

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIENCIAS

Departamento de Física

Exame de Estado

**Formas de Energias Renováveis em Moçambique e suas
Potencialidades**

Estudante: Emércio Ezequiel Gidião

Maputo, Junho de 2012



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIENCIAS

Departamento de Física

Exame de Estado

Formas de Energias Renováveis em Moçambique e suas Potencialidades

Autor:

Emércio Ezequiel Gidião

Maputo, Junho de 2012

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro por minha honra que este trabalho foi realizado com o material que ao longo do mesmo se faz referência e é da minha autoria. As ideias nele apresentadas são da inteira responsabilidade do autor.

Maputo, Junho de 2012

O autor

(Emércio Ezequiel Gidião)

APROVAÇÃO DO JURI

Este trabalho foi aprovado com ____ () valores, no dia ____ de _____ de 2012,
por nós membros de júri examinador da Universidade Eduardo Mondlane.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho as meus pais Daniel Cuambe e Helena Chambule pelo seu apoio incansável e incondicional tornaram possível que seguir-se com os meus estudos.

Aos meus tios Alfredo Chambule, Samuel Chambule, Rosa Chambule e Julião Chambule.

Aos meus irmãos Celso e Cláudio

AGRADECIMENTOS

Ao Prof Boaventura Cuamba, pela sua paciência e incansável contribuição no processo de ensino e aprendizagem na especialização em energias renováveis.

A todos os professores do Departamento de Física especialmente ao grupo de investigadores no ramo das energias renováveis, pela contribuição directa ou indirecta á minha formação.

Aos drs Caixote e Damião pela disponibilização de algum material para a realização do mesmo.

Ao meus pais, tios, irmãos e os demais familiares pela paciência e de uma forma corajosa incentivaram a prosseguir com os meus estudos.

Aos meus colegas do curso especialmente Abrão, Alberto Novunga, Sílvio e outros que não foram mencionados, pelo acompanhamento durante a formação bem como para elaboração deste trabalho.

A todos amigos que directa ou indirectamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

As mudanças climáticas e outros impactos globais, estão associados á utilização de combustíveis fósseis para a obtenção de diversas formas de energias, para o uso doméstico bem como industrial o que constitui a questão principal para as organizações ambientais mundiais.

Apesar de possuírem um potencial altamente energético os combustíveis fósseis quando sujeitos a combustão, emitem partículas chamadas gases de efeito de estufa (GEE), que se depositam na atmosfera provocando impactos acima referenciados, assim torna-se necessário definir mecanismos para a redução dessas emissões, a fim de estabilizar a concentração atmosférica desses gases.

Para tal temos que recorrer as novas tecnologias de fontes de energias que são as fontes de energias renováveis, que são ecologicamente limpas, tais como energia solar, eólica, hidroelétrica, biomassa, geotérmica e oceânica.

Este trabalho faz referência das formas de energias renováveis existentes em Moçambique, bem como as suas potencialidades. Na primeira fase estão indicadas os tipos de energias renováveis associadas aos seus conceitos gerais, em seguida estão também indicadas as potencialidades de cada uma das formas de energia, por fim estão apresentados projectos de aproveitamento destas tecnologias bem como a sua localização.

Lista de abreviatura

BCG- Bomba de Calor Geotérmico

DNA- Direcção Nacional das Águas

FER- Fontes de Energias Renováveis

GEE- Gases de Efeito de Estufa

PV- PhotoVoltaic

SI- Sistema Internacional

REN- Rede Eléctrica Nacional

Lista de Figuras

Figura 1: Sistema de painéis solares	6
Figura 2: Sistema de colectores solares	7
Figura 3a: Aerogerador de eixo horizontal	8
Figura 3b: Aerogerador de eixo vertical	8
Figura 4: Plantação de Eucaliptos	10
Figura 5: Plantação de cana de açúcar em Xinavane.....	10
Figura 6: Hidroeléctrica de pequeno porte	13
Figura 7: Gráfico de potencial de energia de Biomassa	20

Lista de Tabelas

Tabela 1: Valores médios da velocidade mensal média em m/s das cidades capitais de Moçambique	18
Tabela 2: Algumas grandes barragens de Moçambique	20
Tabela 3: Potencial instalada da energia solar de 2005- 2010	23
Tabela 4: Potencial existente em cada projecto em função do custo de instalação	24
Tabela 5: Custo de investimento para geração de energias renováveis no País	25

Lista de Símbolos

CO_2 – Dióxido de Carbono

CH_4 – Metano

MW – MegaWatt

\bar{H} – Insolação

$\overline{H_0}$ - Irradiança horizontal coma terra

P – Potencia

ρ - Densidade

H- altura

Q – Vazão volumétrica

g- aceleração de gravidade

E – Energia total da onda

ρ_m - Densidade das águas do mar

\bar{n} – Número de horas em que o sol brilhou durante o dia

\bar{N} - Comprimento do dia

P_t – Potencial eólico

A – Área de varrimento do rotor

V – Velocidade do vento

C_p – Coeficiente de Potencia

ρ_a – Densidade do ar

m - Metro

Cal – Caloria

J - Joule

ÍNDICE

1.Introdução.....	3
1.1. Objectivos Gerais	4
1.2. Objectivos específicos	4
2. Revisão bibliográfica.....	4
2.1. Fontes de Energia	4
3. Energias Renováveis.....	5
4. Tipos de energias renováveis existentes em Moçambique	5
4.1. Energia solar.....	5
4.1.1. Energia Fotovoltáica.....	6
4.1.2. Energia Térmica	7
4.2. Energia Eólica	7
4.3. Energia de Biomassa	9
4.3.1. Biomassas Sólidas	9
4.3.2. Biomassas Líquidas	10
4.3.3. Biomassa Gasosa (Biogás)	11
4.4. Energia Hidráulica.....	12
4.5. Energia Geotérmica	13
4.6. Energia oceânica.....	13
5. Potencialidade do aproveitamento da energia renováveis em Moçambique	14
5.1. Potencialidade do aproveitamento da energia solar.....	14
5.2. Potencialidade do aproveitamento da energia Eólica	16
5.3. Potencialidade do aproveitamento da energia da Biomassa	18
5.4. Potencialidade do aproveitamento da energia Hidráulica.....	19

5.5. Potencialidade do aproveitamento da energia Geotérmica.....	21
5.6. Potencialidade do aproveitamento da energia Oceânica.....	21
6. Projectos em construção ou em operação no País	22
6.1. Projectos instalados de aproveitamento da energia solar.....	22
6.2. Projectos de aproveitamento da energia hídrica	22
6.3. Projectos de aproveitamento da energia eólica.....	24
6.4. Projectos de aproveitamento da energia de Biomassa.....	25
7. Conclusões.....	26
8. Bibliografia.....	28

1.Introdução

No âmbito das mudanças climáticas e do aquecimento global, criou-se o Protocolo de Kyoto que prevê o seguinte países industrializados devem reduzir em 5.2% as suas emissões de carbono. Uma vez que a energia consumida no mundo é proveniente dos combustíveis fósseis tais como carvão, petróleo, gás natural entre outras que pela sua combustão libertam CO₂ e outros gases de efeito de estufa (GEE). Sendo assim de acordo com o protocolo de Kyoto para a redução dos problemas do aquecimento global e mudanças climáticas deve ser feito com recurso a descarbonização da matriz energética mundial e através das fontes de energias renováveis.

O desenvolvimento sustentável das fontes de energias renováveis (FER) está associado às políticas nacionais de fornecimento de energia a diferentes camadas da sociedade moçambicana. Estima-se que mais de 400000 da população da África sub- Sahariana onde o nosso território faz parte morre anualmente sobre tudo mulheres e crianças, por estarem expostos ao fumo liberto durante a combustão da lenha e carvão.

Este trabalho tem como objectivo indicar as formas de energia renovável existente em Moçambique bem como avaliar as suas potencialidades, estão ainda indicados alguns projectos em funcionamento, em avaliação e bem como em construção, para fornecimento de energia e outras finalidades do dia-a-dia às comunidades bem como institucional, desde projectos de pequeno á grande porte, o nosso país tem um vasto potencial para o uso e aproveitamento dessas formas de energias.

Das formas de energias renováveis existente são foto voltaico, eólica, biomassas, hídrica, geotérmica e oceânica sendo que a energia de biomassa a mais consumida no País maioritariamente pelas populações das zonas rurais (lenha) e urbana (carvão vegetal). Não obstante existem algumas experiencias relativas ao uso de energias renováveis, nomeadamente sistemas hidroeléctrico de pequena escala, sistema foto voltaico (PV) e sistemas eólicos. Estes sistemas têm sido resposta do sector das energias renováveis às populações das zonas rurais para fins produtivos de energia, serviços sócias e comunitários, iluminação de salas de aulas, centros de saúde e abastecimento de água respectivamente.

1.1. Objectivos Gerais

- Este trabalho tem como objectivo apresentar as formas de energias renováveis existentes no País.
- Avaliar as potencialidades dessas formas de energia;

1.2. Objectivos específicos

- Indicar os locais de existência dessas formas de energia;
- Quantificar as potencialidades existentes em função do local;
- Indicar as formas de energia e renováveis em exploração bem como a sua localização;

2. Revisão bibliográfica

Energia é a capacidade que um corpo tem de poder realizar trabalho, é uma propriedade que se manifesta de diferentes formas, sendo detectado pelos efeitos que produz.

A unidade de energia no SI de unidade é expresso em Joule (J), mas também pode ser expressa em calorias (Cal).

$$1\text{Cal} = 4.2\text{J}$$

Existem duas formas fundamentais de energia cinética e potencial, que se transformam em outras formas de energias.

2.1. Fontes de Energia

Fontes de energias são fontes pelo qual sobre determinadas condições ou mesmo pela sua natureza pode emitir a energia sob diversas formas. As fontes de energia são o petróleo, carvão mineral, gás natural, sol, vento, corrente das águas dos rios e marés, matéria orgânica (biomassas e biocombustíveis) e do calor interno da terra (geotérmica).

As fontes de energia podem ser agrupadas em Renováveis e não renováveis:

➤ Energias Renováveis

São todas as formas de energia que derivam de fontes naturais que podem ser regenerados ou reciclados facilmente, sem causar efeitos ambientais a uma larga escala. É importante referenciar que nestas formas a taxa de utilização é inferior que a taxa de renovação e quase

maior parte desta provém do sol excepto a geotérmica (energia solar, eólica, hídrica, biomassa, geotérmica e oceânica).

➤ **Energias não Renováveis**

São todas as formas de energia derivadas de fontes naturais esgotáveis embora existam em quantidades fixas ou não são consumidas rapidamente que a natureza pode reproduzi-los e que a sua renovação leva uma eternidade, essas fontes são um verdadeiro perigo ao ambiente pois libertam poluentes diversificados que contribuem para as mudanças climática (petróleo, gás natural, carvão mineral e nuclear). [5]

3. Energias Renováveis

As energias renováveis hoje em dia são consideradas alternativas que as convencionais, pela sua disponibilidade bem como pelo seu menor impacto ambiental. Estima-se actualmente que cerca de 19 % do consumo mundial de energia é proveniente das fontes de energias renováveis, com 13 % corresponde a energia de biomassa usada para aquecimento, 3,2 % a partir de hidroeléctricas e 2,8 proveniente de outras fontes. Cerca de 18 % de electricidade é proveniente das energias renováveis, sendo 15 % corresponde a energia gerada a partir das hidroeléctricas e 3 % outras fontes de energias renováveis. [1]

4. Tipos de energias renováveis existentes em Moçambique

Existem vários tipos de energias renováveis a saber, solar (fotovoltáica e térmica), eólica, hidroeléctrica, geotérmica, oceânica, biomassas e etc.

4.1. Energia solar

A energia solar é a energia proveniente do sol, que pode ser captada pelos painéis solares (energia fotovoltáica), bem como com o uso de colectores solares (energia térmica).

É uma fonte de energia que dela derivam várias formas de energia na terra e a quantidade da radiação luminosa trazida do sol, é equivalente a milhares de vezes que a energia consumida pela humanidade.

Existem duas componentes principais da radiação solar, determinantes para o aproveitamento da energia fotovoltaica bem como a energia térmica a saber:

- **Radiação directa-** é a que vem directamente do sol e não sofre reflexão e nem refração intermediárias;
- **Radiação difusa-** é emitida durante o dia através do fenómeno de reflexão ou refração dos elementos atmosféricos como nuvem, e alguns gases, etc.

4.1.1. Energia Fotovoltaica

A energia fotovoltaica é obtida através da conversão, da luz solar em electricidade devido ao uso de células solares (foto voltaica), por um processo chamado efeito fotovoltaico.

O cientista Edmond Becquerel é que descobriu o feito fotovoltaico que consiste em surgimento de uma diferença do potencial nos terminais de um dispositivo semiconductor devido a absorção da radiação luminosa.

As células solares são constituídas por Silício mono cristalino de grande pureza, material obtido de areia mas que para a sua purificação é um processo que envolve muito investimento capital, razão pela qual até hoje a instalação ainda exige capital inicial elevado.

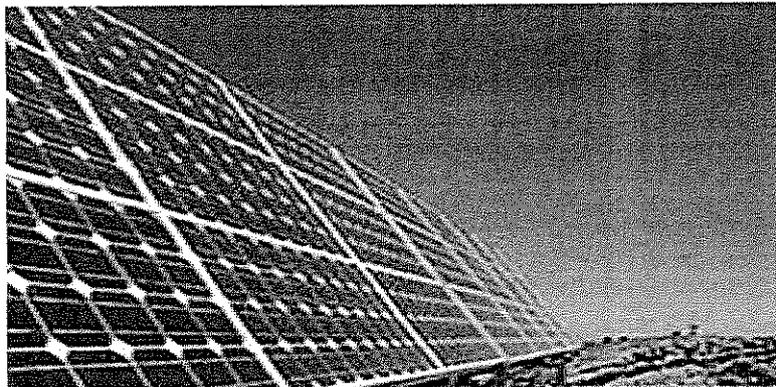


Fig1: sistema de Paineis solares Fonte: [5]

Para além do factor custo inicial a energia foto voltaica é ainda limitada porque para a sua produção em grande escala e com alta qualidade, precisa de grandes áreas e devem estar bem próxima as grandes cidades para evitar perdas eléctricas durante o transporte.

Por essas razões é viável o uso de pequenos sistemas (sistemas autónomos), bem como sistema acoplados de geração de electricidade. Sistemas que podem beneficiar a população das zonas rurais que não dispõem de uma rede eléctrica nacional.

4.1.2. Energia Térmica

A energia Térmica é obtida pelo uso dos colectores solares. Os colectores convertem a radiação solar em energia calorífica, o absorvedor do colector é que se responsabiliza pela conversão. Maioritariamente os absorvedores são feitos de material de alto poder de absorção e boa condutibilidade térmica, estes dispositivos utilizam a radiação solar directa visto que dependem inteiramente da insolação (o número de horas de sol descoberto acima do horizonte). [5]

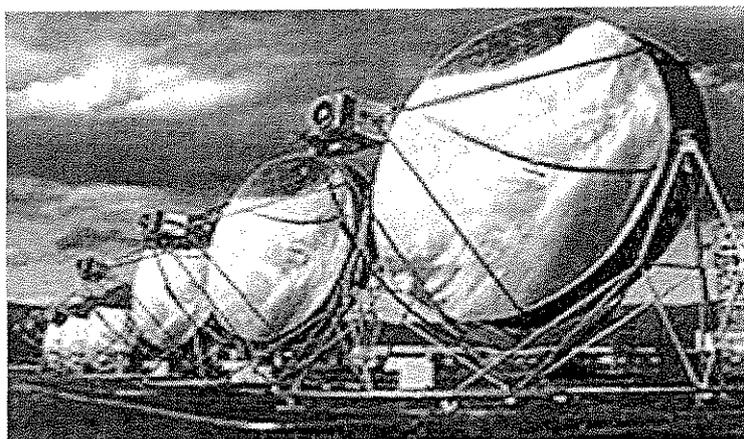


Fig2: Sistemas de colectores parabolicos Fonte: [5]

4.2. Energia Eólica

Chama-se energia eólica a energia obtida a partir do vento, ou seja, aquela que é gerada através da colisão das massas de ar em movimento e as pás de um cata-vento ou aerogerador. O mecanismo de geração dessa energia é a traves da conversão da energia cinética do vento em energia mecânica de rotação nas pás do aerogerador. O vento move uma hélice e através de um sistema mecânico gira o rotor de um gerador que posteriormente produz electricidade através das leis de electromagnetismos já conhecidas.

Após a captação do vento pelas pás, estas transmitem a sua potência ao rolamento, ligado a uma caixa multiplicadora que aumenta a velocidade do eixo. Da caixa multiplicadora, a energia mecânica é transmitida a um gerador eléctrico, que a transforma em energia eléctrica. [6]

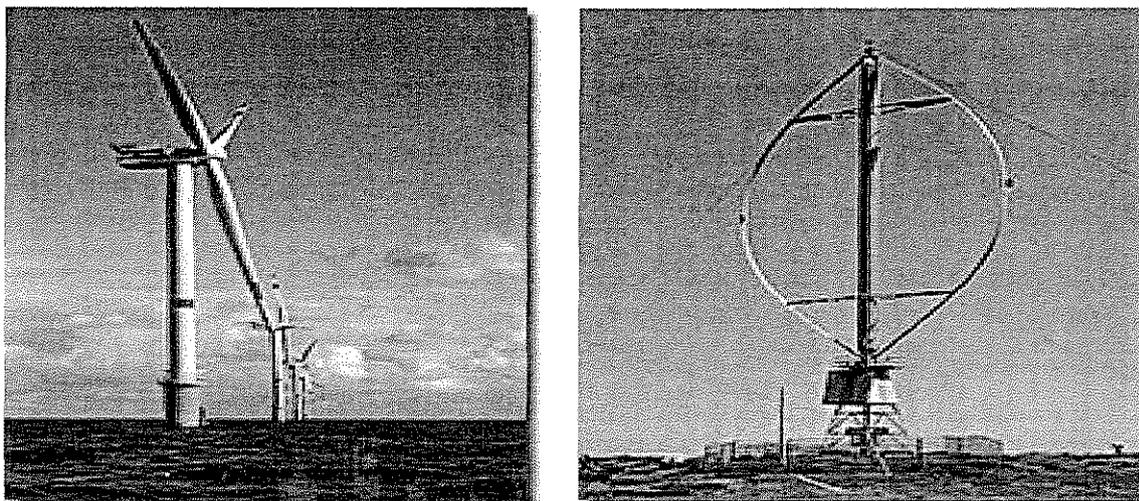


Fig 3: a) a) aerogerador de eixo horizontal b) Aerogeradores de eixo vertical Fonte: [6]

Formação do Vento

O vento na atmosfera origina através do aquecimento desigual da superfície da terra, onde as massas de ar aquecidas, pelos processos convectivos e de condução, são deslocadas devido as diferenças de pressões entre duas zonas da superfície terrestre.

O aquecimento desigual referenciado acima, provoca a alteração da densidade e pressão do ar, onde as massas de ar quentes próximas á superfície da terra ficam com menor densidade e ascendem enquanto as de ar frio que se localizam nas camadas superiores descem formando-se assim um ciclo. Essa diferença de pressão têm origens térmicas e são directamente relacionados com a radiação solar e depende dos efeitos locais como orografia e a rugosidade do solo. [6]

4.3. Energia de Biomassa

A biomassa é toda a matéria de origem biológica, que pode ser processada para a produção de electricidade e entre outras aplicações através da sua conversão.

As biomassas hoje são as principais fontes de energia para o uso doméstico, utilizados maioritariamente pela população dos países do Terceiro Mundo como Moçambique sobre tudo nas zonas rurais. Usa-se a combustão directa da lenha, os resíduos agrícolas e a produção de álcool como combustível para os automóveis bem como para a produção de electricidade.

Por outro lado, a combustão da biomassa é contaminante no caso da incineração de carvão ou lixo, a combustão emite contaminantes, alguns deles são as dioxinas. Para além de uso de vastas terras para fins energéticos que a produção de alimentos, ou o emprego de lenha sem proceder ao reflorestamento das superfícies devastadas. A energia das biomassas é gerada a partir de plantas, animais, lixo urbano através de processos tais como combustão, gaseificação, fermentação ou produção de substâncias líquidas. As energias geradas a partir das biomassas podem ter como origem:

4.3.1. Biomassas Sólidas

A energia é obtida a partir dos resíduos florestais como a madeira, lenha, carvão, bagaço da cana e etc. Estas biomassas podem ser utilizadas para aplicações domésticas, como fogões a lenha e lareiras (energia calorífica) e para a produção de electricidade. A maioria das biomassas precisam de ser densificadas, a densificação é o processo de compactação de resíduos da biomassa para um material denso, produzindo combustível de alta qualidade, com melhor e maior capacidade térmica e qualidades físicas que o carvão normal e permite maior eficiência na combustão, fornecendo assim maior eficiência e redução das emissões e para aplicações residenciais e industrial.

As biomassas densificadas possuem algumas vantagens tais como:

- Taxa de combustão comparada á do carvão mineral;
- Combustão uniforme;

- Poluentes do meio ambiente reduzidos;



Fig 4: plantação de eucaliptos

A tecnologia de conversão das biomassas sólidas é feita através da combustão, onde as centrais de combustão queimam-nas produzindo calor ou vapor que vai alimentar uma turbina. Este processo não é muito eficiente para a conversão de electricidade em projectos de pequenas dimensões.

4.3.2. Biomassas Líquidas

Para a produção da biomassa líquida recorre-se as sobras de produção, lixo bem como produtos agrícolas por exemplo, da cana-de-açúcar extrai-se o açúcar para a produção do Etanol. Portanto a produção de biocombustíveis, nomeadamente etanol, e biodiesel, assumiu elevada importância bem como a produção de combustíveis sintéticos.



Fig 5: Plantação de cana de açúcar

Actualmente estão a ser desenvolvidas alternativas que permitam aprofundar a exploração destes combustíveis de uma forma sustentável por conseguinte e podem ser agrupados em dois grupos:

➤ **Biocombustíveis de primeira geração**

Bioetanol – produzido através da cana-de açúcar ou de alguns cereais como milho, por um processo de fermentação dos hidratos de carbono, pode ser utilizado nos motores a gasolina, puro ou em mistura, conforme o processo de destilação utilizado na sua produção.

Biodiesel – produzido a partir de óleos vegetais (jatropha, girassol, etc.) ou de gorduras animais, geralmente convertido para esteres metílicos e é utilizado como substituto do gasóleo os óleos vegetais produzidos podem ser reciclados, mediante a criação de um sistema de recolha.

➤ **Biocombustíveis da segunda geração**

Os biocombustíveis de segunda geração podem ser produzidos através de técnicas químicas ou térmicas. Os subprodutos do processamento da cana-de-açúcar como o bagaço podem ser utilizados em processos de cogeração nas próprias unidades de transformação, considera-se que esta técnica como uma das soluções mais interessantes de melhoria de eficiência a implementar (Gomes, 2009).

4.3.3. Biomassa Gasosa (Biogás)

Estas biomassas são obtidas a partir dos processos da gaseificação e digestão anaeróbica produzindo um biogás. O biogás é uma mistura gasosa combustível composto por hidrocarbonetos de cadeia curta e linear, resultante da decomposição de matéria orgânica e a partir de lixo urbano bem como dos resíduos sólidos proveniente dos esgotos.

A proporção de cada gás na mistura depende de vários parâmetros, como o tipo de digestor e o substrato (matéria orgânica a digerir). De qualquer forma, esta mistura é essencialmente constituída por metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), estando o seu poder calorífico directamente relacionado com a quantidade de metano existente na mistura gasosa. A

formação do biogás envolve, basicamente, três etapas, sendo elas a fermentação, a acetogênese e a metanogênese.

4.4. Energia Hidráulica

A energia hidráulica é obtida a partir da energia potencial das correntes de água retida nas represas ou barragem, nos fluxos de águas tais como rios e lagos que se fazem cair sobre as pás de uma turbina hidráulica ou moinho de água. [13]

Durante a queda há transformação da energia potencial das águas em energia mecânica (energia cinética de rotação) através da turbina hidráulica com a finalidade de produzir energia eléctrica. O dispositivo que realiza a conversão (transformação) é a turbina que é constituída por uma roda de pás que ao receberem águas em queda giram a turbina e um gerador que converte a energia mecânica em eléctrica. [12]

A produção da energia hídrica é da longa data e pode ser dividida em grandes hidroeléctricas, médias e de mini- hídrica (de pequeno porte). O uso da energia hidroeléctrica continuará a assumir um papel importante não apenas pela produção de electricidade mas igualmente pela crescente necessidade de controlo de cheias e de manutenção de reservas de água.

Dependente das condições geográficas, o aproveitamento hidroeléctrico dos cursos das águas tem outra condicionante, a construção de barragens de elevada dimensão (acima de 10 MW) tem impactos sociais e ambientais significativos no meio envolvente e tem sido cada vez mais questionada por organizações ambientalistas e populações locais. [4]

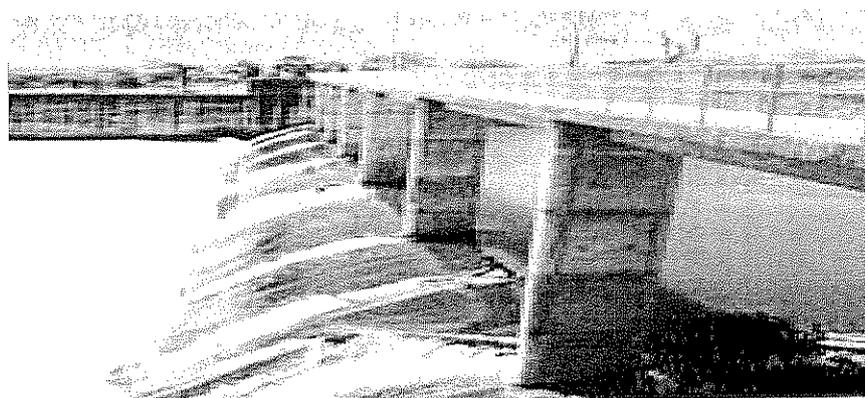


Fig 6: Hidroeléctrica de pequeno porte

Fonte: [7]

4.5. Energia Geotérmica

Energia geotérmica é a energia do interior da terra proveniente de um gradiente térmico das águas e vapores para a produção de energia eléctrica ou calor.

O aproveitamento deste calor pode ser realizado directamente, sempre que temperatura do fluido obtido seja inferior a um determinado limiar entre 90 e 150°C, para aquecimento ambiente, de águas e piscicultura quando a temperatura excede aquele limiar usa-se em processos industriais ou na produção de energia eléctrica. Parte do calor interno da terra chega a crosta terrestre em forma de águas quentes ou vapor pode servir para impulsionar uma turbina para produzir corrente eléctrica ou calor. Portanto a energia geotérmica pode ser obtida de duas formas que são:

- **Geotermia de alta entalpia** usa-se para produzir electricidade a partir de vapores de águas geotérmicas, esta é a técnica mais usada;
- **Geotermia de baixa entalpia** usa-se para o aquecimento das casas, piscinas e em aplicações indústrias.

As centrais geotérmicas de alta entalpia usam turbinas de ciclos binários, que são accionadas por um fluido intermédio de temperatura de vaporização inferior à da água o que permite aumentar o rendimento do processo. Actualmente a geotermia tem alargado os seus domínios com a utilização de bombas de calor Geotérmicas (BCG) reversíveis permitindo o desenvolvimento de sistemas de aquecimento e climatização a partir de aquíferos com permutadores instalados no subsolo no caso das utilizações directas, e com a utilização de ciclos binários, no caso da produção de energia eléctrica.

4.6. Energia oceânica

A energia das ondas é a capacidade que uma onda tem para realizar trabalho. A onda é caracterizada por possuir duas formas de energia que são:

- Energia cinética que está relacionada com o movimento orbital das partículas da água;

- Energia potencial que está relacionado com a energia de posição que as partículas ganham quando estiverem fora da sua posição de equilíbrio.

Existem pelo menos três vias de aproveitamento da energia proveniente das ondas em energia eléctrica em que as ondas directa ou indirectamente fazem funcionar um gerador a saber:

1. Uso da variação do nível das águas para levantar objectos flutuantes que podem realizar trabalho devido a sua energia potencial;
2. Uso do movimento orbital ou flutuação das partículas na superfície do mar puxando ou empurrando um objecto para frente ou para trás;
3. Uso da água que se eleva para comprimir o ar contido num compressor.

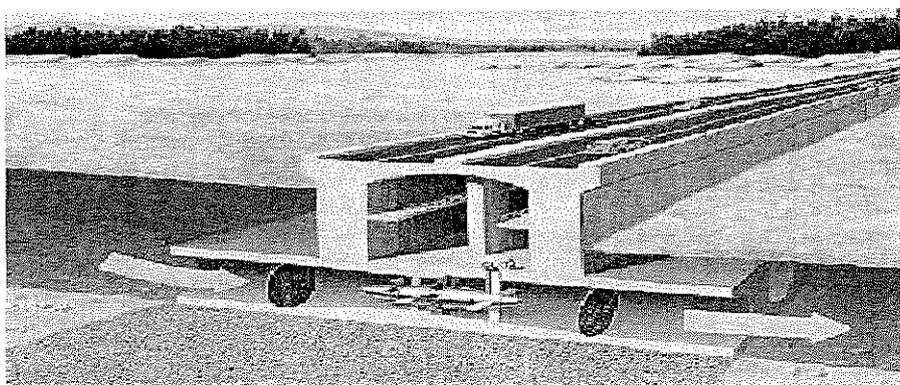


Fig 7 - Caixa de concreto com turbinas hidráulica no fundo do mar para gerar energia Fonte: [7]

A energia total das ondas é dada por:

$$E = \rho_m H^2 g \dots\dots\dots(2)$$

Onde E é a energia total da onda; ρ_m densidade das águas do mar; g aceleração de gravidade e H é a altura da onda.

5. Potencialidade do aproveitamento da energia renováveis em Moçambique

5.1. Potencialidade do aproveitamento da energia solar

Para analisar o aproveitamento da energia solar no nosso País utilizamos como base o parâmetro insolação diária que é o número de horas do dia em que a radiação solar é maior que um valor predeterminado. De um modo geral os dados da radiação solar disponíveis no nosso país foram medidos com um Heliografo, instrumento que estima a insolação diária. [14]

Para estimar a radiação média incidente a partir de uma série de medidas de insolação recorre-se a seguinte equação:

$$\bar{H} = \bar{H}_0 \left[a + b \left(\frac{\bar{n}}{\bar{N}} \right) \right] \dots\dots\dots (3)$$

Onde \bar{H}_0 é a irradiância horizontal com a terra, "a" e "b" são coeficiente que dependem das condições climáticas do local, \bar{n} é o número de horas em que o sol efectivamente brilhou durante um certo dia e \bar{N} é o comprimento total do dia ou é o número de horas em que o sol esteve acima do horizonte num determinado dia.

O estudo efectuado da radiação solar directa, difusa e global observou-se que para as regiões Sul, Centro e Norte do País a radiação directa tem maior valor que a radiação difusa. A radiação global possui um valor médio de 5,2 Kwhm⁻². Observou-se os valores de 5,2 Kwhm⁻² de radiação global para as zonas Sul e Centro respectivamente e 5,1 Kwhm⁻² para a região Norte do País.

Para o mes de Dezembro observam-se os valores máximos, sendo de 7,7 Kwhm⁻² em todo território nacional.

E de 7,7 Kwhm⁻² para as regiões Sul e Centro e de 7,8 Kwhm⁻² para a região Norte, ainda observa-se que no mes de Junho os valores da radiação global são mínimos tal que em todo o País o valor é de 3,9 Kwhm⁻², 3,6 Kwhm⁻², 3,9 Kwhm⁻² e 4,1 Kwhm⁻² para as Regiões acima citadas respectivamente.

Verifica-se que o efeito de nebulosidade aumenta do Sul para o Norte e do interior para a costa sendo assim a radiação global apresenta valores mais baixos em Inhambane, Beira, Chimoio e Lichinga por outro lado verifica-se um aumento de valor da radiação global da costa para o interior e os máximos para Maputo e Lumbo. Assim com os dados acima apresentados pode concluir que o País apresenta uma boa disponibilidade de aproveitamento da energia solar onde a média mensal aproximada varia de 5- 5,2 Kwhm²/dia. (Quissico, 2005)

5.2. Potencialidade do aproveitamento da energia Eólica

Uma vez que as turbinas eólicas hoje em dia são concebidas para a geração de electricidade, vários factores tais como a velocidade do vento (V), a densidade do ar (ρ) e a área do varrimento na turbina contribuem bastante para a geração da energia. Esses factores podem ser agrupados num só, chamado potencial eólico que tem a seguinte expressão:

$$P_t = \frac{1}{2} C_p \rho_a A V^3 \dots\dots\dots (4)$$

Onde P_t é potência total extraída, C_p coeficiente de potência, ρ_a densidade do ar, A área do varrimento do rotor e V é a velocidade do vento.

De acordo com a expressão acima apresentada pode compreender que o potencial eólico depende da área de varrimento bem como da velocidade do vento, por isso o comportamento e o regime do vento o seu estudo é de extrema importância.

O regime dos ventos em Moçambique é extensivamente influenciado pela circulação da atmosfera na África meridional que, por sua vez está condicionado por vários centros de acção cujos princípios, em relação a Moçambique são:

- Tipo anticiclone subtropical do indico com cintura de baixas pressões equatoriais associada a uma depressão de origem térmica, que se desenvolve sobre o continente na época quente;
- Um anti- ciclone de origem térmica que se estabelece na época seca na parte meridional do continente africano, apresentando vales de pressionais que

acompanham o movimento das depressões subpolares que afectam por vezes as regiões do litoral das províncias de Maputo, Gaza, e Inhambane;

Em todo o litoral Moçambicano, o vento tem velocidade média na ordem de 10km/h, atingindo os valores mais altos, na ordem dos 15km/h, no extremo sul do País. Já no interior, o vento diminui a sua velocidade atingindo os valores mais baixos na ordem dos 4 – 6 km/h nas províncias de Zambézia, Tete, e Gaza, com excepção das regiões montanhosas do Niassa onde o vento atinge a velocidade de aproximadamente 10km/h, (Cunha 1972). A tabela abaixo mostra os valores médios da velocidade do vento ao nível das capitais provinciais.

Tabela 1: valores médios da velocidade mensal do vento em m/s das cidades capitais de Moçambique. Fonte: Serviços Nacionais de Meteorologia

Mes cidade	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Maputo	9.3	8.9	7.9	7.4	7.6	7.6	7.9	9.2	9.5	10.1	9.8	9.9
Xai Xai	8.7	8.1	6.5	5.5	5.5	5.5	5.8	7.6	9.9	10.1	9.9	8.6
I'bane	7.0	7.5	5.6	5.0	5.5	4.8	5.6	6.4	7.5	8.0	8.1	7.5
Beira	13.2	13.1	12.7	11.6	10.6	10.6	11.5	12.7	14.6	15.4	15.2	14.2
Chimoio	8.5	9.2	8.4	7.8	8.0	7.9	8.2	8.8	11.2	12.6	12.0	9.1
Tete	4.6	4.7	5.3	5.8	4.7	4.7	5.5	7.8	9.8	10.8	8.9	5.7
Quelimane	8.8	8.6	7.9	7.2	6.6	7.0	7.4	8.8	11.2	12.6	12.0	10.3
Nampula	8.6	8.9	8.9	9.3	10.4	11.5	11.4	11.1	11.9	12.8	12.1	10.0
Pemba	8.7	8.1	7.2	9.0	11.9	13.3	13.4	11.2	10.4	10.0	10.6	9.3
Lichinga	12.1	11.9	13.5	15.9	14.6	14.7	15.6	15.2	16.3	17.5	16.3	

O nosso País possui ventos com maior intensidade nos meses entre Dezembro, Janeiro e Fevereiro chegando a atingir os valores de 8- 9 m/s para as Províncias de Cabo Delgado, Nampula e Zambézia respectivamente e 7- 8 m/s na Províncias de Niassa, Tete, Inhambane e no interior da Província de Maputo.

Para os meses de Março- Maio os ventos máximos ocorrem na Província de Cabo Delgado atingido os seguintes valores da velocidade de 7- 8 m/s e de 7-9 m/s na Província da Zambézia, para os meses de Junho- Agosto a Província de Zambézia e uma parte da Província de Sofala atinge uma velocidade de 6- 7 m/s.

Para os meses de Setembro- Novembro as Províncias de Maputo, Gaza e Manica que apresentaram ventos com a intensidade máxima de velocidade de 6- 7 m/s. Face a dados acima apresentados e de acordo com a tabela dos valores médios da velocidade mensal pode-se notar que a velocidade do vento está acima de 4,5 m/s a uma altura de 10 m o que representa um potencial considerável para mover uma turbina e gerar energia eléctrica de pequeno, médio e de grande porte.

5.3. Potencialidade do aproveitamento da energia da Biomassa

Moçambique possui cerca de 65,3 milhões de hectares de floresta e outras formações vegetais que se destinam a produção de lenha e carvão vegetal, cerca de 22 milhões de toneladas de lenha e carvão são produzidas anualmente. [11]

As florestas e outras formações vegetais nativas ocupam cerca de 78 % da superfície total do território nacional. Sendo que 8,7 % correspondem a florestas com alta e média produtividade, 26 % de florestas de média e baixa produtividade e os restantes 65,3 % correspondem a savana pouco densa. Este último tipo de florestas têm um baixo valor comercial, mas com um grande valor social, pelo facto de ser aqui que a população encontra as fontes de combustível lenhoso entre outras necessidades das populações.

Aproximadamente 2/3 das florestas altas maiores que 15 m situam-se na província de Sofala. Ocorrem também florestas densas com altura variável entre 9 e 15 m nas províncias de Zambézia, Manica, Cabo Delgado e Nampula, com um potencial de produção sustentável estimado em cerca de 1.000.000 metros cúbicos por ano.

Em relação as florestas artificiais estimasse 1.000.000 de hectares na qual já está em exploração uma área de 46.000, a província de Manica é que possui maior percentagem de florestas artificiais (51 %), existem também outros locais com prática de reflorestamento artificial como Marracuene, Namaacha e Salamanga na província de Maputo, Dondo em Sofala, Nampula e Lichinga.[9]

O clima de Moçambique e propicio para produção de culturas agro-energeticas que representam potencial para produção de biocombustiveis (biodiesel e etanol);

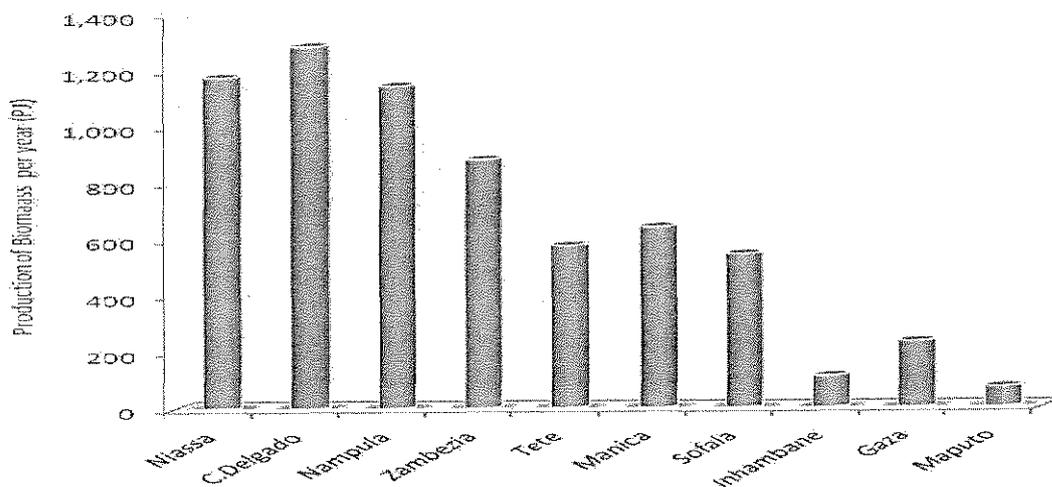


Fig 7: Gráfico de potencial da energia de biomassas Fonte: [11]

5.4. Potencialidade do aproveitamento da energia Hidráulica

A potencia Hidráulica pode ser obtida a partir da seguinte expressão:

$$P = \rho QHg \dots\dots\dots (1)$$

Onde Potencia (P) em watt [w], altura (H) em [m], densidade (ρ) em [Kgm^{-3}], vazão volumétrica (Q) em [m^3s^{-1}] e aceleração de gravidade (g) em [ms^{-2}].

Em Moçambique podem ser identificadas mais de 100 bacias hidrográficas, a maior parte das quais desagua no Oceano Indico, sendo as principais as seguintes: Maputo, Umbeluzi, Incomati, Limpopo, Save, Buzi, Púnguè, Zambeze, Licungo, Ligonha, Lúrio, Messalo e Rovuma. Poucos destes sistemas de rios nascem em Moçambique, sendo a maioria de origem dos países vizinhos. Grande parte destas bacias apresenta regimes torrenciais e níveis altos de água para os meses da época chuvosa e escoamentos reduzidos ou quase inexistentes para os restantes meses do ano (época seca), em particular na zona sul do País. Existem também dois grandes lagos naturais, ambos partilhados com países vizinhos, o lago Niassa e o lago Chirua (Cumbe,1997).

Sendo a capacidade estimada é de 12500 MW deste potencial apenas 2300 MW são produzidos pelas hidroeléctricas, sendo que 2075 MW pela Hidroeléctrica de Cahora Bassa no Distrito de Songo (Tete) e o restante por pequenas unidades tais como Chicamba e Mavusi etc. O nosso País dispõe em uma média de 12 barragens, com uma capacidade total de armazenamento de 44.900 milhões de metro cúbicos sendo Cahora Bassa e Massingir as maiores com capacidades de 39.200 e 2.260 milhões de metro cúbicos respectivamente, onde Cahora Bassa e Chicamba são usadas para a produção de energia eléctrica enquanto as outras para fins múltiplos.

Tabela 2: Algumas grandes barragens de Moçambique (Fonte: DNA, 1998)

Nome	Rio	Cidade próxima	Objectivos
Peq. Libombos	Umbeluzi	Maputo	Abastecimento urbano e irrigação
Corrumana	Sábiè	Moamba	Irrigação, produção de energia
Macarretane	Limpopo	Chókwè	Irrigação
Massingir	Elefantes	Chókwè	Irrigação, produção de energia

Mavuzi	Revue	Chimoio	Produção de energia
Chicamba	Revue	Chimoio	Produção de energia, abastecimento Urbano
Chimoio	Mezingaze	Chimoio	Abastecimento urbano
Cahora Bassa	Zambeze	Tete	Produção de energia
Nampula	Monapo	Nampula	Abastecimento urbano
Nacala	Muecula	Nacala	Abastecimento urbano
Chipembe	Montepuez	Montepuez	Irrigação
Locumue	Lucheringo	Lichinga	Abastecimento urbano

5.5. Potencialidade do aproveitamento da energia Geotérmica

Em Moçambique, a maioria das áreas propícias para a produção de energia geotérmica está localizada na região centro e norte do País a disponibilidade local de fluidos geotérmicos confirma a possibilidade de produção de energia eléctrica em pequena escala, mas a sua implementação efectiva ainda carece de estudos mais detalhados e, eventualmente, a execução de furos exploratórios.

Foram identificadas pelo menos 38 fontes de águas térmicas em Moçambique, a maioria das quais ao longo do Vale do Rift, a norte de Metangula, na província do Niassa, norte de Moçambique, onde há indícios de existência de água fervente nas proximidades do Lago Niassa. Existem várias outras fontes de águas termais a uma temperatura de cerca de 60 graus centígrados que se encontram localizadas na região de Espungabera, província central de Manica, junto a fronteira com o Zimbabwe.

5.6. Potencialidade do aproveitamento da energia Oceânica

Moçambique possui cerca de 2800 milhões de Km de costa, caracterizada por apresentar ondas com uma altura que varia entre 3 á 7 m, ainda localiza-se na zona intertropical, que possui uma temperatura propícia para a ocorrência de energia térmica oceânica.

As potencialidades desta opção energética estão ainda em estudo, o País possui um considerável potencial de marés, energia das ondas e energia térmica oceânica sendo que o desenvolvimento e aproveitamento deste, para além de contribuir como uma opção energética também poderão reduzir o efeito erosão costeira nos locais onde serão instaladas as centrais de produção de energia eléctrica. [11]

6. Projectos em construção ou em operação no País

6.1. Projectos instalados de aproveitamento da energia solar

Foram instalados cerca de 200 projectos, dos quais electrificaram mais de 500 escolas e centros de saúde nas zonas rurais como é o caso de Hospital Rural de Muxúngue e Postos de Saúde de Tinonganine e Djabula, mais 100 vilas e povoações beneficiaram-se desta tecnologia, para a irrigação, abastecimento de água para o consumo e fornecimento da energia eléctrica a residências. [1]

É notório a evolução desta tecnologia visto que a capacidade instalada é caracterizada por um crescimento significativo de acordo com a tabela abaixo indicada:

Tabela 3: Potencia instalada de energia solar de 2005 á 2010 no País Fonte: [1]

Ano	Capacidade Instalada em (KW)
2005	8,6
2006	53,79
2007	74,33
2008	208,38
2009	439,18
2010	236,84
Total	1.021,12

6.2. Projectos de aproveitamento da energia hídrica

Há projectos de construção de Barragens de Mpanda Nkuwa com a capacidade de geração de 1500 MW e por outro lado a capacidade de geração de energia hidroeléctrica sobre o rio Zambeze aumentaria com a construção da Central Cahora Bassa Norte com uma capacidade estimada de produção de 1000MW. Goza ainda de centrais mini-hídricas, com capacidade de gerar energia até 15 megawatts e que podem contribuir para iluminar pequenas comunidades bem como barragens de média dimensão, como a de Massingir, na Província de Gaza e de Pequenos Libombos em Maputo. [10]

Destaca-se ainda a construção de Hidroeléctrica de pequena escala, tais como Hidroeléctrica de Cuamba e Lichinga (Província de Niassa), com capacidade de geração de 0,9 e 0,5 MW respectivamente, Hidroeléctrica de Honde (Distrito de Bárué) com uma capacidade de 75 KW, construção de quatro pico Hídricas de Chua Machipanda (Província de Manica) com capacidade de 60KW e a construção de uma mini-hidrica de Nhazónia, Rotanda, Berua entre outras. [1]

Na tabela abaixo estão apresentados projectos de instalação bem como de reabilitação de algumas centrais hidroeléctricas que estejam ou não em funcionamento pois a maior parte deles foram construídas na erra colonial, nela estão indicados os nomes do projecto, o nome do rio abrangido, o potencial de geração bem como o custo do empreendimento.

Tabela 4: Potencial existente em cada projecto em função de custo de instalação

Hydropower Project	River Name	Capacity (MW)	Average Production (GWh)	Investment Cost 1 (MUSD)	Specific Investment Cost 2 (USD/kW)	Total Cost Average Production (USc/kWh)
Mavuzi 3	Revué	60	450	68,9	1,260	1.8
Mphanda Nkuwa	Zambezi	1500	11550	1635	1,345	1.9
Cahora Bassa North Bank	Zambezi	850	2835	483	701	2.3

Lupata	Zambezi	650	4960	1.184	2249	3.2
Muenezi	Revuè	21	129	56.8	2968	5.3
Tsate	Revuè	50	307	133.9	2939	5.3
Boroma	Zambezi	160	1170	490.4	3783	5.6
Chicamba3	Revuè	34	55	30	926	6.3
Massingir	Elefantes	40	125	68.6	1882	6.6
Alto Malema	Malema	60	222	124.4	2275	6.8
Lurio 2	Lúrio	120	482	272.5	2657	7.2
Pavua	Pungwe	60	242	158.6	3093	8.4
Mugeba	Licungo	100	480	363.0	3984	9.1
Project 7:6	Luia	267	600	457	2003	9.8
Project 5:8+9	Revúbue	120	495	426.2	4156	11.0
Project 7:11	Capoche	60	250	239.7	4675	12.3
Mutelele	Ligonha	50	190	276.1	6.060	17.5
Mutala	Molócuè	27	80	137.2	5336	19.9

6.3. Projectos de aproveitamento da energia eólica

No âmbito de aproveitamento dos ventos existentes, foi instalada a primeira turbina eólica na praia de Rocha (Província de Inhambane), com capacidade de gerar 300 KW este projecto que beneficia a população local pois encontra-se ligado á rede de transmissão nacional (REN), através da linha de transmissão de 33 KV. [1]

O uso das diferentes tecnologias para projectos de geração de energia renovável, possuem normalmente um desenvolvimento gradual. A tabela abaixo mostra o custo de construção de dois parques eólicos em Moçambique de 50 MW cada, localizados na Ponta d'Ouro (Província

de Maputo) e Inhambane, projecto ainda de biomassa de capacidade de 50 MW e instalação de sistema solar de 10 MW.

Tabela 5: Custo de investimento para geração de energias renováveis no País

Projecto de geração	Capacidade em (MW)	Média anual de produção (GWh)	Custo de Investimento (MUSD)	Custo total por KW Use/Kwh
Ponta de Ouro (eólica)	50	109.5	140.7	141.4
Inhambane (eólica)	50	153.3	140.7	141.4
Solar	10	25	80	80
Biossas	50	350.0	337.5	337.5

6.4. Projectos de aproveitamento da energia de Biomassa

Quanto à energia de biomassa, as populações residentes nas zonas onde estão implantadas as empresas do ramo açucareiras do país, com destaque para Xinavane, Província de Maputo, e Marromeu, em Sofala, beneficiam de energia gerada através do bagaço da cana-de-açúcar, para a electrificação dos hospitais, escolas bem como residências.

A população da província central de Manica, concretamente da região onde está implantado o projecto de produção de etanol, também beneficia de energia eléctrica produzida através do bagaço da jatropha.

7. Conclusões

De acordo com a pesquisa efectuada concluir-se que:

- As formas de energias renováveis existentes no País são solar, eólica, hidráulica (de pequeno, médio e grande porte), de biomassa, geotérmica e oceânica, mas que as duas últimas ainda não estão em exploração;
- O País apresenta uma boa disponibilidade de aproveitamento da energia solar onde a média mensal aproximada varia de 5- 5,2 Kwhm²/dia;
- O aproveitamento deste recurso energético já é uma realidade em quase todo o País, uma vez que é usada para a electrificação das zonas rurais em Escolas para a introdução do curso nocturno, em Postos de Saúde e Hospitais Rurais e em algumas residências, para além da electrificação é aproveitada em electrobombas para irrigação bem como abastecimento de água as comunidades.

- Quanto a energia eólica assim como as outras formas de energia está em decursos projectos de mapeamento destes recursos energéticos, de acordo com as fontes consultadas vê-se de uma forma clara que o País dispõe de uma velocidade do vento com um potencial superior a 4,5 m/s, velocidade suficiente para girar uma turbina eólica. Foram realizadas medições de velocidade do vento nas regiões da praia de Rocha (Província de Inhambane) e Ponta de Ouro e verificou-se que estas dispunham de um potencial com valores da velocidade média de 6-7 m/s, que culminou com a instalação de uma turbina eólico na praia de Rocha com capacidade de 300kW.

- No que se refere a energia Hídrica e numa forma clara o País possui recursos hídricos a desejar, pois é atravessado por vários rios com maior potencial para as zonas Centro e Norte do País, que podem ser construídas barragens de pequeno até de grande porte com finalidade de geração de electricidade bem como outras finalidades.
- A região Sul do país possui um potencial hídrico favorável para a construção de barragens para sistemas de irrigação e geração de electricidade para projectos de pequena e média escala respectivamente, como são os casos das barragens de Massingir, Pequenos Libombos entre outras.
- No que concerne a energia de biomassa, o país dispõe de um potencial de recursos florestais que contribui com cerca de 80% como recurso energético consumido no País. Cerca de 65,3 % de floresta de savana pouco densa que são usadas como fonte de combustível lenhoso e sob forma de carvão vegetal.
- Quanto à energia produzida por culturas agro energéticas destaca-se a energia produzida pelo bagaço da cana-de-açúcar (Xinavane e Marrromeu) e da Jatropha na província de Manica para a produção de etanol.
- Estão em análise os estudos das potencialidades das energias oceânicas e geotérmicas, mas que o desenvolvimento de tecnologias para sua exploração é promissora para o reforço da situação energética actual.

A implementação das diferentes formas de energias renováveis no seio das populações, é caracterizado pela mudança de ser e estar e no desenvolvimento sócio económico de actividade quer no período diurno bem como nocturno.

8. Bibliografia

1. Aproveitamento das Energias Novas e Renováveis para o Desenvolvimento Sócio económico do País.
2. Cumbe, H. J., 1997: Política Nacional de Águas: Revista do Centro de Formação Profissional de Águas e Saneamento, N.º Especial 2ª Edição.
3. DNA, 1999: Water Resources of Mozambique, SYNOPSIS
4. GOMES, Carla Maria. Desenvolvimento Limpo uma Nova Cooperação entre Portugal e os PALOP. Aveiro, 2009.
5. http://conexaogeografia.hdfree.com.br/energia_e_suas_fontes.htm
6. http://www.cresesb.cepel.br/index.php?link=/tutorial/tutorial_eolica.htm 08/09/2011
7. <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABblQAE/fontes-renovaveis>
8. http://www.funae.co.mz/index.php?option=com_content&view=article&id=167%3Aconstrucao-de-mini-hidrica-em-rotanda&catid=37%3Amini-hidricas&Itemid=2&lang=pt.
9. MICOA: Relatório Síntese de Informação Disponível
10. Norconsult. Mozambique Generation Master Plan: Hydro power projects in Mozambique
11. Política de Desenvolvimento de Energias Novas e Renováveis em Moçambique
12. pt.scrib.com/Talita_bevild/5265
13. Pt.wikipedia.org/energia_hidraulica
14. QUISSICO, Daniel Zefanias. Estudo do comportamento da energia solar em Moçambique. Maputo 2005.