaldo, C. e Ramos, M. (2011) Comportamento demográfico e desafios de desenvolvimento sócio-económico em Moçambique. Revista de Estudos Demográficos nº4. Instituto Nacional de Estatística, ed. 2011, Portugal.

Arnold, J. E. M., Kohlin, G., e Persson, R. (2006) Woodfuels, livelihoods and policy interventions: changing perspectives. *World Development*, 34: 596-611.

Aroni, A. S. (2005) “Avaliação da biomassa e qualidade da madeira do híbrido *Pinus tecunumanni* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* pela técnica de atenuação da radiação gama do 241Am. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu, São Paulo, Brasil.

Astorga, L., Karlberg, A., Degard, A. e Chitará, S. (1989) Report on: 1. Evaluation of forestry project (1977-1989); 2. Identification of areas for corporation in forestry sector. SIDA/DNFFB. Maputo, Mozambique.

Batista, J. L. F. e Couto, H. T. Z. (2007) O estéreo. Disponível em: <http://lmq.esalq.usp.br/METRVM/> e acedido em 25.05.2012.

Belward, A., Bisselink, B., Bódis, K., Brink, A., Dallemand, J., de Roo, A., Huld, T., Kayitakire, F., Mayaux, P., Moner-Girona, M., Ossenbrink, H., Pinedo, I., Sint, H., Thielen, J., Szabó, S., Tromboni, U. e Willemen, L. (2011) Renewable energies in Africa – Current knowledge. Edited by F. Monforti, European Commission – Joint Research Centre (JRC), Luxembourg Publications Office of the European Union.

- Bila, A. (2005) Estratégia para a fiscalização participativa de florestas e fauna bravia em Moçambique. Projecto TCP/MOZ/2904 (A) – Support for the implementation of forest and wildlife legislation in Mozambique. DNFFB/FAO, Maputo, Moçambique.
- Bila, A. e Salmi, J. (2003) Fiscalização de florestas e fauna bravia em Moçambique: passado, presente e acções para melhoramento. MINAG, DFID, IIED, Maputo, Moçambique.
- Boletim da República (2002) Regulamento da Lei de Florestas e Fauna Bravia. Imprensa Nacional de Moçambique, I Série, nº22 de 6 de Junho de 2002. Disponível em: [www.mozlegal.com](http://www.mozlegal.com).
- Bombelli, A., Henry, M., Castaldi, S., Adu-Bredu, S., Arneth, A., Grieco, E., Lehsten, V., Rasile, A., Reichstein, M., Tansey, K., Weber, U. e Valentini, R. (2009) An outlook on the Sub-Saharan Africa carbon balance. Published by Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union, Biogeosciences. Disponível em: <http://www.biogeosciences.net/6/2193/2009> e acedido em 20.10.2012.
- Briane, D. e Doat, J. (1985) Guide technique de la carbonisation: la fabrication du charbon de bois. Aixen- Provence: ÉDISUD.
- Brigham, T., Chilongo, A., e Chidumayo, E. (1997) Trade in woodland products from Miombo region. Campbell, B. (ed.) The Miombo in transition: woodlands and welfare in Africa. Bogor, Indonesia.
- Brink, A. B., Bodart, C., e Hugh, E. (2012). Is Africa losing its natural vegetation? – Monitoring trajectories of land cover change by means of Landsat imagery. In: Remote Sensing of Land Use and Land Cover. Principles and applications. C. P. Giri Edit., CRC Press, Tailor and Francis Group, 477 pp.
- Brito, O. J., Ferreira, M. e Barrichelo, L. E. G. (1978) Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal. Densidade básica da madeira x densidade aparente do carvão – Perspectivas de melhoramento. Boletim Informativo ESALQ/USP.
- BTG – Biomass Technology Group (1990). An investigation of charcoal production in Mozambique. B. V. University of Twente, The Netherlands.
- Cajadas, J. N. (1992) Levantamento da situação actual do mercado de lenha, carvão e fogões a carvão na cidade de Maputo. Núcleo de Conservação de Energia, Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Modlane, Maputo, Moçambique.
- CHAPOSA – Charcoal Potential in Southern Africa (1999) Zonas de corte para o abastecimento de lenha e carvão à cidade de Maputo. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Modlane, Maputo, Moçambique.

CHAPOSA – Charcoal Potential in Southern Africa (2000) Price analysis of fuelwood and charcoal in markets of Maputo city. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Modlane, Maputo, Moçambique.

CHAPOSA – Charcoal Potential in Southern Africa (2002) Potential development areas for biomass production in Maputo province. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Modlane, Maputo, Moçambique.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais (2005) 20º Balanço energético do Estado de Minas Gerais 2005 – ano base 2004. Companhia Energética de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

CGIAR-CSI Consortium for Spatial Information. Disponível em: <http://srtm.csi.cgiar.org/> e acessado em 24-02-2012.

CNDS – Conselho Nacional de Desenvolvimento Sustentável (2002). Relatório sobre a avaliação do grau de implementação da Agenda 21 em Moçambique. Comité de preparação da cimeira mundial sobre desenvolvimento sustentável, Moçambique.

Cumbe, A. N. F. (2007) O património geológico de Moçambique: Proposta de metodologia de inventariação, caracterização e avaliação. Universidade do Minho, Escola de Ciências, Departamento de Ciências da Terra, Braga, Portugal.

Cunha, M. P. S. C., Pontes, C. L. F., Cruz, I. A., Cabral, M. T. F. D., Neto, Z. B. C. e Barbosa, A. P. R. (1989) Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras. 3º encontro brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira: São Carlos. Anais, Volume 2, 93-120.

del Gatto, F. (2003) Forest law enforcement in Mozambique – An overview. DNFFB and FAO, Maputo, Mozambique.

Deweese, P. A. (1989) The woodfuel crisis reconsidered: observation on the dynamics of abundance and scarcity. *World Development*, 17:1159-1172.

DNFFB – Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia (1992) Relatório Estatístico Anual 1991. DNFFB, Ministério da Agricultura e Pescas, Maputo, Moçambique.

DNFFB – Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia (1995) "Programa Nacional de Florestas e Fauna Bravia 1995-2000". DNFFB, Ministério da Agricultura e Pescas, Maputo, Moçambique.

DNFFB – Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia (1997) PROAGRI: Forestry and wildlife sector – Revised investment programme (1998-2002). DNFFB, Ministry of Agriculture and Fisheries, Maputo, Mozambique.

DNFFB – Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia (1999) Relatório Estatístico Anual 1998. DNFFB, Ministério da Agricultura e Pescas, Maputo, Moçambique.

DNFFB – Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia (2000) Relatório Estatístico Anual 1999. DNFFB, Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural, Maputo, Moçambique.

DNFFB – Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia (2001) Relatório Estatístico Anual 2000. DNFFB, Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural, Maputo, Moçambique.

DNFFB – Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia (2002) Relatório Estatístico Anual 2001. DNFFB, Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural, Maputo, Moçambique.

DNFFB – Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia (2003) Relatório Estatístico Anual 2002. DNFFB, Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural, Maputo, Moçambique.

DNTF – Direcção Nacional de Terras e Florestas (2004) Relatório Estatístico Anual 2003. DNTF, Ministério da Agricultura, Maputo, Moçambique.

DNTF – Direcção Nacional de Terras e Florestas (2005) Relatório Estatístico Anual 2004. DNTF, Ministério da Agricultura, Maputo, Moçambique.

DNTF – Direcção Nacional de Terras e Florestas (2006) Relatório Estatístico Anual 2005. DNTF, Ministério da Agricultura, Maputo, Moçambique.

DNTF – Direcção Nacional de Terras e Florestas (2007) Relatório Anual 2006. DNTF, Ministério da Agricultura, Maputo, Moçambique.

DNTF – Direcção Nacional de Terras e Florestas (2008a) Relatório Anual 2007. DNTF, Ministério da Agricultura, Maputo, Moçambique.

DNTF – Direcção Nacional de Terras e Florestas (2008b) Inventário Florestal Nacional. DNTF, Maputo, Moçambique.

DNTF – Direcção Nacional de Terras e Florestas (2009) Relatório Anual 2008. DNTF, Ministério da Agricultura, Maputo, Moçambique.

Egas, F. A. (2006) Avaliação de custos de consumo de carvão e outras fontes de energia doméstica na cidade da Beira. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Modlane, Maputo, Moçambique.

EIA (2013) Conexões de Primeira Classe – Contrabando, Corte Ilegal de Madeira e Corrupção em Moçambique. Environmental Investigation Agency, London, United Kingdom.

EuDASM – European Digital Archive of Soil Maps. Disponível em: [http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/esdb\\_archive/eudasm/africa/lists/cmz.htm](http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/eudasm/africa/lists/cmz.htm) e acedido em 03.03.2013.

Falcão, M. P. (2004) Identificação dos níveis de consumo de lenha e carvão nos principais centros urbanos e peri-urbanos do país. Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique.

FAO (1983) Woodfuel surveys – Forestry for local community development programme. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/q1085e/q1085e00.htm#contents> e acedido em 23.02.2012.

FAO (2003a). Disponível em: <http://www.fao.org/forestry/country/57478/en/moz/> e acedido em 16.08.2012.

FAO (2003b) Africover: multipurpose land cover database. Disponível em: <http://www.africover.org> e acedido em 16.08.2012.

FAO (2003c) Mozambique country information. Disponível em: <http://www.fao.org/fo> e acedido em 28.09.2012.

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

FAO (2011) FAOSTAT. Disponível em: <http://faostat.fao.org/> e acedido em 14.06.2012.

Fernandes, A. e Monjane, C. (1997) Avaliação de biomassa. Universidade Eduardo Modlane, Maputo, Moçambique.

Fernandes, Y., Brito, L., Machado, J., Manso, O. e Williams, A. (1997) Country Energy Report – Mozambique. Prepared for the GTZ/EU Regional Biomass Energy Conservation Programme.

Foley, G. (2001) Sustainable woodfuel supplies from the dry tropical woodlands. Technical Paper from ESMAP – Energy Sector Management Assistance Programme, nº013.

Francisco, A. (2011) A Natureza incipiente da transição demográfica em Moçambique. Revista de Estudos Demográficos nº4, Instituto Nacional de Estatística de Portugal.

Fraser, A. e Karkari, E. (1987) Forestry sub-sector study – Mozambique. UTF/MOZ/034/MOZ Mission Report, Maputo, Mozambique.

Girard, P. (1987) Compte rendu de mission d'appui en carbonisation au volet reboisements industriels. Togo National Office for the Development and Exploitation of Forest Resources, Tsevié, Togo.

Girard, P. (2002) Charcoal production and use in Africa: what future? *Unasyuva* 211, vol. 53, 211: 30-34.

GTZ (2009a) Renewable energies in West Africa. Regional Report on Potentials and Markets – 17 Country Analyses. Energy-policy Framework Papers, Section “Energy and transport”, Munich, Germany.

GTZ (2009b) Renewable energies in East Africa. Regional Report on Potentials and Markets – 5 Country Analyses. Energy-policy Framework Papers, Section “Energy and transport”, Munich, Germany.

Hansfort, S. e Mertz, O. (2011) Challenging the woodfuel crisis in West African woodlands. *Human Ecology*, 39: 583-595.

HEDON (2010) Charcoal production chain – Household energy network. Disponível em: <http://www.hedon.info/tiki-index.php> e acessado em 04.10.2012.

IEA – International Energy Agency (2011) Disponível em: <http://www.iea.org/stats> e acessado em 11.04.2012.

INE – Instituto Nacional de Estatística (1997). Anuário estatístico/Statistical yearbook. Maputo, Mozambique.

INE – Instituto Nacional de Estatística (2010) Projeções anuais da população total, urbana e rural, 2007-2040. Disponível em: [http://www.ine.gov.mz/populacao/projeccoes/proj\\_pop\\_moz/](http://www.ine.gov.mz/populacao/projeccoes/proj_pop_moz/) e acessado em 05.01.2012.

INE – Instituto Nacional de Estatística (2012a). Disponível em: <http://www.ine.gov.mz/Dashboards.aspx> e acessado em 01.09.2012.

INE – Instituto Nacional de Estatística (2012b). Disponível em: [http://196.22.54.18/home\\_page/censo07/](http://196.22.54.18/home_page/censo07/) e acessado em 01.09.2012.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (1937) A madeira como combustível. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Boletim nº17, São Paulo, Brasil.

Jara, E. R. P. (1989) O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Comunicação Técnica nº1797, São Paulo, Brasil.

Kir, A. (1984) Forest sector review and development guidelines. Technical support to forestry development and forest industries production-Mozambique, FO: MOZ/82/009, Field Document nº06.

Kityo, P. (2004) Productivity and utilisation of natural firewood resources: an evaluation of the current situation in some parts of Gaza Province, Mozambique.

- Mabonga e Mwisaka, J. (1981) Final technical report on charcoal production in Maputo. National Directorate of Forests and Wildlife, Ministry of Agriculture, Maputo, Mozambique.
- MAE – Ministério da Administração Estatal (2005) Série: Perfis distritais. Ministério da Administração Estatal da República de Moçambique, Maputo, Moçambique.
- Magane, D. (1999) Estrutura de preços de carvão vegetal: um contributo para a revisão do sistema de terras florestais. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Modlane, Maputo, Moçambique.
- Mangue, P. (1998) Fuelwood estimation in savanna ecosystems in Mozambique. University of Witwatersrand, Johannesburg, Republic of South Africa.
- Manso, O. e Dimande, C. (1996) Evolução do sector de energia de biomassa em Moçambique. 1º encontro sobre a evolução do sector energético em Moçambique. Direcção Nacional de Energia e Universidade Eduardo Modlane, Maputo, Moçambique.
- Mansur, E. e Karlberg, A. (1986) Levantamento do abastecimento de lenha e carvão na cidade de Maputo. Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia, Maputo, Moçambique.
- Muchanga, J., Simão, O. e Halafo, J. (1997) Diagnóstico rápido rural participativo para a planificação dum projecto de gestão de florestas nativas com a participação comunitária. INDER, Maputo, Moçambique.
- Nascimento, M. D. (2007) Optimização do uso de lenha e cavaco de madeira para produção de energia em agro-indústria serapédica. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agronómicas, Campus de Botucatu, São Paulo, Brasil.
- Pereira, C. (1989) Levantamento da situação do abastecimento da lenha e carvão na cidade de Maputo. Direcção Nacional de Florestas e Fauna Bravia, Maputo, Moçambique.
- Quirino, W. F., Vale, A. T., Andrade, A. P. A., Abreu, V. L. S. e Azevedo, A. C. S. (2004) Poder calorífico da madeira e de resíduos lignocelulósicos. *Renabi, Biomassa & Energia* 1: 173-182.
- Reboredo, F. (2013a) Socio-economic, environmental, and governance impacts of illegal logging. *Environment Systems and Decisions*, 33: 295-304.
- Reboredo, F. (2013b) Illegal wood in Europe: A review. *International Forestry Review*, 15: 218-229.
- Saket, M. (1994) Report on the updating of the exploratory national forest inventory. National Directorate of Forests and Wildlife, Ministry of Agriculture, Maputo, Mozambique.

Saket, M., Taquidir, M. A. e Banze, C. J. A. (1995) Methodology and results of the forestry vegetation mapping at 1: 250.000. National Directorate of Forests and Wildlife, Ministry of Agriculture, Maputo, Mozambique.

Santiago, F. L. S. (2007) Estudo da viabilidade técnica e económica para aproveitamento de cascas de Eucalyptus gerados no processo de fabricação de painéis de madeira. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu, São Paulo, Brasil.

Scholes, R. J. (1990) The influence of soil fertility on the ecology of Southern African dry savannas. *Journal of Biogeography*, 17: 415-419.

Sepp, S. (2008) The way ahead – Creating a formal and sustainable charcoal sector. Discussion paper. ECO-Consult, Oberaula, Germany.

Uhlig, A. (2008) Lenha e carvão vegetal no Brasil: balanço oferta-demanda e métodos para a estimação do consumo. Universidade de São Paulo: Instituto de Energia, Escola Politécnica, Instituto de Física e Faculdade de Economia e Administração. São Paulo, Brasil.

UN – United Nations (2010) World population prospects: The 2008 revision. United Nations, New York, United States of America.

Vale, A. T., Leão, A. L. e Brasil, M. A. M. (2000) Caracterização da madeira e da casca de *Sclerobium paniculatum*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens* para uso energético. AGRENER, Encontro de Energia Rural, Campinas, Brasil.

Vilanculos, A. (1998) Identificação das regras tradicionais de manejo em uso na região de Santaca, Matutuine. Universidade Eduardo Modlane, Maputo, Moçambique.

Wardell, D. A., Reenberg, A. e Tottrup, C. (2003) Historical footprints in an temporary land use systems: forest cover changes in savannah woodlands in the Sudano-Sahelian zone. *Global Environmental Change*. 13: 235-254.

Williams, A. (1993) An overview of the use of woodfuels in Mozambique and some recommendations for a biomass energy strategy. National Directorate of Forests and Wildlife, Ministry of Agriculture, Maputo, Mozambique.