

## 2.6 Cidade de Inhambane e Pemba (sistemas isolados)

Tabela 2.6.1: Uso final de electricidade, (%)

| Rend  | Ilumin | Radio | TV   | Réfrig | Arcond | Aq.H2O | Cozinh | Outros |
|-------|--------|-------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1     | 100.0  | 90.0  | 0.0  | 35.0   | 15.0   | 0.0    | 0.0    | 50.0   |
| 2     | 100.0  | 88.9  | 11.1 | 50.0   | 16.7   | 0.0    | 11.1   | 50.0   |
| 3     | 100.0  | 33.3  | 33.3 | 66.7   | 66.7   | 0.0    | 33.3   | 66.7   |
| 4     | 0.0    | 0.0   | 0.0  | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| Total | 100.0  | 85.4  | 7.3  | 43.9   | 19.5   | 0.0    | 7.3    | 51.2   |

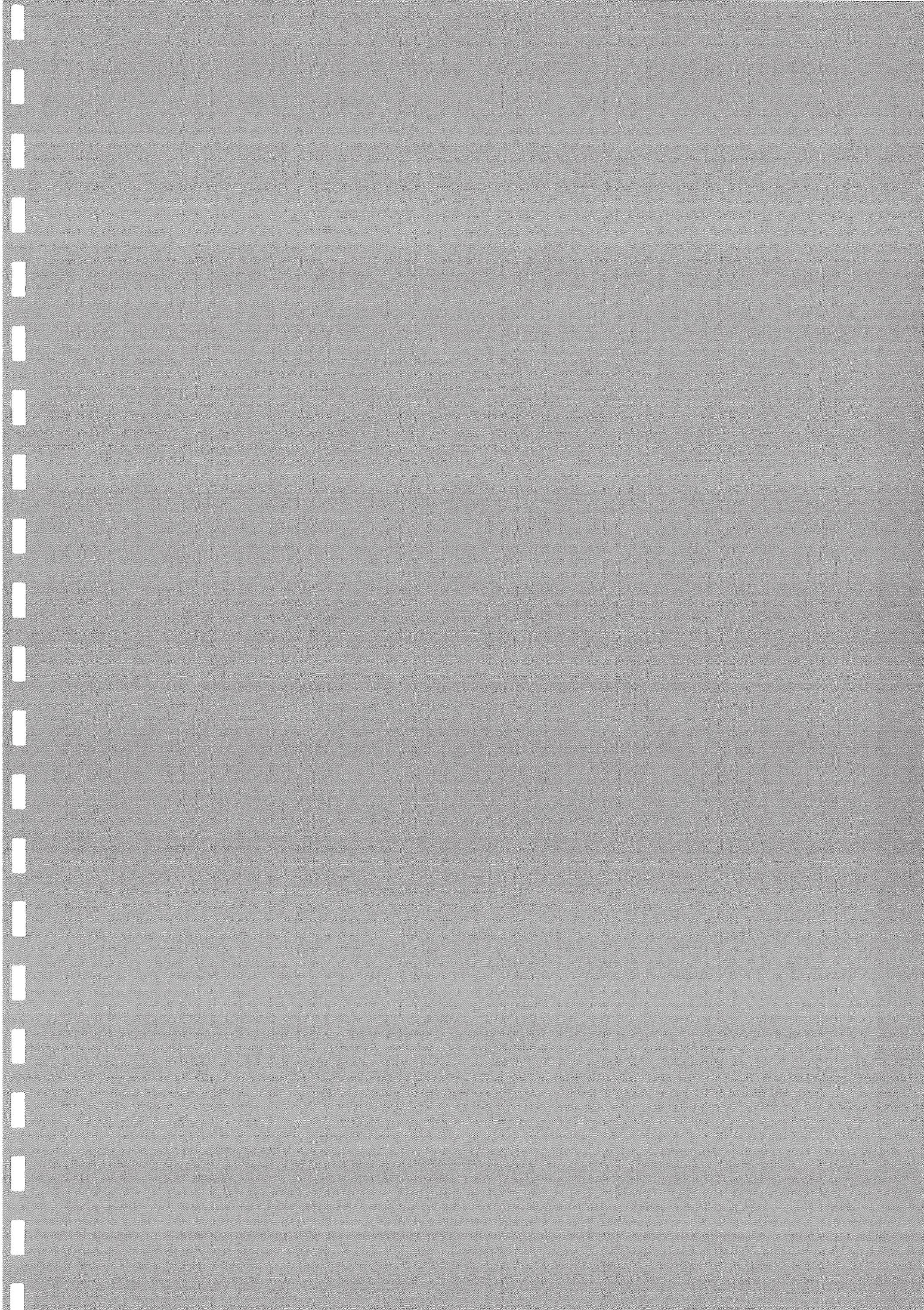
Tabela 2.6.2: Possuidores dos electrodomésticos indicados, (%)

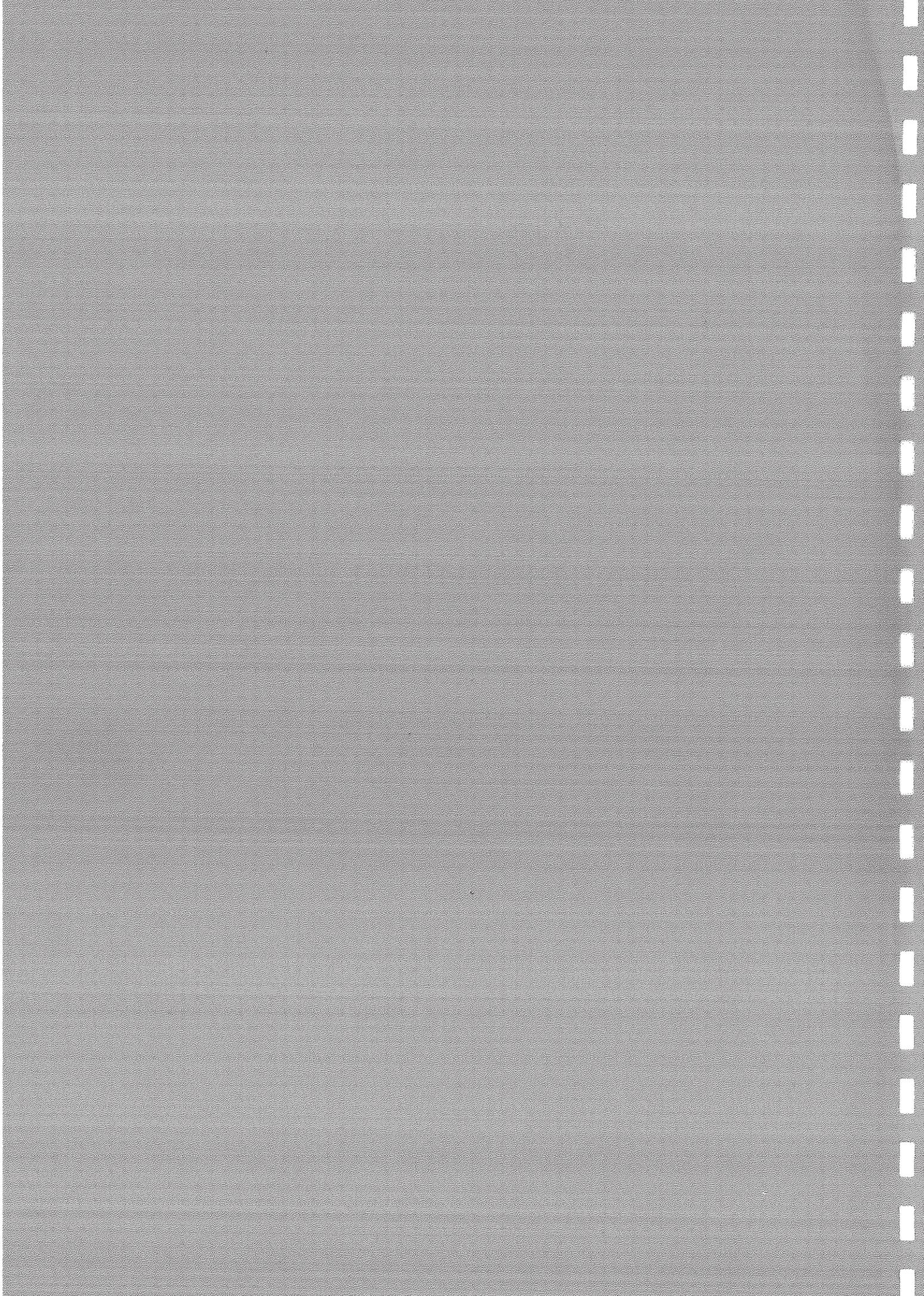
| Rend  | F.engo | Aspirad | Chalei | Bated | T.Acum | Aquec | Ventil | Secad | Torrad | Microo | Bomba |
|-------|--------|---------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|
| 1     | 75.0   | 0.0     | 15.0   | 5.0   | 0.0    | 0.0   | 25.0   | 0.0   | 5.0    | 0.0    | 0.0   |
| 2     | 83.3   | 0.0     | 5.6    | 11.1  | 0.0    | 0.0   | 50.0   | 5.6   | 0.0    | 0.0    | 0.0   |
| 3     | 100.0  | 0.0     | 0.0    | 66.7  | 0.0    | 0.0   | 66.7   | 33.3  | 0.0    | 0.0    | 0.0   |
| 4     | 0.0    | 0.0     | 0.0    | 0.0   | 0.0    | 0.0   | 0.0    | 0.0   | 0.0    | 0.0    | 0.0   |
| Total | 80.5   | 0.0     | 9.8    | 9.8   | 0.0    | 0.0   | 39.0   | 4.9   | 2.4    | 0.0    | 0.0   |

Tabela 2.6.3: Consumo de electricidade

| Rend  | Period de servic. (%) |         |        | Consumo medio por mes (kWh) |          |          |      |
|-------|-----------------------|---------|--------|-----------------------------|----------|----------|------|
|       | 1 ano                 | 1-5anos | 5 mais | Total                       | Coz.elec | SI/co.el | C/ac |
| 1     | 0.0                   | 30.0    | 70.0   |                             |          |          |      |
| 2     | 5.6                   | 33.3    | 61.1   |                             |          |          |      |
| 3     | 0.0                   | 33.3    | 66.7   |                             |          |          |      |
| 4     | 0.0                   | 0.0     | 0.0    |                             |          |          |      |
| Total | 2.4                   | 31.7    | 65.9   |                             |          |          |      |







**Universidade Eduardo Mondlane  
Faculdade de Ciências  
Departamento de Física  
Programa de Investigação em Energia Solar**

**Estudo de Viabilidade de Utilização  
de  
Energia Solar em Moçambique**

**Por B. C. Cuamba e M. L. Chenene**

**Maio de 1997**



## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| 1. Generalidades .....  | 2  |
| 1.2 Factores que afectam a Radiação Solar.....  | 3  |
| 1.3 O Aproveitamento da Energia Solar.....  | 4  |
| 1.4 O Mercado de Energia Solar em Moçambique.....   | 5  |
| 1.5 Empresas Fornecedoras de Equipamento.....   | 6  |
| 1.6 Análise Económica .....   | 6  |
| 1.6.1 Considerações Gerais.....   | 6  |
| 1.6.2 Identificação dos Principais Nichos de Aplicação da Energia Solar e Respectivos Custos..... | 8  |
| 1.7 Projecto de um Sistema a Energia Solar.....   | 14 |
| 2 Estratégias para a Disseminação da Energia Solar em Moçambique.....                             | 15 |
| 2.1. Introdução.....  | 15 |
| 2.2. A Importância da Capacidade Endógena na Disseminação da Tecnologia de Energia Solar          | 16 |
| 2.3. Mecanismos de Disseminação da Tecnologia de Energia Solar .....                              | 19 |
| 2.3. Suporte Técnico .....  | 21 |
| 2.4. Arranjos Financeiros.....  | 22 |
| 2.5. Questões Institucionais .....  | 22 |
| 2.6. Considerações Finais.....  | 24 |
| 3. Conclusões Gerais.....   | 25 |
| BIBLIOGRAFIA .....  | 26 |



## 1. Generalidades

As fontes renováveis de energia têm sido, a partir da década passada, objecto de uma investigação intensa ao nível mundial, com vista à sua utilização para cobrirem certas necessidades de energia, geralmente cobertas por fontes convencionais de energia. Este interesse deve-se fundamentalmente ao facto de muitas das fontes convencionais de energia, como é o caso do petróleo e do carvão, criarem danos significativos ao meio ambiente. A energia solar, a energia eólica e a energia hídrica representam algumas das fontes renováveis de energia com um potencial de aplicação bastante forte num futuro próximo em Moçambique.

A posição geográfica do país, entre as latitudes 10° e 26° Sul <sup>1</sup>, é muito vantajosa para fins de aproveitamento da energia solar, uma vez que se encontra dentro da região da "cintura de sol (sunbelt)", que se estende das latitudes de 40° Norte a 40° Sul. Assim, esta fonte renovável tem um potencial de aplicação bastante promissor neste País. A fim de se fazer um uso efectivo desta fonte de energia é imprescindível que se tenha um conhecimento sobre as aplicações em que a energia solar pode ser explorada com rentabilidade.

O presente documento apresenta um estudo bastante preliminar sobre a viabilidade de utilização da energia solar para diferentes fins em Moçambique. Aqui são descritas as várias aplicações da energia solar, as tecnologias de conversão, bem como os componentes básicos dos referidos sistemas de conversão. Mais adiante faz-se uma análise do mercado das tecnologias de energia solar, incluindo uma análise comparativa com outras tecnologias, onde os parâmetros referentes aos custos e à fiabilidade técnica são tomados em consideração.

1 Esta é a "cintura de sol" de Moçambique.

## 1.2 Factores que afectam a Radiação Solar

Designa-se de energia solar à radiação electromagnética emitida pelo Sol. À distância média entre o Sol e a Terra o seu valor é de  $1,353 \text{ kW/m}^2$  e é designado de constante solar. O valor desta energia na Terra varia de lugar para lugar, entre o dia e a noite e com as estações do ano. O Instituto Nacional de Meteorologia (INAM) tem estado a monitorar a radiação solar em Moçambique desde há algumas décadas. Uma análise dos dados colhidos pelo INAM revela que os valores da radiação solar em Moçambique são, de facto, altos, estando a média anual em geral acima dos  $5,0 \text{ kWh/m}^2/\text{dia}$ . A Figura 1 representa o mapa da radiação solar em Moçambique.

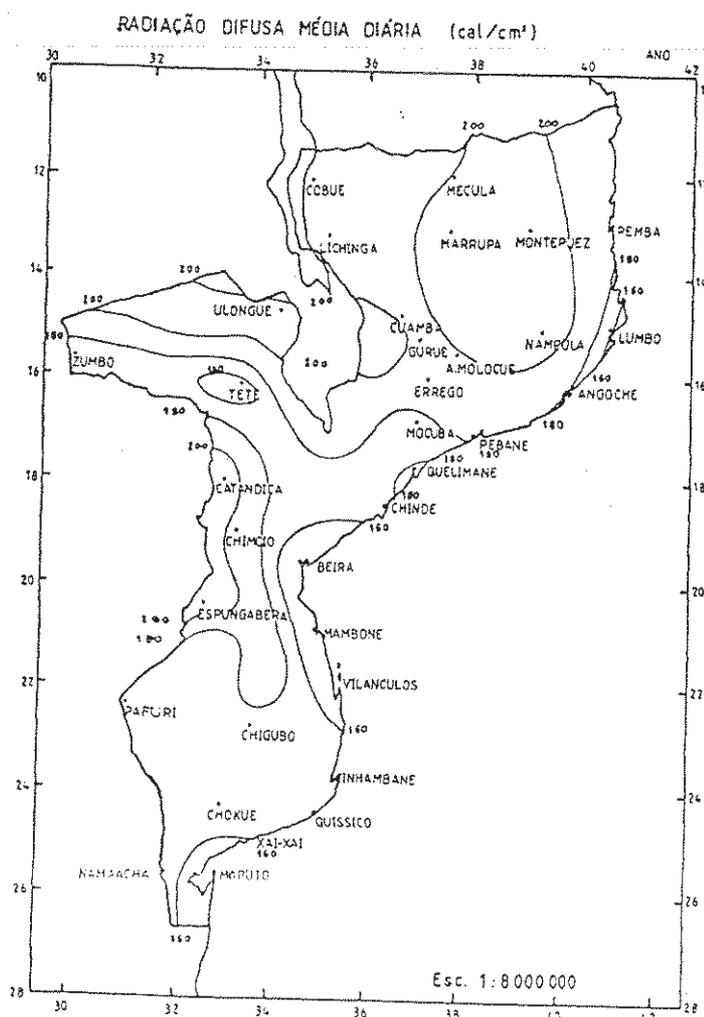


Figura 1: Mapa da radiação solar em Moçambique

### 1.3 O Aproveitamento da Energia Solar

Para fins de aproveitamento de energia solar para fins sócio-económicos, distinguem-se duas formas de conversão: (i) a conversão térmica e (ii) a conversão fotovoltaica. Entende-se por conversão térmica de energia solar a transformação directa da radiação solar em calor. A conversão fotovoltaica é a transformação directa da radiação solar em energia eléctrica.

Basicamente, na conversão térmica de energia solar usa-se uma chapa metálica com a parte superior coberta de placa de vidro e a inferior com material isolador térmico. Quando a radiação solar (ondas curtas) incide sobre a chapa metálica, depois de atravessar a placa de vidro, dá-se a produção de radiação infravermelha (calor). Como a placa de vidro é opaca à radiação infravermelha, são mínimas as perdas de calor através dela. Ao conjunto formado pela chapa metálica, placa de vidro e material isolador térmico, na parte inferior, chama-se de colector solar. Os colectores podem ser associados, em caso de necessidade, de maneira a produzirem a quantidade de calor necessária para aplicações específicas. O calor produzido por este tipo de sistemas pode ter inúmeras aplicações, sendo de destacar as seguintes:

- Confeccionamento de alimentos (fogões solares);
- Aquecimento de água;
- Dessalinização de água;
- Produção de energia eléctrica.

A transformação directa da energia solar em energia eléctrica é feita através de dispositivos, produzidos com base em material semicondutor, denominados células solares. Em geral as células solares são agrupadas em conjuntos de 36 unidades ligadas em série, de maneira a produzirem cerca de 50 W de energia. O conjunto todo é encapsulado de maneira a formar uma unidade eléctrica, e é devidamente protegido contra possíveis danos devido aos efeitos do ambiente, como chuva, a humidade, e o vento.

A protecção superior é feita de vidro, por ser transparente à radiação solar, por ser resistente aos efeitos ambientais e por ser barato. A parte

inferior e dos lados é, regra geral, de alumínio e/ou plástico. A este conjunto chama-se de módulo solar. Dependendo das aplicações, os módulos podem ser ligados em série e/ou em paralelo, com uma estrutura própria de suporte, formando um painel solar. A energia solar fotovoltaica pode ser utilizada para diferentes fins, como por exemplo:

- . Bombeamento de água;
- . Iluminação;
- . Conservação de vacinas;
- . Comunicações.

Em sistemas reais de utilização de energia solar distinguem-se os seguintes componentes principais: (i) os colectores, que constituem o coração do sistema, o regulador de energia, o sistema de armazenamento de energia e a carga. A figura 2 representa um sistema de energia solar fotovoltaica simples.

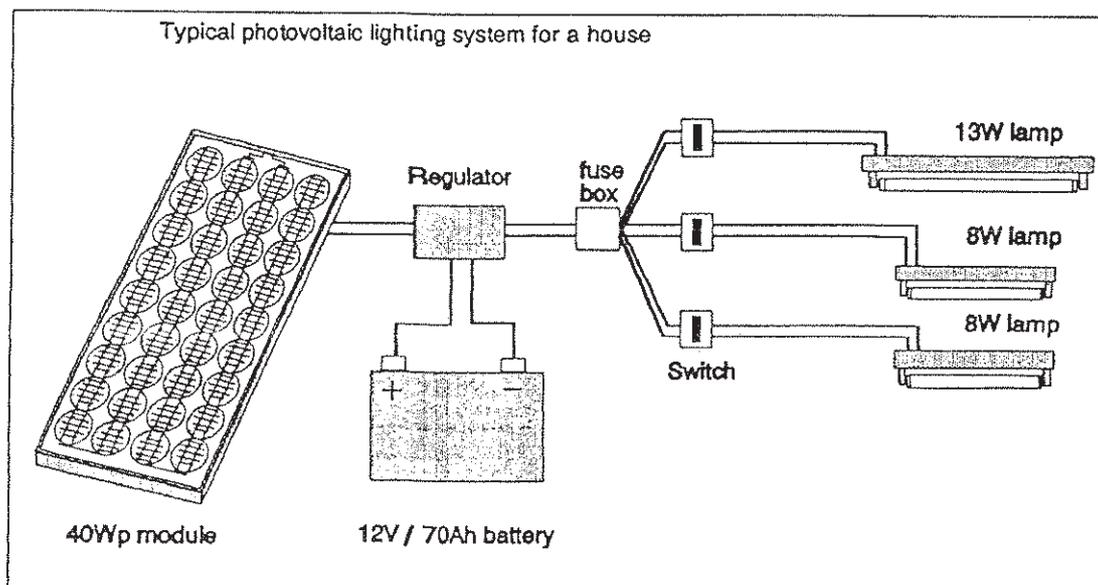


Figura 2: Um sistema típico de iluminação a energia solar fotovoltaica.

#### 1.4 O Mercado de Energia Solar em Moçambique

A experiência que se tem em Moçambique no concernente ao aproveitamento de energia solar, desde há muitos anos, é de apenas usá-la na sua forma directa, sem envolver dispositivos de conversão. São exemplos os casos de secagem de produtos alimentares, como a carne, o peixe,

Estudos feitos pelo Programa de Investigação em Energia Solar com base numa estação experimental de energia solar fotovoltaica instalada no Campus Universitário, revelam que a energia fotovoltaica custa cerca de 0,48 US\$ (equivalente a 5.520 MT) por kWh, nas condições ambientais locais [1]. O cálculo não incluiu taxas de importação do equipamento fotovoltaico. A empresa Electricidade de Moçambique, Empresa pública, vende a sua energia a cerca de 0,07 US\$ (equivalente a 1.610,00 MT) por kWh. Isto significa que a energia solar fotovoltaica é cerca de 6 a 7 vezes mais cara que a energia da rede eléctrica. Neste contexto, a questão que se coloca é se valerá a pena promover a energia solar. A resposta a esta questão é positiva, entretanto deve-se seleccionar cuidadosamente os lugares onde ela pode ser aplicada com rentabilidade, bem como o tipo de aplicações. De uma forma geral vale a regra de que fontes densas de energia, como é o caso da maior parte das fontes convencionais de energia, devem ser utilizadas em lugares de grandes densidades de consumo, como é o caso de centros urbanos. A extensão da rede eléctrica pode custar entre 8.000 a 12.000 US\$ (equivalente a 92.000.000,00 a 138.000.000,00 MT) por km [1]. É claro que para pequenos consumos tal investimento não se justifica economicamente. Em contrapartida, fontes não densas de energia, um grupo que comporta quase todas as fontes renováveis de energia, devem encontrar a sua aplicação em lugares dispersos de consumo, como por exemplo as zonas rurais e remotas. Na secção seguinte faz-se uma análise da demanda em serviços de energia nas zonas rurais e remotas de Moçambique e discute-se o papel que pode ser desempenhado pela energia solar fotovoltaica neste contexto.

### **1.6.2 Identificação dos Principais Nichos de Aplicação da Energia Solar e Respectivos Custos**

Cerca de 80% dos cerca de 16 milhões de habitantes de Moçambique vive em zonas rurais. É neste grupo de comunidades, as comunidades rurais, onde se deve explorar a possibilidade de utilização rentável da energia solar fotovoltaica.

Na análise da questão de prestação de serviços de energia é importante entender-se que a energia não é um objectivo por si próprio, mas um meio para a satisfação de certas necessidades básicas das populações. As populações precisam de bens e serviços. Assim, a metodologia correcta para a identificação das necessidades das populações em matéria de energia é atacar-se o problema a partir do lado da procura (demand side). Depois disso pode-se discutir o lado de oferta (supply side) de opções tecnológicas para se satisfazer a procura. Com o objectivo de identificar os nichos principais da energia solar fotovoltaica em Moçambique, o Programa de Investigação em Energia Solar realizou trabalhos de campo numa localidade do distrito de Boane, Massaca, que serviu de amostra, durante o período 1993-1996. Como resultado desse trabalho os nichos principais de aplicação da energia solar fotovoltaica foram definidos conforme está descrito nas subsecções seguintes.

#### **(i) Abastecimento de água**

O fornecimento de água às populações, ao gado, à actividade agrícola e a instituições rurais (por exemplo escolas e hospitais) constitui uma questão vital para o relançamento da vida económica nessas áreas. Em muitas regiões tem que se recorrer a águas subterrâneas para se garantir um fornecimento fiável deste líquido, uma vez que fontes superficiais de água, como os poços, muitas vezes ficam esgotadas em épocas de secas, que nas últimas duas décadas têm sido frequentes em Moçambique, e na região austral da África em geral. É muito comum as pessoas terem que caminhar distâncias muito longas, que chegam a atingir uma dezena de quilómetros, à procura de água.

A abertura de furos de captação de água, em lugares onde isso se justifique, o que já está a acontecer em muitos pontos do país, pode constituir uma solução viável para um fornecimento fiável deste líquido. Para isso energia é requerida.

No contexto rural e remoto as opções tecnológicas existentes para o abastecimento de água incluem (i) as bombas manuais, (ii) as bombas

eólicas, (iii) as bombas a energia solar fotovoltaica e (iv) as bombas a diesel. Que sistema usar em aplicações específicas depende da existência de recursos, do perfil da demanda e da viabilidade económica relativa. Os custos relativos das diferentes tecnologias de bombeamento serão discutidos mais adiante.

## (ii) Energia doméstica

O sector de energia doméstica é dominado pelo confeccionamento de alimentos, para o qual a biomassa, especialmente sob forma de lenha e carvão vegetal, continuará a dominar o lado da oferta num futuro previsível. O confeccionamento de alimentos através de fogões solares, por enquanto, não é preferencial, pois os fogões solares mais simples (sem acumulação de energia) requerem que se cozinhe a certas horas do dia e as pessoas têm que estar constantemente ao sol. Os fogões com acumulação são muito mais caros. Por isso a disseminação desta tecnologia não vai acontecer tão cedo.

O aquecimento caseiro em estações e dias frios também continuará a ser baseado na lenha e carvão. Outra importante necessidade do sector doméstico é a iluminação caseira<sup>1</sup>. Presentemente, ela é baseada em candeeiros a petróleo para mais de cerca de 90% da população não ligada à rede eléctrica. A sua luz é de fraca qualidade, não fiável e com consequências nefastas à saúde dos seus utentes. Para alimentar aparelhos de rádio utilizam-se em regra as pilhas secas. De acordo com estudos feitos pelo Banco Mundial [1], em muitos países em desenvolvimento, os gastos mensais ligados à utilização do candeeiro de iluminação e pilhas secas para alimentar rádios chegam a atingir 10 a 15 US\$. Isto significa que estes serviços retiram uma fracção bastante significativa do rendimento familiar.

As pilhas secas são das fontes mais caras de energia eléctrica. O seu custo ultrapassa, muitas vezes, os 140 US\$ (equivalente a 1.610.000,00 MT) por kWh [4]. É de cerca de 10 a 15 Watts a energia requerida em situações rurais para alimentar uma lâmpada e um pequeno aparelho de rádio. Assim, as alternativas ao candeeiro a petróleo e às pilhas secas no caso concreto de

Moçambique podem ser encontradas na tecnologia de energia solar fotovoltaica. O gerador a diesel tem dimensões críticas mínimas de 1,5 kW, o que está muito acima da real demanda das populações. Quanto à energia eólica, para fins de produção de electricidade ela é tecnicamente viável para regimes de vento de pelo menos 4,5 m/s em média. No interior de Moçambique a velocidade do vento é frequentemente inferior a 2 m/s [5]. Entretanto a brisa marítima em muitos pontos ao longo da linha costeira, que é de cerca de 2.800 km, pode atingir os 4,5 m/s. Porém, esta brisa não penetra muito para o interior, podendo ir até cerca de 5 km, dependendo da topografia do lugar. Outros lugares onde a velocidade do vento pode atingir valores altos são os pontos altos do interior, bem como as proximidades de massas de água, como rios e lagoas.

Actualmente, existem sistemas fotovoltaicos no mercado (lanternas solares) com a potência acima referida, com os preços variando entre 100 e 250 US\$. Cálculos feitos nesta base revelam que utilizando estes sistemas os gastos mensais baixariam para valores de entre 0,60 e 1,50 US\$ (equivalente a 6.900,00 e 17.250,00 MT). Isto representa uma redução em cerca de dez vezes dos gastos mensais referidos pelo Banco Mundial.

### **(iii) Sector de saúde pública**

A prestação de serviços de saúde de qualidade nas zonas rurais é um assunto vital. A principal dificuldade de muitos centros de saúde nas zonas rurais é a falta de capacidade para conservar vacinas. É bem sabido que para as vacinas serem efectivas têm que estar armazenadas a temperaturas que não saiam fora dos limites de 0°C e 8°C. A prática actual é usar geleiras a petróleo para este fim, quando possível.

A partir da década passada a tecnologia de energia solar fotovoltaica foi ganhando mercado nesta aplicação. De acordo com estudos realizados em diferentes sítios [1], verifica-se que os sistemas fotovoltaicos de conservação de vacinas conseguem manter as vacinas entre os limites de temperatura de 0°C e 8°C durante mais de 80% do tempo, enquanto que as geleiras a petróleo atingem apenas os 60% do tempo. Contabilizando os custos totais,

incluindo as perdas de vacinas devido ao facto acima mencionado, os custos por cada vacina são 40% mais baixos para geleiras alimentadas a painéis solares.

Outra importante necessidade dos centros de saúde rurais é a da água. A viabilidade relativa dos diferentes sistemas de bombeamento de água foi discutida em secções anteriores. O aquecimento de água via energia solar térmica pode ser muito importante para estes centros bem como para centros turísticos.

A iluminação é outra importante necessidade, especialmente em centros que funcionam ao mesmo tempo como maternidades. A fraca densidade populacional em zonas rurais faz com que a capacidade de energia requerida nesses centros varie de dezenas de watts a algumas unidades de centenas, em muitos casos. Trata-se da região de viabilidade dos sistemas fotovoltaicos.

A fim de facilitar o contacto entre centros de saúde rurais e os centros urbanos mais próximos, um sistema de comunicações via rádio é imprescindível. Estudos realizados [6] indicam que para níveis de radiação de  $5\text{kWh/m}^2/\text{dia}$ , os sistemas fotovoltaicos são mais viáveis do que sistemas a diesel para necessidades de energia abaixo de 7,2 kWh por dia, ou seja para necessidades contínuas de 300 W. Acima desses valores os geradores a diesel são mais viáveis. Muitos dos sistemas de comunicações requeridos em centros de saúde rurais estão na gama das dezenas de watts, portanto dentro da zona de viabilidade dos sistemas fotovoltaicos.

Outro aspecto de saúde pública rural, que é muitas vezes esquecido, é o de atrair e manter gente qualificada nas zonas rurais, como é o caso de médicos e enfermeiros. A qualidade de vida destes quadros pode ser melhorada através de fornecimento de electricidade para iluminação, música, televisão e vídeo, entre outras facilidades.

O Ministério da Saúde tem planos para reabilitar cerca de 300 centros de saúde rurais e 750 residências de trabalhadores do sector até ao ano 2.000. Essa reabilitação deverá incluir equipar esses centros e as respectivas residências com serviços de electricidade para fins pertinentes. O plano é de utilizar a energia solar fotovoltaica para esse fim.

#### **(iv) Sector Educacional**

A educação é a chave para o desenvolvimento sócio económico de um país. O ensino de alguns aspectos dos programas escolares pode ser muito melhorado com a provisão de algumas quantidades de energia. O ensino das leis de electricidade e magnetismo, por exemplo, pode ser facilitado se houver possibilidades de demonstração experimental. Com poucas dezenas de Watts isso pode ser realizável.

Outra possibilidade que é oferecida pelos sistemas fotovoltaicos é a de utilizar televisão e video em programas escolares nas zonas rurais, permitindo deste modo, expôr as crianças a um ensino de melhor qualidade e ao mesmo tempo alargando o contacto das crianças rurais com o mundo. A educação de adultos é outra área de potencial aplicação dos sistemas fotovoltaicos, tanto em termos de ensino formal como não formal e ensino nocturno.

A possibilidade de utilização dos sistemas fotovoltaicos no ensino reveste-se de grande importância, uma vez que uma parte bastante significativa da rede escolar encontra-se nas zonas rurais.

#### **(v) Sector de ajudas à navegação**

Outra área de potencial aplicação dos fotovoltaicos é a de sinais de ajuda à navegação. Isso inclui a navegação rodoviária, ferroviária, marítima e aérea. No que concerne à navegação marítima alguns passos já foram dados. A partir de 1989/1990 o Instituto Nacional de Hidrografia e Navegação (INAHINA) vem instalando sistemas de energia solar fotovoltaica para substituir as fontes de energia de acetileno para fins de sinalização marítima, tendo em vista uma maior rentabilidade dos primeiros em comparação com os últimos. O INAHINA tem a capacidade de instalação e manutenção dos seus sistemas.

Neste momento foi já instalada uma capacidade de 4.630  $W_p$ , correspondente a cerca de 120 Kits de 40 W cada, havendo planos de se

instalar mais 1.060  $W_p$  correspondente a cerca de 45 Kits de 40 W cada a médio e longo prazos.

#### **(vi) Aplicações de multi-uso**

Para além do conjunto de aplicações aqui mencionado, existem outras em que a energia é requerida para uma variedade de usos. É o que acontece numa casa, quando se pretende utilizar a energia para alimentar geleiras, para iluminação, televisão e vídeo, entre outras aplicações. A análise feita em [6] revela que os sistemas a energia solar fotovoltaica são mais viáveis em comparação com geradores a diesel para necessidades diárias de energia de até 2 kWh.

### **1.7 Projecto de um Sistema a Energia Solar**

As aplicações da energia solar são várias. Por isso, não é possível num documento desta natureza descrever a forma como os projectos devem ser elaborados para cada uma das aplicações. Por isso, aqui serão considerados aspectos mais gerais de qualquer projecto de energia solar. O desenho de um tal projecto começa com a identificação das necessidades em termos de bens e serviços que devem ser providenciados com a energia requerida.

A seguir faz-se uma avaliação do recurso solar existente no local. Com base nas informações das necessidades e do recurso, é possível dimensionar o sistema requerido para uma determinada aplicação. Após determinado o tipo de sistema, o passo a seguir é identificar empresas que devem fornecer o equipamento. Dependendo da complexidade do sistema em questão, a instalação pode ser feita por uma empresa especializada na área ou pelo interessado. Em caso de o interessado fazer a sua instalação deve-se garantir que ele está devidamente preparado para o efeito.

O equipamento de energia solar é várias vezes promovido com a propaganda comercial de que ele não necessita de manutenção. Isso não é verdadeiro. Não há nenhuma tecnologia que dispense manutenção. É claro

que em certos casos a manutenção é reduzida, como no caso de sistemas a energia solar, mas a sua ausência pode comprometer todo o projecto. É importante entender que os módulos solares têm um tempo de vida estimado em mais de vinte anos, entretanto isso não acontece com os outros componentes do sistema. As baterias, as unidades de condicionamento de energia, os motores e as bombas têm tempos de vida relativamente menores, cerca de 5 anos. Por isso, é importante estar-se preparado para se proceder à sua substituição por essas alturas. Em particular, as baterias, de uma forma geral, precisam de uma manutenção mais regular, que consiste na verificação do nível do electrólito, excepto para baterias de manutenção livre. Isso deve ser feito com a necessária regularidade para se evitar a redução do seu tempo de vida. Por isso, a aquisição de equipamento a energia solar deve ser acompanhada por um processo de treino por parte do seu utilizador, a fim de permitir que faça o melhor uso desse equipamento.

## **2 Estratégias para a Disseminação da Energia Solar em Moçambique**

### **2.1. Introdução**

Os impedimentos para uma rápida disseminação da tecnologia de energia solar em Moçambique prendem-se fundamentalmente com o facto de os custos dos sistemas serem ainda muito elevados. Entretanto, existem muitos outros factores que devem ser tomados em linha de conta neste processo, que são de carácter técnico, institucional, financeiros e sociais. A promoção da energia solar em Moçambique deve ser entendida como um processo de transferência de tecnologia. Este processo só pode ser efectivo se o país estiver preparado para o efeito, o que implica (i) estar dotado de capacidade técnica para usar a tecnologia, (ii) estar dotado de métodos organizacionais e de gestão para permitir uma efectiva disseminação, (iii) possuir capacidade de manutenção e (iv) capacidade de investigação na

área, entre outras matérias. Nas secções seguintes estes assuntos são discutidos com algum grau de pormenor.

## **2.2. A Importância da Capacidade Endógena na Disseminação da Tecnologia de Energia Solar**

O processo de transferência de tecnologia é complexo. Por isso é muito importante que os factores que influem no processo, acima mencionados, sejam analisados com muito cuidado e tendo em consideração a situação específica do país. É importante entender-se que os países em desenvolvimento não constituem um bloco homogéneo. De acordo com Trindade [1] eles podem ser divididos em três grandes grupos. O primeiro grupo é constituído por países com grande capacidade técnico científica, com uma rede muito grande de instituições que facilitam o processo de transferência da tecnologia de energia solar ou de qualquer outra; fazem parte deste grupo a Índia, Brasil e China, entre outros. O segundo grupo tem uma certa capacidade técnico-científica e uma rede razoável de instituições de suporte para uma transferência da tecnologia de energia solar, como é o caso do Zimbabwe e do Quênia. O terceiro grupo, que comporta a grande maioria dos países em desenvolvimento, incluindo Moçambique, tem uma fraca capacidade técnico científica e fracos mecanismos de difusão da tecnologia solar, e ainda com falta de coordenação entre as instituições e indivíduos envolvidos na área.

Para o caso de Moçambique, e de outros países do seu grupo, o primeiro passo que deve ser dado no sentido de criar as condições para uma efectiva disseminação da tecnologia de energia solar é estabelecer uma capacidade endógena na área. Isto deve envolver um processo de estudo profundo por parte de instituições científicas moçambicanas sobre como funciona a tecnologia de energia solar, quais são as suas capacidades e

limitações no presente momento e que desenvolvimentos espera registar no futuro. É muito importante também ter a capacidade de adaptar a tecnologia para as condições locais e contribuir para o seu desenvolvimento, de maneira a responder cada vez melhor às necessidades locais. Isto implica necessariamente a necessidade de o país se envolver em actividades de investigação na área de energia solar. Alguma coisa já foi feita neste sentido. O Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade Eduardo Mondlane está, desde a década passada, a desenvolver actividades de investigação na área de energia solar, o que conduziu ao estabelecimento do "Programa de Investigação em Energia Solar". Nos princípios desta década, o referido Programa instalou, no Campus da Universidade Eduardo Mondlane em Maputo, uma estação de bombeamento de água a energia solar para fins de investigação, treino e demonstração. As actividades que estão agora em curso incluem o desenvolvimento de novos dispositivos e sistemas de energia solar, o estudo do potencial de energia solar em Moçambique, o mapeamento da radiação solar, bem como a instalação de uma capacidade de teste de módulos, componentes e sistemas de energia solar, entre outras actividades.

No que diz respeito a actividades de promoção da tecnologia foi realizado em 1994 um curso sobre iluminação solar para técnicos médios. A actividade foi realizada pelo Programa, em colaboração com o Instituto de Desenvolvimento Rural (INDER) e com o Instituto Nacional de Hidrografia e Navegação (INAHINA). Em 1995 o Programa colaborou com o INDER na elaboração e implementação de um projecto de energia solar num centro de Saúde na Província de Cabo Delgado; ao abrigo do mesmo, um sistema de bombeamento de água e sistemas de iluminação solar foram instalados num centro de Saúde no distrito de Balama. Um projecto similar a este foi elaborado juntamente com o Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental (MICOA) e está presentemente a ser implementado no distrito de

Marracuene, na província de Maputo, envolvendo a instalação de um sistema de bombeamento de água, um sistema de iluminação e de conservação de vacinas num centro de saúde nesse distrito. Neste momento a quantidade de solicitações que têm chegado ao Programa, tanto por parte de instituições governamentais, como de empresas estabelecidas e emergentes, é enorme. Estas são apenas algumas das actividades realizadas no país envolvendo o Programa de Investigação em Energia Solar. Estes exemplos por si só revelam a grande necessidade de se estabelecer capacidade endógena no país para fins de disseminação da tecnologia de energia solar, atendendo a que se não existisse esta capacidade teria de ter sido importada de fora com todas as consequências económicas e a falta de conhecimento da realidade nacional. Por isso, pode-se dizer com toda a confiança que na área de energia solar está se num verdadeiro processo de estabelecimento de um "Centro de Expertise" na área de energia solar. É importante que esta capacidade seja transmitida a outras instituições de investigação, em especial institutos do Estado e a empresas do ramo, tanto de comercialização e prestação de serviços, como de consultoria e estudos. A existência de uma rede completa de instituições científicas, técnicas e comerciais que permita que os estudos principais sobre a tecnologia sejam feitos localmente e que haja capacidade de distribuição, instalação e manutenção de equipamento é factor essencial no estabelecimento de uma capacidade endógena na área. Desenvolvimentos em termos de mercado e capacidade técnica ditarão o surgimento de empresas de manufactura de componentes e sistemas de energia solar.

### 2.3. Mecanismos de Disseminação da Tecnologia de Energia Solar

A disseminação de qualquer produto requer estruturas organizacionais para a importação ou manufactura do produto, sua distribuição, fornecimento

e manutenção. Esta cadeia pode ser atingida através do estabelecimento de um mercado livre para esse produto. A disseminação da energia solar é também um exercício de mercado, obedecendo, portanto às regras válidas para qualquer outro produto. Entretanto, dada a potencial contribuição que esta tecnologia pode dar ao desenvolvimento rural, fazendo chegar serviços de electricidade a sítios onde há anos atrás seria impensável pensar-se em energia eléctrica, e à redução de danos ambientais que normalmente estão associadas com o uso de combustíveis fósseis, a sua disseminação deveria merecer um forte apoio do Estado, na defesa dos interesses de toda a sociedade, uma vez que os serviços aqui mencionados contribuem para um verdadeiro desenvolvimento sócio económico do país. A fim de se clarificar esta função e a de outros intervenientes no processo de disseminação, comecemos por recapitular as categorias principais do mercado de energia solar em Moçambique, que se podem resumir em:

- . Serviços públicos;
- . Sector privado, cooperativo e comunitário;
- . Utilizadores individuais.

A disseminação de qualquer tecnologia começa com a demonstração, passa pela sua aplicação experimental e termina com a sua final adopção. Cada um dos estágios aqui mencionados tem os seus intervenientes, sendo importante definir os intervenientes correctos para cada fase. As preocupações do Estado, por exemplo, são diferentes das dos outros sectores da sociedade. O Estado assume uma visão macro-económica dos recursos à sua disposição, enquanto que outros sectores estão sujeitos a pressões micro-económicas. Assim, o Estado é a instituição que deveria tomar a dianteira na promoção da energia solar, implementando acções de demonstração e de utilização experimental da tecnologia. A criação de certos centros de demonstração e a utilização experimental desta tecnologia em instituições públicas como centros de saúde, escolas, administrações, por

exemplo, constituem acções imediatas que poderiam ser assumidas pelo Estado, como forma de promover a utilização da tecnologia. É importante que durante essa fase se fomente o surgimento de empresas locais de comercialização e prestação de serviços de maneira a serem responsáveis pela manutenção do equipamento a ser instalado, numa base comercial. São estas empresas que numa fase posterior poderão ser importantes para a disseminação da tecnologia junto do sector privado, cooperativo, comunitário e individual.

Uma boa actividade de demonstração e de aplicação experimental da tecnologia iria motivar outros sectores da sociedade a entrarem no mercado de energia solar. Tomando em consideração a classificação de categorias de mercado feita, a seguir às instituições públicas o próximo sector que poderia eventualmente aderir facilmente a tecnologia seria o sector privado, cooperativo ou comunitário. Os utilizadores individuais, que também estão divididos em classes, seriam o último sector a entrar em massa no mercado da energia solar. É muito importante que uma actividade de disseminação tenha em conta a ordem aqui estabelecida, porque a experiência mostra que tentativas de inverter esta ordem resultam em fracasso.

### **2.3. Suporte Técnico**

Qualquer programa tecnológico envolve suporte técnico. É nisto que os "centros de expertise" podem desempenhar um papel preponderante. Conforme foi referido, numa primeira fase da disseminação as principais actividades serão de demonstração e aplicação experimental da tecnologia. Os "centros de expertise" em energia solar deverão dar a sua contribuição às diferentes instituições envolvidas nessas actividades, assessorando projectos concretos, difundindo informação, organizando cursos de treino, entre muitas

outras actividades. Uma actividade de muito relevo, por exemplo, na fase de demonstração é organizar cursos para dirigentes de áreas ligadas à matéria. Estes cursos deverão ser de carácter geral e informativo versando sobre o estágio de desenvolvimento da tecnologia, as suas potencialidades e limitações, questões económicas e sociais para a sua disseminação. Conforme o mercado de energia solar há de ir crescendo surgirão pessoas interessadas em envolver-se em negócios na área, especialmente de fornecimento, instalação e manutenção de equipamento. Estas futuras empresas necessitarão de apoio técnico para o seu arranque e também para a sua manutenção na área empresarial. Ao pessoal envolvido nelas será importante providenciar formação abarcando questões de aquisição da tecnologia, sua instalação e manutenção e questões ligadas ao treino de utilizadores. Após o surgimento de mercado e de um número crítico de empresas na área a tecnologia vai se difundir segundo as leis do mercado. Nessa altura o papel principal do Estado será de regular, controlar e incentivar a promoção da tecnologia.

#### **2.4. Arranjos Financeiros**

Uma particularidade da tecnologia de energia solar é que envolve altos custos iniciais e muito baixos custos de operação e manutenção. Assim, para a grande maioria dos potenciais beneficiários da mesma um grande impedimento para a sua aquisição será de facto a falta desse capital inicial. Isto sugere que se tenha que se adoptar mecanismos financeiros que permitam a aquisição da tecnologia através de um pagamento por etapas.

Isso pode ser feito através da banca ou de outras organizações interessadas na promoção da tecnologia. O tradicional esquema conhecido por "revolving funds" pode ser muito útil nesta matéria. Em qualquer que seja o caso o apoio do Estado será de vital importância.

Outro factor de carácter financeiro que até a um ano atrás impedia a promoção da tecnologia solar é o das taxas de importação, que eram de cerca de 60% para este tipo de equipamento. Entretanto elas baixaram agora para cerca de 15%. Isto é bastante encorajador. Porém, atendendo a que para certos bens úteis para o país as taxas são de 5%, seria importante que as taxas deste tipo de equipamento baixassem também para o mesmo valor.

## **2.5. Questões Institucionais**

As principais instituições com um certo grau de envolvimento na promoção da energia solar em Moçambique são o Ministério dos recursos Minerais e Energia, o Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental, o Ministério da Saúde, o Ministério da Educação, o Ministério da Administração Estatal e o Instituto de Desenvolvimento Rural, entre outras. As motivações para este envolvimento variam de sector para sector. Por exemplo, o interesse do Ministério dos Recursos Minerais e Energia é contribuir para alargar a sua rede de fornecimento de energia, enquanto que o Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental vê o problema sob o ponto de vista de defesa do ambiente; O Instituto de Desenvolvimento Rural, por exemplo, olha para a tecnologia de energia solar como um instrumento de desenvolvimento rural, à semelhança de uma enxada, e não propriamente

como fonte de energia. Independentemente das motivações de cada sector importa reter que olhando para o assunto na sua globalidade, existem um conjunto de serviços que são comuns a todos eles e que o lugar principal de aplicação da tecnologia é também comum, que são as zonas rurais. Por isso, por uma questão de utilização racional de recursos, com benefícios técnico-económicos e sociais para todo o país, seria desejável uma maior coordenação entre os sectores envolvidos na promoção da energia solar. Hoje, essa coordenação ainda é fraca, reflectindo isso talvez o pequeno número de actividades que estão em curso. Pode-se imaginar uma situação de o Ministério da Saúde instalar sistemas de energia solar num distrito, envolvendo o treino de pessoas para a instalação e manutenção do equipamento. Se algum tempo depois o Ministério da Saúde fosse a fazer o mesmo em escolas ter-se-ia uma situação de duplicação de esforços. Se outros sectores seguissem o mesmo exemplo os esforços multiplicar-se-iam. Através de uma boa coordenação pode-se evitar este problema, fazendo-se uso de uma unidade única para prestar assistência a um grupo de projectos numa determinada unidade territorial.

## **2.6. Considerações Finais**

A disseminação da tecnologia de energia solar em Moçambique é um assunto complexo, dado o ainda alto custo da tecnologia e a falta de capacidade técnica para o efeito. Para este caso específico o primeiro objectivo que deve ser atingido é o de estabelecimento de uma capacidade endógena na área. Isto pode ser atingido começando-se por se criar "centros de "expertise" em energia solar em instituições científicas como

universidades. A ligação destes centros com instituições do Estado é muito importante, porque isso poderá permitir uma definição clara dos problemas que devem ser investigados por esses centros. É também imprescindível o apoio material do Estado às actividades dos centros. Através destes centros pode-se alargar a capacidade para institutos de investigação do Estado e para empresas tanto de consultoria como de comercialização do equipamento e prestação de serviços. A existência de uma rede completa deste tipo de instituições é condição para se atingir capacidade endógena na área de energia solar. Desenvolvimentos futuros, que terão em conta o crescimento do mercado, ditarão o surgimento de empresas de manufacture de componentes e sistemas de energia solar.

O conjunto de problemas que deverão ser resolvidos para se atingir uma disseminação efectiva da tecnologia de energia solar inclui questões de carácter organizacional, financeiro e institucional. É de se realçar que o Estado tem um papel preponderante a desempenhar na primeira fase da disseminação da tecnologia, que é a fase de demonstração e aplicação experimental da mesma. Quanto a questões financeiras, o mais importante é encontrar-se mecanismos que permitam aos potenciais beneficiários da tecnologia procederem ao seu pagamento por etapas. Isso pode ser atingido envolvendo-se a banca e outras organizações interessadas na matéria. O apoio do estado nisto é fundamental. No que concerne a questões institucionais, uma maior coordenação entre os sectores envolvidos na área é desejável.

### 3. Conclusões Gerais

Análises feitas ao longo deste documento mostram que a energia solar fotovoltaica tem um papel importante a desempenhar no contexto das zonas rurais e remotas. É importante perceber que ela é em regra muito viável para aplicações de pequena potência, ou seja, em fornecimentos descentralizados de energia.

O bombeamento de água, a energia doméstica, a conservação de vacinas, a educação constituem assuntos de vital importância para o desenvolvimento rural. A energia requerida nestas aplicações é ínfima, entretanto o conjunto de problemas que se resolvem com essa mínima energia é enorme. É importante entender-se que a análise aqui feita é ainda preliminar. Ela deve representar o início de um trabalho sistemático de avaliação do potencial da energia solar fotovoltaica em Moçambique e de outras formas de energia.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] B. C. Cuamba "Studies of the Performance on a Photovoltaic Power Plant in a Southern African Environment", Tese de Doutoramento, University of Northumbria at Newcastle, Newcastle Upon Tyne, 1996.
- [2] Roy Barlow et al. "Solar Pumping", IT Publications, 1993.
- [3] Peter Fraenkel et al. "Windpumps", IT Publications, 1993.
- [4] Jean-Paul Louineau et al. "Rural Lighting", IT Publications, 1994.
- [5] Wind and Solar Energy Resources in the SADCC Region, SADCC Energy Sector , Technical Administrative Unit, Luanda - Angola, 1991.
- [6] F. Lasnier and T. G. Ang "Photovoltaic Engineering Handbook", Adam Hilger, 1990.



