



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Nicolau Roberto da Costa

Análise da Utilização de Painéis  
Fotovoltaicos em Timor-Leste



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Nicolau Roberto da Costa

Análise da Utilização de Painéis  
Fotovoltaicos em Timor-Leste

Tese de Mestrado  
Mestrado em Engenharia de Sistemas

Trabalho efetuado sob a orientação de  
Professora Doutora Paula Varandas Ferreira  
Professor Doutor Manuel Lopes Nunes

outubro de 2013

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, pela oportunidade dada. Espero ter honrado os meus mentores, que me ajudaram muito durante os momentos mais difíceis, com conselhos e belas palavras de incentivo.

Gostaria agradecer à Professora Doutora Paula Varandas Ferreira e ao Professor Doutor Manuel Lopes Nunes, pela sua permanente disponibilidade, interesse e atenção que dedicaram na execução dos trabalhos.

Agradeço ainda aos Professores Cláudio Alves, Orlando Belo, Anabela Tereso, Gabriel Fernandes, António Amaral, Ana Cristina Braga, Paulo Afonso, José Telhada, Sílvio do Carmo Silva, pelo seu acompanhamento atento nas aulas.

Agradeço também aos meus colegas de grupo Ivan Daniel Campos, Pedro Miguel Mourão Martins, Eduardo José Gonçalves de Matos, que sempre me apoiaram no diálogo e realização dos trabalhos.

Finalmente, e principalmente, agradeço à minha família Crispim da costa, Antónia da costa, Ir. Pedro Mártires da Costa, Agustina da Costa, Carlos da costa, Ana Maria da Costa, Patrício Adelino Da costa, Alda da Costa , a quem dedico este trabalho.

O último agradecimento é para a Maria Madalena Prego, minha mulher, a quem carinhosamente reconheço a sua paciência, compreensão, carinho e incentivo.

Muito obrigado a todos.



## **RESUMO**

Timor Leste encontra-se num processo de reconstrução de infraestruturas, depois de décadas de subdesenvolvimento e uma onda de destruição violenta em 1999. Como parte deste processo, o Governo de Timor Leste visa melhorar o acesso à energia elétrica, a partir dos atuais cinco por cento da população até oitenta por cento em 2020. A principal área de preocupação será a reconstrução e expansão do setor energético de Timor Leste nas áreas rurais. Uma estratégia importante para se atingir esse objetivo será a utilização de sistemas solares domésticos (SSD's) em localidades rurais remotas. A pobreza em Timor Leste continua a ser uma questão rural vital e uma característica típica de uma família rural pobre é a ausência ou inadequação do fornecimento de eletricidade. A dependência de outras fontes de energia, em particular lenha, tem consequências adversas para a ecologia da nação e do meio ambiente. A reabilitação e desenvolvimento da oferta de eletricidade rural é dificultada pelas limitações de opções de fornecimento de energia elétrica convencional em áreas rurais remotas, devido à distribuição demográfica, meio ambiente geográfico e físico e do clima/condições meteorológicas em Timor Leste. Este trabalho de investigação incidirá sobre os tipos e escalas de serviços energéticos necessários nas áreas rurais de Timor Leste e será comparado com possíveis opções de energias renováveis. A metodologia de investigação será baseada na revisão bibliográfica sobre a evolução rural de Timor Leste e as tecnologias de energias renováveis adequadas e uma revisão de casos de estudos sobre as questões de implementação de energias renováveis. As políticas e programas de energia renováveis referem-se à possibilidade de utilização de energias renováveis em aplicações para satisfazerem as necessidades e serviços de uma comunidade e incentivar as mudanças que podem melhorar a qualidade de vida da comunidade. Timor-Leste pode beneficiar de aplicações de energias renováveis, através de políticas de energia sustentáveis eficazes e relevantes. Além disso, programas sobre aspetos técnicos, económicos, sociais, ambientais e institucionais podem ser incorporados para satisfazer as reais prioridades e as necessidades de crescimento da população de Timor Leste.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Sistemas solares domésticos; Eletrificação rural; Timor Leste; Crescimento económico



## **ABSTRACT**

East Timor is rebuilding its stock of infrastructure after decades of underdevelopment and a wave of violent destruction in 1999. As part of this process the Government of East Timor aims to improve access to electricity from less than five percent of the population today to eighty percent by 2020. A major area of concern will be the reconstruction and expansion of East Timor's energy sector in the rural areas. An important strategy to meeting this aim will be the use of solar home systems (SHS) in remote rural locations. Poverty in East Timor remains a vital rural issue and one characteristic of a typical poor rural household is inadequate or no electricity supply. The reliance on other energy sources, in particular firewood, has adverse consequences for the nation's ecology and environment. The rehabilitation and development of rural electricity supply is hampered by the limitations of conventional electricity supply options in remote rural areas due to demographic distributions, physical geography environment and climate/ meteorological conditions in East Timor. This research will focus on the types and scale of energy services required in East Timor's rural areas and will be matched against possible renewable energy options. The research methodology will be based on literature research on East Timor's rural developments and suitable renewable energy technologies and a review of case studies on renewable energy implementation issues. Renewable energy policies and programs are about the possibility of using renewable energy in applications to match the needs and services of a community and inspiring the changes that can enhance the community's quality of life. East Timor can benefit from renewable energy applications, provided effective and relevant sustainable energy policies and programs looking into the technical, economical, social, environmental and institutional aspects can be incorporated to address the actual priorities and needs of East Timor's growing population.

## **KEYWORDS**

Solar home systems; Rural Electrification; East Timor; Economic growth



## ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia.....	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
2. CONTEXTO.....	5
2.1 Timor Leste – Demografia, História e Geografia.....	5
2.1.1 Desafios para o desenvolvimento em Timor Leste.....	6
2.1.2 Timor Leste e a sua população.....	9
2.1.3 Uma breve visão histórica.....	11
2.2 Sistemas solares domésticos.....	14
2.2.1 Componentes de um Sistema Solar Doméstico.....	14
2.2.2 Projeto de um Sistema Solar Doméstico.....	18
2.3 Eletrificação rural em Timor-Leste.....	23
2.3.1 Acesso à energia elétrica em Timor-Leste.....	23
2.3.2 Sistema fotovoltaico e sistema solar doméstico em Timor-Leste.....	30
2.4 Electrificação e resultados do desenvolvimento.....	33
2.4.1 Impacto no desenvolvimento.....	33
2.4.2 Eletrificação rural e desenvolvimento.....	35
2.4.3 Sistemas solares domésticos – visões e realidades.....	37

3. Sustentabilidade e energia renovável em Timor Leste .....	41
3.1 Sustentabilidade técnica .....	41
3.1.1 Exemplo do Gana.....	42
3.2 Sustentabilidade económica.....	43
3.2.1 Exemplo de Kiribati- empresa de energia solar.....	44
3.3 Sustentabilidade social .....	45
3.3.1 Exemplo de Swazilândia – aldeia solar Mphaphati .....	46
3.4 Sustentabilidade ambiental .....	46
3.4.1 Exemplo de Kiribati e Tuvalu – impactos ambientais.....	48
3.5 Sustentabilidade institucional .....	49
3.5.1 Exemplo de Kiribati – visão institucional .....	50
3.6 Avaliação da sustentabilidade de projetos fotovoltaicos em Timor Leste .....	51
4. Conclusões.....	55
4.1 Contribuições do projeto de investigação.....	55
4.2 Limitações do trabalho desenvolvido .....	56
4.3 Sugestões de trabalho futuro .....	56
5. Referências bibliográficas .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização de Timor Leste na região da Ásia-Pacífico.....	5
Figura 2 – Diagrama tipo dos componentes de um SDD.....	16
Figura 3 – Ciclo de vida teórico VS capacidade de descarga (bateria Trojan TMX270).....	20
Figura 4 – Custos dos componentes para um sistema solar doméstico.....	23



## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 1 – Dimensionamento dos componentes para um sistema solar doméstico.....	22
Tabela 2 – Planos para a expansão da eletrificação em Timor-Leste até 2025.....	26
Tabela 3 – Prazos para a eletrificação dos sucos de acordo com a procura prevista.....	28
Tabela 4 – Critérios de avaliação de sustentabilidade.....	52



## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

ADB – Asian Development Bank  
CE – Comissão Europeia  
EDTL – Eletricidade de Timor-Leste  
ESMAP – Energy Sector Management Assistance Program  
Fretilin – Frente Revolucionária de Timor Leste Independente  
GEF – Global Environment Facility  
LDC – Least Developed Countries  
ONG – Organização Não Governamental  
PDER – Plano de Eletrificação Rural  
PDSE – Plano de Desenvolvimento do Setor Elétrico  
PER – Política de Energia Rural  
PIB – Produto Interno Bruto  
PIS – Programa de Investimento Sectorial  
RDTL – República Democrática de Timor Leste  
RESPRO – Renewable Energy Services Project  
SEC – Solar Energy Company  
SEI – Solar Energy International  
SLA – Sealed Lead Acid  
SOPAC – South Pacific Applied Geoscience Commission  
SSD – Sistema Solar doméstico  
UNDP – United Nations Development Programme



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento

Timor Leste, um pequeno país que faz fronteira com a Indonésia e está a norte da Austrália, é simultaneamente uma das nações mais novas e pobres do mundo. Após a independência da Indonésia em 1999, o povo de Timor Leste tem vindo a trabalhar para reconstruir as infraestruturas do país e satisfazer as necessidades de serviços básicos em todo o país. O fornecimento de eletricidade faz parte deste desafio. Apenas cerca de um quinto das famílias em Timor Leste estão conectadas a uma rede de energia elétrica, sendo que a maioria estão localizadas na capital, Díli (RDTL, 2006). Fora de Díli e nas outras doze capitais de distrito, o acesso à eletricidade é uma raridade.

O governo pretende inverter essa situação nas próximas décadas, expandindo consideravelmente o acesso à eletricidade. Seu objetivo é que oitenta por cento dos agregados familiares têm acesso à eletricidade em 2025 (RDTL, 2003a; p. xviii). Fundamental para estes planos é a criação de uma rede elétrica nacional, que vai abranger todos os grandes centros urbanos e as cidades e aldeias adjacentes. Para as comunidades mais isoladas, sem acesso à rede de distribuição da energia eléctrica, está prevista a utilização de uma mistura de fontes de energia, renováveis e não-renováveis. Para essas comunidades nos locais mais remotos, e onde a concentração de habitações é muito dispersa, o governo está a considerar a utilização de sistemas solares domésticos, para prestar um serviço muito básico a nível familiar (RDTL, 2006).

A população de Timor Leste tem tido um acesso limitado a este tipo de tecnologia. Alguns sistemas foram instalados durante o período de administração da Indonésia, como parte de um programa nacional de sistemas solares domésticos (ADB, 2003b). Mais recentemente, uma série de organizações, principalmente ONG's, têm instalado uma variedade de sistemas em vários locais. Estes sistemas variam significativamente na capacidade – de 10 Wp a 80 Wp – e, conseqüentemente, também variar significativamente no custo.

No desenvolvimento da sua política de sistemas solares domésticos, o Governo de Timor Leste terá de considerar quantos agregados familiares vão necessitar destes sistemas, quanto isso pode custar e quanto financiamento está disponível.

A investigação realizada utiliza os valores dos utilizadores timorenses de sistemas solares domésticos para determinar o enquadramento no qual o impacto do desenvolvimento é avaliado. Por conseguinte, o objetivo do estudo está limitado à utilização de sistemas solares domésticos em locais remotos, sem

acesso à rede pública de eletrificação em Timor Leste. Além disso, está ainda limitado à avaliação de sistemas solares domésticos que produzem apenas eletricidade para iluminação, e não para outros dispositivos de alimentação. O outro limite principal da investigação realizada relaciona-se com a sustentabilidade. O impacto global do desenvolvimento é dependente da utilização contínua e a longo prazo de sistemas solares domésticos. Esta sustentabilidade depende por sua vez de uma multiplicidade de fatores que são independentes da dimensão do sistema, que vão desde a qualidade dos componentes usados às estruturas de gestão colocadas em prática para cobrar as taxas e prestar apoio à manutenção.

## **1.2           Objetivos**

A abordagem adoptada visa tentar envolver questões técnicas e da sustentabilidade económica, social, ambiental e institucional relativas ao melhoramento da prestação de serviços de energia sustentável nas áreas rurais de Timor-Leste. Dada a análise e avaliação das condições geográficas, demográficas e ambientais atuais e também dos desafios dos recursos energéticos renováveis, esta investigação pretende analisar os serviços de energia elétrica necessários nas áreas rurais de Timor-Leste, com o objetivo de explorar e compreender os diferentes meios de proporcionar a adequada eletricidade , que permita melhorar as suas condições de vida.

Com o trabalho de investigação a realizar pretende-se compreender melhor as necessidades da eletrificação rural e as opções de desenvolvimento necessárias para Timor Leste. Isto é, auxiliar o governo de Timor Leste na formulação das decisões políticas relativas aos serviços de energia sustentável, no sentido de alcançar as regiões, os distritos e os subdistritos mais pobres e distantes, procurando apoiar os progressos técnicos, económicos, sociais, ambientais e institucionais.

## **1.3           Metodologia**

A metodologia deste projeto é baseada na pesquisa e revisão bibliográfica sobre a evolução das tecnologias de energias renováveis adequadas nas zonas rurais de Timor Leste e numa revisão de casos de estudo de sobre as questões relacionadas com a implementação dessas energias renováveis. Através desta abordagem, ao invés de apenas considerar os aspetos técnicos e económicos das opções de energias renováveis e sua aplicação nas áreas rurais, também serão considerados os aspetos sociais, ambientais e institucionais, a fim de procurar analisar como melhorar os serviços de energia sustentável nas áreas rurais de Timor Leste. A informação disponível sobre as tecnologias de energia renovável adequadas será analisada, em conjunto com o meio ambiente e cultural de Timor

Leste para determinar a sua viabilidade. Uma análise à aplicação da energia sustentável noutros países em desenvolvimento será realizada para compreender melhor as suas instalações práticas e abordagens de implementação.

#### **1.4 Estrutura da dissertação**

Esta dissertação é constituída por 4 capítulos. No primeiro capítulo é apresentada a introdução à dissertação, que se divide em quatro secções: o enquadramento teórico, os objetivos propostos, a metodologia de investigação e, por fim, a organização da dissertação. No segundo capítulo é apresentada uma introdução à demografia, história e geografia de Timor-Leste, avaliada um tipo de tecnologia para a eletrificação rural, nomeadamente os sistemas solares domésticos. De seguida é apresentada uma breve descrição da eletrificação rural em Timor-Leste. A secção final define o termo “impacto do desenvolvimento” e revê as ligações entre a eletrificação rural e o desenvolvimento e as contribuições que os sistemas solares domésticos têm na eletrificação rural nos países em desenvolvimento e subdesenvolvidos. O capítulo 3 aborda a importância de considerar as diferentes vertentes da sustentabilidade do desenvolvimento de um projeto de promoção das energias renováveis em Timor Leste. São discutidas as dimensões técnica, económica, social, ambiental e institucional. Apresentam-se também exemplos ligados à energia renovável em países em desenvolvimento que permitem demonstrar a necessidade de considerar os aspetos referidos para a efetiva implementação destes projetos. Destes exemplos, parte-se para a indicação de possíveis forma de atuação em Timor Leste. Por fim, no quarto capítulo, são apresentadas as contribuições do projeto de investigação, assim como as limitações do trabalho desenvolvido e as possíveis directrizes para investigação futura.



## 2. CONTEXTO

Este capítulo apresenta na primeira secção uma introdução à demografia, história e geografia de Timor-Leste. A secção seguinte avalia um determinado tipo de tecnologia para a eletrificação rural, nomeadamente os sistemas solares domésticos. Esta informação é seguida por uma revisão da abordagem para a concepção de um sistema solar doméstico para fins específicos e como os componentes e os sistemas são dimensionados. De seguida é apresentada uma breve descrição da eletrificação rural em Timor-Leste. A secção final define o termo “impacto do desenvolvimento” e revê as ligações entre a eletrificação rural e o desenvolvimento e as contribuições que os sistemas solares domésticos têm na eletrificação rural nos países em desenvolvimento e subdesenvolvidos

### 2.1 Timor Leste – Demografia, História e Geografia

Timor Leste é uma pequena nação situada na região da Ásia-Pacífico. É uma nova nação que está a construir o seu próprio caminho para um futuro independente na “sombra” de vizinhos de maior dimensão. A Indonésia faz fronteira com Timor Leste a oeste, a leste e a norte e a Austrália fica a sul (Figura 1) através do Mar de Timor. Esta secção começa por descrever as aspirações do governo para o desenvolvimento em Timor Leste e os desafios de desenvolvimento que este enfrenta. Isto é seguido por uma descrição do território e do povo. A seção termina com um breve resumo da história desde a colonização europeia e regista a destruição generalizada das infraestruturas que ocorreu em 1999, após o plebiscito pela independência de Timor Leste.



Figura 2 – Localização de Timor Leste na região da Ásia-Pacífico (Fonte: RDTL (2005a))

### 2.1.1 Desafios para o desenvolvimento em Timor Leste

No final do século XX o clima político de Timor Leste sofreu uma enorme mudança. Após quase 500 anos de domínio estrangeiro, o povo timorense pôde finalmente expressar os seus próprios desejos para a sua nação e definir o seu próprio caminho para o desenvolvimento. Uma visão de Timor para o futuro foi expressa no Plano de Desenvolvimento Nacional de Timor Leste, preparado pouco antes da declaração de independência, que prevê uma sociedade com as seguintes características no ano 2020:

*Timor Leste será um país democrático com uma cultura tradicional vibrante e um ambiente sustentável;*

*Será uma sociedade próspera com alimentação adequada, abrigo e roupa para todas as pessoas;*

*Comunidades viverão em segurança, sem discriminação;*

*As pessoas vão ser alfabetizadas e adquirir competências e capacidades. As pessoas vão ser saudáveis, e viver uma vida longa e produtiva. Elas vão participar ativamente no desenvolvimento económico, social e político, promovendo a igualdade social e a unidade nacional;*

*As pessoas vão deixar de estar isoladas, porque haverá boas estradas, transportes, eletricidade e comunicações nas cidades e vilas, em todas as regiões do país;*

*A produção e o emprego vão aumentar em todos os sectores – agricultura, pesca e silvicultura;*

*Os padrões de vida e os serviços irão melhorar para todos os timorenses, e o rendimento será distribuído de forma justa;*

*Os preços serão estáveis, e o fornecimento de alimentos seguro, com base numa boa gestão e utilização sustentável dos recursos naturais;*

*A economia e as finanças do Estado serão geridas de forma eficiente, transparente e estará livre de corrupção; e*

*O estado será baseado no Estado de direito. Os líderes do governo, do setor privado, da sociedade civil e da comunidade serão totalmente responsáveis perante aqueles que foram escolhidos ou eleitos (RDTL, 2003a; p. xviii).*

O progresso está a decorrer de acordo com esta visão louvável, mas ainda há muito para ser alcançado. O *Human Development Report* para 2005, produzido pelo *United Nations Development Programme* (UNDP) classificou Timor Leste na categoria de "desenvolvimento humano médio" (UNDP, 2005). O ranking é derivado de uma combinação de estatísticas de esperança de vida, educação e PIB. Com base numa esperança de vida de 56 anos, uma taxa de alfabetização de 59% e um PIB per capita

estimado de \$1.033,20<sup>1</sup>, Timor Leste ficou colocado na posição 140 de 177 nações. Esta foi a mais baixa posição no ranking das ilhas do Pacífico ou Ásia e reflete os problemas sociais e econômicos que o Timor Leste enfrenta. O *United Nations Development Programme* caracterizou o desenvolvimento humano do país como se segue:

*Indicadores de desenvolvimento humano de Timor-Leste...apesar da constante melhoria, continuam muito inferiores aos da maioria dos outros países da região. A esperança de vida é curta, os níveis de educação são baixos e uma elevada proporção da população vive abaixo da linha da pobreza* (UNDP, 2006; p. i).

Este relatório descreve em detalhe as dificuldades da vivência em Timor Leste. A maioria dos agregados familiares não têm acesso ao abastecimento de água potável ou de infraestrutura de saneamento. Doenças como infecções respiratórias, doenças diarreicas, malária, febre de dengue, tuberculose e hanseníase dão origem a elevadas taxas de mortalidade. As taxas de imunização infantil são baixas e quase uma em cada dez crianças morrem antes de completarem um ano de vida. Quase uma em cada cem mulheres morre durante o parto. O acesso a cuidados de saúde é limitado, especialmente nas áreas rurais, onde as clínicas de saúde podem estar várias horas de distância a pé e não fornecem nenhuma garantia de acesso a uma enfermeira ou médico. As taxas de alfabetização dos adultos são baixas (44 % para as mulheres e 56% para os homens). Menos de metade de todas as crianças completam seis ou mais anos de escolaridade e entre dez e trinta por cento das crianças não frequentam a escola. As taxas de alfabetização das pessoas mais velhas são muito baixas, com apenas dezanove por cento das pessoas com idade superior a cinquenta anos alfabetizadas.

O nível de rendimento baixo afeta amplos segmentos da população. Quarenta por cento da população recebe um rendimento inferior ao limiar da pobreza de 0,55 dólares por pessoa por dia (UNDP, 2006). Esta percentagem aumenta para quarenta e seis por cento nas zonas rurais, em particular na parte ocidental do país. A incidência da "pobreza humana" – que explica outras formas de privação, como a falta de acesso a serviços, a cuidados de saúde, o analfabetismo e a desnutrição – é severa em Timor Leste. As mulheres com idade entre os quinze e os quarenta e nove anos, por exemplo, cerca de um terço estão desnutridas e sofrem de esgotamento crónico. O Ministério da Agricultura, Florestas e Pescas observa que a insegurança alimentar é um grande problema para dois terços dos agregados familiares rurais, que têm que enfrentar algum tipo de escassez de alimentos a cada ano (RDTL 2005c). Além das várias décadas de turbulência política que prejudicou fortemente a atividade agrícola,

---

<sup>1</sup> Este valor é baseado em paridade de poder aquisitivo. O PIB nominal per capita é de cerca de 340\$ (UNDP 2005).

a agricultura timorense é propensa a secas, inundações e outros desastres naturais. Estes fatos são muitas vezes suficientes para originarem uma crise alimentar para os agricultores de subsistência. A utilização de formas modernas de energia é reduzida. A madeira é a principal fonte de energia para a maioria da população rural, o que origina danos ambientais e doenças respiratórias, especialmente entre mulheres e crianças (UNDP, 2006).

Apesar dos problemas prementes derivados do subdesenvolvimento nas áreas rurais, a principal preocupação do governo timorense é a criação de emprego. Devido à elevada taxa de crescimento populacional e a um perfil da população dominada por jovens, são esperadas cerca de 15 mil novas pessoas a acrescentar à força de trabalho a cada ano. No entanto, a taxa de desemprego já é elevada. Em 2004, a taxa de desemprego nacional foi estimada em nove por cento e o desemprego juvenil nacional (ou seja, os desempregados entre os 15 e os 24 anos) em vinte e três por cento. Nas áreas urbanas, é provável que a taxa de desemprego entre os jovens seja superior a quarenta por cento (UNDP, 2006).

A economia que precisa de absorver esta força de trabalho em expansão é quase igualmente dividida entre a agricultura, o setor privado não-agrícola e o setor público, quando analisada na perspetiva da contribuição para o Produto Interno Bruto (PIB) (RDTL 2005d). A maior parte da força de trabalho, no entanto, está associada ao setor agrícola, que representa mais de três quartos de todo o emprego. No sector da agricultura, quarenta por cento é agricultura de subsistência, a qual quer não resulta na produção de um excedente comercializável quer na geração de renda não-agrícola. O café é o principal produto agrícola de exportação. Algumas famílias de agricultores que produzem um excedente de café e de arroz para venda. No setor privado, as principais áreas de atividade são o comércio por grosso, comércio a retalho, construção e transporte terrestre. Estas quatro categorias foram responsáveis por mais de oitenta por cento das licenças comerciais emitidas em Timor Leste em 2004 (DTL 2005d). O relatório UNDP (2006) sobre o Desenvolvimento Humano em Timor-Leste estima que o PIB deve crescer a uma taxa de 5-7 por cento, para reduzir a pobreza num terço até 2015. Isso, observa o relatório, exige uma abordagem pró-pobre (ou anti-pobre). Abordagem entendida neste contexto como a expansão da renda acompanhada de reduções na desigualdade e, conseqüentemente, na pobreza.

A abordagem pró-pobre para o desenvolvimento de Timor Leste vai necessariamente ser dirigida para as áreas rurais. Se o investimento e o crescimento do PIB estão centrados no desenvolvimento urbano e/ou no turismo, os benefícios não são suscetíveis de serem partilhados pela população rural pobre. O governo reconhece a necessidade de tornar a vida nas áreas rurais o mais atraente possível para minimizar os problemas decorrentes de um crescimento urbano desequilibrado, afirmando na sua

visão sobre os planos de investimento em Timor Leste que: *é ainda mais importante que sejam tomadas medidas a fim de desenvolver [áreas rurais], investindo no desenvolvimento de infraestruturas básicas que contribuem para a existência de melhores padrões de vida nas zonas rurais, tornando-os mais atraentes para a população* (DTL 2005b, p.v).

### 2.1.2 Timor Leste e a sua população

O país Timor Leste encontra-se na metade oriental da ilha de Timor. A ilha é muito longa em relação à sua largura e mitologia Timorese relata que a terra foi formada por um "crocodilo gigante", que quando morreu se transformou numa ilha para criar uma pátria para o povo timorese (Hull, 1999). O "crocodilo gigante" encontra-se numa orientação este-oeste, com uma cadeia de montanhas na parte oriental da ilha, cujo ponto mais alto é de 3.000m. Os artefactos encontrados na ilha sugerem que os ancestrais hominídeos podem ter habitado Timor há um milhão de anos atrás. A ocupação humana moderna existe há pelo menos 13 mil anos, quando se julga que a ilha foi ocupada por pessoas Austronesian que migraram para o leste da Ásia (Dunn, 1983; Nicol 1978; Wheeler 2004).

Os costumes e as práticas tradicionais continuam fortes nas áreas rurais de Timor Leste e governam tanto o ciclo agrícola como a interação social. (Traube, 1986) descreve o poderoso pensamento ritual das pessoas Mambai que ocupam a parte central de Timor Leste:

Mambai identificam-se como os habitantes originais da terra, e os seus responsáveis por direito de nascimento. Esta autoimagem coletiva define a visão das suas relações com os outros grupos étnicos. Em Timor Leste, a alegação Mambai de serem os primeiros habitantes define obrigações rituais únicas em relação ao resto da humanidade. Assim o ritual Mambai tem um alcance universal; é realizado para o benefício de toda humanidade, com todos os seus habitantes. No pensamento Mambai, eles sozinhos promovem a vida para a humanidade como um todo (Traube, 1986, p. 27).

Timor Leste permanece hoje etnicamente muito diverso, apesar do seu reduzido tamanho. A variedade de culturas locais é evidente, incluindo a Mambai anteriormente mencionada, refletindo uma mistura de antepassados Austronesian e influências mais recentes da Melanésia. Na metade oriental da ilha há cerca de trinta línguas e dialetos falados e dezasseis grupos étnico-linguísticos diferentes, incluindo o tétum (aproximadamente 250.000 pessoas), o Mambai (90.000), o Kemak (60.000), o Bunak (50.000), o Fataluku (35.000) e o Makasai (80.000). Cada uma destas culturas tem o seu próprio estilo distinto de arquitetura e arte, e um forte sentido de identidade cultural (Hull, 1999). Aditjondro (1994) descreve essa mistura de influências étnicas e culturais como representante de muitos outros povos na região da Indonésia, observando que "a diversidade arquitectónica de Timor Leste pode ser

vista como um "microcosmo" de quase toda a parte oriental do arquipélago Indonésio, com vislumbres dos arquipélagos da Melanésia e Polinésia também " (Aditjondro, 1994; p. 28).

A grande diversidade em Timor Leste – quer culturalmente e ecologicamente – pode ser encontrada num território de apenas 14.600 km<sup>2</sup>, incluindo as ilhas de Ataúro e Jaco e o enclave de Oecussi<sup>2</sup>. Além das áreas urbanas, há cinco principais zonas ecológicas: zonas montanhosas, planícies, montanhas com elevada pluviosidade áreas na costa sul; áreas de planície árida no litoral norte; e áreas marinhas e costeiras (RDTL, 2005c). As zonas montanhosas predominam, coma maioria de Timor Leste a ter uma inclinação superior a quarenta por cento. A terra é formada por calcário e argila, o que resulta em solos relativamente inférteis e improdutivos, ao contrário dos solos vulcânicos de muitas das ilhas vizinhas. Os solos são altamente propensos à erosão (RDTL, 2005c).

A população de Timor Leste foi estimada em pouco mais de um milhão em 2005 e esse número está a aumentar rapidamente (UNDP, 2006). A taxa de crescimento da população é de quatro por cento e metade da população tem uma idade inferior a quinze anos. Esta taxa de crescimento é bem superior à verificada no Leste Asiático e no Pacífico, que é em média de 0,8% (World Bank, 2006). A densidade populacional, no entanto, ainda é baixa em comparação com o vizinho populoso de Timor Leste, a Indonésia. A densidade populacional em Timor Leste é de 68 pessoas/km<sup>2</sup>, enquanto que na Indonésia é de 114 pessoas/km<sup>2</sup>. Administrativamente, Timor Leste está dividido em três níveis de governo abaixo do nível nacional. Há treze distritos e sessenta e cinco subdistritos (ou "posto") (RDTL, 2005e). A liderança política nestes níveis é nomeada pelo governo central. Abaixo do nível de subdistrito existem 445 aldeias (ou "suco"). O uso do termo "aldeia" pode ser ambíguo no contexto timorense. A aldeia (suco) é uma classificação administrativa e o nível mais baixo em que a administração do governo se envolve com a comunidade. As aldeias, no entanto, não representam grupos sociais coesos. Existem comunidades ao nível da aldeia (ou "suco"), que consistem em famílias aparentadas que vivem num pequeno número de habitações (Dunn, 2003). Grupos de cinco a dez dessas comunidades constituem uma "aldeia", embora estes possam estar dispersos ao longo de vários quilómetros.

Na aldeia as comunidades nomeiam um líder (Chefe da Aldeia). Os líderes ao nível do suco (Chefe do Suco) são eleitos juntamente com um conselho de aldeia (Conselho do Suco). Estas estruturas políticas ao nível rural local, no entanto, só recentemente foram introduzidas com o advento da independência de Timor Leste. Hohe (2002) descreve a importância contínua do ritual de reconhecimento local e da

---

<sup>2</sup> O pequeno distrito de Oecussi situa-se na costa norte da província Indonésia de Timor Ocidental, cerca de 30 km a oeste da fronteira com Timor Leste.

autoridade política nas comunidades rurais, observando como a coesão social e as estruturas de poder tradicionais sobreviveram à influência da colonização portuguesa e indonésia. Os líderes rituais, através das suas relações com os antepassados, autorizam a liderança política.

No pensamento tradicional, o ritual humano é visto como fundamental para garantir o ciclo contínuo de fertilidade e produção agrícola (Taylor, 1999). Não é surpreendente que as percepções da fertilidade agrícola associadas com o ritual tenham tanta importância na sociedade timorense. Como anteriormente mencionado, três quartos da população de Timor Leste vivem em zonas rurais e da agricultura de subsistência praticada. Timor Leste é um país difícil para o desenvolvimento da agricultura. Os solos pobres, as chuvas variáveis e os terrenos em grande parte montanhosos, constituem obstáculos ao desenvolvimento desta atividade. A precipitação anual varia entre os 500mm no litoral norte e os 2000mm na costa sul. As propriedades são geralmente pequenas (média de 1,2 hectare por família) e usadas para produzir alimentos básicos, como o milho, a mandioca, o arroz e a batata-doce. A maioria das famílias rurais também criam gado, principalmente galinhas e porcos, e estes são geralmente os segundos ativos mais importantes numa casa rural após o acesso à terra (RDTL, 2005c).

Taylor (1999) relata que a agricultura está baseada em torno da família ou tribo, que operam ao nível da aldeia, e é: " caracterizada por divisões sexuais distintas, e regida por um ritual. No ciclo de cultivo de arroz, por exemplo, o plantio foi realizado por mulheres e a colheita por homens. Fora da agricultura, a tecelagem é uma tarefa das mulheres, enquanto que os homens produzem instrumentos de ferro, e assim por diante."(Taylor, 1999; p. 6)

As famílias são a menor unidade dentro de uma aldeia. Um casal irá viver com os seus filhos solteiros numa única casa. Quando ocorre um casamento, uma nova casa será construída no terreno pertencente à família do homem para os grupos étnicos patrilineal ou da mulher nas sociedades matriarcais (Ospina & Hohe, 2001). Uma vez que as casas timorenses rurais são projetadas para uma única família, não há exigência para que estas sejam particularmente grandes. Aditjondro (1994) observa que existem sete estilos diferentes de arquitetura tradicional utilizados entre as muitas culturas de Timor Leste, cada um tipicamente com apenas dois ou três quartos e construída utilizando diferentes combinações de madeira, bambu, palha e palma como os principais materiais.

### 2.1.3 Uma breve visão histórica

Taylor (1999) observa que a história timorense é muitas vezes apenas interpretada no contexto europeu. As questões normalmente referem-se a como o povo de Timor Leste respondeu ou foi afetado

pelas ações das potências coloniais europeias e que significou essas respostas e os seus efeitos tiveram nos colonizadores. Taylor refere, no entanto, que há uma história timorense oral durante o período pré-colonial e também para as sociedades Timorenses durante o domínio Português. Antes da chegada dos europeus, Timor já fazia parte de uma grande rede comercial centrada em Java Oriental e Sulawesi (então Celebes) e foi importante para o fornecimento de madeira de sândalo, valorizada tanto na China como na Índia. Taylor vê a exportação desses bens como uma extensão natural do comércio interno entre clãs e reis locais que caracterizam a sociedade Timorense naquele momento.

A evolução da entidade política que é hoje Timor Leste começou com a chegada dos exploradores Portugueses em 1511. Os Portugueses também estavam interessados na madeira de sândalo, mas ainda em outros artigos como o mel, a cera e as pessoas na forma de escravos. Os missionários Dominicanos que trabalharam para converter os Timorenses ao Catolicismo chegaram logo a seguir aos comerciantes portugueses. A influência política portuguesa permaneceu na metade oriental de Timor por quase 500 anos depois da sua chegada. Durante a maior parte deste tempo, no entanto, os Portugueses só vagamente exerciam o poder, com o controlo efetivo a ser realizado pelos muitos reis locais da ilha. Os colonizadores Holandeses também procuram exercer o poder em Timor e um tratado em 1859 dividiu a ilha entre as duas potências europeias que disputavam o seu controlo. Os Portugueses reclamaram a metade oriental da ilha e, ainda hoje, é o limite acordado em 1859 que delimita Timor Leste e o separa da metade ocidental da ilha, que é uma província da Indonésia (Dunn 1983; Taylor 1999).

Com a exceção de um breve período de ocupação Japonesa durante a Segunda Guerra Mundial<sup>3</sup>, Portugal continuou a governar Timor Leste até 1974. Após o golpe militar de esquerda em 1974, que derrubou o governo de Marcelo Caetano, o povo de Timor Português declarou precipitadamente a sua independência, em consequência do recém-criado Governo Português ter despojado as suas colónias em África e outros lugares. A independência de Timor-Leste, no entanto, não conseguiu prosperar. Em 1975, uma guerra civil de com a duração de um mês, foi seguida pela declaração do líder da Fretilin (Frente Revolucionária de Timor Leste Independente), no dia 28 de novembro de 1975, que declarou a independência da República Democrática de Timor Leste. Nove dias depois, as forças militares Indonésias invadiram a nova nação, tendo-se seguido um domínio estrangeiro de mais 25 anos, desta vez nas mãos da vizinha Indonésia. A República Democrática de Timor Leste tornou-se na 27<sup>a</sup> província da República da Indonésia e foi renomeada Timor Timur (Dunn, 1983; Taylor, 1999). A

---

<sup>3</sup>O Japão invadiu a colónia Portuguesa de Timor, em 1942, depois das forças militares Australianas e Holandesas terem violado a neutralidade Portuguesa. Dunn (1983) estima que morreram cerca de 40.000 a 60.000 timorenses como consequência de Timor ter sido arrastado para o conflito.

anexação Indonésia foi catastrófica para a população de Timor Leste. Dunn (2003) cita estimativas da Igreja Católica de que 200 mil pessoas foram mortas ou morreram de fome e doenças, em função de como o exército Indonésio reorganizou o país sob seu controle. Um pequeno movimento de resistência no interior e exterior de Timor Leste esforçou-se para manter a ideia da independência ativa. Depois do Presidente Suharto ter deixado a presidência da Indonésia em 1998, o recém-nomeado Presidente Habibie proporcionou ao povo de Timor Leste a possibilidade de uma votação para escolherem entre a independência e a autonomia dentro da Indonésia. A votação foi esmagadoramente (78%) a favor da independência. A missão da ONU, a Administração Transitória das Nações Unidas para Timor Leste, foi criada para gerir a transição para a independência. Depois da eleição de uma assembleia constituinte em 2001, uma nova Constituição foi redigida e a criação da República Democrática de Timor Leste declarada em Maio de 2002 (Dunn, 2003).

O povo timorense, no entanto, pagou um elevado preço por ter escolhido a sua independência. Após os resultados da votação foram criadas milícias pró-autonomia, apoiadas pelos militares Indonésios, que invadiram o país, destruindo quase toda infraestrutura do governo e muitas habitações domésticas (Dunn, 2003). Havia um volume considerável de infraestruturas para destruir.

Nicol (1978) relata que quando Portugal abandonou o território em 1974, as únicas estradas existentes no país encontravam-se em Díli, apesar de apenas terem sido construídas em 1963. Não existiu eletricidade até 1962 e não houve porto marítimo em Díli até 1964. As oportunidades de educação também foram muito limitadas e, em 1974, havia apenas uma escola estatal para toda a colónia.

Apesar da natureza repressiva do regime Indonésio, durante a ocupação Indonésia foram construídas estradas, retomado o abastecimento de água potável e de energia elétrica por todo o país. Foram, igualmente, construídos escritórios do governo na capital e em toda a província, e um novo aeroporto foi construído em Díli. Também foram construídas muitas escolas e criada uma universidade em Timor Leste (Dunn, 2003). Embora muitos desses desenvolvimentos tenham sido direcionados, principalmente, para o benefício dos militares Indonésios – o que facilitou as suas operações, tanto de negócios como militares – a infraestrutura de Timor Leste estava num estado muito mais desenvolvido no final da ocupação Indonésia, do que quando Portugal partiu em 1974.

A violência desencadeada pelas milícias pró-integração, após a votação sobre a independência, destruiu grande parte do que havia sido construído sob o domínio Indonésio. Dunn (2003) descreve como as milícias saquearam e incendiaram edifícios em todo o país. Esta destruição continuou inabalável durante quase um mês, antes de uma força de paz multinacional ter sido implantada sob o mandato da ONU para acabar com a violência. Quando os soldados chegaram, os timorenses que

haviam fugido da capital começaram a retornar para as suas casas. No entanto, depararam-se com cenas de destruição absoluta. Dunn (2003) descreve Díli como: uma cidade praticamente toda destruída, onde não existiam serviços, nem água, nem eletricidade. As escolas estavam em ruínas com os seus livros queimados . Não sobrou nada da infraestrutura do estado – sem polícia, sem tribunais, sem correios, sem serviços de socorros ( Dunn 2003, p. 360).

Este nível de destruição verificava-se em todo o país, desde as capitais de distrito até às pequenas aldeias. Um relatório do Governo de Timor Leste observa que cerca de setenta por cento de todos os edifícios do país foram destruídas em 1999, incluindo 68 mil casas – 40% do parque habitacional (RDTL, 2005e). Uma década após esses violentos eventos, o país permanece no processo de reconstrução e ampliação das suas infraestruturas. Esses esforços incluem a reabilitação do setor elétrico. Esta investigação está enquadrada no contexto de uma pequena contribuição para o processo de reconstrução de Timor Leste em curso.

## **2.2            Sistemas solares domésticos**

Esta investigação avalia um determinado tipo de tecnologia para a eletrificação rural, nomeadamente os sistemas solares domésticos. Antes de considerar a aplicação específica dos sistemas solares domésticos em Timor Leste, é aconselhável um conhecimento básico da tecnologia fotovoltaica. A ciência fundamental por detrás da geração de energia elétrica fotovoltaica e a evolução da sua utilização nos países em desenvolvimento são apresentados nesta secção. O equipamento padrão agora designado um “sistema solar doméstico” é descrito e proporcionada uma visão geral de cada um dos componentes. Esta informação é seguido por uma revisão da abordagem para a concepção de um sistema solar doméstico para fins específicos e como os componentes e os sistemas são dimensionados.

### **2.2.1   Componentes de um Sistema Solar Doméstico**

Green (2000) descreve que a geração de energia elétrica num sistema solar doméstico depende das células fotovoltaicas utilizadas. As células fotovoltaicas produzem eletricidade quando a luz atinge um material semicondutor, geralmente o silício, e liberta elétrons. O desenvolvimento comercial das células fotovoltaicas produzidas tem seguido as descobertas sobre a natureza da luz e do movimento dos elétrons nos metais e semicondutores. Green relata que Ohl descobriu acidentalmente a primeira célula fotovoltaica de silício em 1940, quando investigava as propriedades do silício. As impurezas no silício originam cruzamentos positivo-negativo (p-n) e estes permitem que os elétrons fluam dentro do

silício. Esta foi seguida pelo desenvolvimento de transístores e pelo desenvolvimento das primeiras células solares úteis em 1954.

A maioria das células fotovoltaicas comerciais são atualmente criadas a partir de placas de silício – quer placas monocristalinas cortadas de um único cristal de silício ou placas multicristalinas cortadas de um molde de silicone lingote - acrescentadas com boro e fósforo para proporcionar a junção p-n. Uma rede fina de contactos é aplicada sobre a superfície das células e um revestimento antirreflexo pode ser adicionado à superfície de topo de cada célula. Cada célula fotovoltaica produzirá uma tensão de 0,5 a 1 V, dependendo do tipo de material semicondutor a partir da qual é feita (Green 2000). Na maioria das aplicações, as células individuais são conectados em série para produzir 'módulos' de células fotovoltaicas. Normalmente, são utilizadas trinta e seis células por módulo, criando módulos com uma tensão nominal de 12 V, adequados para o carregamento de baterias de chumbo-ácido (SEI, 2007). (Módulos de tensão mais elevada, no entanto, são também produzidos. O painel Schott ASE 165W, por exemplo, utiliza 72 células fotovoltaicas para produzir uma saída nominal de 36 V, e podem ser ligados em série para produzir uma matriz de 1000 V (Schott Solar GmbH, 2008). As células fotovoltaicas produzidas deste modo convertem apenas uma pequena parte da luz a que estão expostas em eletricidade, com uma eficiência no intervalo de 15 a 20% (Deubener et al., 2009). Uma abordagem alternativa para a criação de módulos fotovoltaicos é depositar uma fina película de material semicondutor noutro substrato, tal como é utilizado para criar células de silício amorfas.

A primeira utilização comercial de uma célula fotovoltaica foi fornecer energia a um telefone nos EUA no final de 1950. Isto foi seguido pela sua utilização no fornecimento de energia a satélites e viagens espaciais (SEI, 2007) – indústrias para as quais o elevado custo não representa uma barreira intransponível. Em relação aos países em desenvolvimento, Lorenzo (1997) relata que a primeira utilização documentada da tecnologia fotovoltaica para a eletrificação rural ocorreu no Níger, em 1968, onde uma série células fotovoltaicas de 48 Wp foi instalada para permitir o funcionamento de uma televisão, como parte de um programa de educação financiado pelo Governo Francês. O sucesso desta instalação foi repetido em mais 120 locais no Níger na década de 1970. Ao mesmo tempo, a tecnologia das células fotovoltaicas começou a ser utilizada para bombear água noutros países africanos e para a geração de eletricidade na Índia e no México. Nieuwenhout et al. (2001) estima que até 2000 foram instalados 1,3 milhões de sistemas fotovoltaicos nos países em desenvolvimento. Estes sistemas serviram apenas 0,14% do total da população do mundo desenvolvimento, no entanto, deixando um espaço considerável para o crescimento no setor da aplicação das células fotovoltaicas em habitações.

Em função do desenvolvimento da tecnologia das células fotovoltaicas, as instalações domésticas começaram a ser instaladas através de um conjunto padrão de equipamentos. Este conjunto tornou-se conhecido como um sistema solar doméstico e é descrito por Cabraal, Cosgrove-Davies e Schaeffer (1996) da seguinte forma: “um típico sistema solar doméstico inclui um 20- a de 100-Wp conjunto de placas fotovoltaicas; uma bateria recarregável para armazenamento da energia; um controlador de carga da bateria; uma ou mais lâmpadas (geralmente fluorescentes; uma saída para televisão, rádio/leitor de cassetes, ou outro aparelho de baixo consumo; interruptores; cabos de interconexão, e equipamento de montagem” (Cabraal, Cosgrove-Davies & Schaeffer, 1996; p 7).

A disposição destes componentes é mostrada na Figura 2-2. Os módulos fotovoltaicos utilizados no sistema solar doméstico pode ser um dos três tipos – monocristalino, multicristalino e amorfo, como anteriormente referido. Para uma dada potência nominal de saída, todos os tipos de módulos fotovoltaicos oferecem um desempenho semelhante (Nieuwenhout et al. 2001). Na sua análise de 104 projetos de sistemas solares domésticos diferentes nos países em desenvolvimento, Nieuwenhout et al. (2001) observaram que as dimensões do sistema variam entre 10 e 110 Wp. As instalações fotovoltaicas de grande dimensão podem requerer vários módulos fotovoltaicos conectados juntos numa única “placa”. Dentro da gama 10-110 Wp, cada sistema solar doméstico pode ser fornecido com um único painel.

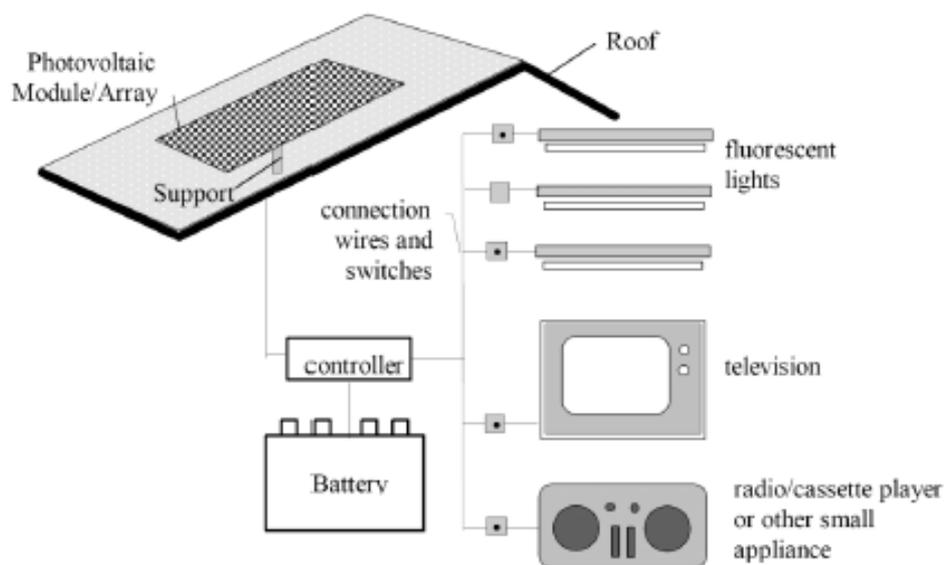


Figura 2 – Diagrama tipo dos componentes de um SDD (Fonte: Cabraal, Cosgrove-Davies & Schaeffer, 1996)

As baterias utilizadas nos sistemas solares domésticos são geralmente do tipo chumbo-ácido e devem ser modelos de ciclo profundo fabricados para suportar descargas pesadas entre ciclos de carga. As baterias dos automóveis, frequentemente utilizadas nos sistemas fotovoltaicos nos países em

desenvolvimento, não são recomendadas para os sistemas solares domésticos. Estes são projetados para fornecer uma breve tensão de corrente muito alta e têm um ciclo de vida muito curto, se regularmente sujeitos a descargas profundas (SEI, 2007). Em situações como Timor Leste, onde a manutenção é difícil, baterias chumbo-ácido seladas (SLA – *sealed lead acid battery*) são recomendadas, uma vez que não exigem que o utilizador monitorize ou mantenha o eletrólito líquido, nem para equalizar as células da bateria. Enquanto que as SLA são mais adequadas para aplicações fotovoltaicas, também são mais caras do que as baterias de chumbo-ácido dos automóveis e isso desestimula a sua utilização, especialmente quando os utilizadores são confrontados com a compra de uma bateria de substituição. Cabraal , Cosgrove -Davies e Schaeffer (1996) incluiu uma bateria de chumbo-ácido automóvel como parte do sistema padrão de um sistema solar doméstico e Nieuwenhout et al. ( 2001) verificaram que essas baterias foram o tipo mais comumente utilizado nos sistemas avaliados. Nieuwenhout et al. (2001 ) também referem, contudo, que ao longo da vida de um sistema, as baterias são o componente mais dispendioso e normalmente duram apenas 1 a 3 anos. Por esta razão, as baterias devem ser cuidadosamente selecionadas e especificadas, tendo em consideração o custo de operação do sistema.

A função principal do controlador num sistema solar doméstico é para assegurar que a bateria não é sobrecarregada (SEI, 2007). Muitos controladores também irão proteger as baterias de descargas excessivas, desconectando a carga da bateria em baixa tensão. Para os sistemas em Timor Leste, onde conseguir a substituição da bateria é dispendioso e difícil, esta é uma característica importante para os controladores. Um sistema solar doméstico simples, como o apresentado na Figura 2, opera totalmente em corrente contínua. Os sistemas de baixa tensão do sistema são usualmente utilizados (geralmente 12 V) e o circuito elétrico deve ser dimensionado para evitar perdas excessivas. Além disso, os componentes devem ser localizados para minimizar a dimensão do circuito elétrico.

O objetivo da instalação de um sistema solar doméstico é satisfazer a necessidade de energia elétrica para uma carga elétrica. Na Figura 2 esta é apresentada como lâmpadas, uma televisão e um rádio/leitor de cassetes. O número de lâmpadas e outros dispositivos que podem ser utilizados é determinado pela dimensão do sistema – quanto maior for o sistema, mais dispositivos podem ser utilizados. Nieuwenhout et al. (2001) constataram que as lâmpadas eram os dispositivos mais comumente alimentados pelos sistemas solares domésticos. A utilização de um aparelho de televisão, no entanto, requer consideravelmente mais energia do que uma ou duas lâmpadas fluorescentes. Uma pequena televisão a cores pode exigir 60 W (SEI, 2007) que pode ser duas ou três vezes o pico da energia necessária para a iluminação. Consequentemente, seria necessário um painel

fotovoltaico de pelo menos 50 Wp, se os agregados familiares pretendem utilizar um aparelho de televisão ou outros dispositivos com uma exigência de potência de similar voltagem.

### 2.2.2 Projeto de um Sistema Solar Doméstico

Na especificação de um sistema solar doméstico para uma residência, o projeto deve começar com um estudo dos componentes elétricos. O projeto de painéis fotovoltaicos e o guia de instalação desenvolvido pela *Solar Energy International* (SEI) estabelece um processo para o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos (SEI, 2007). Este processo começa por determinar a necessidade de energia elétrica e baseia-se nos seguintes passos:

- estimativa de cargas elétricas;
- dimensionamento e especificação de baterias;
- dimensionamento e especificação de matrizes;
- especificação de um controlador, e
- dimensionamento da montagem do circuito elétrico.

Este processo começa por considerar as cargas elétricas que serão satisfeitas por um sistema solar doméstico e requer que sejam determinados quer o pico da carga (ou "total de watts ligados") e a média da procura diária. Ao equacionar estes parâmetros no contexto rural de Timor Leste é útil, como um exemplo, imaginar uma pequena casa com três lâmpadas fluorescentes compactas de 10 W. Talvez uma das lâmpadas, localizada na sala de estar seja usada quatro horas em cada noite e uma hora antes do amanhecer. As outras duas lâmpadas, localizadas na cozinha e no quarto, podem ser usadas duas horas em cada noite. O pico da carga, 30 W, ocorre quando as três luzes são usadas ao mesmo tempo e é a soma da carga individual de cada uma – i.e.  $3 \times 10$  W. A necessidade diária média, 90 Wh, é a soma da necessidade de energia para cada lâmpada multiplicada pela duração da sua utilização – i.e.,  $10 \text{ W} \times 5 \text{ horas} + 10 \text{ W} \times 2 \text{ horas} \times 2$ ). Permitindo aproximadamente cerca de dez por cento de perdas no sistema, a necessidade diária passa a 100 Wh.

O próximo passo no processo é o dimensionamento da bateria, que é dependente de duas variáveis inter-relacionadas que são definidas pelo projeto do sistema – dias de autonomia do sistema e valor máximo de descarga da bateria. Estes parâmetros irão determinar a vida útil da bateria. O guião SEI (2007) recomenda dois a três dias de autonomia para cargas "não essenciais", que é a categoria que pode ser aplicada na iluminação doméstica. Para as casas timorenses, onde a maioria dos sistemas solares domésticos são utilizados apenas para iluminação, o grau de "autonomia" especificada é

dependente da forma como o projetista do sistema interpreta o compromisso entre o custo do sistema e o nível de serviço prestado. Numa casa, se o controlador de carga desliga o sistema à noite várias vezes por mês durante a estação chuvosa, devido à baixa tensão da bateria, este é inconveniente para as residências e pode exigir a utilização de fontes alternativas de iluminação. O benefício do dimensionamento da bateria deste modo, no entanto, é que pode conduzir a custos do sistema consideravelmente mais baixos e, conseqüentemente, uma maior disponibilidade para o agregado familiar. Os utilizadores podem preferir ter vários dias por ano sem luz para que os custos do sistema sejam mais reduzidos. Em contraste, numa clínica de saúde rural, onde um sistema fotovoltaico é necessário para o funcionamento de um frigorífico de armazenamento de vacinas, a autonomia é crítica. Se o sistema deixa de funcionar devido à descarga das baterias, as vacinas perdem a sua validade, o que torna o sistema completamente ineficiente.

A capacidade de descarga (DOD – *Depth of discharge*) refere-se à quantidade de energia armazenada numa bateria que é disponibilizada ao sistema antes que a bateria seja recarregada. Uma bateria de 100 Ah que descarrega 10 Ah tem uma capacidade de descarga de 10%. Os fabricantes de baterias geralmente definem a "vida" de uma bateria em termos do número de ciclos que uma bateria pode proporcionar enquanto mantém pelo menos 80% da sua capacidade de armazenamento original. A Figura 3 mostra a relação entre os ciclos de vida teóricos e a capacidade de descarga das baterias usadas no *UNDP Participatory Rural Energy Development Programme* (UNDP, 2008). De acordo com a Figura 3, uma bateria sujeita a uma elevada capacidade de descarga tem uma duração de vida mais curta (ou seja, um número inferior de ciclos de carga-descarga). A SEI recomenda que os sistemas sejam projetados para uma capacidade de descarga máxima de 50%.

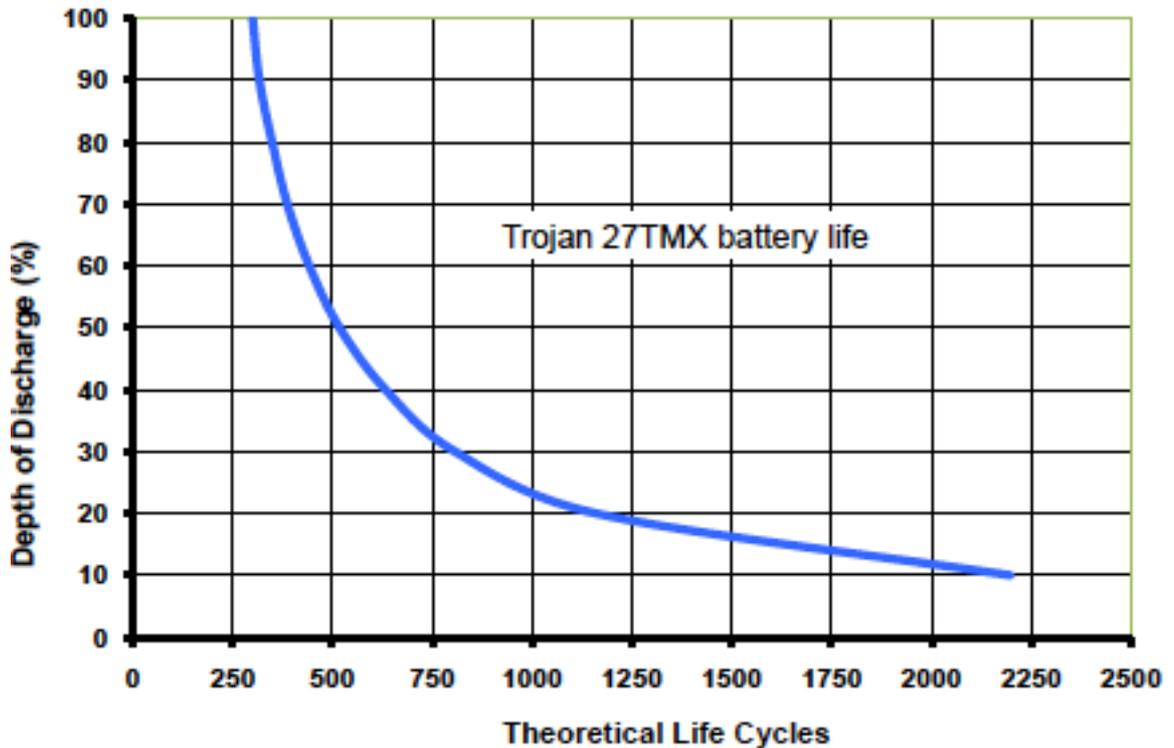


Figura 3 – Ciclo de vida teórico VS capacidade de descarga (bateria Trojan TMX270) (Fonte: Trojan Battery Company, 2008)

O guia SIE refere que há um número de outras variáveis que, em combinação com a capacidade de descarga, determinam a vida de funcionamento da bateria. Estes incluem a taxa de descarga, a temperatura da bateria, a idade e as características de recarga. A utilização de baterias onde a temperatura ambiente é elevada, como é o caso da maior parte de Timor Leste, tem dois tipos de influência sobre o desempenho da bateria. Estas condições aumentam a capacidade de armazenamento da bateria, mas diminuem a sua vida útil. A SIE sugere que o aumento na capacidade de armazenamento obtido não é justificado, porque a vida da bateria pode ser drasticamente reduzida, dado que a sua vida reduz para metade por cada 10 °C de aumento da temperatura ambiente acima de 25 °C.

O dimensionamento de uma bateria, para a situação teórica de uma família timorense anteriormente descrita, exige que o projetista defina primeiramente a autonomia e a capacidade de descarga máxima. Se foram definidos dois dias de autonomia e uma capacidade de autonomia máxima de 50%, então uma necessidade diária de 100 Wh exigiria uma bateria de 12V, com uma capacidade de 33 Ah (ou seja,  $100 \text{ Wh} \times 2 \text{ dias} / 12 \text{ V} / 0,5$ ).

Tal como acontece com o dimensionamento da bateria, a procura média diária é também utilizada para determinar a dimensão exigida para o módulo fotovoltaico. O SIE recomenda dividir a média da

necessidade diária (em amperes-hora) pela insolação a que o módulo fotovoltaico será exposto. Esta etapa exige conhecer os dados de insolação específicos para o local em que o sistema irá ser utilizado. A insolação – e, portanto, a saída do módulo fotovoltaico – varia de acordo com a localização geográfica, a orientação da instalação e as condições ambientais. A NASA fornece dados de insolação para locais em todo o mundo, com base em 22 anos de dados de observação por satélite (NASA, 2006). Os dados da NASA indicam uma insolação média mensal que varia de 5 a 7 kWh/m<sup>2</sup>/dia para uma superfície orientada para o norte e instalada com um ângulo de 8°. Os valores de insolação mais baixos referem-se ao período das chuvas e os valores mais elevados para os meses da estação seca, principalmente setembro e outubro. Estes valores podem ser usados para determinar a produção média diária para um módulo fotovoltaico com qualquer capacidade. Por exemplo, um módulo fotovoltaico de 10 Wp poderia fornecer 50 a 70 Wh / dia, sob estas condições.

Ao determinar o dimensionamento do módulo(s) fotovoltaico(s) requeridos, o guia SIE recomenda que exista uma recompensa para as perdas do sistema, particularmente associada com o carregamento da bateria, que normalmente atingem vinte por cento da capacidade da bateria. Dividindo-se a carga elétrica diária pelas horas de pico do sol e multiplicando por um fator para compensar as perdas de carga, é possível calcular a corrente necessária a partir do módulo fotovoltaico. No exemplo anteriormente utilizado, a necessidade diária foi de 100 Wh. Com base num sistema de 12 V e permitindo perdas de vinte por cento da capacidade da bateria, ocorre uma perda equivalente a 10,4 Ah por dia. A concepção de um sistema para Timor-Leste com uma insolação média de 6 kWh/m<sup>2</sup>/dia, exige uma corrente máxima a partir do módulo fotovoltaico de 1,7 A. Um painel de 30 Wp, por exemplo, o painel multicristalino 330SX BP (BP Solar, 2007), normalmente fornece uma corrente máxima desse valor. O módulo de saída em Timor-Leste, onde as temperaturas são elevadas pode ser menor do que a classificação do fabricante. A saída dos módulos fotovoltaicos é avaliada pelos fabricantes para uma temperatura ambiente de 25° Celsius e diminui à medida que a temperatura aumenta (SEI, 2007).

Uma vez que a carga elétrica, a bateria e o módulo fotovoltaico foram especificados, um controlador e o dimensionamento da montagem do circuito elétrico também podem ser especificados. O controlador deve ser dimensionado em função do corte de corrente no módulo fotovoltaico devido ao curto-circuito, multiplicado por um fator de segurança adequado (o guia SEI recomenda um fator de 1,25). Para o exemplo referido, o painel BP 330SX tem um valor para a corrente de curto-circuito de 1,9 A, o que exige um controlador capaz de suportar uma entrada de 2,4 A. Tal como acontece com o controlador, o dimensionamento da montagem do circuito elétrico está baseado no sistema atual e deve ser

especificado de modo a assegurar que uma queda da tensão não é excessiva nos cabos de grande comprimento. O SIE recomenda não mais do que uma queda da tensão de cinco por cento no dimensionamento da montagem do circuito elétrico.

Usando a abordagem de desenvolvimento do projeto do SIE já referida, é possível especificar os componentes do sistema a utilizar em Timor-Leste para uma variedade de dimensões de sistemas solares domésticos – desde pequeno (5 W de pico de carga) a grande (80 W de pico de carga). Com base num valor de insolação média de Timor-Leste ao longo do ano de 6 kWh/m<sup>2</sup>/dia, dois dias de autonomia e cinco horas de utilização por dia, a bateria exigida, o dimensionamento do painel e do controlador podem ser determinados para cada valor de pico de carga (Tabela 1).

Tabela 2- Dimensionamento dos componentes para um sistema solar doméstico

<b>Pico de carga</b>	<b>(W)</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>80</b>
<b>Média do funcionamento diário</b>	(h)	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Média da necessidade diária</b>	(Wh)	25	50	100	150	200	250	300	400
<b>Bateria, 12 V</b>	(Ah)	8	17	33	50	67	83	100	133
<b>Painel</b>	(Wp)	7	15	30	44	59	74	89	118
<b>Controlador</b>	(A máx)	0,6	1,2	2,4	3,6	4,9	6,1	7,3	9,7

O custo do fornecimento de cada um destes sistemas dentro desta gama vai depender principalmente dos custos dos componentes e estes, por sua vez, da qualidade dos componentes e do país em que forem adquiridos. A natureza específica do custo em função do país é ilustrada pelos dados de África relatados por Neiuwenhout et al (2001). Estes autores observaram os custos do sistema de por watt vão desde um preço tão baixo quanto \$10 na África do Sul, para \$14-17 no Gana, Botswana e Suazilândia, e até \$22 na Namíbia. Obviamente que para permitir uma comparação útil dos custos das diferentes dimensões dos sistemas, todos os custos devem ser considerados a partir de um único país (ou países com estruturas de custos semelhantes), e de preferência a partir de um único conjunto de fornecedores de componentes. Os custos da bateria, do módulo fotovoltaico, do controlador e do sistema completo para os sistemas de 5 a 80 Wp sistemas estão indicados na Figura 4.

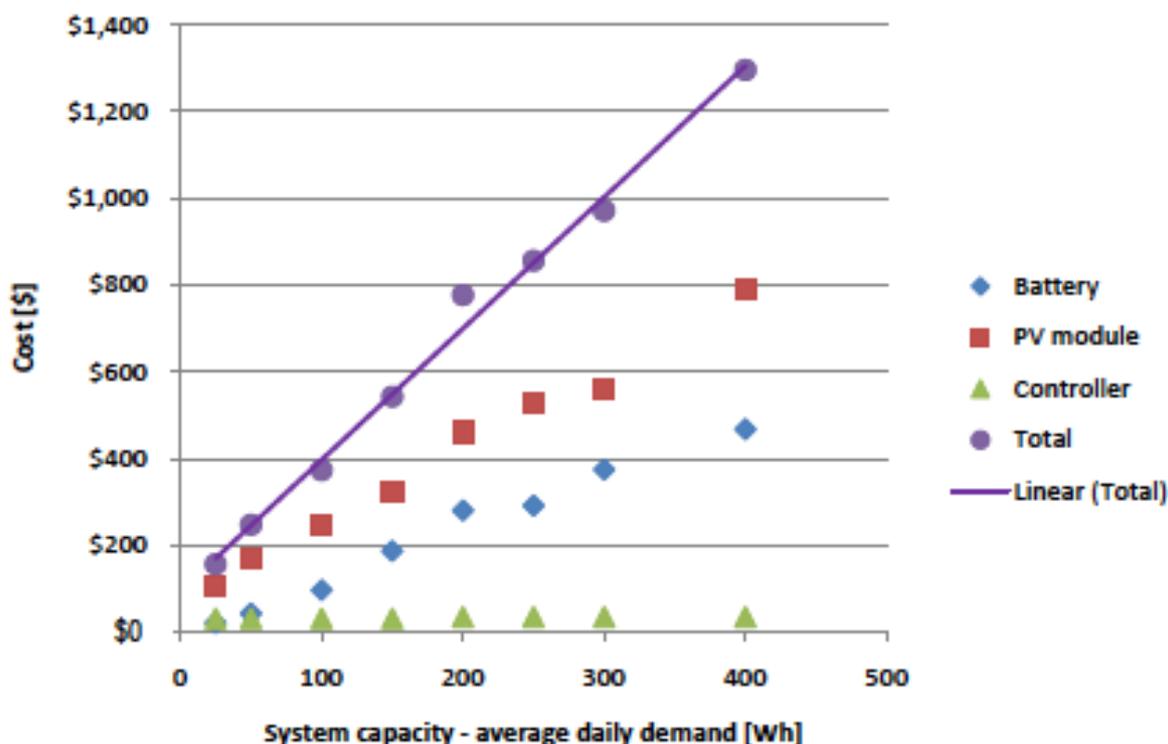


Figura 4 – Custos dos componentes para um sistema solar doméstico (Fonte: SEI (2007))

A relação linear entre a capacidade do sistema e o seu custo dentro da gama típica de sistema solar doméstico é claramente evidente.

## 2.3 Eletrificação rural em Timor-Leste

### 2.3.1 Acesso à energia elétrica em Timor-Leste

O acesso à energia elétrica foi sempre uma raridade em Timor-Leste, mesmo antes da destruição da infraestrutura de energia elétrica por parte das milícias pró-Indonésia em 1999. Em 1998, apenas vinte por cento dos agregados familiares em Timor-Timur (o nome dado ao Timor Leste, quando era uma província de Indonésia) estavam conectados a uma rede nacional - a segunda menor taxa de eletrificação na Indonésia naquela época (ADB, 2003a). Durante a violência, que eclodiu após o referendo sobre a independência em 1999, grande parte da infraestrutura de energia elétrica foi danificada ou destruída, principalmente na parte ocidental de Timor-Leste. Esta incluía equipamento de geração, redes de transmissão e distribuição, edifícios administrativos e oficinas. Em 2005, após seis anos de esforço para a reabilitação da capacidade de geração e redes de distribuição, a taxa de ligação às residências melhorou apenas ligeiramente desde os tempos da Indonésia. As estimativas do

Governo de Timor-Leste para 2005 indicavam que vinte e dois por cento das residências estariam ligadas à rede de distribuição de eletricidade. Quase dois terços dessas 42.600 famílias estariam em Dili, a capital. Os 16.000 domicílios eletrificados fora da capital utilizariam apenas dez por cento do total da eletricidade gerada – 6,9 GWh dos 69 GWh gerados em 2005 (RDTL, 2006). A maior parte desta geração relaciona-se com a utilização urbana nas capitais de distrito, deixando apenas uma pequena fração para as áreas rurais. O Plano de Desenvolvimento do Setor Elétrico (PDSE) estimou que apenas 1,8 % da eletricidade gerada em Timor é utilizada nas zonas rurais e que noventa e cinco por cento dos domicílios rurais não têm acesso à eletricidade (ADB, 2003a).

Estes dados de consumo de eletricidade é baixo comparativamente com os padrões de outros *Least Developed Countries* (LDC). O *UN Human Development Report* de 2005 fornece dados sobre o consumo de eletricidade per capita e refere que a média é de 106 kWh p.a. (UNDP, 2005). O relatório não apresenta dados concretos sobre Timor-Leste, mas com base na estimativa do governo timorense para 2005 de 69 GWh gerados e uma população de um milhão de pessoas, o consumo anual médio de eletricidade em Timor-Leste é de apenas 69 kWh por pessoa, que é um valor bem abaixo da média dos PMD. O facto de noventa e oito por cento da eletricidade ser consumida em Dili e nas outras capitais de distrito, indicia que o consumo de eletricidade nas zonas rurais é muito baixo para os padrões mundiais.

Mesmo que fosse gerada mais eletricidade em Timor-Leste e disponibilizadas mais linhas de transmissão nas zonas rurais, a utilização da energia fornecida a partir de uma rede nacional seria uma proposta dispendiosa, se fossem aplicadas as atuais taxas. Como observado no Plano de Investimento do Sector Público do governo (RDTL, 2006), as tarifas são altas para os padrões internacionais de \$0,16 a \$0,20 por kWh para as ligações medidas e entre \$3 e \$25 por mês para ligações de acesso ilimitado fora de Dili, dependendo da amperagem da ligação e das horas de serviço por dia. Enquanto que as tarifas podem ser elevadas, a qualidade do serviço é inferior com flutuações de carga frequentes e longos apagões. Fora da capital estes apagões podem durar meses, quando qualquer um dos combustíveis não está disponível ou enquanto se está à espera da entrega de peças de reposição para reparar o equipamento. Como resultado da má qualidade do serviço, muitas organizações optam por gerar a sua própria eletricidade. Em Dili, para exemplo, um terço da capacidade de geração é propriedade e operada por indivíduos e organizações privadas (RDTL, 2006). Durante o período de administração da ONU de 1999 a 2002 e a fase inicial de governo independente, foram elaborados dois importantes documentos políticos em relação ao sector da eletricidade em Timor-Leste. O primeiro destes foi o PDSE para Timor-Leste (ADB 2003a) supervisionado pelo *Asian*

*Development Bank* (ADB). Os administradores internacionais que eram responsáveis pelo financiamento proporcionado pelas agências de desenvolvimento multilaterais geriram o planeamento inicial e a definição de prioridades para a maioria dos sectores, durante a administração das Nações Unidas. No caso do setor da energia, as atividades foram administrados pelo ADB. O PDSE examinou a situação da energia elétrica em 2003 e definiu as soluções possíveis para alcançar os objetivos do Plano Nacional de Desenvolvimento, para melhorar significativamente o acesso à energia elétrica e o subsequente objetivo do governo de fornecer energia elétrica a oitenta por cento dos agregados familiares até 2025. Foi recomendada como a opção mais favorável para satisfazer a procura base de carga, uma mistura de geração hidroelétrica e diesel, sujeitos à avaliação do potencial de utilização de petróleo e gás natural. O estabelecimento de uma rede nacional estava previsto iniciar com a construção de uma linha de transmissão de 132 kV ligando Dili a uma nova usina hidroelétrica no extremo leste do país. Grande parte do PDSE, no entanto, considerou as prioridades imediatas como a melhoria na recuperação dos custos (quando o PDSE estava a ser elaborado existia consumo de eletricidade sem tarifas) e a reestruturação da companhia nacional, Eletricidade de Timor-Leste (EDTL), numa entidade comercial a ser administrada sob um contrato de gestão privada.

Através da base fornecida pelo PDSE, o Governo de Timor Leste preparou dois "Programa de Investimento Sectorial" (PIS) para o setor da energia. Um PIS inicial para o Setor da Energia foi preparado em 2005 (RDTL, 2005a) e uma versão revista foi lançada em abril de 2006 (RDTL, 2006). Os PIS para o Setor Elétrico confirmaram o compromisso do PDSE em fornecer eletricidade a oitenta por cento de todas as casas em 2025 e previram que os principais passos para a eletrificação rural começariam em 2007-2008. As referências do PIS para aumentar o acesso à eletrificação de oitenta por cento da população em 2025 implicariam um crescimento de carga de cerca de oito por cento ao ano e uma capacidade de geração total entre 90 e 110 MW. Os parâmetros-chave para o acesso, geração e procura de eletricidade encontram-se na Tabela 2. O PIS também contém um modelo para um cenário de crescimento 'contraído', o que apenas consideraria cinquenta por cento do país com eletricidade em 2025 e exigiria uma capacidade de geração de 75 MW.

Tabela 2 – Planos para a expansão da eletrificação em Timor-Leste até 2025 (Fonte: RDTL, 2006)

Indicador	2002	2007	2010	2020	2025	Crescimento
						anual (% p.a.)
<b>Total de residências ('000)</b>	183.3	213.3	235.2	315.1	361.8	3.0
<b>Taxa de eletrificação (%)</b>	20	30	40	70	80	10
<b>Residências eletrificadas ('000)</b>	36.5	64.0	94.1	220.6	289.4	9.4
<b>Total de carga fornecida (GWh)</b>	62.9	110.4	162.8	383.8	505.0	9.5
<b>Total da procura (MW)</b>	18.6	30.3	41.1	87.7	90.3	8.0

Uma expansão dos serviços de eletricidade na escala descrita no PIS representa um objetivo ambicioso para Timor-Leste. Os 69 GWh gerados em 2005 foram produzidos por 20 MW de capacidade de geração diesel em Dili e 12 MW de capacidade de geração diesel dispersos pelo resto do país. Atingir a meta de cinquenta por cento dos agregados familiares com acesso à eletricidade exigiria dobrar a capacidade de geração atual e uma meta de oitenta por cento exigiria uma triplicação da capacidade de geração. Foi previsto que o aumento da capacidade de geração adicional com geradores hidro e a diesel (e a construção das redes de transmissão associadas) para cumprir as metas para 2010 iria custar na ordem dos \$200 milhões. Quase metade dessa despesa deverá ser para a usina hidroelétrica de Ira Laralo e linha de transmissão. Este é um esforço muito significativo para o Governo de Timor-Leste e representa 15,5% das despesas de investimento público programado para 2010. Esta é a maior quantidade de despesas de capital em qualquer setor, em que a educação deverá absorver 15%, os transportes 13,6% , a saúde 9%, a agricultura, a silvicultura e a pesca 5%, e a água e o saneamento 4,7% (RDTL, 2005b).

O PIS refere que a manutenção e a operação da geração adicional e ativos de transmissão irá colocar uma carga extra substancial das receitas do governo. Quando o PIS e o PDSE foram elaborados, a entidade pública, EDTL, estava a incorrer em perdas substanciais devido às elevadas taxas de falta de pagamento por parte dos clientes. A receita foi estimada em cerca de metade dos custos operacionais. As previsões do PIS preveem um melhoramento na taxa de pagamento das tarifas de modo que a receita adicional dos ativos de geração irá exceder o custo de operação. O objetivo é que até 2010 não será exigido mais apoio direto ao orçamento do governo pelo setor da eletricidade. Como anteriormente mencionado, quase toda a eletricidade gerada em Timor-Leste é utilizada em áreas urbanas, principalmente na capital, Dili. No atual regime os domicílios urbanos estão a receber um subsídio de

cerca de \$600 por ano para a eletricidade, enquanto que as comunidades rurais não recebem nenhum apoio do governo.

Os planos do governo para o setor, no entanto, também prenunciam assistência às zonas rurais. O PDSE sugere um programa paralelo de extensão do acesso à eletricidade na rede e fora da rede. Este plano refere que, do ponto de vista económico, seria preferível concentrar-se na ampliação do acesso à rede para os grandes centros populacionais, sugerindo que isso traria o maior benefício económico para o país. O PDSE também reconhece, no entanto, os benefícios sociais da prestação de serviços básicos de eletricidade às comunidades rurais e remotas e por esta razão recomenda a expansão dos serviços na rede e fora da rede. O PIS concorda com esta abordagem e sugere que os benefícios económicos, assim como os sociais, irão acumular, como resultado da melhoria do acesso à eletricidade fora da rede.

Com base nos planos estabelecidos no PDSE e no PIS, um projeto financiado pelo Banco Mundial desenvolveu um plano de eletrificação rural (PDER) para Timor-Leste (Norplan 2006). O plano define as prioridades e os prazos para a expandir o acesso à energia elétrica de três formas: a expansão da rede nacional, o desenvolvimento de mini-redes e o fornecimento de sistemas domésticos autónomos. O plano tinha uma forte componente económica e orientação comercial e as opções analisadas com base na rentabilidade ou menor custo. A situação para todos os sucos rurais (ou seja, áreas de aldeia) em Timor-Leste foi revista e os sucos classificados de acordo com uma série de fatores, o que indicaria a sua provável procura agregada. Estes incluíram a população, a densidade populacional, a presença de empresas e/ou indústrias agrícolas e a presença de serviços públicos (por exemplo, escolas, postos de saúde, esquadras de polícia). O PDER analisou estes fatores como indicando "prontidão ou adequação para a eletrificação". Com base na pontuação atribuída a estes critérios, o plano dividiu os sucos de Timor-Leste em cinco categorias, cada uma com um prazo diferente para a eletrificação (Tabela 3).

A Tabela 3 inclui ambas as áreas urbanas e rurais e sendo de referir que a maioria dos sucos na tabela com acesso à eletricidade estão localizados em Díli ou numa dos doze capitais de distrito. Se o plano era para ser adotado, as áreas rurais com o melhor acesso aos serviços beneficiariam da eletrificação em primeiro lugar e as que tinham pior acesso aos serviços conseguiriam o acesso apenas depois de algum tempo. De fato, esse plano previa que cerca de cinquenta por cento das aldeias atualmente sem acesso à energia elétrica teriam que esperar vinte ou mais anos para terem esse acesso.

Tabela 3 – Prazos para a eletrificação dos sucos de acordo com a procura prevista (Fonte: Norplan, 2006)

<b>Categoria</b>	<b>Pontos</b>	<b>Número de sucos</b>	<b>Sucos com eletricidade</b>	<b>Sucos sem eletricidade</b>	<b>Prazos para a eletrificação</b>
<b>A</b>	>20	57	48	9	Dentro de 5 anos
<b>B</b>	15-20	93	47	46	Dentro de 10 anos
<b>C</b>	10-14	128	48	80	Dentro de 15 anos
<b>D</b>	5-9	128	23	105	Dentro de 20 anos
<b>E</b>	<5	36	8	28	Após 20 anos
<b>Total</b>		442	174	268	

Quase dois anos após o PDER ter sido desenvolvido (e por essa altura um novo governo ter sido eleito em Timor-Leste) uma equipa patrocinada pelo PNUD elaborou uma Política Energética Rural para Timor-Leste, que também abrangeu a eletrificação rural (UNDP, 2008). Esta política reflete um mudança no pensamento do governo acerca da cobertura nacional. Reconhecendo que grandes áreas do país não são suscetíveis de usufruir de qualquer ligação à rede nos próximos quinze a vinte anos, a política visa "equipar todas as famílias sem acesso à energia elétrica com outras formas de fornecimento de eletricidade através de sistemas de iluminação baseados na energia elétrica solar" (UNDP, 2008; p23). A política sugere que o número de famílias atualmente sem eletricidade exigirá cerca de 60.000 sistemas de energia fotovoltaica e que esse número pode crescer para 90.000 em 2020, em resposta ao aumento da população rural de Timor-Leste.

Cada um dos principais documentos políticos elaborados desde a independência recomendam a utilização de um sistema solar doméstico, como parte dos esforços para melhorar o acesso à eletricidade em Timor-Leste. O PIS propôs o financiamento de um projeto-piloto para testar um sistema solar doméstico como um dos três elementos no projeto de um programa de eletrificação rural (RDTL, 2006). No entanto, nenhuma direção é proporcionada no PIS em relação à dimensão ótima do sistemas solares domésticos. Nem o PDER faz qualquer recomendação sobre o dimensionamento do sistema solar doméstico, apesar de usar um sistema de 50 Wp quando se comparam os custos de geração de energia fotovoltaica fora da rede com as outras tecnologias. Enquanto que o PDSE não faz quaisquer recomendações sobre o dimensionamento dos sistemas solares domésticos, também utiliza um sistema de 50 Wp como referência quando analisa os custos financeiros da implementação de um programa de sistemas solares domésticos. O PDSE reconhece que os sistemas menores (de 20 a 30

Wp) podem ser adequados para fornecer iluminação durante algumas horas por dia – e assim reduzir os custos para as famílias – mas recomenda sistemas de 50 Wp como uma dimensão "padrão". Detalhes no plano implicam que os sistemas ainda maiores podem ser mais apropriados para algumas famílias: “Nas áreas pobres, onde às pessoas será fornecido apenas o "mínimo" de energia, a viabilidade do sistema solar doméstico é melhor do que nas áreas menos pobres, onde um painel solar de 50 Wp seria insuficiente para cobrir as necessidades de energia de uma família” (ADB , 2003b; p.123).

Os documentos mais recentes do planeamento do setor, a Política de Energia Rural (PER) (RDTL, 2005a), que visa o acesso universal das famílias a alguma forma de energia elétrica, não especifica a dimensão do sistema solar doméstico considerado mais apropriado às circunstâncias atuais de Timor-Leste. O documento promove um sistema 10 Wp – muito menor do que o proposto no PDSE. Estima-se que estes sistemas irão custar aproximadamente \$200 cada e propõe que as famílias paguem, no mínimo, vinte por cento do custo de capital inicial com o restante subsidiado pelo governo. Espera-se que as famílias que paguem uma taxa mensal de aproximadamente \$3. Se as famílias desejam sistemas de maior dimensão, estes apenas seriam fornecidos se a família assumir o investimento necessário, com o subsídio do governo limitado à taxa aplicável ao sistema de 10 Wp. A Política Energética Rural propõe entregar estes sistemas através de um programa de iluminação solar com início em 2009. O programa será implementado em clusters em todo o país, com o objetivo de promover um mercado comercial para a manutenção dos sistemas e em que o governo vai gerir o processo de licitação para garantir a compra de componentes para o sistema solar doméstico de elevada qualidade.

É interessante considerar o valor do subsídio necessário para fornecer o número de sistemas solares domésticos previstos no Programa de Iluminação Solar. Baseado num custo de capital de \$200 por sistema e uma necessidade de 60.000 sistemas, o custo de capital do programa é de aproximadamente \$12 milhões e o subsídio por pessoa de \$30-40. Embora os níveis de serviço sejam diferentes, um subsídio dessa magnitude é favoravelmente comparado com as outras propostas de eletrificação rural previstas no PDER. Um conjunto de projetos de eletrificação de elevada prioridade para os primeiros cinco anos do plano principal custaria \$16 milhões e forneceria 11.000 ligações – o equivalente a \$1440 por ligação, indicando um subsídio de aproximadamente \$240 por pessoa.

### 2.3.2 Sistema fotovoltaico e sistema solar doméstico em Timor-Leste

Como referido anteriormente, os planos do Governo de Timor-Leste para o investimento na eletrificação rural apoiam-se na utilização SDD em locais remotos com baixa densidade populacional, em consonância com os pareceres fornecidos ao governo pelos assessores internacionais (ADB, 2003a; Norplan, 2006; UNDP, 2008). Timor-Leste está situado 9° abaixo do equador e apresenta uma insolação média ao longo do ano de cerca de 6 kWh/m<sup>2</sup>/dia (NASA, 2013), tornando-o adequado para o uso de equipamentos de energia solar fotovoltaica.

Várias áreas remotas de Timor-Leste receberam sistemas solares domésticos durante o período de administração Indonésia e os painéis de 50 Wp da época Indonésia ainda podem ser vistos em muitas zonas rurais do país. A experiência Indonésia com os programas de sistemas solares domésticos começou na década de 1970 e até 2003 foi reportado que 48.300 sistemas foram implementados em toda a Indonésia (Madon, 2003). Não é claro quantos desses sistemas foram instalados em Timor Leste, pois a maioria dos registos do governo relativos a Timor-Leste foram destruídos durante a transição para a independência. O Plano de Desenvolvimento do Setor Elétrico para Timor-Leste (ADB 2003b) identificou sistemas solares domésticos em doze aldeias da época da Indonésia, cada uma com 3 a 8 sistemas. Julga-se que estes sistemas foram instalados em meados de 1990 e muitos foram encontrados como inoperacionais.

Desde a independência, três projetos significativos de sistemas solares domésticos foram implementados em Timor-Leste. O projeto da Comunidade Edmund Rice (CER) no subdistrito de Railaco com mais de 900 pequenos (10 Wp) sistemas instalados em casas de cinco sucros. Estes sistemas têm sido principalmente sistemas solares domésticos, mas também incluíram várias centenas de lanternas solares. O "*Participatory Rural Energy Development Programme*" (PREDP) das Nações Unidas instalou sistemas solares domésticos de 40Wp em 68 famílias de seis comunidades, distribuídas por três distritos. Mais recentemente, o Governo de Timor-Leste instalou sistemas solares domésticos de 80 Wp em 240 casas na área de Cairui no distrito de Manatuto.

O Governo de Timor Leste também foi responsável por duas outras atividades de energia fotovoltaica significativas, uma para clínicas de saúde rurais e outra para as salas de reuniões do suco (a nível da aldeia). O Ministério da Saúde em conjunto com o United Nations Population Fund (UNPF) proporcionaram sistemas de iluminação e armazenamento de vacinas em postos de saúde nas zonas rurais. Estes sistemas são constituídos por um conjunto de 400 Wp, uma bateria com uma capacidade de armazenamento de 600 Ah, seis lâmpadas fluorescentes de 12W e um inversor de 300W AC para o

funcionamento do refrigerador de vacinas. Foram fornecidos setenta destes sistemas aos postos de saúde remotos ao nível do subdistrito (UNDP, 2008).

Um programa de energia fotovoltaica de maior dimensão, cobrindo todas as zonas urbanas e rurais de Timor-Leste, foi implementado sob os auspícios do Ministério da Administração Interna. Este programa envolveu a instalação de sistemas fotovoltaicos para fornecer energia elétrica para iluminação e salas de reuniões do governo local em todas as aldeias do país. Estava prevista a instalação de 440 sistemas. Os sistemas foram fornecidos e instalados por uma empresa Timorese (Startec Enterprises) e consistiu na instalação de um módulo de 260 Wp, com uma bateria de chumbo-ácido de ciclo profundo de 300 Ah, cinco lâmpadas fluorescentes de 10 W, um inversor de 600 W AC e uma televisão, um leitor de DVD e um codificador de televisão por satélite. Os sistemas foram destinados quer para fornecer iluminação para as reuniões da comunidade quer para permitir que todas as aldeias do país possam aceder ao conteúdo produzido pela emissora de televisão local, TVTL, via satélite.

Outras agências, tanto pequenas como grandes, também têm vindo a promover a energia solar fotovoltaica em Timor-Leste. O United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA) implementou um projeto de desenvolvimento alargado em Timor-Leste, com uma forte componente de energia fotovoltaica. O projeto *Human Security in Rural East Timor* (HSRET) incluía o abastecimento de água, a energia solar fotovoltaica e as atividades de piscicultura, tendo sido desenvolvido em três distritos. As principais atividades solares fotovoltaicas foram direcionadas para as comunidades da ilha de Ataúro, situada a cerca de 50 quilómetros ao largo da costa norte de Timor-Leste e envolvia o fornecimento de iluminação e sistemas de energia a partir da energia fotovoltaica para as escolas e centros comunitários e lanternas solares para habitações.

No âmbito do programa do UNDESA, cerca de 400 lanternas solares foram fornecidas às famílias numa base de aluguer. As lanternas foram fornecidas com uma lâmpada fluorescente de 5 W, um painel de 10 Wp e uma bateria de 9 Ah e esperava-se que funcionassem pelo menos cinco horas por noite (UNDESA, 2007b). Ao contrário de outros programas em Timor-Leste, em que o equipamento era geralmente doado aos utilizadores, o UNDESA fornecia as lanternas solares às famílias em regime de aluguer, ficando as organizações comunitárias com a responsabilidade de cobrar as taxas e supervisionar a manutenção básica. A taxa de aluguel mensal cobrada aos utilizadores era de \$1,80 e eram aplicadas tarifas subsidiadas às famílias de baixo rendimento (UNDESA, 2007c). O programa UNDESA também envolveu disponibilizar recursos fotovoltaicos à comunidade. Dez escolas, três centros comunitários e um escritório do governo do subdistrito foram abastecidos com sistemas de energia e iluminação a partir de painéis fotovoltaicos. Estes variaram em dimensão, desde sistemas de

240 Wp para os centros comunitários até sistemas de 450 Wp para as escolas maiores, em que foram fornecidas nove lâmpadas fluorescentes de 18 W. Os sistemas também foram fornecidos com conversores CA para permitir o funcionamento de televisores a cores e aparelhos de DVD nas escolas e centros comunitários, como parte do programa UNDESA (UNDESA, 2007a).

Um conjunto de outras iniciativas de energia solar fotovoltaica em pequena escala foi realizado com os recursos de ONGs internacionais e agências bilaterais de ajuda desde que Timor-Leste se tornou independente. O projeto *Alternative Technology Association's International Project Group* (ATA-IPG) da Austrália completou quase sessenta projetos de iluminação solar e de sistemas de energia desde 2003, com uma capacidade instalada total superior a 9 kWp (ATA-IPG, 2007). As atividades do grupo vão desde sistemas muito pequenos, tais como cinco sistemas de iluminação domésticos de 5 Wp, até instalações maiores e mais complexas, como as de um sistema de energia de 500 Wp e 240 V para um orfanato e uma escola em Soibada, nas remotas montanhas centrais.

Outros sistemas fotovoltaicos significativos foram instalados no decorrer de um projeto de água e saneamento rural financiado pela agência de desenvolvimento do governo Australiano. Este programa instalou dois painéis solares de 2 kWp para o fornecimento de água e de saneamento aos escritórios rurais do Governo de Timor-Leste. O mesmo projeto também financiou a instalação de sete bombas de água solares nas zonas rurais através de matrizes painéis fotovoltaicos de 480 Wp (RDTL, 2005b).

Apesar da gama de projetos descritos anteriormente, ainda há capacidade comercial local para o fornecimento e serviço de equipamentos de energia solar em Timor-Leste. O equipamento fornecido através de fundos de apoio ao desenvolvimento tem sido geralmente fornecidos por fornecedores estrangeiros com sede fora do país. Existem três empresas comerciais locais que são agentes de equipamentos de energia solar fotovoltaica e possuem alguma capacidade para projetar, fornecer e instalar sistemas simples de iluminação, energia e de bombeamento de água. A Startec, empresa que instalou os sistemas nas salas de reunião do Ministério da Administração Interna de 440 sucos e também os equipamentos comunitários do projeto do UNDESA em Ataúro, é a que tem mais experiência dessas empresas.

Embora exista uma experiência significativa com os sistemas fotovoltaicos comunitários e domésticos em Timor-Leste, como foi demonstrado, esta experiência não foi avaliada para determinar a dimensão ideal dos sistemas solares domésticos para utilização em Timor-Leste. A entrada de capital exigido pelo governo para fornecer sistemas de 10 Wp (como proposto na Política Energética Rural) seria muito menos do que o necessário o fornecimento de sistemas de 50 Wp (a dimensão mínima sugerida no Plano de Desenvolvimento do Setor de Energia Elétrica). As várias recomendações destas organizações

apoiam a necessidade de uma avaliação do impacto de um sistema solar doméstico no desenvolvimento em relação à dimensão, para determinar se o investimento extra associado aos sistemas maiores se justifica.

## **2.4            Electrificação e resultados do desenvolvimento**

Nesta secção é apresentada uma revisão da literatura acerca dos impactos da eletrificação rural no desenvolvimento em geral e dos impactos associados a um sistema doméstico solar.

### 2.4.1   Impacto no desenvolvimento

Conforme referido na Seção 2.3, a maioria das pessoas nas zonas rurais de Timor-Leste vivem sem acesso à eletricidade. Este fato pode ser analisado de diferentes perspectivas – talvez como um fenómeno sociológico interessante que considera a forma como as pessoas vivem; ou como uma potencial oportunidade de negócio representada por um significativo mercado inexplorado; ou como uma necessidade de desenvolvimento em relação a um importante serviço básico. Esta investigação abordar a perspectiva do desenvolvimento e procura identificar a melhor forma de proporcionar um serviço básico a um segmento da comunidade.

Trabalhar dentro deste objetivo exige uma compreensão claramente articulada do 'desenvolvimento'. Se o objetivo de proporcionar o acesso a um sistema solar doméstico é contribuir para o desenvolvimento, é necessário entender que isso pode abranger. Por exemplo, configurar um programa de sistemas solares domésticos como uma oportunidade de negócio envolve o objetivo de maximizar os lucros ao longo da existência do programa. Por outro lado, conseguir uma contribuição para o desenvolvimento através de um programa de sistemas solares domésticos exigiria um objetivo significativamente diferente.

Chambers (2004) descreve a trajetória da assistência ao desenvolvimento e refere como a engenharia (o mundo das "coisas") e a economia (o mundo da quantificação) têm dominado grande parte da concepção de desenvolvimento. No entanto, ao longo das últimas décadas, a indústria de apoio ao desenvolvimento internacional afastou-se da entrega de hardware para fornecer "software", tal como o fortalecimento institucional, a boa governação e a capacidade de crescimento.

O conceito de capital social foi utilizado pelo Banco Mundial para mover o pensamento para além do crescimento económico e, na sequência do Relatório de Desenvolvimento Mundial de 2000-2001, veio a sustentar os documentos estratégicos do Banco Mundial para a redução da pobreza (Chambers, 2004). Kanbur e Squire (1999) explicam que uma vez que o Banco Mundial começou a exigir

avaliações participativas da pobreza, as discussões com as comunidades pobres destacaram a natureza multidimensional da pobreza e da inadequação de um simples foco no crescimento económico. Estes autores referem que isto não só se aplica a nível nacional, mas também ao nível do crescimento do rendimento doméstico quando este é frequentemente associado a melhores indicadores de desenvolvimento não-rendimento, tais como a saúde e a educação. Em resposta a esta multidimensionalidade, os documentos estratégicos para a redução da pobreza procuraram combater a pobreza em três áreas: capacitar as pessoas pobres para desempenharem um papel na tomada de decisões e se envolverem com o governo e instituições; segurança, com uma ênfase na mitigação de riscos e promoção da resiliência; e oportunidade, centrado no crescimento económico (IDS, 2003).

Chambers (2004) proporciona uma forma útil de lidar com as complexas interações que constituem o desenvolvimento. Este autor argumenta que o significado subjacente em todas as definições de desenvolvimento é "boa mudança". A questão que Chambers coloca é o que pode significar "boa" e que mudança é "significativa". Na opinião do autor, a questão irá persistir, dado que as noções associadas à bondade e à importância mudam com o tempo e o local, o que convida as pessoas a questionar estes conceitos continuamente.

O uso do termo "impacto do desenvolvimento" exige também uma breve consideração. No contexto da presente investigação implica uma quantificação do desenvolvimento – ou seja, uma avaliação da quão boa foi a mudança que ocorreu. A palavra "impacto" é comumente associada à avaliação ou análise no contexto internacional para o desenvolvimento, em termos tais como "análise do impacto social" ou "análise do impacto" e também na literatura de desenvolvimento (Baker 2000; Lipton & Toye 1990; Neubert 2000; Roche 1999). Neste contexto é conotado com um resultado final, que é responsável por ambos os efeitos positivos e negativos. Consequentemente, a avaliação do "impacto" é preferível do que avaliar apenas o "benefício", pois requer que os custos para a consecução dos resultados de desenvolvimento também sejam considerados.

Por outro lado, Roche (1999), referindo-se à avaliação do impacto pelas agências de desenvolvimento, descreve o impacto como as "mudanças duradouras e sustentáveis" (Roche, 1999: p. 20) e por isso introduz a ideia de durabilidade dos resultados. O carácter duradouro e sustentado da mudança associado com a utilização de um sistema solar doméstico é – sem surpresa – altamente dependente do seu funcionamento em curso. Para uma ação de desenvolvimento, tal como a introdução de um sistema solar doméstico, que depende fortemente de conhecimentos técnicos e recursos externos às comunidades rurais, o funcionamento contínuo é um problema. No entanto, no âmbito desta

investigação, as questões relacionadas com se a utilização ou não de um sistema solar doméstico é sustentável ao longo do tempo, não são consideradas.

#### 2.4.2 Eletrificação rural e desenvolvimento

O foco atual para a redução da pobreza da assistência ao desenvolvimento internacional exige que os governos e as agências de desenvolvimento demonstrem que a ajuda ao desenvolvimento produz resultados eficientes e tem um impacto sobre a pobreza. Uma vez que os benefícios dos projetos de eletrificação podem ser identificados como um privilégio numa comunidade, tem existido um debate acerca da relevância da inclusão da eletrificação nos programas de assistência ao desenvolvimento. Os seus críticos e defensores têm procurado determinar se a eletricidade é um luxo erradamente proporcionado pelos governos dos países subdesenvolvidos, e para os quais a maioria dos benefícios resultantes sobrepõem-se à pobreza, ou um motor para o crescimento e um pré-requisito para a melhoria de uma série de outros indicadores de desenvolvimento.

Barnes (1988) procura uma resposta para estas questões ao analisar o efeito que o fornecimento de energia elétrica teve no desenvolvimento das comunidades rurais na Índia, Colômbia e Indonésia. O objetivo deste autor era proporcionar dados para ajudar a esclarecer os pontos de vista conflitantes sobre aqueles que acreditavam que a eletricidade e as modernas formas de energia elétrica foram fundamentais para o desenvolvimento e aqueles que acreditam tratar-se de um serviço demasiado avançado para as comunidades rurais, em virtude de ocorrer o seu financiamento em detrimento da satisfação das necessidades básicas, como a saúde, a água e a educação.

Sem estudos que documentem o impacto da eletrificação rural no desenvolvimento, os pressupostos inerentes a esta situação – que a eletricidade melhora o nível de vida das pessoas e que a vida sem eletricidade é "improdutiva" – são invocados sem qualquer dúvida. A relação pobreza-eletrificação rural constituiu um elemento interessante no estudo elaborado por Barnes, dado que o autor procurou testar um não-benefício, em vez de um benefício, da eletrificação em relação à redução da pobreza (ou seja, procurou testar se o custo de pagar os serviços de energia elétrica resultaram num aumento da pobreza). Tendo em conta que atualmente a ajuda ao desenvolvimento é obrigatoriamente um catalisador para a redução da pobreza, as que promovem a eletrificação devem mostrar que esta é mais do que simplesmente benigna em relação à pobreza.

Barnes retornou a este tema uma década mais tarde, como parte de uma equipa do *Energy Sector Management Assistance Program* (ESMAP) para estudar a eletrificação rural nas Filipinas. O estudo ESMAP (2002) teve como objetivo determinar os benefícios económicos e sociais do fornecimento de

energia elétrica nas comunidades rurais nas Filipinas e identificou "*muita evidência [que] apoia a noção de que a eletrificação rural é um importante componente da infraestrutura social que leva ao desenvolvimento*"(ESMAP 2002; p. 60).

Em relação à educação, este estudo sobre as residências rurais eletrificadas e não eletrificadas identificou que o acesso à energia elétrica originou que as crianças e os adultos passaram mais tempo a ler e que o período de tempo necessário para atingir os níveis de educação formal anteriores foi reduzido em cerca de dois anos. Esta educação extra também foi acompanhada por um aumento no rendimento. No entanto, os autores observaram que os resultados educacionais estão relacionados com uma ampla gama de fatores, em que o acesso às instalações escolares não é o único, e que sua metodologia não permitiu controlar todas as variáveis. Outros benefícios incluíam um melhor acesso à informação e ao entretenimento, uma maior probabilidade de desenvolver pequenos negócios a partir de casa, e a diminuição do tempo despendido na obtenção de água e lenha. Foi considerada uma abordagem de "cliente extra" para valorizar o maior acesso à informação, ao entretenimento e ao aumento dos níveis de iluminação. A forma das curvas da procura assumidas na análise resultou em pequenas alterações nas despesas com a eletricidade para a televisão, rádio e iluminação – uma média de cerca de \$3 por família – para um excedente de consumo combinado de cerca de \$50 para essas utilidades.

A eletricidade também foi identificada como a causa de existir o dobro da probabilidade de ser criado um negócio familiar e de permitir poupar cerca de uma hora por dia na execução das tarefas domésticas. Contudo, não foram detetados quaisquer impactos na saúde das famílias que tinham acesso à eletricidade. Somando o valor monetário destes impactos, a equipa ESMAP estimou os benefícios da eletrificação RURAL nas Filipinas em \$81 por mês ou \$324 milhões por mês para as quatro milhões de famílias rurais sem acesso à eletricidade naquela data.

Enquanto que os estudos de Barnes (1988) e da ESMAP (2002) procuraram quantificar as contribuições da eletrificação para o desenvolvimento para justificar os custos da eletrificação, Zomers (2001) sugere que as dificuldades associadas com a atribuição e quantificação dos benefícios da eletrificação pode não justificar a esforço envolvido. Este autor argumenta é preferível uma abordagem de menor custo em vez de uma análise custo-benefício, com a eletrificação a ser considerada como "um pré-requisito de infraestrutural" (Zomers 2001, p. 53, citando Vogel 1993). Zomers baseia-se numa série de estudos realizados nas décadas de 1980 e 1990, que demonstram as complexas interações entre vários fatores que determinam se há ou não, e como, impactos da eletrificação rural nos resultados económicos, sociais, políticos ou ambientais. Este autor argumenta, na sua conclusão,

que onde são introduzidas tarifas acessíveis os custos da eletrificação rural em geral superam os benefícios, mas que este resultado é justificado como parte de uma abordagem integrada do desenvolvimento rural.

No que diz respeito à procura pela eletrificação, o relatório síntese EnPoGen ( Ramani & Heijndermans 2003) observa que os entrevistados classificaram a eletricidade como uma necessidade básica – ao mesmo nível da alimentação, das roupas e do abrigo – e que no estudo da Indonésia, os agregados familiares sem eletricidade priorizavam a eletricidade acima da saúde e da educação. O relatório afirma a disposição das comunidades rurais para pagar a eletricidade no sentido de melhorarem a sua qualidade de vida e tornarem o trabalho doméstico mais fácil. A questão da conveniência é importante em relação ao conforto da pobreza. O estudo EnPoGen faz uma clara distinção entre a eletricidade para o conforto da pobreza e eletrificação para a redução da pobreza. A função da energia elétrica rural no conforto da pobreza está fortemente vinculada, enquanto que a sua contribuição para a redução da pobreza é vista como dependente de uma série de outros fatores (como a presença de outras infraestruturas e capacidades, e as oportunidades de mercado e de produção). Isto tem uma relação direta com um sistema solar doméstico que, dada a sua potência de saída limitada, é claramente direcionado para o conforto da pobreza, em vez da geração de rendimento para a redução da pobreza. Ramani e Heijndermans (2003) reviram o papel das tecnologias de energia renovável na satisfação das necessidades de eletrificação rural. Estes autores consideram um sistema solar doméstico como a menos pró-pobre tecnologia (isto é, a menos favorável para as famílias de baixo rendimento) por causa de seu elevado custo e limitada potência de saída, observando que os sistemas solares domésticos só são úteis para satisfazer o que eles descrevem como necessidades básicas. Estes autores contrapõem esta tecnologia com a tecnologia das micro hidroelétricas e híbridas, que permitem utilizações produtivas da eletricidade e também são normalmente fornecidas a um menor custo por quilowatt-hora do que os sistemas solares domésticos.

#### 2.4.3 Sistemas solares domésticos – visões e realidades

O desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica num pacote padrão para instalações domésticas é descrito relatam na Seção 2.2. Cabraal, Cosgrove-Davies e Schaeffer (1996) referem que, após a sua introdução na década de 1970, foram instalados cerca de 400.000 sistemas nos países em desenvolvimento até 1996. Nieuwenhout et ai. (2001) estimaram que em 2000 esse número chegou a 1,3 milhões de sistemas. Este rápido crescimento no número de sistemas instalados nos países em

desenvolvimento atesta um otimismo sobre o papel que a tecnologia dos sistemas solares domésticos poderia desempenhar na satisfação das necessidades de eletrificação rural.

Cabraal, Cosgrove-Davies e Schaeffer (1996) fazem uma comparação financeira dos sistemas solares domésticos com a utilização de querosene, de baterias ou extensão da rede na Indonésia e identificaram que os sistemas solares domésticos são a opção de menor custo em muitas situações. A sua análise suporta o uso de sistemas solares domésticos contra o uso de querosene/baterias em quase todas as circunstâncias, e até mesmo em detrimento da extensão da rede ou da utilização de mini redes em algumas situações, especialmente quando o número de habitações a serem atendidas é reduzido. O estudo analisa em detalhe um programa de sistemas solares domésticos Indonésio e compara favoravelmente a taxa mensal para um sistema solar doméstico de 50 Wp com uma ligação de 450 W a habitações a partir da rede nacional da Indonésia. Os autores também fazem referência a um estudo na República Dominicana, que mostrou que 30% dos sistemas solares domésticos foram utilizados para atividades comerciais, sugerindo que isso indica a possibilidade da utilização de um sistemas solares domésticos para gerar rendimento.

Martinot, Ramankutty e Rittner (2000) também relatam o papel crescente dos sistemas solares domésticos na eletrificação rural nos países em desenvolvimento. Estes autores referem que entre 1991 e 2000, o *Global Environment Facility* (GEF) apoiou vinte e três projetos fotovoltaicos fora da rede no valor total de \$1,4 bilhões envolvendo 500.000 sistemas solares domésticos. Estes autores também fazem referência a uma série de benefícios sociais e financeiros associados a custos evitados de querosene/velas/baterias e com as atividades de criação de rendimento realizadas à noite. O estudo não considerou a criação de rendimento rural ou distribuição de rendimento e refere que os benefícios de criação de rendimento associados aos sistemas solares domésticos permanecem incertos. Os autores observam que alguns estudos anteriores têm demonstrado que é possível obter benefícios da "substanciais de criação de rendimento" com os sistemas solares domésticos, mas será necessário que realizar mais trabalhos de investigação para avaliar os benefícios económicos obtidos em projetos do GEF.

Apesar da literatura apoiar tão fortemente a tecnologia dos sistemas solares domésticos, Karekezi e Kithyoma (2002) salientam uma nota muito contrastante. Estes autores argumentam que tem sido dada à energia solar fotovoltaica um nível de atenção demasiado elevado, em detrimento de respostas mais eficazes para satisfazer às necessidades de energia na África subsaariana rural. Estes autores relatam que o custo de um sistema fotovoltaico de 50-60 Wp para uma família rural africana está situado entre \$600-\$1200 e argumentam que tal esforço é equivalente a gastar \$5.000 a \$20.000

numa casa num país desenvolvido. Este montante, segundo os autores, é muito dinheiro para pagar por algo que fornece luz e corrente elétrica a um rádio ou talvez a uma televisão. A sua opinião é de que, se fosse possível dar a escolher, um chefe de família africano seria muito mais propenso a usar essa quantia para iniciar um pequeno negócio do que para comprar um sistema solar doméstico. Outras formas de investimentos em energia são comparados com os custos dos sistemas fotovoltaicos como o melhoramento do fogão de lenha (custo estimado de \$2), o fogão de querosene (\$5) e um secador solar (\$10).

Karekezi e Kithyoma (2002) reviram uma série de atividades agrícolas e microempresas e os tipos e quantidades de energia envolvidos (incluindo a força humana e animal para a agricultura). Como esperado, a energia solar fotovoltaica, nomeadamente sob a forma de um sistema solar doméstico, é apresentada como tendo uma capacidade limitada para satisfazer as necessidades energéticas para a agricultura ou microempresas, especialmente no processamento agrícola. O custo da energia solar fotovoltaica é comparado com o custo da energia obtida a partir de geradores a diesel. Os autores referem que o custo de um sistema fotovoltaico de 1.3 kWp, no mínimo, permitiria a aquisição de dois a cinco 5 kW geradores a diesel de 5 kW. Estes autores argumentam que os geradores a diesel que proporcionam oportunidades para a geração de rendimento suficiente para cobrir os seus custos de funcionamento mais elevados, em comparação com os sistemas fotovoltaicos. Os autores também estão preocupados com a falta de indústria local (neste caso Africana) envolvida na produção de componentes para sistemas solares domésticos. Karekezi e Kithyoma (2002) referem que cinquenta por cento do custo da tecnologia é anexado aos artigos que são geralmente importados reduzindo significativamente o potencial para a criação de postos de trabalho locais. A conclusão apresentada é que *“as estratégias futuras de energia renovável na África Subsaariana devem enfatizar a solução fotovoltaica e dar maior destaque a uma ampla gama de fontes de energia renováveis que oferecem oportunidades mais atrativas para a geração de rendimento e criação de emprego* (Karekezi & Kithyoma 2002; p. 1082).

Em vez dos sistemas solares domésticos, Karekezi e Kithyoma sugerem a promoção de tecnologias aplicações de biomassa eficientes, a criação de melhores condições para o investimento em energia renovável através da liberalização do seu licenciamento, das tarifas e acordos de distribuição, o incentivo à criação de micro e pequenas empresas na agricultura e a criação de oportunidades para as mulheres desenvolverem fontes de rendimento.

Wamukonya (2007) é igualmente crítico sobre a aplicação de sistemas solares domésticos em África. A investigadora refere que a eletricidade obtida de um sistemas solar doméstico é muito mais

dispendiosa em relação à energia elétrica da rede ou à utilização de pequenos geradores a diesel, para além de não proporcionarem energia suficiente para facilitar as atividades de negócios. A autora caracteriza a contribuição de um sistema solar doméstico para a redução da pobreza em África como "*ilusória ou, pelo menos, extremamente limitada*" (Wamukonya 2007; p. 9), particularmente em comparação com outras tecnologias que têm potencial para reforçar os meios de subsistência rurais. Tais preocupações são significativamente relevantes para a situação em Timor-Leste, onde os rendimentos rurais são muito baixos, as comunidades são altamente avessas ao risco e os fundos de desenvolvimento escassos devem ser alocados às utilizações mais produtivas possíveis.

Apesar dos argumentos a favor dos sistemas solares domésticos, como os apresentados por Cabraal, Cosgrove-Davies e Schaeffer (1996) e Martinot, Ramankutty e Rittner (2000), a visão de Wamukonya (2007) de que um sistema solar doméstico é uma forma de fornecimento de energia elétrica dispendiosa e de nível de serviço reduzido é convincente. No entanto, a questão que deve ser considerada relativamente ao impacto no desenvolvimento, não é se a eletricidade baseada na rede de distribuição é preferível aos sistemas solares domésticos, mas sim se esses sistemas solares domésticos são relevantes para locais em que não existe rede de distribuição. Wamukonya (2007) procura responder a esta questão, observando que no Quênia, os utilizadores estão a pagar taxas comerciais nos sistemas solares domésticos. É evidente que as famílias quenianas sentem que os reduzidos níveis de serviço e de energia elétrica cara produzidos pelos seus sistemas são justificados pelos benefícios oferecidos aos seus lares. Um grande número de avaliações têm procurado determinar os benefícios da utilização de sistemas solares domésticos quando utilizados em países em desenvolvimento. Algumas dessas avaliações e os benefícios que identificados foram apresentadas neste capítulo.

### **3. SUSTENTABILIDADE E ENERGIA RENOVÁVEL EM TIMOR LESTE**

Este capítulo aborda a importância de considerar as diferentes vertentes da sustentabilidade do desenvolvimento de um projeto de promoção das energias renováveis em Timor Leste. São discutidas as dimensões técnica, económica, social, ambiental e institucional. Apresentam-se também exemplos ligados à energia renovável em países em desenvolvimento que permitem demonstrar a necessidade de considerar os aspetos referidos para a efetiva implementação destes projetos. Destes exemplos, parte-se para a indicação de possíveis formas de atuação em Timor Leste.

#### **3.1 Sustentabilidade técnica**

Será fundamental obter grandes economias de escala para garantir a implementação de energia renovável em áreas rurais, permitindo aceder a menores custos e garantir a eletrificação rural significativa e sustentável (IEA, 2002). O equipamento de energia renovável e respetivas componentes precisam ser compatíveis uns com os outros, a fim de garantir a fiabilidade e qualidade adequadas para a eficiência ao nível do utilizador final. Problemas técnicos comuns associados com a tecnologia fotovoltaica pode incluir má localização de equipamentos, sombreamento de módulos de painéis fotovoltaicos, a má adaptação entre os reguladores de carga e baterias, lâmpadas ineficientes com vida curta e interferência de rádio frequência (Richards, 2004).

A energia elétrica gerada a partir do vento é limitado pela velocidade do vento e a eficiência de conversão. A implementação das turbinas eólica está limitada a lugares com terrenos adequados e regime de vento favoráveis, sendo fundamental que as condições eólicas cumpram os requisitos previstos nas especificações técnicas das turbinas ao nível de velocidade de ventos e localização geográfica (Coppin et. Al., 2003). Tais restrições criam potenciais incapacidades de interligações próximas dos centros de consumo podendo trazer perdas significativas na rede de transmissão.

Os sistemas de energia renovável devem ser projetados de modo a atender às condições climáticas de Timor-Leste e às condições locais, observando as necessidades essenciais da comunidade rural e os requisitos do consumidor final, e não o orçamento ou as preferências dos fabricantes (Tukungu et. Al., 2002).

A operação e manutenção de sistemas de energias renováveis, especialmente na substituição de peças, precisa ser considerada. Isto poderá conseguir-se através da aquisição de equipamentos de alta qualidade de energia renovável. É possível a realização de instalação e manutenção eficazes através

da formação, pesquisa de campo, incorporação das necessidades sociais e culturais das comunidades rurais e disponibilidade de peças de reposição. Tudo isto é crucial para a confiabilidade técnica dos equipamentos de energias renováveis (Tukungu et. Ai., 2002).

É assim de vital importância que a comunidade local Timor Leste adquira as competências técnicas, habilidades e conhecimentos para garantir assistência a sistemas de energias renováveis de forma eficiente. Isso pode ser feito por meio de Transferência de Tecnologia, que envolve a partilha de conhecimentos e adaptação a tecnologia para atender às condições locais e fortalecer as capacidades humanas e tecnológicas (IEA, 2001).

### 3.1.1 Exemplo do Gana<sup>4</sup>

Em 1999, o governo de Gana, em 1999, iniciou o projeto RESPRO (*Renewable Energy Services Project*) para colmatar as necessidades energéticas de 11 distritos rurais recorrendo à tecnologia fotovoltaica. O projeto RESPRO assegura o desenvolvimento de cada sistema fotovoltaico, especificação dos componentes, instalação e/ou supervisão da instalação destes sistemas e disponibilização de informação e instruções para os usuários. Em simultâneo, foi ainda implementado um centro de operações que permitiu gerir a implementação dos projetos e requisitos operacionais.

A educação pública em redor dos projetos fotovoltaicos tem gerado um grande interesse entre os proprietários. Como resultado, muitos proprietários instalaram sistemas fotovoltaicos para abastecer necessidades energéticas fundamentais levando a economias de escala significativas que permitiram reduzir os custos destes sistemas a níveis comparáveis ou mesmo inferiores aos custos de extensão da rede.

O projeto RESPRO tem resultado de um trabalho conjunto com a Kwame Nkrumah University of Science, com o Technology's Solar Energy Laboratory e outros consultores, permitindo estabelecer instalações permanentes de teste e formação que têm garantido a formação extensiva de pessoal técnico especializado na instalação e operação de sistemas fotovoltaicos. Estas mesmas instalações terão também um programa de avaliação de qualidade e teste de acordo com o qual todos os equipamentos usados no projeto serão avaliados. Serão ainda monitorizadas as falhas dos equipamentos instalados e sua substituição, se necessária. O projeto RESPRO gera também uma base de competências para formação de utilizadores de modo a tornar o conhecimento disponível à larga escala e facilitar a disseminação das tecnologias de energias renováveis.

---

<sup>4</sup> Fonte: Abavana, C., 2002, "PV Solar de Eletrificação Rural em Gana", Renewable Energy World, novembro-dezembro 2002 Issue, pp 99107.

À semelhança do Gana, as energias renováveis em Timor Leste podem ser disseminadas recorrendo a um sistema de implementação e operação efetivo a nível distrital alargado, permitindo obter uma massa crítica de clientes de modo a obter um sistema viável e sustentável de fornecimento de energia (Abavana, 2002), enquanto providenciando também o fornecimento de manutenção eficiente e peças de reposição. Será necessário estabelecer normas de qualidade e instalações de teste, para assegurar o cumprimento dos requisitos técnicos de instalação assim como a monitorização e avaliação contínuas dos equipamentos de energias renováveis para garantir a alta qualidade do equipamento.

As políticas do governo serão necessárias para definir oportunidades positivas para o desenvolvimento da energia rural usando energias renováveis, promovendo a fabricação local de equipamentos de energias renováveis, trazendo uma maior expansão e oportunidades técnicas das indústrias de manufatura em Timor-Leste e investigação conjunta relativa a energias renováveis. Ao fazê-lo, isso vai trazer sustentabilidade técnica para as energias renováveis. Além disso, o estabelecimento de um programa nacional de competências para aumentar a transferência de tecnologia e o uso generalizado, juntamente com um programa de sensibilização para disseminar os benefícios e os potenciais da energia renovável, podem ajudar Timor Leste criar economias de escala que irão afetar significativamente os custos iniciais, bem como despesas e custos operacionais, dos sistemas de energia renovável.

### **3.2 Sustentabilidade económica**

A viabilidade económica de energia renovável para Timor Leste depende da forma como a energia renovável pode trazer benefícios económicos e de desenvolvimento favoráveis para a implementação de pequenas empresas nas áreas rurais, como o acesso ao mercado, finanças, comunicações, educação e saúde. Os projetos de energia renovável sustentáveis são mais prováveis em áreas onde o desenvolvimento económico já está em curso (Martinot et. Al., 2002). Em Timor Leste, os proprietários de unidades rurais, escolas e instalações de saúde parecem ser os alvos iniciais para a potencial de implementação das energias renováveis (ONOF, 2002).

Tendo em consideração a alta taxa de pobreza em Timor Leste e a impossibilidade da população rural arcar com os custos dos serviços de energias renováveis (UNDP 2006), torna-se importante abordar a chamada "disponibilidade para pagar" (*willingness to pay*) da comunidade rural para assegurar a sustentabilidade dos serviços de energia renovável. Entre

- Confiabilidade e eficiência operacional dos equipamentos e componentes;
- Reconhecimento das capacidades do sistema;

- Serviços de crédito adequadas;
- Sistemas de incentivos e suporte.

Assim, um serviço financeiro adequado a longo prazo é necessária. A possibilidade de aceder a este crédito, para além de levar em conta fatores culturais, jurídico e financeiros de Timor-Leste, vai depender da dimensão do crédito, das necessidades de poupança, da frequência de pagamento, das condições de crédito e grupo-alvo de utilizadores do empréstimo (Martinot et. ai., 2002).

### 3.2.1 Exemplo de Kiribati- empresa de energia solar<sup>5</sup>

O governo de Kiribati das Ilhas do Pacífico estabeleceu um fundo fiduciário para auxiliar nos projetos de eletrificação rural fotovoltaicos. Os custos de capital inicial do projeto eram subsidiados por agências de apoio. Equipamentos e componentes fotovoltaicos também foram isentos de taxas de importação.

A empresa Kiribati Solar Energy Company (SEC) opera de forma a que a empresa mantenha a propriedade dos equipamentos de energia renovável instalada nas instalações do cliente. A SEC implementou o conceito " Pagar por serviços ", pelo qual os clientes pagam pelos serviços de energia elétrica prestados e não os custos de capital de equipamentos. Um mecanismo financeiro é criado para superar a barreira do custo inicial para a eletrificação solar, tornando-se muito mais acessível e disponível para os clientes. SEC cobra uma taxa mensal de peças de reposição e manutenção. A Comissão Europeia (CE) contribuiu com doações permitindo pagar a maior parte do custos inicial de compra e instalação e os novos consumidores teriam ainda de pagar A\$50. A contribuição da CE representava cerca de 50% do custo de capital para o período de vida do equipamento de 20 anos, sendo o restante pago pelo cliente mensalmente.

Torna-se necessária a implementação de políticas económicas para promover o desenvolvimento das energias renováveis em Timor Leste, que permitirão reduzir os custos. Destacam-se por exemplo a isenção de taxas de importação para equipamentos de energias renováveis e componentes em Timor Leste, que permitirão reduzir o custo inicial de capital e custos de instalação.

Será necessário recorrer também a doações para subsidiar a barreira de custos iniciais de projetos de energias renováveis. É essencial que Timor Leste desenvolva políticas e mecanismos fortes e transparentes para promover a cooperação regional e internacional melhorando o a coordenação e participação de países dadores (IEA,2012). Os subsídios podem ser usados para aumentar o volume de mercado inicial, gerar competências locais, garantir aceitação dos utilizadores, proporcionar a

---

<sup>5</sup> Extracted: Fairbairn, P. L., 1998, 'A Regional View Towards Sustainable Renewable Energy Development In The Pacific', SOPAC Miscellaneous Report, Issue 311

adaptação tecnológica, estabelecer normas de qualidade e promover a atividade empresarial. Não garantem no entanto a sustentabilidade do sistema, a não ser que sejam criadas as condições para que estes subsídios não sejam mais necessários no longo prazo (Martinot, 2003).

Como Kiribati, Timor Leste vai beneficiar mais de um modelo do tipo “empresa de serviço energético” a partir do qual uma cooperativa de energia rural será formada para fornecer eletricidade de acordo com um pagamento pelo serviço, assegurando a propriedade e manutenção do equipamento enquanto os clientes pagam pelo serviço. Mais ainda, um programa de concepção de crédito pode assegurar o acesso das comunidades rurais de Timor Leste a energias renováveis.

### **3.3 Sustentabilidade social**

Os projetos de energia renovável devem concentrar-se em atender os níveis mínimos de serviços de energia elétrica prioritárias para Timor Leste, que se consideram ser a educação, rendimento, saúde e agricultura (ONOF, 2002).

Uma escola rural típica em Timor Leste exige energia renovável para fornecer iluminação eficiente de modo a apresentar as diferentes disciplinas de uma forma mais atraente, permitindo que as tarefas administrativas sejam realizadas de forma mais eficazes assim como permitir a realização de atividades não letivas na escola. A iluminação ao ar livre tornam a escola rural mais acessível durante a noite e também pode ser usado para fins de formação, educação de adultos, eventos culturais, reuniões comunitárias e outras atividades (Jimenez e Lawand, 2000). As energias renováveis em escolas rurais vão ajudar a fornecer água potável e melhores instalações sanitárias, daí proporcionando uma boa fonte de água limpa, que é essencial para o funcionamento de qualquer escola, bem como a preparação de alimentos e pequenas refrigeração.

Nas famílias rurais, a energia renovável proporciona iluminação para estudar e promover atividades da família à noite. A comunidade da aldeia pode aceder mais atividades sociais, religiosas, desportivas e culturais durante a noite, resultando na coesão da comunidade.

Aplicações das energias renováveis em bombas de água e cozedura solar de alimentos vai ajudar a fornecer água potável e melhores condições de higiene para ajudar a melhorar as más condições de saúde rurais. Além disso, os hospitais e clínicas rurais também serão beneficiados com as instalações de armazenamento para a preservação suprimentos médicos e vacinas.

### 3.3.1 Exemplo de Suazilândia – aldeia solar Mphaphati <sup>6</sup>

O governo da Suazilândia, em 1998, iniciou um projeto de demonstração para desenvolver uma "Aldeia Solar" com tecnologia fotovoltaica para fornecer serviços básicos. A escola primária na aldeia de Mphaphati era também utilizado para atividades da comunidade e da igreja. A escola foi identificada e equipada com uma iluminação básica e instalações de tanques de água para fins de segurança educacional e entretenimento. Foi criado um comité de energia solar, composto por dois representantes da escola e comunidade, para implementar e executar o projeto com funções na definição da estrutura de gestão, da propriedade do sistema e dos requisitos financeiros para manter o projeto.

A chave de sucesso para o projeto foi o envolvimento proactivo e cooperação da comunidade da aldeia e um extenso programa de sensibilização e capacitação entre a comunidade, bem como as crianças da escola para trazer aceitação cultural.

A sustentabilidade a longo prazo de energia renovável vai depender a aceitação da comunidade rural do Timor Leste em incorporar esse recurso e acreditando que ele pode ajudar a fornecer serviços básicos e melhorar a qualidade de vida, ou seja, educação, saúde, renda e agricultura.

Uma abordagem para Timor Leste, à semelhança da usada pela Suazilândia passa pela implementação de projetos de demonstração para mostrar potenciais aplicações de energias renováveis, trazendo assim melhorias sociais positivas em atividades diárias e aumentando deste modo aceitação da comunidade. A estruturação destes projetos de demonstração podem ser diferir ligeiramente, dependendo do grupo ou atividades predominantes em cada distrito.

Para um projeto bem sucedido em Timor Leste um elemento essencial será a existência de políticas eficazes que permitem que a comunidade local se envolva ativamente envolvida em todos os aspetos do desenvolvimento de projetos de energia renovável, como concursos, instalação, avaliação, propriedade e manutenção.

## **3.4 Sustentabilidade ambiental**

Os sistemas de aplicação de tecnologia fotovoltaica, sendo as fontes renováveis de energia, não originam emissões de gases poluente durante a produção de eletricidade, embora possam causar

---

<sup>6</sup> Fonte: Curren, J., 2003, 'Mphaphati Solar Village: Community PV in Swaziland', Renewable Energy World, March/April 2003 Issue, pp. 83-91.

algum tipo de emissões durante a fabricação dos módulos fotovoltaicos ou durante o desmantelamento (Turkenburg,2002). As substituições de peças como baterias e módulos em sistemas fotovoltaicos pode apresentar algum tipo de requisitos ambientais, especialmente na área de reciclagem e eliminação desses componentes. Enquanto os sistemas fotovoltaicos geralmente têm pouca ou nenhuma emissão de gases de efeito estufa durante a produção de eletricidade, o equipamento cria um possível aumento no aumento de resíduos sólidos como as baterias de chumbo ácido, módulos de painéis fotovoltaicos, controladores de luz e interruptores, uma vez que todos se tornam resíduos sólidos no final de suas vidas úteis (Tukungka et . al. , 2002).

No caso particular de Timor Leste, sistemas de bombagem de água suportados em energia eólica ou solar podem trazer importantes contributos no processo de irrigação para a atividade agrícola, resultando num aumento do período de colheita, o melhoria dos resultados da cultura agrícola com aumento da produtividade e rendimento de vendas. Portanto, isso pode levar a uma diminuição atividades de abate florestal para queima, reduzindo as possibilidades de desmatamento ( Winrock , 1998).

Tecnologias solares térmicos, como a pasteurização solar e desinfecção solar de água pode efetivamente tratar a água contaminada, proporcionando uma alternativa para a água fervida em fogões tradicionais que necessitam de combustível. A destilação de água solar é um método para purificar a água através da remoção de bactérias, sais e outros tipos de poluentes. Trata-se de uma tampa transparente inclinada sobre uma bacia rasa de água salina. A radiação solar aquece o sistema para evaporar a água salina. O vapor de água condensa-se sobre a parte inferior da tampa transparente, isenta de sais e bactérias poluentes, sendo esta posteriormente armazenado em recipientes que podem ser usados para fins de consumo, consumo e saúde (Jimenez & Lawand, 2000).

Os fogões solares podem ser implementadas em domicílios, submetidos a condições favoráveis, para reduzir a dependência de lenha para cozinhar. Trata-se de caixas isoladas com tampa de vidro inclinado e um refletor, reduzindo a carga de combustível fóssil ou energia de biomassa normalmente usado para cozinhar refeições (Jimenez & Lawand, 2000).

Assim, com a implementação de painéis fotovoltaicos em Timor perspectiva-se a possibilidade de aumentar a qualidade de vida da população passando esta a ter acesso generalizado à eletricidade, mas evitando um crescimento acentuado das emissões de gases com efeito de estufa resultantes dos combustíveis fósseis. Mais ainda, será possível contribuir para a redução da queima florestal com consequentes impactos positivos associados à redução do desmatamento, Adicionalmente, a aplicação

a energia solar para a produção de eletricidade e de energia térmica tratará também vantagens significativas diretas a atividades agrícolas, saúde e atividades domésticas.

#### 3.4.1 Exemplo de Kiribati e Tuvalu – impactos ambientais<sup>7</sup>

Um programa fotovoltaico de acompanhamento, concluído em 1995, permitiu instalar 250 sistemas de iluminação fotovoltaicos instalados nas ilhas exteriores Kiribati, atualizar 226 sistemas existentes de iluminação fotovoltaica em Tuvalu e criar 7 grandes projetos-piloto fotovoltaicos com refrigeradores domésticos e de vacinas. Os sistemas PV integraram-se bem com os materiais de construção tradicionais e estilo de habitação nas ilhas exteriores, portanto, tornando a intrusão visual insignificante.

Os serviços de eletricidade fotovoltaica também fornecidos são: bombeamento de água, tratamento e dessalinização de água potável, iluminação, refrigeração e esterilização em centros de saúde para fins médicos, iluminação para a preparação de alimentos, refrigeração para fins de preservação e armazenamento, iluminação e classes de vídeo para aulas relativas a saneamento.

Muitas das baterias do sistema fotovoltaico estão a chegar ou já chegaram ao fim da sua vida útil e vai ser necessária a substituição de peças. Embora os efeitos da eliminação da bateria não parecem evidente, a questão da eliminação da bateria é importante e deverão ser abordadas as medidas a serem tomadas para assegurar a sua eliminação e reciclagem sem impactos ambientais.

Embora os sistemas fotovoltaicos existentes nas ilhas exteriores tenham substituindo principalmente o uso de luzes de querosene e pilhas secas, há planos para substituir os geradores a diesel, que são utilizados para a televisão, vídeos, projetores e outros aparelhos de mais alta potência. Atualmente, os sistemas fotovoltaicos distribuídos substituíram os mini-redes baseadas em geradores diesel e existentes para a iluminação em edifícios do governo local e outros prédios da comunidade. O efeito da substituição de sistemas baseados em diesel com sistemas fotovoltaicos traz o potencial de poupança de emissões locais resultantes da queima de óleo reutilizado, ruído e outros gases poluente e/ou com efeito de estufa.

As aplicações de energias renováveis são consideradas energia "limpa" e pode desempenhar um papel fundamental para ajudar a aliviar as preocupações ambientais que estão associados com as fontes tradicionais de energia. Destaca-se especialmente o seu contributo na redução das emissões de [gases com efeito de estufa](#). As atividades agrícolas do Timor Leste também podem beneficiar de aplicações

---

<sup>7</sup> Wilkins, G., 1999, 'Evaluation of The PREP Component: PV Systems for Rural Electrification in Kiribati & Tuvalu', European Commission DGVIII Development Final Report, Issue 1, AEA Technology

de energia renováveis, com aumento e melhor desempenho e da colheita. O benefício mais importante será o de trazer a possibilidade de localização agrícola permanente ao invés de constante busca de novas terras agrícolas no âmbito das atividades de abate florestal e queima, impedindo o potencial de degradação do solo. Assim, as possibilidades de desmatamento podem ser reduzidas, garantindo a conservação muito necessária para as diferentes espécies de flora e fauna.

As aplicações das energias renováveis em residências podem ajudar a economizar lenha e, conseqüentemente, contribuir para a redução do desmatamento, bem como reduzir a concentração de poluentes prejudiciais à saúde decorrentes da tradicional lenha, fogões e lâmpadas de querosene. Será também melhorado o acesso a água potável, permitindo o tratamento da água e com isto reduzindo o potencial de transmissão de doenças por via aquática.

Embora a energia renovável seja conhecida por não produzir emissões significativas de **gases com efeito de estufa**, os seus equipamentos e componentes criam potenciais resíduos sólidos no final de seu ciclo de vida. Assim, um esquema de reciclagem efetivo deve ser considerada para o desmantelamento adequado de equipamentos e componentes. Para melhorar ainda mais a sustentabilidade ambiental em Timor Leste, também é recomendável que uma campanha endossado pelo governo visando questões ambientais, juntamente com a educação rural na temática das preocupações ambientais sejam efetivamente implementadas.

### **3.5 Sustentabilidade institucional**

O desafio de Timor Leste apresenta-se como criar um ambiente para fazer uso das funções governamentais existentes, juntamente com as organizações internacionais, instituições financeiras e também organizações da sociedade civil (inclusive das comunidades locais, organizações não governamentais, indústria e consumidores), para implementar os objetivos, estratégias, políticas e instrumentos políticos para promover o fornecimento de serviços de energia sustentável com utilização de energias renováveis.

A estreita colaboração entre Timor Leste e países industrializados permitirá ajudar a melhorar a capacidade institucional de energia renovável, especialmente nas áreas de inovação tecnológica, fortalecimento da capacidade local e aumento da formação e disseminação de informação. O fortalecimento destes relacionamentos é um fator importante para Timor Leste para assegurar um futuro energético sustentável para áreas rurais, usando energia renovável, suportado no desenvolvimento de tecnologia, testes de campo, a maturação da tecnologia e aceleração do mercado (Turkenburg, 2002).

A cooperação entre Timor Leste e os países industrializados terá de envolver o desenvolvimento de capacidades institucional, técnica, gestão e conhecimentos, bem como a formação e a partilha de experiências em infraestruturas de energia renovável, para a implementação eficaz do fornecimento sustentável de serviços de energia. Este tipo de cooperação pode, eventualmente, resultar em apoio técnico e financeiro para criar e fortalecer centros regionais para as energias renováveis. A necessidade de transferência de tecnologia, formação e difusão da informação tem por isso de ser abordada (Turkenburg, 2002).

A efetiva promoção e implementação de energias renováveis em Timor Leste não deve ser vista sobre a ótica das potenciais tecnologias e suas características económicas, mas sim na abordagem necessária ao mercado fragmentado em Timor Leste (Martinot et. al., 2002). Por isso, uma mudança de paradigma no pensamento será necessária, de modo a que um forte apoio e direcionamento para a energia renovável deverá surgir a partir dos papéis funcionais do governo de Timor-Leste, das organizações multilaterais, da indústria, das ONGs e das organizações da sociedade civil para perseguir agendas de desenvolvimento de energias renováveis no Nacional, os níveis de distrito e subdistrito.

O desenvolvimento de capacidades para a prestação de serviços de energia sustentável em Timor Leste com utilização de energias renováveis envolve um processo de criação e mobilização, melhoria, modernização ou reconversão de capacidades, instituições e contextos para alcançar resultados os socioeconómicos desejados mantendo a prestação de serviços de energia sustentáveis (Bouille & McDade, 2002).

### 3.5.1 Exemplo de Kiribati – visão institucional<sup>8</sup>

A estratégia de médio prazo do Governo Kiribati no sector da energia põe em evidência a necessidade de uma maior utilização de fontes renováveis de energia que se provou ser técnica e economicamente viável. Os pontos de vistas governamentais foram transmitido através dos Conselhos Insulares à população em geral, tornando claro o seu apoio global para a execução da eletrificação rural suportada em sistemas fotovoltaicos. Isto provocou uma resposta positiva geral a todos os níveis para o uso da tecnologia fotovoltaica nas ilhas exteriores.

O Governo de Kiribati tinha políticas firmes para o desenvolvimento das ilhas exteriores com o objetivo de garantir, tanto quanto possível, que os moradores destas ilhas se sintam desencorajados a migrar para a ilha principal. Com esses objetivos em mente, o Governo de Kiribati havia apoiado fortemente a

---

<sup>8</sup> Fonte: Wilkins, G., 1999, 'Evaluation of The PREP Component: PV Systems for Rural Electrification in Kiribati & Tuvalu', European Commission DGVIII Development Final Report, Issue 1, AEA Technology.

SEC para a implementação de projetos fotovoltaicos reconhecendo-os como sendo os únicos centros de especialização com a responsabilidade de instalação e manutenção de sistemas fotovoltaicos. Com a nomeação de altos funcionários públicos e de bancos para o Conselho de Administração da SEC, esta sido fortemente estabelecida pelo Governo Kiribati. Este nível de apoio político fornece os doadores internacionais e fornecedores de equipamentos maior confiança na empresa, permitindo que à equipa de gestão operar de forma eficaz.

A sustentabilidade do Acompanhamento do Programa Fotovoltaico não teria sido alcançado sem a ajuda da antiga *Energy Division of the Forum Secretariat* e atual unidade de energia da Comissão de Geociências Aplicadas do Sul Pacífico (*South Pacific Applied Geoscience Commission - SOPAC*), bem como assistência técnica e orientação de alto nível do consultor do projeto *SPIRE*, cuja experiência, empenho e disponibilidade para prestar orientação contribuiu para operações bem sucedidas da SEC em Kiribati. Juntamente com forte apoio institucional, o sucesso e a sustentabilidade de longo prazo do sistema fotovoltaico em Kiribati também fortemente dependia forte da capacidade de implementação de abordagens institucionais pela SEC.

Como referido anteriormente, Timor Leste é suscetível de beneficiar de uma formação de uma cooperativa de energia rural como a SEC de Kiribati para promover o uso e aplicações de energia renovável em áreas rurais, com os objetivos de melhorar a qualidade de vida e promover o desenvolvimento rural. O sucesso e a sustentabilidade de longo prazo desse tipo de abordagem exige a criação de legislação e políticas fortes juntos com um forte apoio político do Governo de Timor Leste e os respetivos intervenientes do sector da energia.

Como o governo de Kiribati, espera-se que o forte interesse do Governo Timor Leste na promoção de aplicações de energia renovável em áreas rurais venha trazer um quadro de sustentabilidade institucional forte para energia renovável. A estratégia do Governo de Timor Leste no sector da energia passa pela criação de um motor de arranque para aplicações de energia renovável e pela formulação de políticas para enfatizar a necessidade de uma maior utilização de fontes renováveis de energia.

### **3.6 Avaliação da sustentabilidade de projetos fotovoltaicos em Timor Leste**

Partindo dos exemplos apresentados, foi possível definir aspetos chave a ter em consideração no desenvolvimento de um programa de apoio ao setor fotovoltaico em Timor-Leste, descritos na tabela 5. Estes deverão ser tidos em conta no processo de análise do projeto, avaliando os impactos esperados

destes projetos mas também definição das condições necessárias de acordo com os objetivos de desenvolvimento sustentável estabelecidos.

Tabela 4 – Critérios de avaliação de sustentabilidade.

<b>Técnica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Garantia de fiabilidade e de compatibilidade de equipamentos;</li> <li>- Acesso à formação de técnicos e utilizadores;</li> <li>- Criação de um sistema de implementação eficaz a nível distrital;</li> <li>- Garantia de fornecimento de manutenção eficiente de e peças de reposição.</li> </ul>
<b>Económica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acesso a economias de escala;</li> <li>- Acesso a crédito;</li> <li>- Criação de sistemas de incentivos;</li> <li>- Acesso a subsídios/doações internacionais;</li> <li>- Possibilidade de criação de “empresas de serviços energéticos”.</li> </ul>
<b>Social</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potencial de impacto em áreas prioritárias: educação, rendimento, saúde e agricultura;</li> <li>- Potencial de promoção de atividades comunitárias;</li> <li>- Envolvimento da comunidade local;</li> </ul>
<b>Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potencial de redução de emissões;</li> <li>- Potencial de redução de concentração de poluentes;</li> <li>- Criação de sistemas de tratamento de resíduos;</li> <li>- Potencial de redução de desmatamento</li> </ul>
<b>Institucional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potencial de colaboração entre Timor Leste e países industrializados;</li> <li>- Abordagem aos níveis de distrito e subdistrito;</li> <li>- Criação de legislação e políticas fortes do Governo e outros intervenientes do sector da energia.</li> </ul>

A avaliação da sustentabilidade técnica deverá assim garantir que estão reunidas as condições necessárias à implementação, manutenção operação do projeto fotovoltaico, nomeadamente o acesso a equipamento fiável e à mão de obra especializada. A avaliação da sustentabilidade económica permitirá avaliar os recursos disponíveis, o financiamento e o modelo de negócio para o setor. Do ponto de vista social, é fundamental garantir que o projeto terá um impacto significativo em áreas como a educação ou saúde mas também no rendimento disponível da população. Adicionalmente o envolvimento da população no projeto deverá ser considerado como medida de dinamização e

aceitação da tecnologia fotovoltaica em Timor Leste. Os impactos ambientais do projeto deverão vistos não só ao nível das emissões evitadas mas também considerando o potencial de contribuição para o desmatamento. Será ainda importante avaliar necessidade de existência de sistemas de tratamento de resíduos para equipamento associado ao projeto fotovoltaico e em fim de vida. Finalmente reconhece-se a importância da envolvente institucional para garantir a efetiva implementação do projeto tendo em consideração a necessidade de avaliar cada projeto à escala distrital.



## **4. CONCLUSÕES**

### **4.1 Contribuições do projeto de investigação**

Embora a eletricidade em áreas rurais de Timor-Leste não seja vista como uma prioridade importante, os serviços básicos e atividades rurais que necessitam de energia elétrica são listados como prioridades. Deste modo, o fornecimento de serviços de energia sustentáveis, pode, eventualmente, ser amplificado significativamente, considerando os fatores de desenvolvimento de capacidades rurais.

As políticas e programas de energias renováveis não se referem apenas à introdução de novas tecnologias ou à procura de fontes alternativas para reduzir os impactos ambientais. Estes visam essencialmente a possibilidade de utilização de energias renováveis para atender às necessidades e serviços de uma comunidade e inspirar as mudanças que podem melhorar a qualidade de vida.

Timor Leste, assim como outros projetos de sucesso em países em desenvolvimento referidos ao longo deste trabalho, podem beneficiar de aplicações de energias renováveis. Os resultados estão no entanto dependentes de políticas eficazes e relevantes de energia sustentáveis e programas considerando e incorporando os aspetos técnicos, económicos, sociais, ambientais e institucionais para atender às prioridades reais e às necessidades da crescente população de Timor Leste.

Países localizados em zonas como as Ilhas do Pacífico, Ásia e na África compartilham características e situações semelhantes com Timor Leste. Além disso, Timor Leste pode extrair resultados de seus muitos anos de experiências e lições aprendidas. Estas lições revelam-se essenciais para desenvolver uma estrutura sustentável, com processos eficazes para implementar empreendimentos de energias renováveis de forma mais eficiente para melhorar a prestação de serviços de energia sustentável em áreas rurais de Timor-Leste.

Uma série de relatórios de peritos têm recomendado a utilização de sistemas solares domésticos nas comunidades rurais em Timor Leste mais distantes dos centros populacionais existentes e, portanto, menos suscetíveis de serem conectados à rede de energia elétrica nas próximas décadas. Várias agências também iniciaram programas para introduzir a tecnologia de energia solar fotovoltaica em Timor-Leste, incluindo os sistemas solares domésticos. No entanto, a dimensão ideal de um sistema solar doméstico continua a ser uma questão para os decisores políticos. Noutras partes do mundo em desenvolvimento, a capacidade de um sistema solar doméstico varia entre cerca de 10 Wp a 100 Wp. Em Timor-Leste, estão a ser testados sistemas solares domésticos de várias dimensões, sendo testadas ou recomendadas diferentes estratégias de energia rural recomendando a sistemas de diferentes dimensões.

A experiência de eletrificação rural noutros lugares tem demonstrado uma ampla gama de benefícios para as famílias, uma vez que têm acesso à eletricidade. Estes benefícios são tanto financeiros como sociais. Muitos destes benefícios também são reivindicados pelos programas de implementação de sistemas solares domésticos. Se o impacto do desenvolvimento – ou seja, a quantidade de boa mudança – proporcionado por esses programas deve ser avaliado, em seguida, são necessários os métodos que englobam tanto os benefícios financeiros e sociais que os sistemas solares domésticos pretendem oferecer.

## **4.2 Limitações do trabalho desenvolvido**

Uma das limitações do presente estudo decorre da inexistência de informações sobre as empresas existentes em Timor-Leste que implementam sistemas domésticos solares. Outra limitação resultou da dificuldade em obter informações relevantes e fiáveis junto das entidades contactadas em Timor-Leste, nomeadamente governamentais, ONGs e privadas.

A última limitação decorre da necessidade de serem realizadas mais investigações empíricas sobre a utilização dos sistemas solares domésticos em Timor-Leste, em particular sobre o impacto dos programas das ONGs e governamentais até ao momento implementados. Seria interessante ter uma profunda análise dos impactos económicos, sociais, ambientais e institucionais resultantes da atual utilização de sistemas solares domésticos em Timor-Leste, identificando as empresas existentes e as áreas de actuação, recursos humanos, incluindo uma descrição das suas ocupações actuais.

Como não foi possível explorar estas questões no presente trabalho, e estas são áreas que justificam uma investigação mais intensa, a presente dissertação apenas pode adicionar uma visão parcial da problemática objeto de estudo.

## **4.3 Sugestões de trabalho futuro**

Timor Leste tem potencialidades para desenvolver projetos de energia solar devido à sua posição geográfica equatorial, rico em raios solares que poderão ser explorados como fontes de energia solar para construção de centrais elétricas, garantindo um ambiente saudável.

Este trabalho visou essencialmente recolher informação baseada em projetos internacionais que permita começar a delinear um programa de fornecimento de energia elétrica distribuída em Timor Leste. Reconhece-se no entanto a necessidade de prosseguir este estudo nomeadamente com a avaliação financeira dos projetos fotovoltaicos, reconhecendo e quantificado deste modo eventuais necessidades de apoio da comunidade internacional. Será ainda importante avaliar claramente os

impactos não financeiros deste projeto, nomeadamente pela criação de melhores condições de vida, melhoria do acesso a cuidados de saúde e do ensino e mesmo pela criação de novos negócios associados.

Adicionalmente importa reforçar que o potencial de desenvolvimento do setor elétrico não se esgota na tecnologia fotovoltaica, e várias energias alternativas renováveis podem ser explorados em Timor Leste. Deste modo, propõe-se a avaliação de diferentes tecnologias como o setor hídrico, eólico ou geotérmico de uma forma independente mas também avaliando a possibilidade de projetos combinando diversas tecnologias para o abastecimento de eletricidade a edifícios ou pequenas aldeias.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abavana, C. (2002). 'Solar PV for Rural Electrification in Ghana', *Renewable Energy World*, November-December 2002 Issue, pp. 99107.
- ADB (2003a). Power sector development plan for East Timor. Volume I: Overview of power sector, TA No. 3748-ETM, 300344.
- ADB (2003b). Power sector development plan for East Timor. Volume II: Power generation and transmission, TA No. 3748-ETM, 300344.
- Aditjondro, G. (1994). *In the shadow of Mount Ramelau: the impact of the occupation of East Timor*, Indoc, Leiden, The Netherlands.
- Baker, J. (2000). *Evaluating the impact of development projects on poverty: a handbook for practioners*, World Bank, Washington D. C.
- Barnes, D 1988, *Electric power for rural growth: how electricity affects rural life in developing countries*, Rural Studies Series, sponsored by the Rural Sociological Society, Westview Press, Boulder.
- Bouille, D., McDade, S. (2002). 'Chapter 6: Capacity Development' in *Energy for Sustainable Development: A Policy Agenda*, eds Johansson, T., Goldemberg, J., United Nations Development Programme (UNDP), New York.
- Cabraal, A., Cosgrove-Davies, M. & Schaeffer, L. (1996). *Best practices for photovoltaic household electrification programs: Lessons from experiences in selected countries*, World Bank Technical Paper 324. World Bank, Washington D.C.
- Chambers, R (2004). *Ideas for development: reflecting forwards*, IDS Working Paper 238, Institute of Development Studies, Brighton.
- Chaurey, A 2000, *Ramakrishna Mission Initiative impact study: Final report*, NREL/SR-520-28601, National Renewable Energy Laboratory, Golden.
- Commonwealth of Australia (1998). *Australia's Overseas Aid Program 1998-99*, Canberra.
- Commonwealth of Australia (2005). *Australia's Overseas Aid Program 2005-06*, Canberra.
- Commonwealth of Australia (2007). *Australia's Overseas Aid Program 2007-08*, Canberra.
- Deubener, J., Hensch, G., Moiseev, A. & Bornhöft, H. (2009). 'Glasses for solar energy conversion systems', *Journal of the European Ceramic Society* vol. 29, no. 7, pp. 1203-1210.
- Dunn, J. (1983). *Timor: a people betrayed*, Jacaranda Press, Milton, Qld.
- Dunn, J. (2003). *East Timor: a rough passage to independence*, Longueville Books, Double Bay.

- Ellegard, A., Arvidson, A., Nordstrom, M., Kalumiana, O. & Mwanza, C. (2004) 'Rural people pay for solar: experiences from the Zambia PV-ESCO project', *Renewable Energy*, vol. 29, no. 8, pp. 1251-63.
- ESMAP 2002, Rural electrification and development in the Philippines: Measuring the social and economic benefits, ESM255, Energy Sector Management Assistance Programme (ESMAP), Washington D.C.
- Green, M. (2000). 'Photovoltaics: technology overview', *Energy Policy*, vol. 28, no. 14, pp. 989-98.
- Gustavsson, M. & Ellegard, A. (2004). 'The impact of solar home systems on rural livelihoods. Experiences from the Nyimba Energy Service Company in Zambia', *Renewable Energy*, vol. 29, no. 7, pp. 1059-72.
- Hargreaves, G. & Merkley, G. (2003). 'Food, poverty, and power in Latin America and the Caribbean', *Irrigation and Drainage*, vol. 52, no. 4, pp. 287-98.
- Hohe, T. (2002). 'The clash of paradigms: International administration and local political legitimacy in East Timor.' *Contemporary Southeast Asia: A Journal of International & Strategic Affairs*, vol. 24, no. 3, p. 569.
- Hull, G. (1999). *Mai Kolia Tetun*, third edn, Caritas Australia and Australian Catholic Social Justice Council, Sydney.
- IDS 2003, *Energy Poverty Gender: A review of the evidence and case studies in China*, World Bank, Washington D.C.
- International Energy Agency (IEA), 2002, *Financing Mechanisms for Solar Home Systems in Developing Countries*, Photovoltaic Power Systems Programme, [online], Available: <http://www.iea.org>, [2013 May 21].
- International Energy Agency (IEA), 2001, *Technology Without Borders*, [online], Available: <http://www.iea.org>, [2013 May 21].
- IRG (2003). *World Bank/Sri Lanka Energy Services Delivery Project - Impacts assessment and lessons learned*, International ReFontes Group, Washington D.C.
- Jimenez, A., Lawand, T. (2000). 'Renewable Energy for Rural Schools', National Renewable Energy Laboratory, Colorado.
- Kanbur, R. & Squire, L. (1999). 'The evolution of thinking about poverty: exploring interactions', World Bank, Washington D.C.

- Karekezi, S & Kithyoma, W 2002, 'Renewable energy strategies for rural Africa: is a PV-led renewable energy strategy the right approach for providing modern energy to the rural poor of sub-Saharan Africa?' *Energy Policy*, vol. 30, no. 11-12, pp. 1071-86.
- Legros, G., Soler, R. & Bakri, M. (2003). 'Impact of electrification modes on the living conditions of rural households in Morocco', *Proceedings of 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*, 2003.
- Lipton, M. & Toye, J. (1990). *Does aid work in India? : a country study of the impact of official development assistance*, Routledge, London.
- Lorenzo, E. (1997). 'Photovoltaic rural electrification', *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 5, pp. 3-27.
- Madon, G. (2003). *Energy Poverty Gender: Impacts of rural electrification on poverty and gender in Indonesia. Volume 1: Facts, analysis, and recommendations*, World Bank, Washington.
- Martinot, E., Ramankutty, R. & Rittner, F. (2000). *The GEF solar PV portfolio: Emerging experience and lessons*, 2, Global Environment Facility.
- Martinot, E., Chaurey, A., Lew, D., Moreira, J., Wamukonya, N. (2002). 'Renewable Energy Markets in Developing Countries', *Annual Review of Energy and The Environment* , No. 27, pp. 309-348.
- Mehta, K. (2004). 'The social, economic and environmental impacts of solar home systems in Karnataka, India', *MSc in Environmental Change And Management thesis*, University of Oxford.
- Morante, F. & Zilles, R. (2008). 'Electric consumption in SHSs in rural communities of Brazil and Peru and recommendations for sizing', *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 16, no. 2, pp. 171-9.
- NASA (2013). *Surface meteorology and solar energy (release 5.1)*, viewed June 2013 <<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>>.
- Neubert, S. (2000). *Social impact analysis of poverty alleviation programmes and projects: a contribution to the debate on the methodology of evaluation in development cooperation*, Frank Cass, London.
- Nicol, B. (1978). *Timor, the stillborn nation*, Widescope International, Camberwell, Australia.
- Nieuwenhout, F., Dijk, A., Lasschuit, P., Roekel, G., Dijk, V., Hirsch, D., Arriaza, H., Hankins, M., Sharma, B. & Wade, H. (2001). 'Experience with solar home systems in developing countries: a review', *Progress in Photovoltaic: Research and Applications*, vol. 9, no. 6, pp. 455-74.
- Norplan (2006). *Rural Electrification Master Plan Timor Leste - draft report*, World Bank, Dili.

Our Nation Our Future (ONOF), Government of East Timor Planning Commission , 2002, Dili, [online], Available: <http://www.gov.easttimor.org/TLDevPart/index.html> , [2013 May 21].

Ospina, S. & Hohe, T. (2001). Traditional power structures and the Community Empowerment and Local Governance Project., Report prepared for World Bank and UNTAET, Dili.

Ramani, K. & Heijndermans, E. (2003). Energy Poverty Gender: A synthesis, World Bank, Washington.

República Democrática de Timor-Leste (2003a). National Development Plan, Planning Commission, Dili.

República Democrática de Timor-Leste (2003b). Timor-Leste: Poverty in a new nation; analysis for action., Dili.

República Democrática de Timor-Leste (2005a). Timor-Leste: Power sector investment program, Ministry of Natural Resources, Minerals and Energy Policy, Dili.

República Democrática de Timor-Leste (2005b). Overview of sector investment programs. Volume I: strategies and priorities for the medium-term, Ministry of Planning and Finance, Dili.

República Democrática de Timor-Leste (2005c). Agriculture, Forestry and Fisheries: Priorities and proposed sector investment program, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Dili.

República Democrática de Timor-Leste (2005d). Private Sector Development: Priorities and proposed sector investment program, Ministry of Development and Environment, Dili.

República Democrática de Timor-Leste (2005e). Timor-Leste: local government and civil society sector investment program, Ministry of State Administration, Dili.

República Democrática de Timor-Leste (2006). Timor-Leste: Power sector investment program, Ministry of Natural Resources, Minerals and Energy Policy, Dili.

Richards, B. (2004). 'Renewable Energy Policies in Developing Countries', Lecture Notes from the University of New South Wales, Australia.

Roche, C. (1999). Impact assessment for development agencies: learning to value change, Oxfam, Oxford.

Schott Solar GmbH 2008, Technical data sheet for Schott EFG155/160/165 PV module, Schott Solar GmbH, Alzenau, Germany, product data sheet, viewed 7 March 2013, <[http://www.schott.com/photovoltaic/english/download/schott\\_efg\\_155-160-165\\_0708\\_e.pdf](http://www.schott.com/photovoltaic/english/download/schott_efg_155-160-165_0708_e.pdf)>.

Scoones, I. (1998). Sustainable Rural Livelihoods; a framework for analysis, ISBN 1 85964 224 8, Institute of Development Studies, Brighton.

- Solar Energy International (2007). Photovoltaic: design and installation manual, Revised edition, May 2007 ed., New Society Publishers, Gabriola Island, BC.
- Stone, J., Ullal, H., Chaurey, A. & Bhatia, P. (2000). 'Ramakrishna Mission initiative impact study-a rural electrification project in West Bengal, India', paper presented to Photovoltaic Specialists Conference, 2000. Conference Record of the Twenty-Eighth IEEE.
- Taylor, J. (1999). East Timor : the price of freedom, Zed Books, London.
- Traube, E. (1986). Cosmology and social life: ritual exchange among the Mambai of East Timor, The University of Chicago Press, Chicago.
- Trojan Battery Company (2008). Theoretical battery life for Trojan TMX270, 9 Oct 2008, email from Ronald Paredes of Trojan Battery Company.
- Tukunga, T., Healy, S., Outhred, H. (2002). 'Experience With PV Lighting Systems in Tonga', Proceedings of Solar 2002, Australian and New Zealand Solar Energy Society, [online], Available: <http://www.ergo.ee.unsw.edu.au>, [2013, March 21].
- Turkenburg, W. (2000). 'Chpt 7: Renewable Energy Technologies' in World Energy Assessment: Energy and The Challenge of Sustainability, United Nations Development Programme (UNDP), New York.
- UNDESA (2007a) CFSS Request for Tender, United Nations Department for Economic and Social Affairs, East Timor, unpublished, May 2007.
- UNDESA (2007c). Solar lantern rental mechanism (draft), United Nations Department for Economic and Social Affairs, East Timor, unpublished, 17 June 2007.
- UNDP (2005). Human Development Report 2005, United Nations Development Programme, New York.
- UDNP (2006). Timor Leste Human Development Report 2006. The path out of poverty, United Nations Development Programme, Dili.
- UDNP (2008). Rural energy policy for Timor-Leste (draft), United Nations Development Programme, Dili, 17 May 2008.
- Wamukonya, N. (2007). 'Solar home system electrification as a viable technology option for Africa's development', Energy Policy, vol. 35, no. 1, pp. 6-14.
- Wheeler, T. (2004). East Timor, First ed., Lonely Planet Publications, Melbourne.
- Winrock International (1998). Electricity On Demand: Reaching Two Billion Cheaply with Renewable Energy , Available: <http://www.winrock.org> , [2004, April 13].
- World Bank (2006). The little data book 2006, World Bank, Washington.
- Yayasan Dian Desa (2003). The development impact of solar home systems in the Province of Lampung, Yayasan Dian Desa, Yogyakarta.

Zomers, AN 2001, 'Rural electrification: utility chafe or challenge', PhD thesis, University of Twente.