

Renewable Energy
Atlas of Mozambique

Resources and Projects for Power Generation

ATLAS

DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS
DE MOÇAMBIQUE

Recursos e Projectos
para Produção de Electricidade



*“Moçambique sempre apostou
e continuará a apostar no
aproveitamento do seu potencial de
energia renovável”*

Ministro da Energia,
SALVADOR NAMBURETE

*“Mozambique has always supported
and will continue to support the
development of its renewable energy
potential”*

Minister of Energy,
SALVADOR NAMBURETE

PREFÁCIO

O potencial energético de Moçambique é vasto e não se resume apenas ao carvão ou gás natural.

Moçambique tem grandes rios com enorme potencial para produzir energia. Tem ventos fortes e constantes junto ao mar e nas regiões altas do interior. Tem sol ao longo de todo o território nacional. Tem florestas, arrozais, palmares e áreas extensas e com condições óptimas para a produção de cana-de-açúcar. Tem fontes termais com água a temperaturas elevadas. Todas estas fontes renováveis podem ser convertidas em energia.

Moçambique é já um dos maiores produtores de energia renovável na região da Southern African Development Community (SADC). A Hidroeléctrica de Cahora Bassa, com os seus 2.075 MW, é uma das maiores hidroeléctricas do continente africano e a principal fonte de geração de electricidade do país. A energia solar, em centenas de projectos descentralizados, leva já hoje energia a milhões de moçambicanos nas áreas rurais.

Moçambique sempre apostou e continuará a apostar no aproveitamento do seu potencial de energia renovável para levar cada vez mais energia, com mais qualidade, a cada vez mais moçambicanos.

FOREWORD

Mozambique's energy potential is vast and not limited to coal or natural gas.

Mozambique has large rivers with enormous potential for hydropower generation. It has strong and constant winds along the coast and in several highlands inland. Sun shines all over the national territory. It has forests, rice plantations, palm trees and large areas with optimal conditions for sugar cane plantations. It has thermal springs with high temperature water. All these renewable sources can be converted into energy.

Mozambique is already one of the major renewable power producers in the Southern African Development Community (SADC) region. The Cahora Bassa Hydropower Plant, with the generation capacity of 2,075 MW, is one of the largest dams in the African continent and is the main source of power generation in the country. Solar power, from hundreds of small decentralized projects, takes electricity to millions of Mozambicans in the rural areas.

Mozambique has always supported and will continue to support the development of its renewable energy potential in order to bring more energy, with better quality, to more Mozambicans.

AGRADECIMENTOS

O presente livro é um resumo do estudo “Atlas das Energias Renováveis de Moçambique”, promovido pelo Fundo de Energia de Moçambique (FUNAE), em articulação com a Direcção Nacional de Energias Novas e Renováveis (DNER), realizado entre os anos de 2011 e 2013, sob a coordenação da Dra. Miquelina Menezes, presidente do FUNAE e do Dr. António Saíde, Director Nacional de Energias Novas e Renováveis.

Este estudo foi desenvolvido pela empresa de consultoria Gesto Energia, em estreita colaboração com as equipas técnicas do FUNAE e da DNER, coordenadas pelo Eng. Constantino Cachela e pelo Dr. Aires Saete, contando ainda com o envolvimento e participação de várias empresas e entidades internacionais especializadas, designadamente: Instituto Superior Técnico (IST), Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia (LNEG) e GeothermEx.

Contribuíram para o desenvolvimento deste estudo vários Ministérios e instituições do Governo de Moçambique, nomeadamente: Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental, Ministério da Agricultura, Ministério das Finanças, Ministério da Indústria e Comércio, Governos Provinciais, Direcção Nacional de Águas e Administrações Regionais de Águas, Direcção Nacional do Planeamento e Ordenamento do Território, Direcção Nacional de Geologia (DNG), Conselho Nacional de Electricidade de Moçambique, Centro Nacional de Cartografia e Teledeteccção, Centro de Promoção de Investimentos, Administração Nacional de Estradas, Portos e Caminhos de Ferro de Moçambique E.P., Conselho Municipal de Maputo, Instituto de Aviação Civil de Moçambique, Instituto do Cadastro, Universidade Eduardo

ACKNOWLEDGEMENTS

This book is a summary of the study “Renewable Energy Atlas of Mozambique” sponsored by the Energy Fund of Mozambique (FUNAE), together with the National Directorate of New and Renewable Energy (DNER), carried out between the years 2011 and 2013, under the coordination of Dra. Miquelina Menezes, president of FUNAE and Dr. António Saíde, National Director of New and Renewable Energy.

This study was conducted by the consulting firm Gesto Energia in collaboration with technical teams from FUNAE and DNER, coordinated by Eng. Constantino Cachela and Dr. Aires Saete. This study was conducted with the participation of several companies and specialized international organizations, namely: Instituto Superior Técnico (IST), Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia (LNEG) and GeothermEx.

For the development of this study several Ministries and Institutions of the Government of Mozambique contributed, namely: Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental, Ministério da Agricultura, Ministério das Finanças, Ministério da Indústria e Comércio, Governos Provinciais, Direcção Nacional de Águas e Administrações Regionais de Águas, Direcção Nacional do Planeamento e Ordenamento do Território, Direcção Nacional de Geologia (DNG), Conselho Nacional de Electricidade de Moçambique, Centro Nacional de Cartografia e Teledeteccção, Centro de Promoção de Investimentos, Administração Nacional de Estradas, Portos e Caminhos de Ferro de Moçambique E.P., Conselho Municipal de Maputo, Instituto de Aviação Civil de Moçambique, Instituto do Cadastro,



QUISSANGA, PROVINCIA DE CABO DELGADO
Quissanga, Cabo Delgado province

Mondlane, Instituto Nacional de Desminagem e Instituto Nacional de Estatística. Contribuíram ainda para o desenvolvimento deste estudo as empresas: Electricidade de Moçambique (EDM), Moçambique Celular SA (MCEL) e Telecomunicações de Moçambique (TDM).

Este estudo foi financiado pelo Fundo Português de Carbono (FPC), no âmbito do Protocolo assinado entre o Governo Português e o Governo de Moçambique em 2011, tendo sido supervisionado pelo Comité Executivo da Comissão para as Alterações Climáticas (CECAC) e pelo Instituto Camões.

Universidade Eduardo Mondlane and Instituto Nacional de Desminagem, Instituto Nacional de Estatística. The companies Electricidade de Moçambique (EDM), Moçambique Celular SA (MCEL) and Telecomunicações de Moçambique (TDM) also contributed to the development of this study.

This study was sponsored by the Fundo Português de Carbono (FPC), under the Protocol signed between the Portuguese Government and the Government of Mozambique in 2011, having been supervised by the Comité Executivo da Comissão para as Alterações Climáticas (CECAC) and by Instituto Camões.

08

SUMÁRIO EXECUTIVO
executive summary

14

INTRODUÇÃO
introduction

18

RECURSOS RENOVÁVEIS
renewable resources

RECURSO HÍDRICO | 20
hydro resource

RECURSO EÓLICO | 34
wind resource

RECURSO SOLAR | 46
solar resource

RECURSO BIOMASSA | 58
biomass resource

RECURSO GEOTÉRMICO | 74
geothermal resource

RECURSO MARÍTIMO | 84
waves resource



92

POTENCIAL DE PROJECTOS RENOVÁVEIS
renewable projects potential

110

ENERGIAS RENOVÁVEIS
E ELECTRIFICAÇÃO RURAL
renewable energies and rural electrification

118

ENERGIAS RENOVÁVEIS E O DESENVOLVIMENTO
DE MOÇAMBIQUE
renewable energies and Mozambique's development



INHACA, PROVINCIA DE MAPUTO
Inhaca, Maputo province



ARTESANATO MOÇAMBICANO, NAMECUNA, PROVÍNCIA DE NAMPULA
Mozambican handicraft, Namecuna, Nampula province



SUMÁRIO EXECUTIVO
executive summary

O Atlas das Energias Renováveis de Moçambique vem dar resposta e concretiza os objectivos da Política e da Estratégia para as Energias Novas e Renováveis, no que diz respeito ao mapeamento dos recursos renováveis e identificação de locais e de projectos renováveis para geração de energia eléctrica. Para tal, ao longo de 2 anos, foram estudados de forma exaustiva ao longo de todo o território nacional os recursos hídrico, eólico, solar, biomassa/RSU, geotérmico e marítimo.

Recurso hídrico

O recurso hídrico é o recurso que apresenta maior potencial económico em Moçambique, com destaque para a cascata do Zambeze e para um vasto conjunto de projectos de média dimensão ao longo de todo o território, tendo sido identificados e estudados mais de 1.400 projectos, o que corresponde a um total de 18,6 GW de potencial hidroeléctrico, dos quais 351 projectos, ou seja 5,6 GW, apresentam pré-viabilidade técnica e económica.

Recurso eólico

Ao nível do recurso eólico, foram confirmados ao longo de mais de um ano de medições, 16 locais com um total de 4,5 GW de potencial eólico no Centro e Sul do país. Destes, cerca de 1,1 GW de projectos apresentam viabilidade de ligação à rede e horas equivalentes de produção entre 2.300 e 3.900 horas, com destaque para várias zonas no sul do território próximas dos centros de consumo.

Recurso solar

Moçambique apresenta uma radiação elevada e consistente ao longo do território, com destaque para as províncias de Tete, Niassa, Nampula e Cabo Delgado, o que faz com que o sol seja o recurso renovável mais abundante em Moçambique com um potencial global de 23 TW, dos quais, cerca de 600 MW de projectos com viabilidade de ligação à rede.

The Mozambique Atlas of Renewable Energy provides an answer and accomplishes the objectives of the Policy and Strategy for New and Renewable Energy, in regard to the mapping of renewable resources and identification of renewable sites and projects for the generation of electric power. For that purpose, over a period of 2 years, and covering the whole of the national territory, exhaustive studies were carried out on hydro, wind, solar, biomass/MSW, geothermal and waves resources.

Hydro resource

The hydro resource is the one with the highest economic potential in Mozambique, notably the Zambezi river scheme and a vast number of medium-sized projects throughout the territory. More than 1,400 projects have been identified and studied, corresponding to a total of 18.6 GW of hydropower potential, of which 351 projects, or 5.6 GW, present technical and economic feasibility.

Wind resource

Regarding the wind resource, more than a year of measurements confirmed 16 sites, with a total of 4.5 GW of wind potential in the Centre and South of the country. Of these, approximately 1.1 GW of projects indicate viability for grid connection and equivalent production hours of between 2,300 and 3,900 hours, with emphasis on several zones in the south of the territory that are close to main consumption centres.

Solar resource

Mozambique has a high and consistent level of solar radiation throughout its territory, notably in the Provinces of Tete, Niassa, Nampula and Cabo Delgado, which makes the sun the most abundant renewable resource in Mozambique, with a global potential of 23 TW, of which around 600 MW are projects with grid connection feasibility.

Recurso biomassa

Moçambique tem diferentes recursos de biomassa e resíduos sólidos urbanos (RSU) disponíveis para a produção de electricidade. Desde a biomassa florestal com um potencial de 1 GW, com destaque para as províncias da Zambézia, Niassa e Manica, passando pelas açucareiras com um potencial de projectos na ordem dos 0,8 GW, até aos 63 MW em projectos de incineração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). De destacar as explorações florestais em redor de Lichinga, o palmar doente e indústria do arroz em Quelimane, as 4 açucareiras existentes e ainda o novo aterro de Maputo/Matola onde se identificaram 128 MW de potenciais projectos no curto prazo.

Recurso geotérmico

Ao nível do recurso geotérmico, foram identificados 3 locais com potencial geotérmico, todos eles ligados a fontes termais existentes nas províncias de Tete, Zambézia e Niassa. No total foi identificado um potencial de 147 MW e temperaturas estimadas entre os 140°C e os 160°C a profundidades entre os 1.500 e os 2.500 metros. Destaque para Metangula na província do Niassa onde o maior gradiente e a maior necessidade de geração térmica poderão justificar estudos adicionais.

Recurso marítimo

Apesar da extensa costa, Moçambique apresenta um recurso marítimo limitado e com reduzido potencial para geração de energia eléctrica devido ao efeito dissipador de Madagáscar e do canal de Moçambique. O maior potencial verifica-se na costa da província de Inhambane com valores em redor dos 10 kW/m.

Biomass resource

Mozambique has diverse biomass and municipal solid waste (MSW) resources available for power generation. From forest biomass with a potential of 1 GW, particularly in the provinces of Zambézia, Niassa and Manica, to the sugar mills with potential project of 0.8 GW, and up to 63 MW in incineration of MSW projects. Particular mention should be made to the forest concessions around Lichinga, the diseased palm trees and rice industry in Quelimane, the 4 existing sugar mills and also the new landfill at Maputo/Matola, which represent a potential of 128 MW in the short term.

Geothermal resource

On the geothermal resource, 3 sites with geothermal potential for power generation have been identified, all related to existing thermal springs in the provinces of Tete, Zambézia and Niassa. In all, a potential of 147 MW and temperatures between 140°C and 160°C at depths between 1,500 and 2,500 meters have been identified. Special mention should be made to Metangula, in the province of Niassa, where the higher gradient and a greater need for thermal generation may justify additional studies.

Waves resource

In spite of its extensive coastline, Mozambique has limited waves resource, with reduced potential for power generation due to the dissipating effect of Madagascar and the Mozambique channel. The greatest potential lies in the coast of the province of Inhambane, with indicators of approximately 10 kW/m.



Potencial de projectos renováveis

Em termos globais, Moçambique apresenta um enorme potencial de energias renováveis de mais de 23 TW e milhares de possíveis projectos, desde pequenos projectos de electrificação rural até às grandes hídricas do Zambeze.

Deste potencial, cerca de 7 GW, ou seja, mais de 500 projectos, maioritariamente hidroeléctricos, mas também eólicos, solares, de biomassa e geotérmicos, constituem soluções e alternativas para o sistema eléctrico de Moçambique a ponderar e possivelmente integrar em futuros planos de expansão da rede eléctrica.

Energias renováveis e electrificação rural

Para além dos projectos de grande, média e pequena dimensão identificados, a evolução tecnológica permite actualmente o aproveitamento das energias renováveis em projectos de microescala, normalmente unidades de 5 a 100 kW apropriados para a electrificação rural. Por exemplo, a utilização de painéis solares, com uma combinação de baterias e gerador, ou a utilização de pico-hídricas em cerca de 300 locais identificados no presente estudo, apresentam-se como as soluções de electrificação mais económicas quando a rede eléctrica está distante. De referir, ainda, as soluções de electrificação rural baseadas em unidades solares individuais, que apesar de apresentarem menores níveis de serviço, constituem uma boa alternativa de electrificação e requerem reduzidos investimentos.

Renewable projects potential

Overall, Mozambique shows enormous potential in renewable energies, of more than 23 TW and thousands of possible projects, from small projects of rural electrification to the large hydro plants of the Zambezi river. Of this potential, about 7 GW, that is more than 500 projects, mostly hydropower but also wind, solar, biomass and geothermal, constitute alternative solutions for Mozambique's electrical system to be considered and possibly integrated into future electricity network expansion plans.

Renewable energies and rural electrification

Besides the small, medium and large dimension projects identified, present technological evolution enables, at present, the exploitation of renewable energy in micro scale projects, generally units of 5 to 100 kW which are adequate for rural electrification. For example, the use of solar panels, together with a combination of batteries and generator, or the use of pico hydro in approximately 300 sites identified in the present study, can be considered as the most economical electrification solution when the electric grid is situated far away. Other solutions for rural electrification can also be contemplated, based on individual solar units which, although providing lower service levels, still constitute a good electrification alternative and require low level of investment.



Energias renováveis e o desenvolvimento de Moçambique

São inúmeras as vantagens das energias renováveis para o desenvolvimento sustentável de Moçambique. Desde logo, os grandes projectos hidroeléctricos, para além de constituírem projectos estruturantes de fins múltiplos, são as alternativas mais económicas de geração de energia e Moçambique tem muitas alternativas ao seu dispor. Por outro lado, os projectos de pequena e média dimensão constituem oportunidades de investimento, de racionalização da rede, de melhoria de qualidade da energia, de criação de emprego e de desenvolvimento regional. Finalmente, a electrificação rural, seja através de pequenas centrais solares com *backup* de baterias e gerador, seja através da utilização de pico-hídricas, e as soluções solares descentralizadas de pequena dimensão são a alternativa economicamente mais viável para levar a electricidade a milhares de moçambicanos.

Por todas estas razões as energias renováveis constituem e deverão continuar a constituir uma prioridade da política energética de Moçambique.

Renewable energies and Mozambique Development

There are countless advantages in renewable energies to Mozambique's sustainable development. First of all, the great hydropower projects, apart from being multi-purpose projects, are also the most economical alternative for power generations and Mozambique has many alternatives at its disposal. At the same time, small and medium-dimension projects constitute opportunities for investment, grid optimization, improvement of power quality, job creation and regional development. Finally, rural electrification, whether by means of small solar power plants with battery and generator backup, or by the use of pico-hydro and small sized decentralized solar solutions are the most economically viable solution to bring power to thousands of Mozambicans.

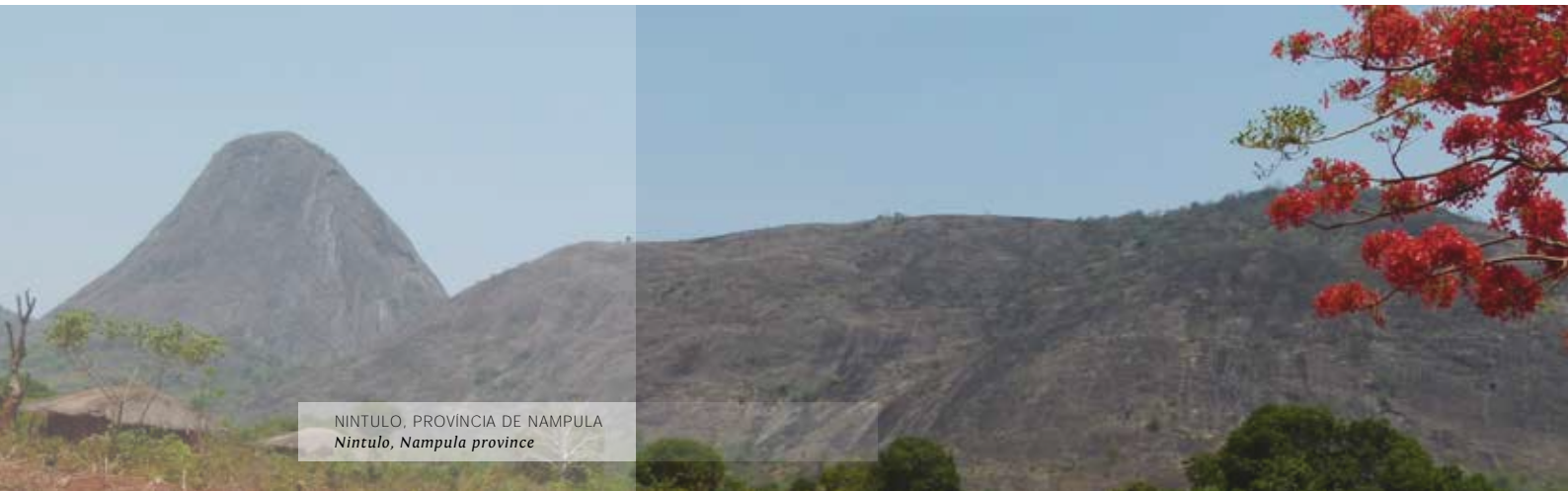
In view of all these considerations, renewable energies constitute, and should continue to constitute, a priority for Mozambique's energy policy.



MAGANJA DA COSTA, PROVINCIA DA ZAMBÉZIA
Maganja da Costa, Zambézia province



INTRODUÇÃO
introduction



NINTULO, PROVÍNCIA DE NAMPULA
Nintulo, Nampula province

Em 2009, o Governo de Moçambique aprovou a Política de Desenvolvimento das Energias Novas e Renováveis, tendo estabelecido como uma das prioridades estratégicas de implementação a avaliação dos recursos de energias novas e renováveis. No âmbito da avaliação dos recursos, a Política e, posteriormente, a Estratégia de Desenvolvimento das Energias Novas e Renováveis, aprovada em 2011, vêm estabelecer como medidas a desenvolver, designadamente, o mapeamento do potencial hídrico, eólico, solar, de biomassa, geotérmico e marítimo, bem como a identificação e mapeamento dos locais de ocorrência.

O Atlas das Energias Renováveis de Moçambique vem desta forma, dar resposta a uma das prioridades estratégicas definidas na Política e Estratégia do Governo de Moçambique, através, não só, da avaliação e caracterização do potencial para a produção de energia eléctrica de cada um dos recursos renováveis existentes, mas indo mais além, identificando e estudando ao nível da pré- viabilidade técnica e económica várias centenas de projectos.

In 2009 the Government of Mozambique approved the Policy for the Development of New and Renewable Energies, establishing, as one of the implementation strategy priorities, the evaluation of new and renewable energies. Within the scope of the assessment of resources, the Policy and, subsequently, the Strategy for the Development of New and Renewable Energies, approved in 2011, establish as specific measures to be developed the mapping of hydro, wind, solar, biomass, geothermal and wave potential, as well as the identification and mapping of the sites.

The Atlas of the Renewable Energies of Mozambique constitutes, therefore, a response to one of the strategic priorities defined in the Policy and Strategy of the Government of Mozambique, not only because of the evaluation and characterization of the potential for power generation from each of the existing renewable resources but, furthermore, for identifying and studying, at technical and economic pre- feasibility level, several hundred projects.

O estudo de suporte ao Atlas decorreu entre 2011 e 2013 tendo envolvido múltiplas equipas técnicas e meios nacionais e internacionais:

- foi realizada a maior campanha de medição dos recursos eólico e solar para desenvolvimento de projectos renováveis alguma vez realizada no continente africano, com 35 estações meteorológicas instaladas ao longo de todo o país;
- foi realizado o mais completo e abrangente estudo hidrológico alguma vez realizado em Moçambique, com a análise e validação de 1.400 postos udométricos e 700 estações hidrométricas, tendo sido elaborado o primeiro mapa de escoamento do território moçambicano;
- foram realizados, pela primeira vez, estudos geofísicos de gravimetria e magneto-telúrica, com várias centenas de estações, na proximidade de fontes termais que apresentam temperaturas elevadas e indicadores geoquímicos positivos para ocorrências geotérmicas;
- para 10.000 aldeias foram realizadas análises de alternativas de electrificação rural, com vista a apoiar a definição de políticas para o *off-grid* em Moçambique.

O presente livro é um resumo do estudo “Atlas das Energias Renováveis de Moçambique” e pretende promover o potencial de projectos e as vantagens das energias renováveis para o desenvolvimento sustentável de Moçambique.

The Atlas support study took place between 2011 and 2013, involving multiple technical teams and national and international resources:

- conducting the largest campaign for the measurement of wind and solar resources, for the development of renewable projects, ever carried out on the African continent, with 35 meteorological stations installed throughout the country;
- elaborating the most comprehensive and complete hydrological study ever carried out in Mozambique, analysing and validating data from 1.400 rain gauge and 700 stream gauge stations, and creating the first ever surface runoff map of the Mozambican territory;
- the first geophysical studies of gravimetry and magnetotellurics ever made with several hundreds of stations, in the proximity of high temperature thermal spring with positive geochemical indicators positive for geothermal occurrences;
- analyses of alternatives for rural electrification were carried out for 10.000 villages, with the object of supporting policy definition for off-grid in Mozambique.

The present book is a summary of the study “Renewable Energy Atlas of Mozambique” and aims to promote the potential of projects and the advantages of renewable energies for a sustainable development of Mozambique.



ZONUE, PROVINCIA DE MANICA
Zonue, Manica province



RECURSOS RENOVÁVEIS

renewable resources

RECURSO HÍDRICO
hydro resource

RECURSO EÓLICO
wind resource

RECURSO SOLAR
solar resource

RECURSO BIOMASSA
biomass resource

RECURSO GEOTÉRMICO
geothermal resource

RECURSO MARÍTIMO
waves resource



BARRAGEM DE CAHORA BASSA, PROVINCIA DE TETE
Cahora Bassa dam, Tete province



RECURSOS RENOVÁVEIS
renewable resources

RECURSO HÍDRICO
hydro resource



LICHINGA, PROVÍNCIA DE NIASSA
Lichinga, Niassa province

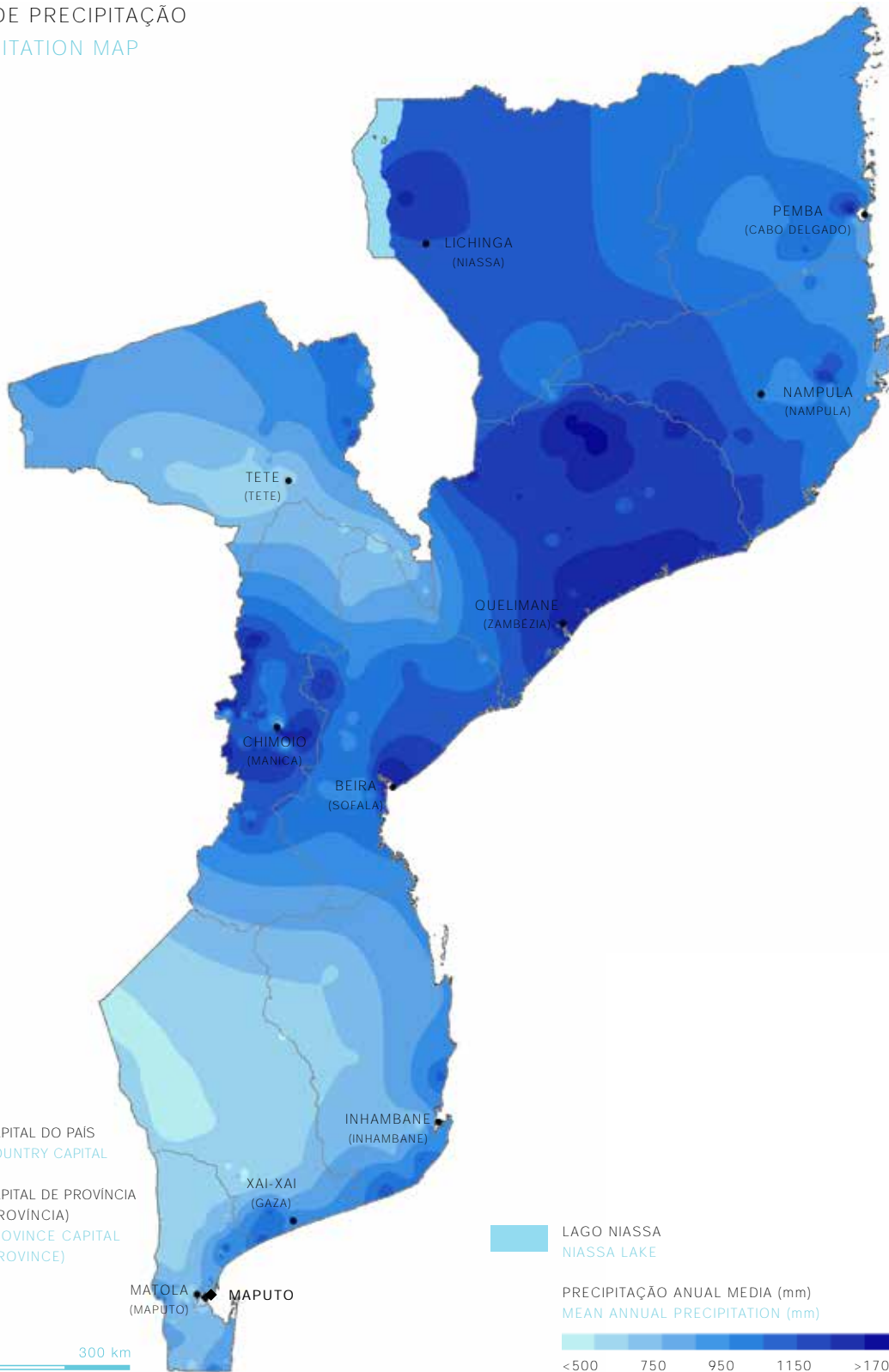
Moçambique apresenta uma precipitação anual média de 940 mm, com forte incidência nos meses de Dezembro a Março. A concentração de elevada precipitação em alguns meses traduz-se invariavelmente em cheias nos meses de afluência e em rios relativamente secos nos restantes meses do ano. Assim sendo, apesar do regime hidrológico irregular, os rios tendem a ter caudais modulares muito elevados.

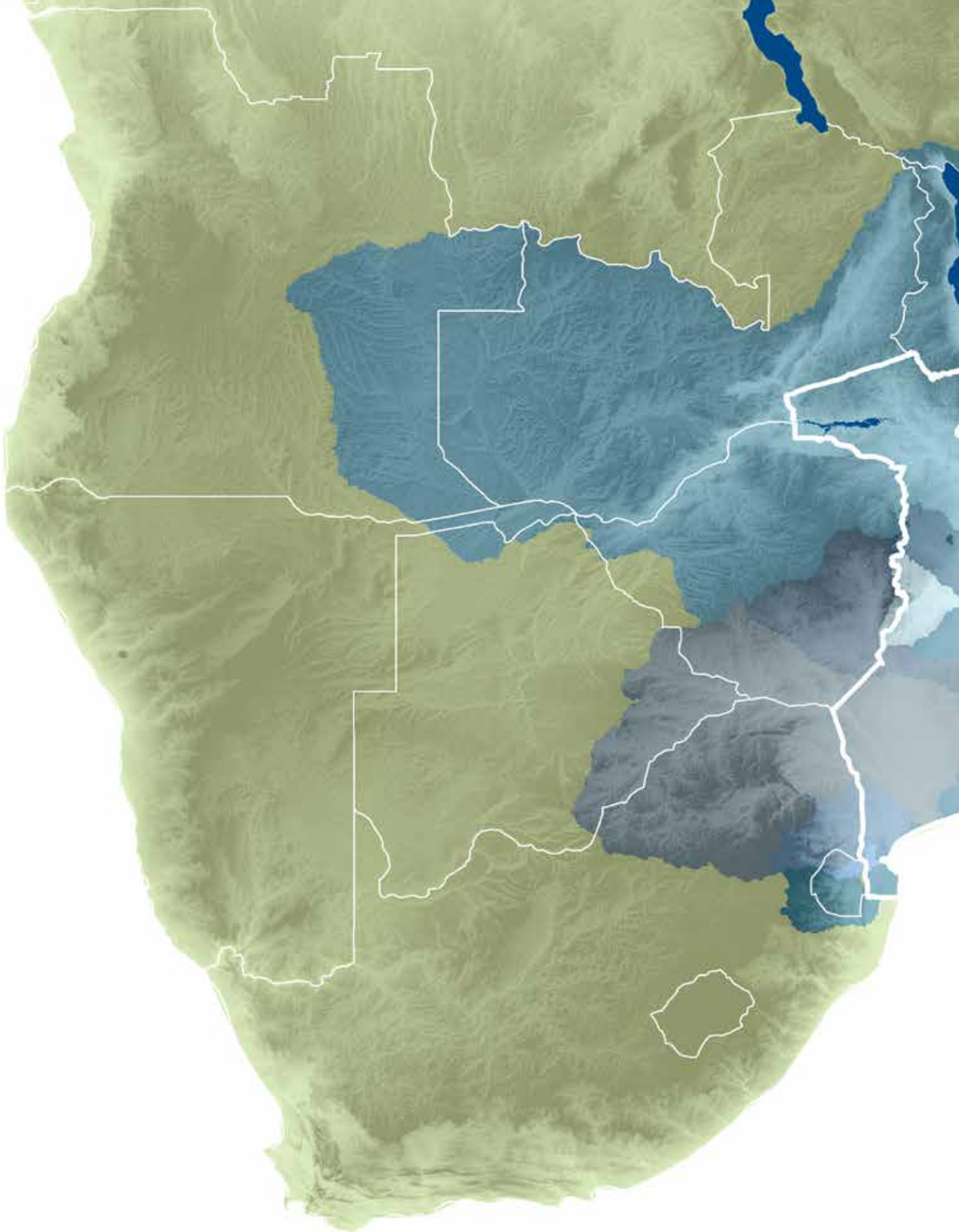
A precipitação não se distribui uniformemente pelo país, tendo o Norte, nomeadamente as províncias de Nampula, Niassa e Zambézia, precipitações médias entre os 1.030 mm e os 1.225 mm, enquanto o Sul, nomeadamente as províncias de Gaza e Maputo, têm menor incidência, com precipitações médias de 595 mm e 685 mm, respectivamente.

Mozambique presents a mean annual precipitation of 940 mm concentrated in the months of December to March. The high concentration of precipitation in some months invariably results in floods and in somewhat dry rivers in the remaining months of the year. Thus, despite the irregular hydrological regime, mean annual runoff tends to be very high.

The precipitation is not evenly distributed across the country, being the North more rainy, particularly the provinces of Nampula, Niassa and Zambézia, with mean annual precipitation between 1,030 mm and 1,225 mm, while the South is drier, namely the provinces of Gaza and Maputo, with mean annual precipitation of 595 mm and 685 mm, respectively.

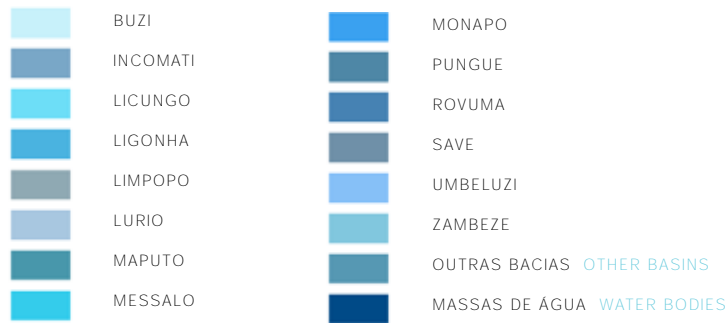
MAPA DE PRECIPITAÇÃO PRECIPITATION MAP





0 125 250 500 750 1000 km

MAPA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE MOÇAMBIQUE MOZAMBIQUE DRAINAGE BASINS MAP



AS BACIAS HIDROGRÁFICAS QUE ESCOAM PARA MOÇAMBIQUE TÊM UMA ÁREA DE 2,5 MILHÕES DE KM²

Para além de apresentarem precipitações médias consideráveis nalgumas províncias, as bacias hidrográficas de Moçambique são muito extensas, destacando-se a bacia do Zambeze com 1.390.000 km², que escoam água desde a Zâmbia e Angola, passando pelo Botswana e Zimbabwe. A contribuição internacional é uma parte significativa dos recursos hídricos Moçambicanos, representando 70% do escoamento total no território.

Enquanto as bacias hidrográficas exclusivamente moçambicanas se encontram em regime natural, algumas bacias hidrográficas internacionais apresentam regularização de caudais promovida por barragens como, por exemplo, Kariba e Cahora Bassa, no caso do Zambeze.

BASINS DRAINING TOWARDS MOZAMBIQUE HAVE A TOTAL AREA OF 2.5 MILLION KM²

Besides presenting considerable mean precipitation in some provinces, drainage basins of Mozambique are very large, of which the Zambezi basin steps forward with 1.39 million km², flowing water from Zambia and Angola passing through Botswana and Zimbabwe. The international contribution is a significant part of Mozambique's water resources, representing 70% of the total runoff in the territory.

Whilst drainage basin exclusively in Mozambican territory are in natural regime, some international basins have their natural flows regulated by dams like, for example, Kariba and Cahora Bassa, on the Zambezi.

ESTUDO DO RECURSO HÍDRICO


A análise do recurso hídrico envolveu um exaustivo estudo hidrológico com base em 1.400 postos udométricos e 700 estações hidrométricas por todo o território. As bacias e rede hidrográfica de Moçambique foram modeladas com vista à elaboração do primeiro mapa de escoamento superficial do território. O caudal e queda disponíveis foram avaliados ao longo de todo o território para a elaboração do Atlas do Potencial Hidroeléctrico.

O mapa de potencial hidroeléctrico mostra que as províncias de Sofala, Zambézia e Niassa são as zonas com maior potencial energético devido à conjugação do caudal e morfologia do terreno mais favorável, identificando-se locais de elevada queda. No entanto, o maior potencial de produção está ao longo do rio Zambeze, onde se registam os caudais mais elevados.

HYDRO RESOURCE STUDY

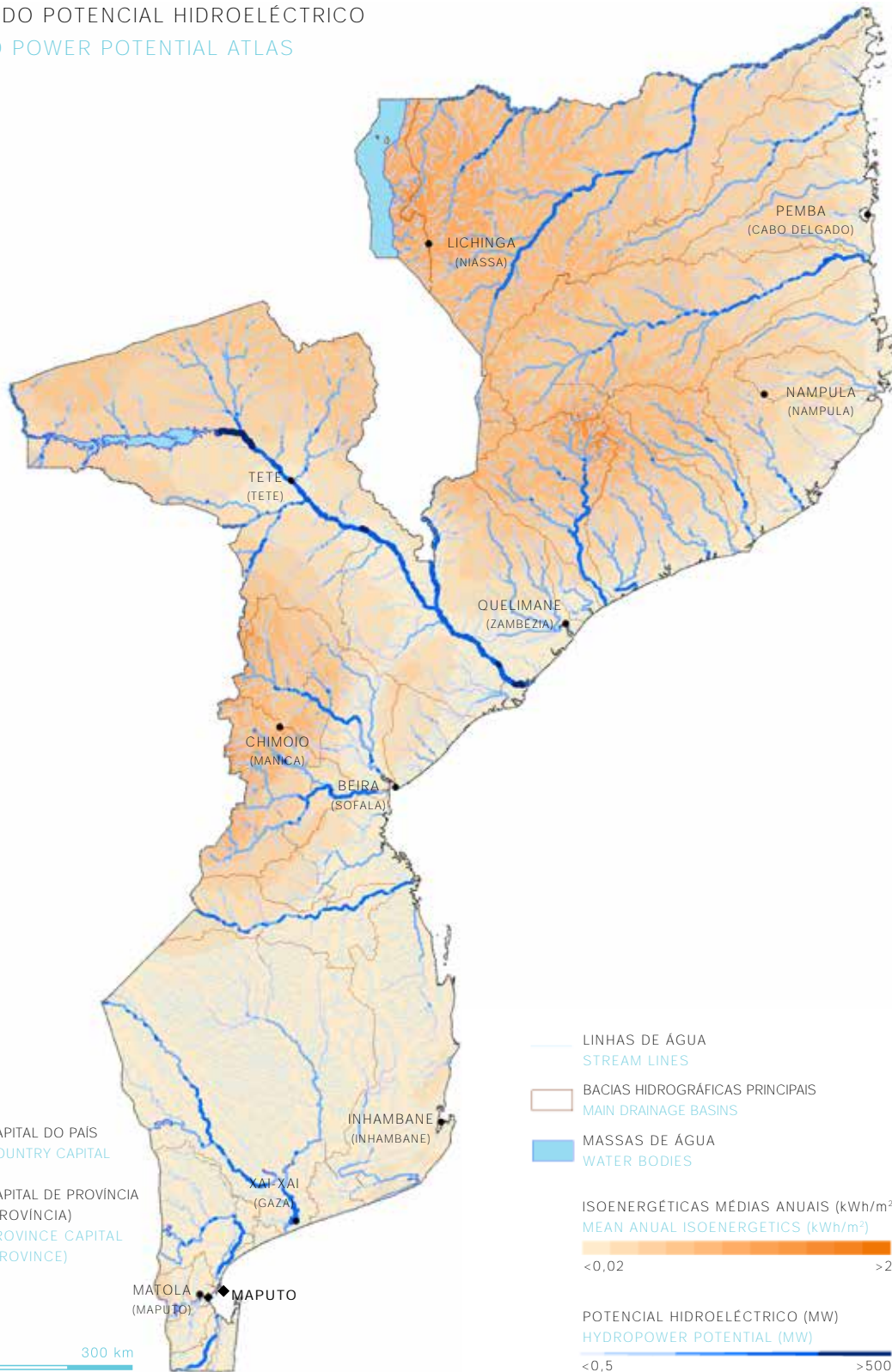
The hydro resource assessment required an exhaustive hydrological study based on the analysis of 1,400 rain gauge and 700 stream gauge stations along the entire country. The drainage basins and hydronetwork were modeled with the purpose of elaborating the first ever surface runoff map of Mozambique. The available river flow and head were evaluated for every stream in order to elaborate the Hydropower Potential Atlas.

The hydropower potential map shows that the provinces of Sofala, Zambézia and Niassa are the regions with the highest energy potential due to a better combination of flow and terrain morphology, presenting sites with high head. However, the greatest potential for production is along the Zambezi river, where higher flows occur.



RIO LICUNGO, PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA
Licungo river, Zambézia province

ATLAS DO POTENCIAL HIDROELÉCTRICO
HYDRO POWER POTENTIAL ATLAS



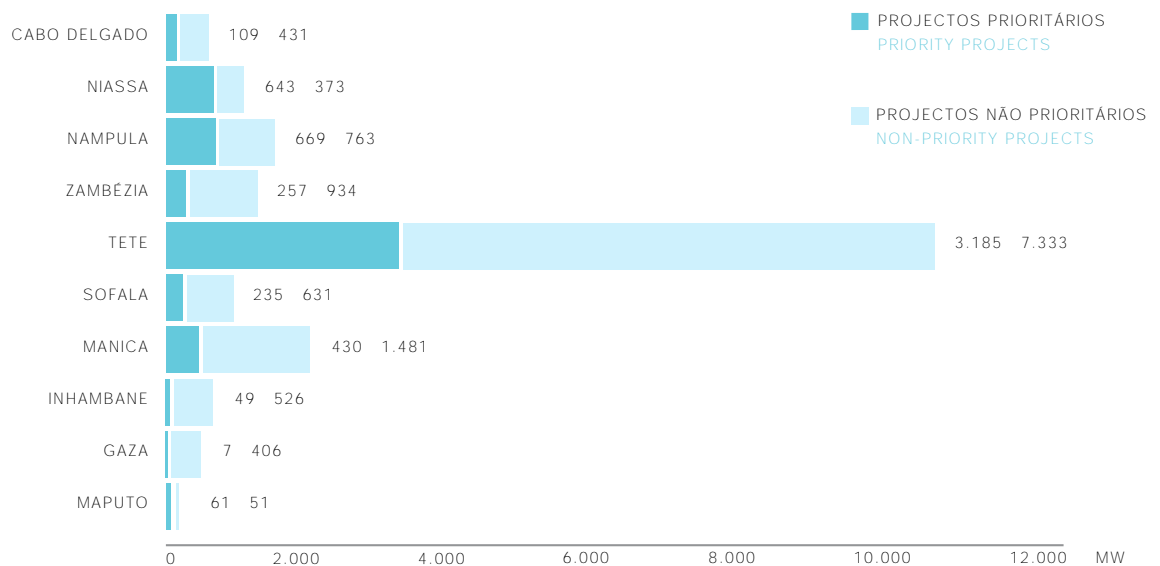
IDENTIFICADOS E ESTUDADOS 1.446
PROJECTOS: 18,6 GW. 351 SÃO
PROJECTOS PRIORITÁRIOS: 5,6 GW

1,446 IDENTIFIED AND STUDIED
PROJECTS: 18.6 GW. 351 ARE
PRIORITY PROJECTS: 5.6 GW

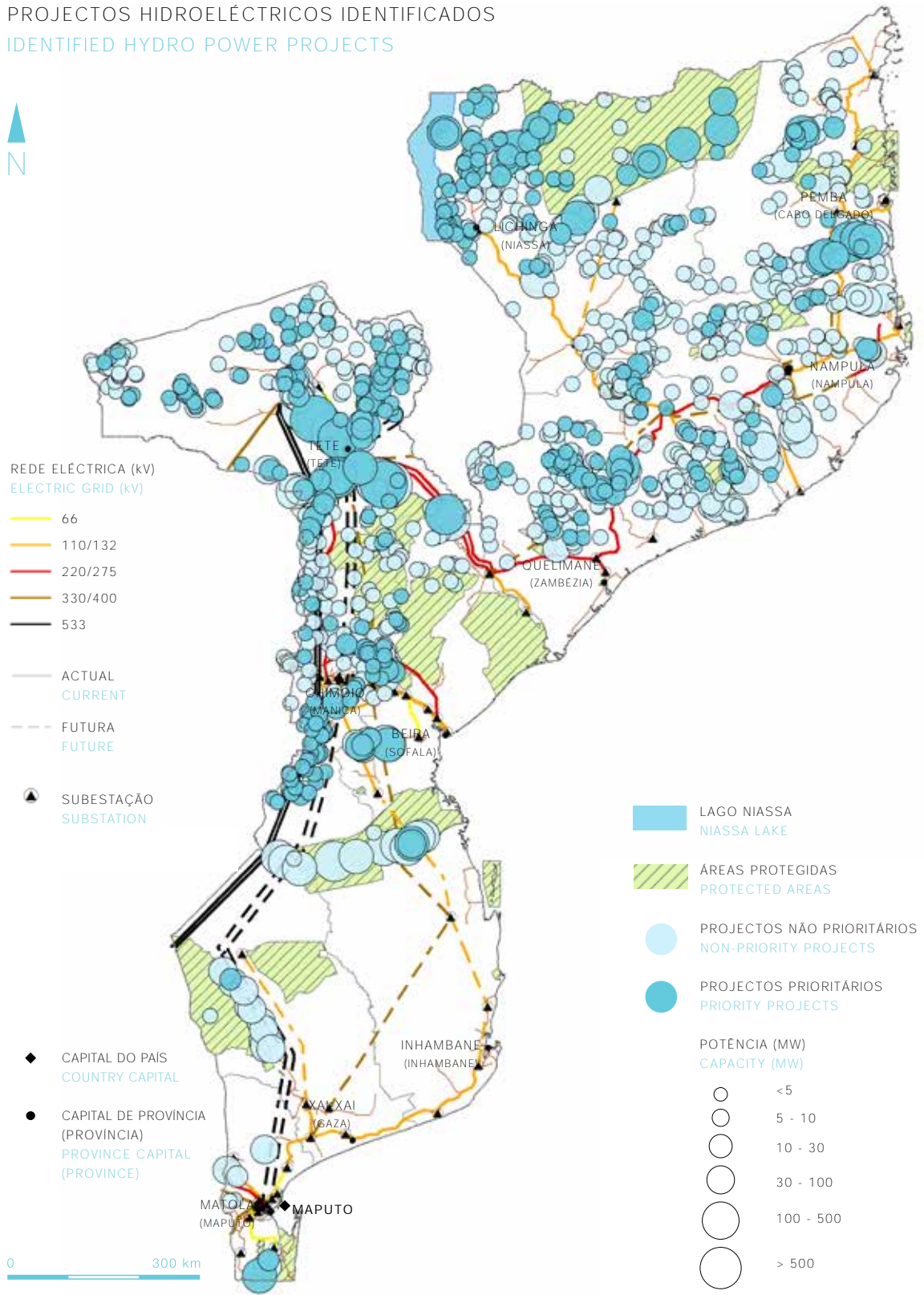
Foi realizada uma pesquisa exaustiva aos arquivos existentes, tendo sido georeferenciados 265 aproveitamentos identificados no passado. Foi identificado um total de 1.446 novos possíveis projectos hidroelétricos, com um potencial total de 18,6 GW. Esses 1.446 projectos foram mapeados, simulados e orçamentados, donde resultaram 351 locais prioritários, com um potencial total de 5,6 GW, com potencial económico e sem sobreposições. A província de Tete é a que apresenta maior potencial, seguida de Manica e Nampula. No entanto, em termos de projetos com potencial económico destacam-se, além de Tete, as províncias de Nampula, Niassa e Zambézia.

A thorough survey on existing archives enabled the geo-referencing of 265 hydro schemes already identified in the past. A total of 1,446 new hydro projects was identified with a potential of 18.6 GW. These 1,446 hydro projects were mapped, simulated and budgeted, and 351 priority projects were selected with a potential of 5.6 GW with economic potential without overlaps. Tete province presents the largest potential for hydroelectric projects, followed by Manica and Nampula. However, in terms of projects with economic potential, the provinces of Nampula, Niassa and Zambézia stand out besides Tete.

POTENCIAL HIDROELÉCTRICO POR PROVÍNCIA
HYDROELECTRIC POWER BY PROVINCE



PROJECTOS HIDROELÉCTRICOS IDENTIFICADOS
IDENTIFIED HYDRO POWER PROJECTS



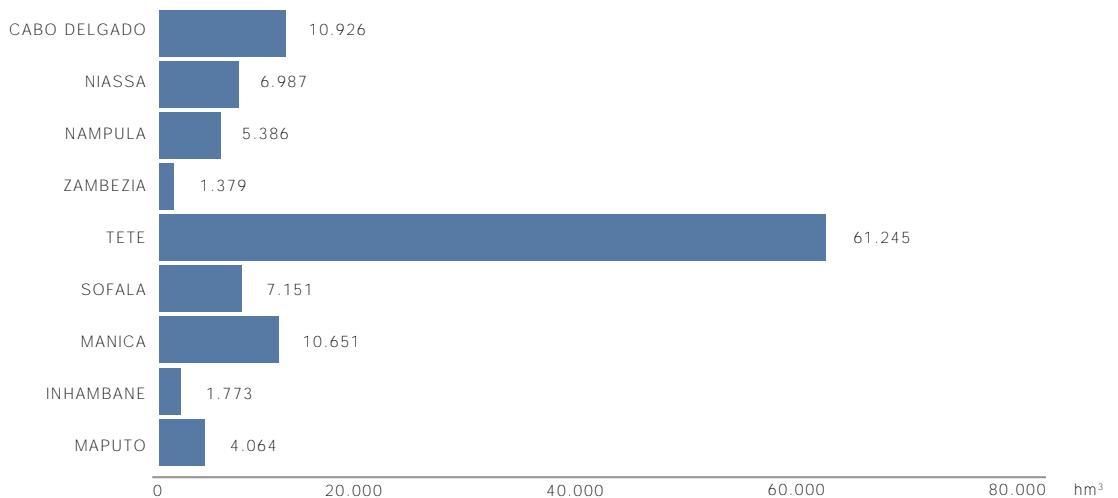
OS NOVOS PROJECTOS IDENTIFICADOS TÊM UMA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO EQUIVALENTE A 2 ALBUFEIRAS DE CAHORA BASSA

NEW IDENTIFIED PROJECTS HAVE A STORAGE CAPACITY EQUIVALENT TO 2 CAHORA BASSA RESERVOIRS

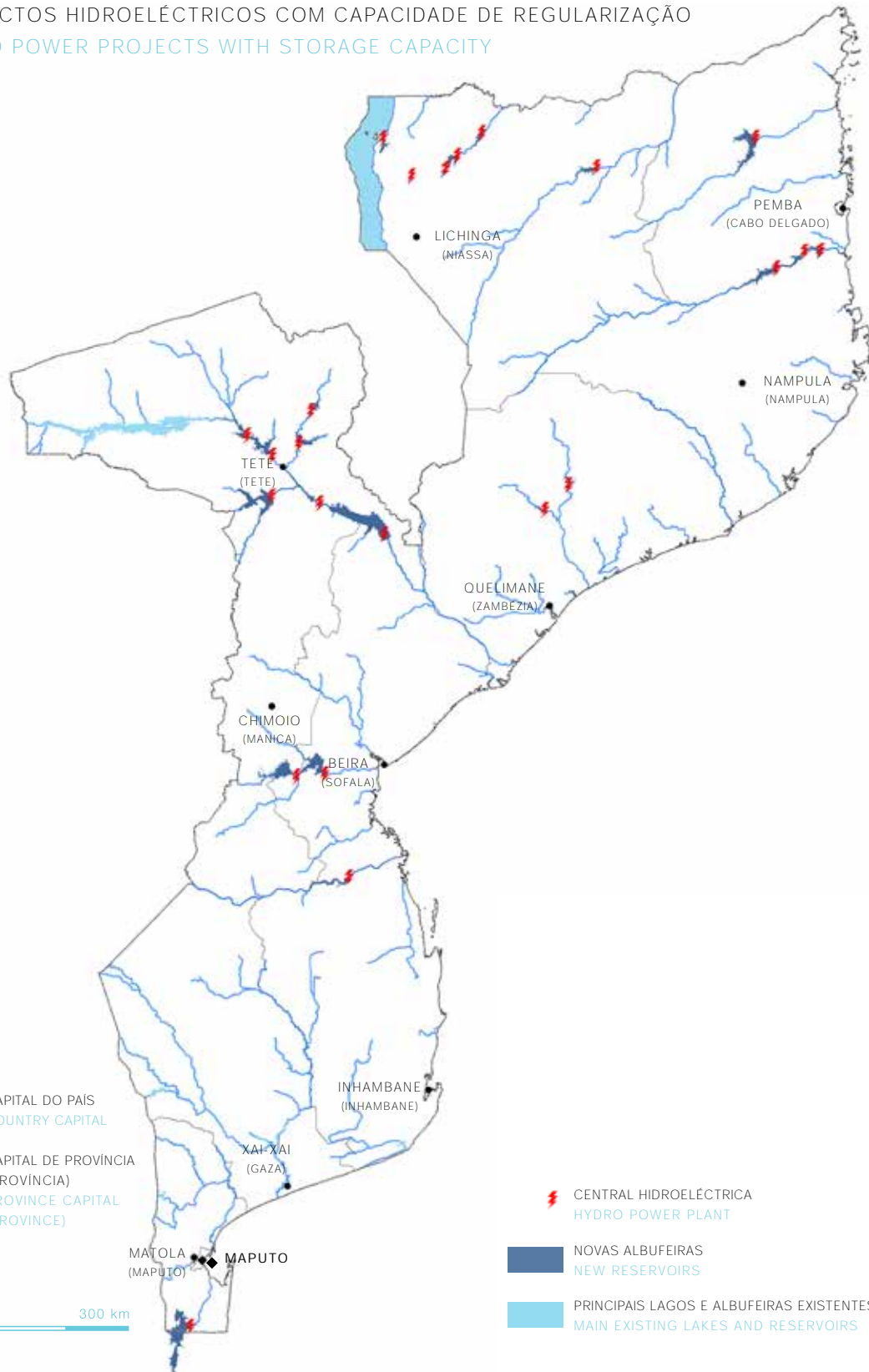
Dos 351 projectos prioritários identificados a maior parte são a fio de água, sendo que apenas 23 projectos têm potencial para regularização a custos competitivos. O volume total de armazenamento destes 23 projectos corresponde a 107.000 hm³, o que representa sensivelmente duas vezes a capacidade da albufeira de Cahora Bassa. A província de Tete é a que oferece maior potencial de regularização, em particular a cascata do rio Zambeze e o projecto de Chemba. Adicionalmente ao Zambeze, os rios Búzi, Messalo, Luenha e Maputo apresentam-se como os rios com maior potencial.

From the 351 identified priority projects most are run-of-river, and only 23 projects could have storage capacity at competitive costs. The total storage capacity of the 23 projects corresponds to 107,000 hm³, which is more or less two times the capacity of the Cahora Bassa reservoir. Tete province offers the highest storage potential, in particular the Zambeze river scheme and the Chemba project. Additionally to the Zambeze river, the rivers Buzi, Messalo, Luenha and Maputo have significant storage potential.

CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO TOTAL DAS NOVAS ALBUFEIRAS
NEW RESERVOIRS TOTAL STORAGE CAPACITY



PROJECTOS HIDROELÉCTRICOS COM CAPACIDADE DE REGULARIZAÇÃO
 HYDRO POWER PROJECTS WITH STORAGE CAPACITY



- ◆ CAPITAL DO PAÍS
COUNTRY CAPITAL
- CAPITAL DE PROVÍNCIA
(PROVÍNCIA)
PROVINCE CAPITAL
(PROVINCE)

⚡ CENTRAL HIDROELÉCTRICA
HYDRO POWER PLANT

■ NOVAS ALBUFEIRAS
NEW RESERVOIRS

■ PRINCIPAIS LAGOS E ALBUFEIRAS EXISTENTES
MAIN EXISTING LAKES AND RESERVOIRS

0 300 km

MATOLA (MAPUTO) ◆ MAPUTO

XAI-XAI (GAZA)

INHAMBANE (INHAMBANE)

BEIRA (SOFALA)

CHIMOIO (MANICA)

QUELIMANE (ZAMBEZIA)

TETE (TETE)

PEMBA (CABO DELGADO)

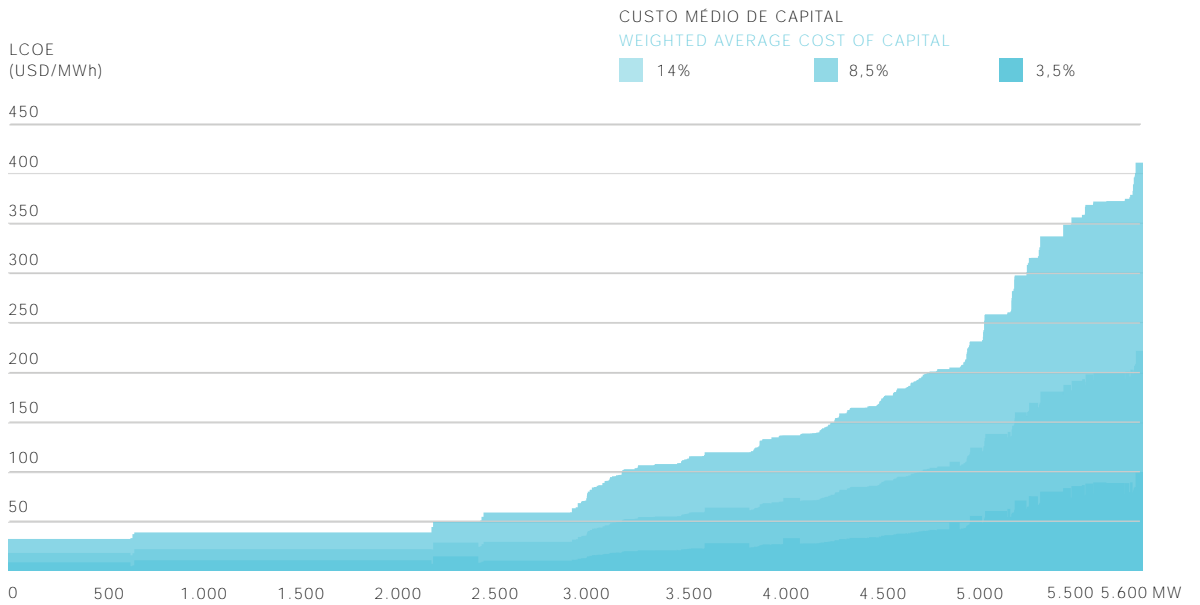
LICHINGA (NIASSA)

NAMPULA (NAMPULA)



LAGOA PATHI, PROVÍNCIA DE MAPUTO
Pathi Lagoon, Maputo province

CUSTO NIVELADO DE ENERGIA DOS PROJECTOS HIDROELÉCTRICOS PRIORITÁRIOS
LEVELIZED COST OF ENERGY OF THE PRIORITY HYDRO POWER PROJECTS



Nota: Sem impostos. Não inclui expansão norte da Hidroeléctrica de Cahora Bassa.
Note: Without taxes. Doesn't include north expansion of the Hydroelectric of Cahora Bassa.

MOÇAMBIQUE APRESENTA CERCA DE 3 GW DE PROJECTOS MUITO COMPETITIVOS, ESSENCIALMENTE CONCENTRADOS NO RIO ZAMBEZE

MOZAMBIQUE HAS 3 GW OF VERY COMPETITIVE HYDROPOWER PROJECTS, MAINLY CONCENTRATED ON THE ZAMBEZI RIVER

Entre os 5,6 GW de projectos prioritários, cerca de 3 GW são de projectos muito competitivos, essencialmente concentrados no rio Zambeze e em projectos de grande dimensão (mais de 100 MW por empreendimento). Foram identificados 95 projectos de média dimensão (5 a 50 MW), num total de 1.100 MW com custos nivelados de energia competitivos e com maior facilidade de financiamento e escoamento de energia. Estes projectos têm a vantagem de aproximar a geração do consumo melhorando a qualidade da energia e promovendo o desenvolvimento regional. Adicionalmente foram ainda identificados cerca de 236 projectos de pequena escala (menos de 5 MW), quer para a ligação à rede, quer para electrificação rural, sendo que neste último caso é sempre necessário considerar apoio térmico para a produção de energia nos meses de menor caudal. Abaixo de 100 kW verificam-se inúmeras possibilidades não incluídas nos 351 projectos prioritários.

No capítulo dedicado à electrificação rural identificam-se as aldeias de Moçambique que apresentam, na sua proximidade, condições favoráveis de queda e caudal à instalação deste tipo de projectos.

From the 5.6 GW of priority projects, about 3 GW are very competitive projects, mainly concentrated in large projects (over 100 MW) on the Zambezi river. 95 medium-sized projects (5 to 50 MW) were identified, in a total of 1,100 MW with competitive levelized costs of electricity and greater ease of financing and energy dispatch. These projects have the advantage of generating power closer to consumption which improves quality of power and promotes regional development. Additionally, there are over 236 small scale projects (under 5 MW), either to electric grid connection or to electrify rural areas, in this last case requiring support of thermal units for energy production in the dry months. Below 100 kW there are many possibilities not included on the priority projects.

In the chapter dedicated to rural electrification the villages which have in their proximity locations with favorable flow and head for pico-hydro are highlighted.



PALMEIRA, QUIRIMBAS, PROVÍNCIA DE CABO DELGADO
Palm tree, Quirimbas, Cabo Delgado province



RECURSOS RENOVÁVEIS
renewable resources

RECURSO EÓLICO
wind resource



QUIRIMBAS, PROVINCIA DE CABO DELGADO
Quirimbas, Cabo Delgado province

Moçambique apresenta um regime de ventos de intensidade média-baixa com velocidades predominantemente entre os 4 e os 6 metros por segundo a 80 metros acima do nível do solo (a.n.s.), com excepção da zona sul do país e das zonas altas no centro e norte do país onde os ventos atingem valores mais elevados.

Junto à costa o clima de ventos é essencialmente influenciado pelas brisas marítimas durante o dia e as brisas terrestres durante a noite, verificando-se maior intensidade do vento no final do dia e de madrugada. O regime de ventos nas zonas costeiras apresenta-se bastante estável ao longo do ano com maior intensidade nos meses de Setembro a Novembro.

Nas zonas de montanha o clima é tropical de altitude. Nas zonas de montanha interiores, em particular na província de Tete, os ventos apresentam uma maior oscilação sazonal com uma redução mais significativa no período de Dezembro a Março.

O MAIOR POTENCIAL EÓLICO
PODE OBSERVAR-SE NAS
PROVÍNCIAS DE MAPUTO, TETE,
LITORAL DE SOFALA, DE
INHAMBANE E DE GAZA

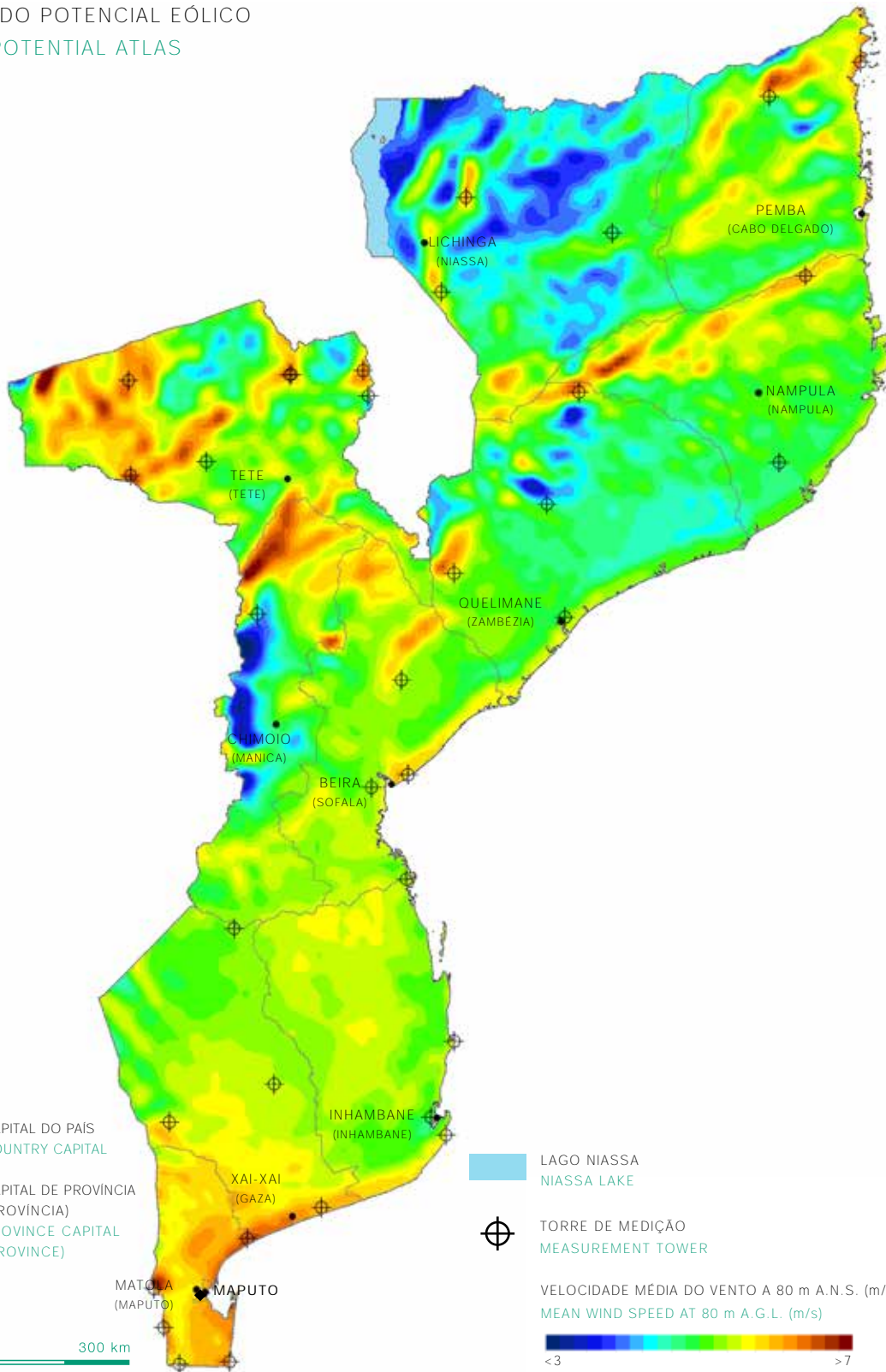
Mozambique is characterized by winds of moderate-low intensity with average speeds between 4 and 6 meters per second at 80 meters above ground level (a.g.l.), except in the south of the country and in the highlands of the Center and North where winds can reach higher speeds.

Close to the coast the wind regime is characterized by the influence of sea breezes during the day and land breezes at night, with higher wind intensity at the end of the day and at dawn. The wind regime in the coastal areas is relatively stable throughout the year with higher intensity between the months of September to November.

In the highlands the climate is altitude tropical. Further away from the coast, in particular in Tete province, winds present higher seasonal oscillation with a more significant reduction in the period from December to March.

THE HIGHEST WIND ENERGY
POTENTIAL CAN BE OBSERVED
IN THE PROVINCES OF MAPUTO,
TETE, AND ON THE COAST OF
SOFALA, INHAMBANE AND GAZA

ATLAS DO POTENCIAL EÓLICO
WIND POTENTIAL ATLAS

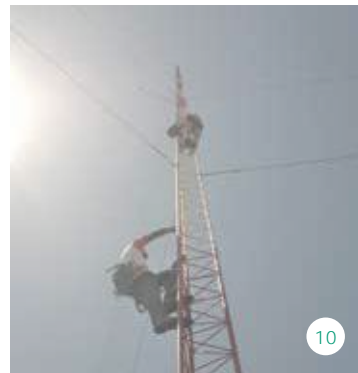
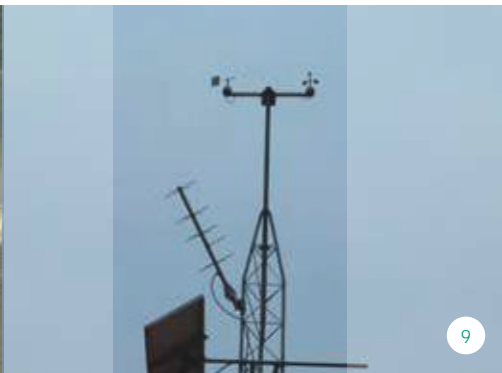




- 1. CHOMBA, PROVÍNCIA DE CABO DELGADO
Chomba, Cabo Delgado province
- 2. MARÁVIA, PROVÍNCIA DE TETE
Marávia, Tete province
- 3. FINGOÊ, PROVÍNCIA DE TETE
Fingoê, Tete province
- 4. GUENDA, PROVÍNCIA DE CABO DELGADO
Guenda, Cabo Delgado province
- 5. MUCUMBURA, PROVÍNCIA DE TETE
Mucumbura, Tete province
- 6. METENGOBALAME, PROVÍNCIA DE TETE
Metengobalame, Tete province
- 7. NINTULO, PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA
Nintulo, Zambézia province
- 8. LUGELA, PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA
Lugela, Zambézia province
- 9. BEIRA, PROVÍNCIA DE SOFALA
Beira, Sofala province
- 10. ESTATUENE, PROVÍNCIA DE MAPUTO
Estatuene, Maputo province
- 11. CHINTHOLO, PROVÍNCIA DE TETE
Chintholo, Tete province

FORAM IDENTIFICADOS E VISITADOS
MAIS DE 60 LOCAIS AO LONGO
DE MAIS DE 8.500 KM EM TODO O
TERRITÓRIO MOÇAMBICANO

MORE THAN 60 SITES WERE
IDENTIFIED AND VISITED ALONG
MORE THAN 8,500 KM ACROSS
THE MOZAMBICAN TERRITORY



O primeiro mapeamento do potencial eólico para Moçambique foi realizado a partir do modelo de Mesoscala MM5, com base nos dados globais do Projecto Reanalysis NCEP/NCAR.

Com base no mapeamento de vento em mesoescala, das principais condicionantes ambientais, legais e técnicas, bem como da orografia, foram identificados e visitados mais de 60 locais ao longo de mais de 8.500 km em todo o território moçambicano. Foram seleccionadas 35 localizações onde foram instaladas estações meteorológicas para medição do recurso eólico.

Durante mais de um ano foram recolhidos e analisados mensalmente os dados de medição das 35 estações.

The first mapping of wind resource for Mozambique was developed using the Mesoscale model MM5, based on global data from Reanalysis Project NCEP/NCAR.

Based on the mesoscale wind mapping and the major environmental, legal, technical and topography constraints, more than 60 sites were identified and visited along more than 8,500 km across the mozambican territory. In 35 selected locations meteorological stations were installed to measure the wind resource.

For more than one year, measurement data from the 35 stations was collected and analyzed on a monthly basis.

ESTUDO DO RECURSO EÓLICO

Com base nas medições do recurso eólico, registadas ao longo de mais de um ano, e tendo em conta as principais restrições e condicionantes, foram seleccionados os locais com maior potencial para o desenvolvimento de parques eólicos.

Para estes locais foi simulada a velocidade média do vento utilizando grelhas de recurso com uma resolução entre 10 x 10 m e 20 x 20 m para áreas entre os 100 km² e os 400 km² em redor das estações de medição.

Com o resultado do mapeamento das velocidades médias do vento, e tendo em linha de conta as perdas por efeitos de esteira entre os aerogeradores, foram optimizadas as localizações dos aerogeradores e simuladas as estimativas de produção eólica aerogerador a aerogerador.

WIND RESOURCE STUDY

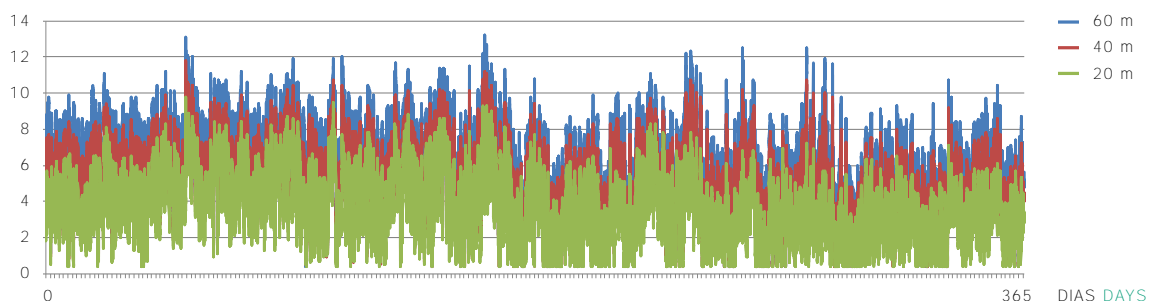
Based on the wind resource measurements, recorded over more than one year, and taking into account the main constraints, the sites with the greatest potential for wind farm development were selected.

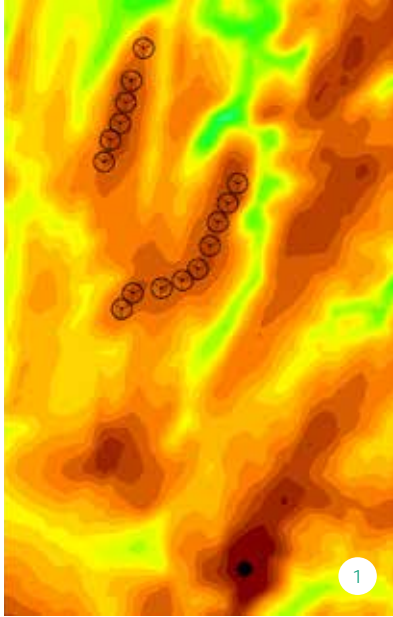
For these locations the average wind speed was simulated using a grid resource with a resolution between 10 x 10 m e 20 x 20 m for areas between 100 km² and 400 km² around the measuring stations.

With the result of the wind speed average mapping, and taking into account the wake losses effects between the turbines, the locations of the wind turbines were optimized and the estimates of wind power generation were simulated for each turbine.

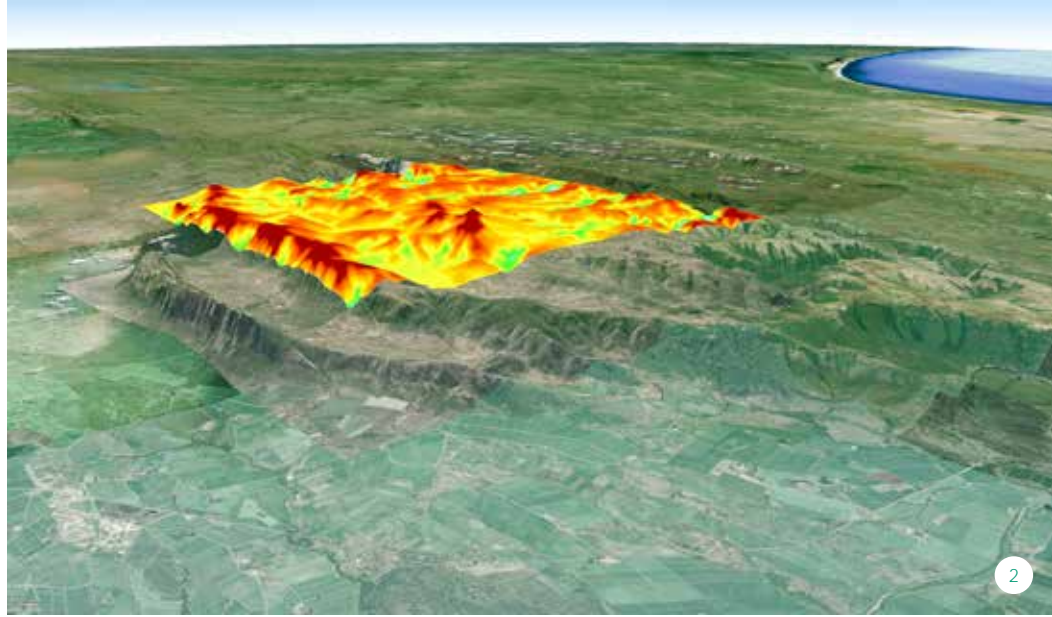
EXEMPLO DE OPTIMIZAÇÃO DE CONFIGURAÇÃO DE PARQUE EÓLICO: NAMAACHA EXAMPLE OF WIND FARM LAYOUT OPTIMIZATION: NAMAACHA

VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO (m/s)
AVERAGE WIND SPEED (m/s)

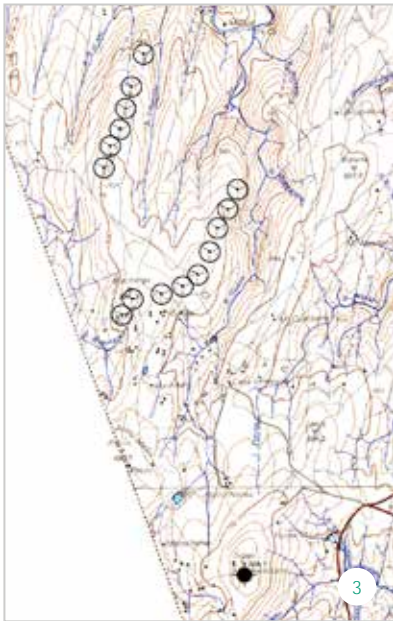




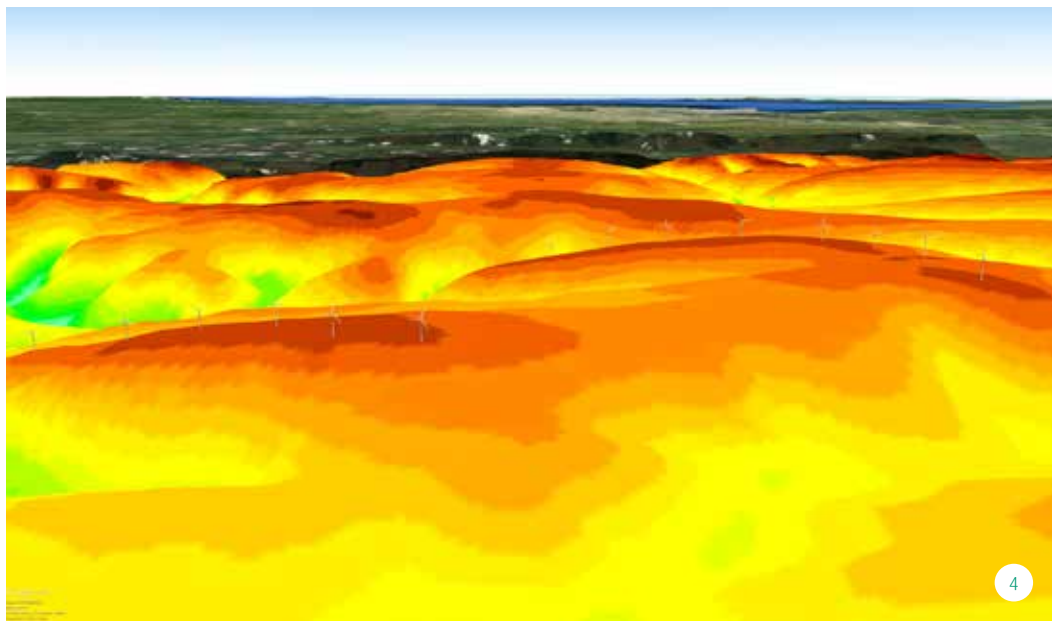
1



2



3



4



5

VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO A 80 M A.G.L. (M/S)
WIND AVERAGE SPEED AT 80 M A.G.L. (M/S)



 TORRE DE MEDIÇÃO
METEOROLOGICAL MAST

 AEROGERADORES
WIND TURBINES

1. SIMULAÇÃO DOS AEROGERADORES SOBRE GRELHA DE RECURSO
Wind turbines simulation on resource grid

2. GRELHA DE RECURSO SOBRE OROGRAFIA 3D
Resource grid in 3D orography

3. SIMULAÇÃO DOS AEROGERADORES SOBRE CARTA MILITAR 1/50.000
Wind turbines simulation on military map 1/50.000

4. SIMULAÇÃO DE AEROGERADORES SOBRE GRELHA DE RECURSO EM OROGRAFIA 3D
Wind turbines simulation on resource grid in 3D orography

5. TORRE DE MEDIÇÃO
Meteorological Mast

4,5 GW DE CAPACIDADE TOTAL,
DOS QUAIS 1,1 GW COM
POTENCIAL DE LIGAÇÃO IMEDIATA
À REDE

4.5 GW TOTAL CAPACITY,
FROM WHICH 1.1 GW WITH
POTENTIAL FOR IMMEDIATE
GRID CONNECTION

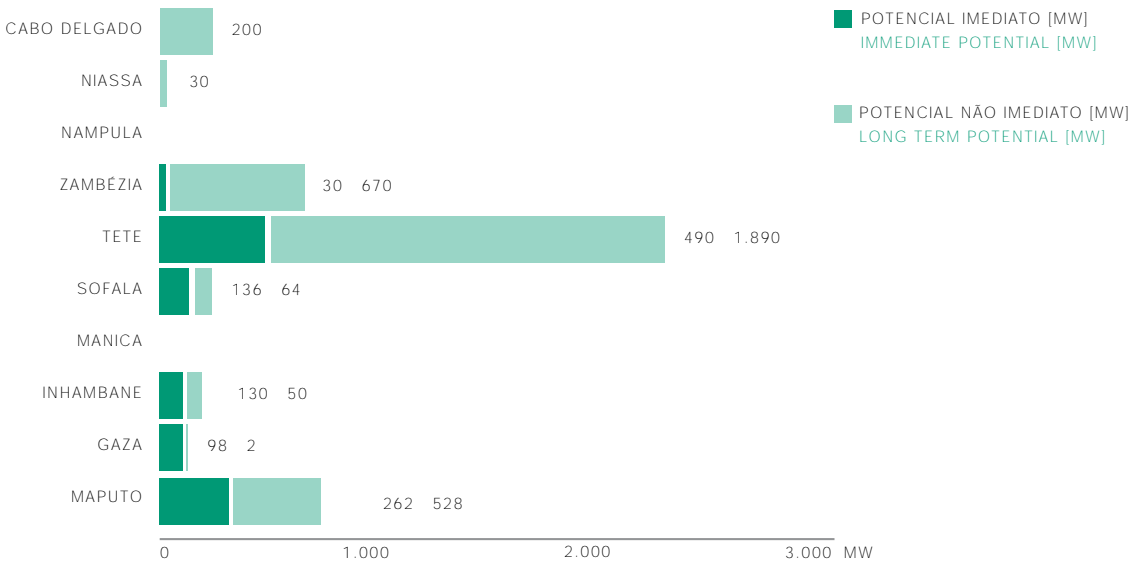
Dos 1,1 GW de projectos com potencial de ligação imediata à rede, cerca de 230 MW são considerados projectos com elevado potencial, caracterizando-se por apresentar mais de 3.000 horas equivalentes à potência nominal (NEPs).

From the 1.1 GW of projects with potential for immediate grid connection, about 230 MW are considered projects with high potential, characterized by having more than 3,000 equivalent hours at rated power (NEPs).

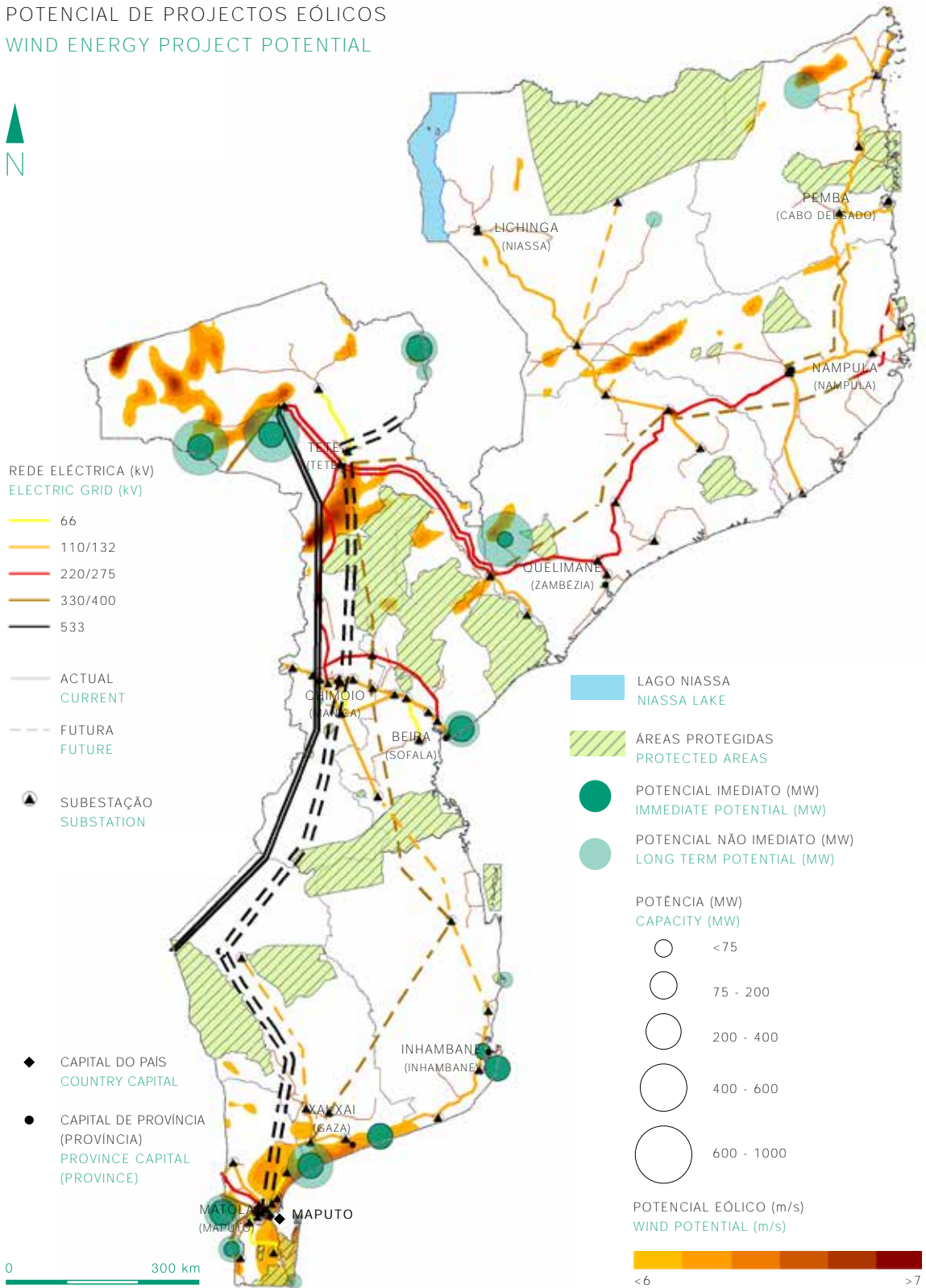
The remaining 3.4 GW of potential wind projects identified present as major constraint to their development the weak Mozambique grid.

Os restantes 3,4 GW de potenciais projectos eólicos identificados apresentam como principal constrangimento ao seu desenvolvimento a débil rede eléctrica de Moçambique.

POTENCIAL DE PROJECTOS EÓLICOS
WIND PROJECT POTENTIAL



POTENCIAL DE PROJECTOS EÓLICOS
WIND ENERGY PROJECT POTENTIAL



OS MELHORES PROJECTOS PODEM SER COMPETITIVOS COM A GERAÇÃO CONVENCIONAL

As províncias com o melhor recurso são Maputo e Gaza onde a velocidade média do vento registada supera os 7 metros por segundo e vários projectos superam as 3.000 NEPs.

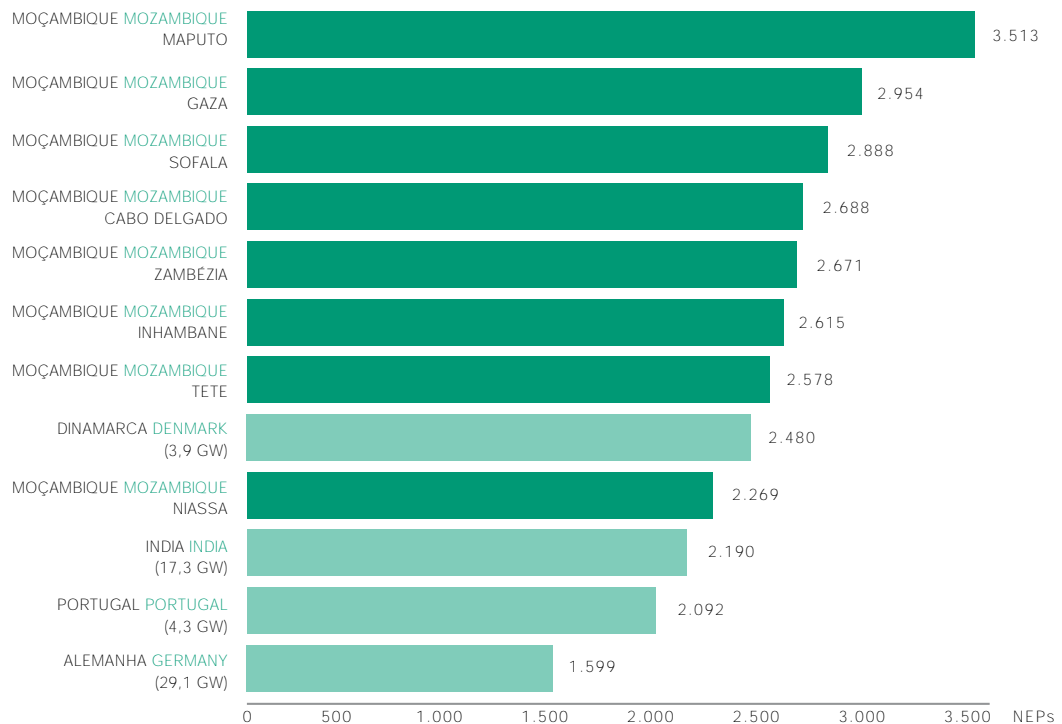
Adicionalmente a Maputo e Gaza, os projectos identificados e estudados nas províncias de Sofala, Cabo Delgado, Zambézia, Inhambane e Tete todos superam as 2.500 NEPs, valor superior à média verificada em vários países onde a energia eólica apresenta elevada penetração.

THE BEST PROJECTS CAN BE COMPETITIVE WITH CONVENTIONAL GENERATION

The provinces with the best wind resource are Maputo and Gaza where average wind speed goes above 7 meters per second and several projects have more than 3,000 NEPs.

Additionally to Maputo and Gaza, the projects identified and studied in the provinces of Sofala, Cabo Delgado, Zambézia, Inhambane and Tete all have more than 2,500 NEPs, which is more than the average verified in several countries where wind power presents high penetration levels.

HORAS MÉDIAS DE PRODUÇÃO ANUAL AVERAGE HOURS OF ANNUAL PRODUCTION



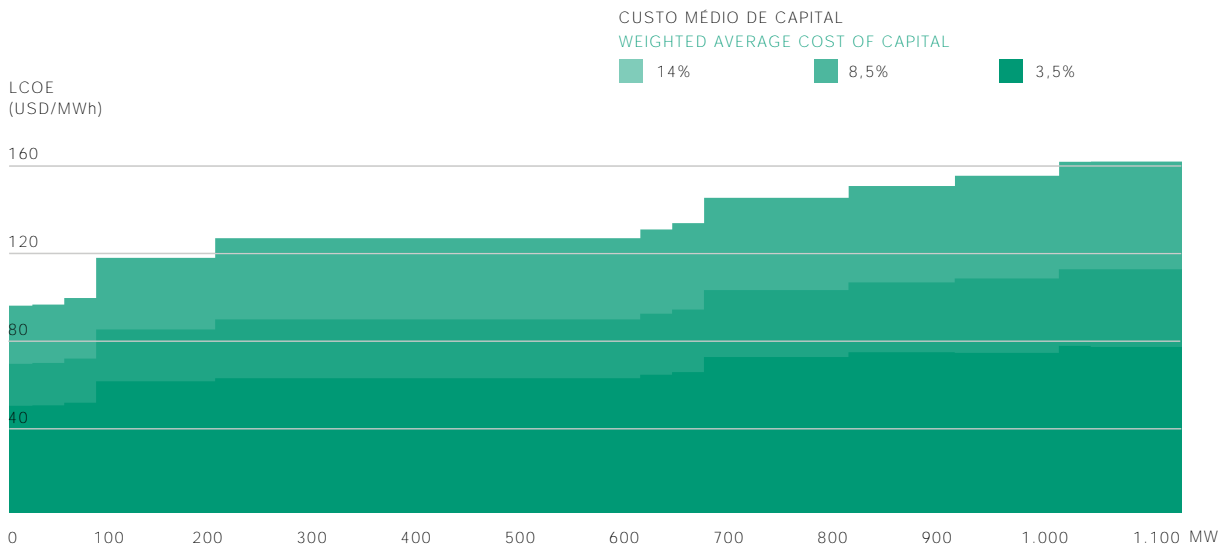
FONTES: GLOBAL WIND 2013 REPORT, GLOBAL ENERGY COUNCIL E GESTO ENERGIA.

SOURCES: GLOBAL WIND 2013 REPORT, GLOBAL ENERGY COUNCIL AND GESTO ENERGIA.

O recurso favorável e a proximidade à rede permitem produzir energia eléctrica em vários locais com valores entre os \$50 USD e os \$100 USD/MWh. O estudo realizado demonstra que é possível nos melhores locais e com estratégias de financiamento adequadas obter valores competitivos com as energias convencionais.

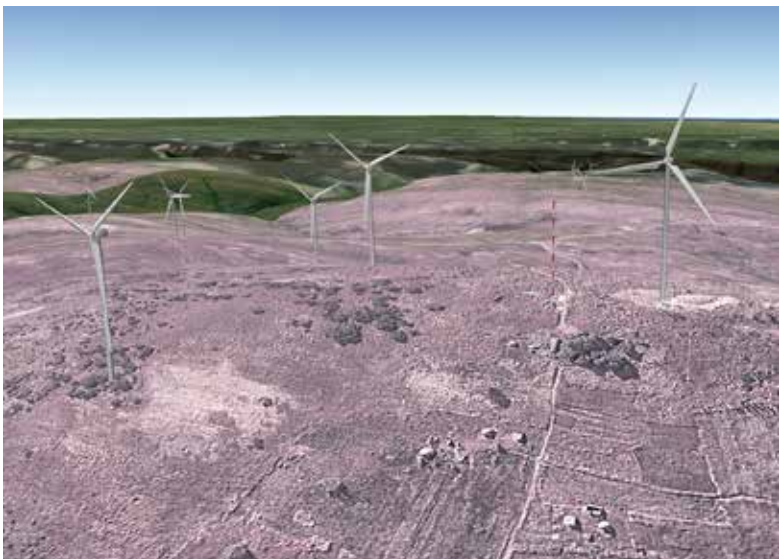
The favourable resource and the proximity to the power grid allow for power generation in several locations with costs between \$50 and \$100 USD/MWh. The developed study shows that in the best locations, with an adequate financing strategy, it is possible to obtain costs competitive to conventional energy.

CUSTO NIVELADO DE ENERGIA DOS PROJECTOS EÓLICOS LEVELIZED COST OF ENERGY OF WIND PROJECTS



Nota: Sem impostos.
Note: Without taxes.

PARQUE EÓLICO DA NAMAACHA 3: SIMULAÇÃO VISUAL 3D
Namaacha 3 Wind farm: 3D visual simulation



PARQUE EÓLICO DA LAGOA PATHI: SIMULAÇÃO VISUAL 3D
Pathi Lagoon Wind farm: 3D visual simulation





NEGUTURO, PROVINCIA DE NAMPULA
Neguturo, Nampula Province



RECURSOS RENOVÁVEIS
renewable resources

RECURSO SOLAR
solar resource

MOÇAMBIQUE TEM UM BOM RECURSO SOLAR, CONSISTENTE AO LONGO DO TERRITÓRIO E ESTÁVEL AO LONGO DO ANO

A radiação solar a uma escala global varia essencialmente em função da atmosfera, geometria e do movimento do planeta relativamente ao sol, sendo que numa escala local, a variação da radiação solar encontra-se maioritariamente associada à morfologia do terreno, ou seja, variações de elevação, declive, exposição e sombreamento.

Moçambique apresenta uma radiação global em plano horizontal elevada quando comparada com bons locais na Europa e Ásia, sendo bastante próxima de alguns dos melhores locais do mundo, como a África do Sul e a Califórnia.

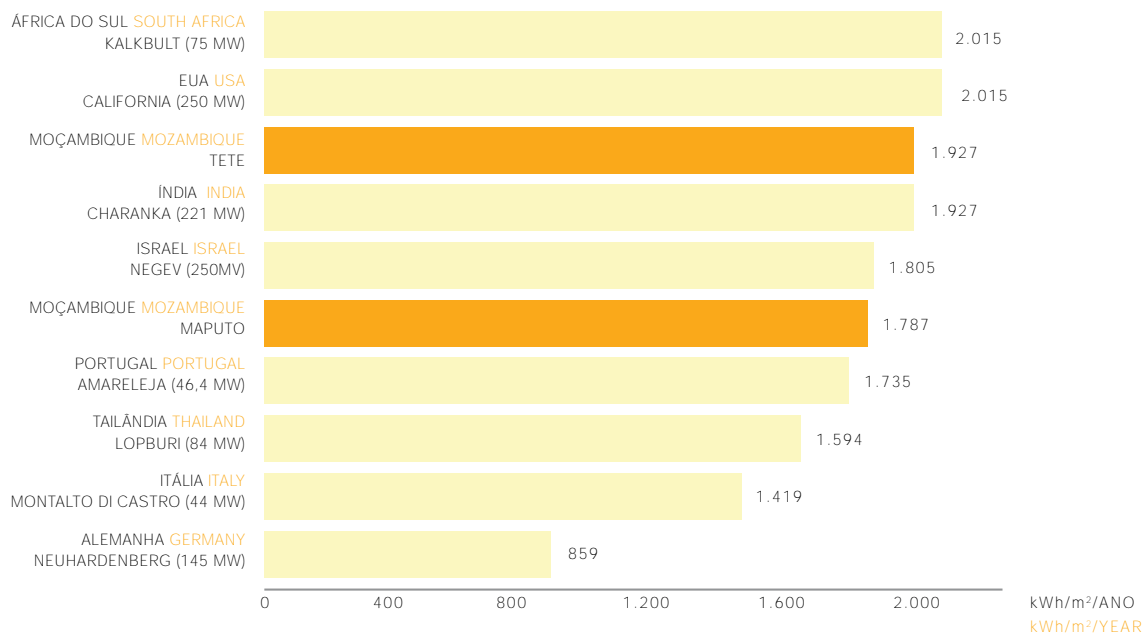
MOZAMBIQUE HAS A GOOD SOLAR RESOURCE, CONSISTENT THROUGHOUT THE TERRITORY AND STABLE THROUGHOUT THE YEAR

On a global scale, solar irradiation essentially depends on geometry and movement of the planet in relation to the sun, however on a local scale the changes in solar irradiation are mainly due to the topography, that is, variation in elevation, slope, aspect and shading.

Mozambique has high global irradiation on the horizontal plane when compared with other good locations in Europe and Asia, being quite close to some of the best locations in the world, like South Africa and California.



RADIAÇÃO SOLAR, COMPARAÇÃO
SOLAR IRRADIATION, BENCHMARK



FONTE: MÉDIA ANUAL DA RADIAÇÃO SOLAR PARA O PERÍODO 1990-2004 (15 ANOS DE REGISTOS); SODA; MINES PARISTECH E GESTO ENERGIA
 SOURCE: YEARLY AVERAGE OF SOLAR IRRADIATION FOR THE PERIOD 1990-2004 (15 YEARS); SODA; MINES PARISTECH AND GESTO ENERGIA



PRAIA DA BARRA, PROVÍNCIA DE INHAMBANE
Barra Beach, Inhambane province

ESTUDO DO RECURSO SOLAR

Foram recolhidos e analisados os dados de radiação global em plano horizontal de 11 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (período 1970-2000), e os dados disponibilizados pelo World Radiation Data Center (WRDC), para 17 estações de medição (entre 8 a 28 anos de registos existentes).

Foram instalados 16 piranómetros, em 12 localizações dispersas por todo o território e foram registadas medições com uma amostragem de 2 em 2 segundos e registo de 10 em 10 minutos, ao longo de mais de 1 ano.

Com base nos dados históricos e nas medições de radiação global em plano horizontal recolhidas na campanha de medição foram calibrados os dados de satélite para todo o território e calculada a radiação global em plano horizontal.

A parametrização do modelo de simulação para mapeamento da radiação em plano horizontal foi realizada com os dados de satélite de albedo, turbidez de Linke, índice de cobertura de nuvens (Helioclim-1) e topografia (SRTM).

SOLAR RESOURCE STUDY

Data from 11 meteorological stations of the Instituto Nacional de Meteorologia (between 1970-2000) and data provided by the World Radiation Data Center (WRDC), regarding 17 measuring stations (between 8 to 28 years of existing records), were collected and analyzed.

16 pyranometers were installed in 12 locations scattered throughout the territory with a sampling interval of 2 seconds and a 10 minute average interval record for over a year.

Historical data and measurements of surface solar radiation collected during the solar measuring campaign were used to calibrate satellite data for the whole territory and therefore to calculate global horizontal irradiation.

In order to map global horizontal irradiation, model parameterization was performed using satellite measurements of albedo, Linke turbidity, cloud index (Helioclim-1) and topography (SRTM).



PIRANÓMETRO, TORRE DE MEDIÇÃO, POMENE, PROVÍNCIA DE INHAMBANE
Pyranometer, measurement tower, Pomene, Inhambane province

O SOLAR É O PRINCIPAL RECURSO RENOVÁVEL DE MOÇAMBIQUE COM UM POTENCIAL DE 23 TW

Em Moçambique, a radiação global em plano horizontal varia entre os 1.785 e 2.206 kWh/m²/ano.

Com base na radiação global em plano inclinado, na análise de declive do terreno, densidade florestal e áreas inundadas, o potencial solar de Moçambique é de 23 TWp.

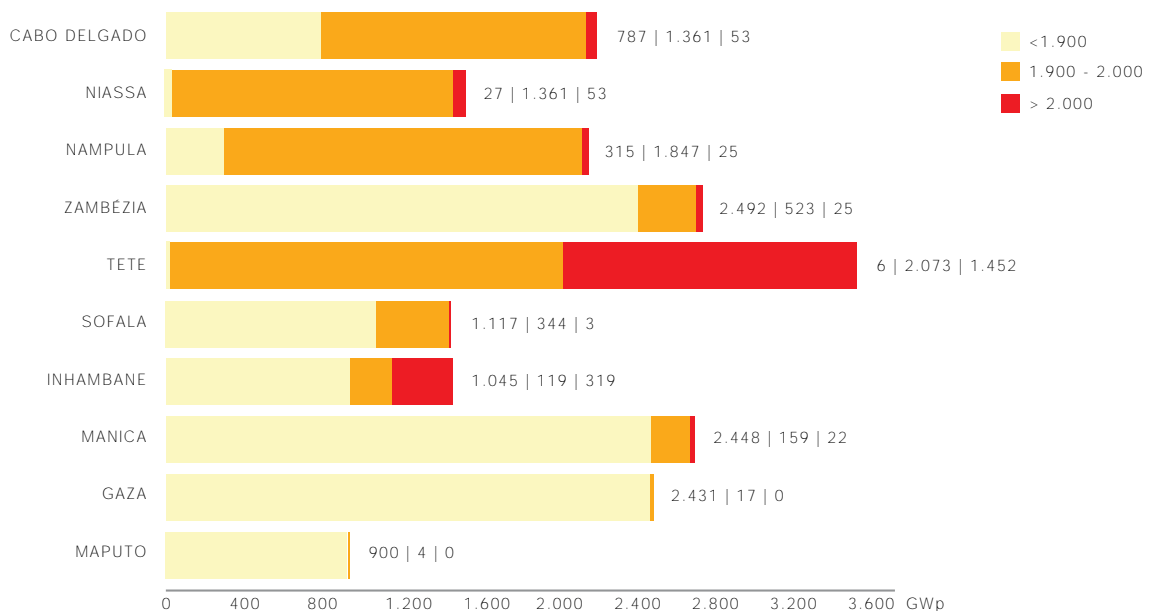
SOLAR IS THE PRIMARY RENEWABLE RESOURCE OF MOZAMBIQUE WITH A POTENTIAL OF 23 TW

In Mozambique the global horizontal irradiation varies between 1,785 and 2,206 kWh/m²/year.

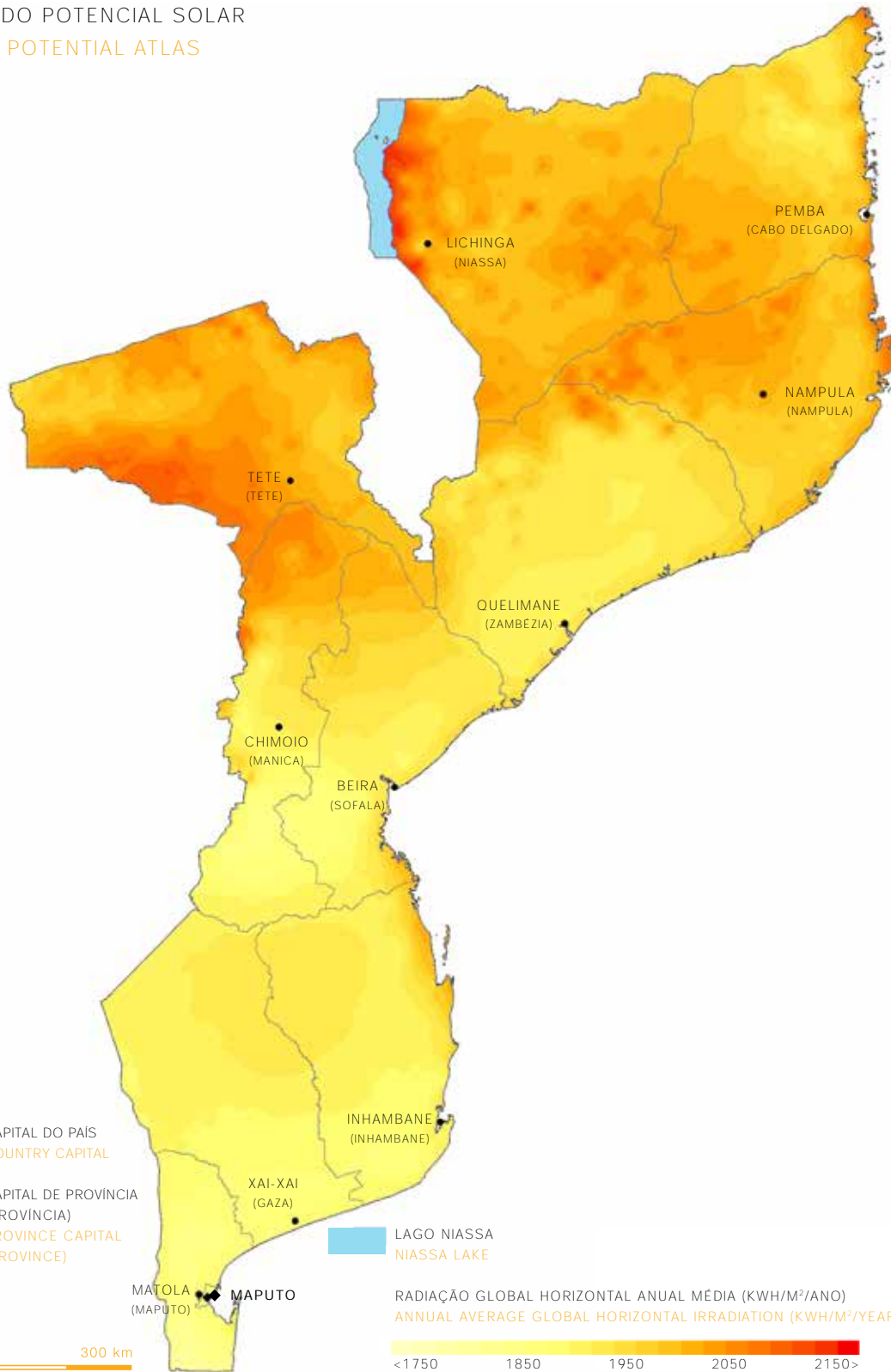
Based on the global irradiation on inclined surface, in the analysis of the terrain slope, forest density and flooded areas, the solar potential of Mozambique is 23 TWp.

POTENCIAL FOTOVOLTAICO
PHOTOVOLTAIC POTENTIAL

CLASSES DE RADIAÇÃO GLOBAL EM PLANO HORIZONTAL [kWh/m²/ANO]:
GLOBAL IRRADIATION ON HORIZONTAL PLANE CLASSES [kWh/m²/YEAR]:



ATLAS DO POTENCIAL SOLAR
SOLAR POTENTIAL ATLAS



MAIS DE 599 MW EM 43 PROJECTOS COM CAPACIDADE DE LIGAÇÃO À REDE

OVER 599 MW IN 43 PROJECTS WITH POTENTIAL GRID CONNECTION

O recurso solar oferece inúmeras possibilidades quer para ligação à rede, quer para projectos de electrificação rural (ver capítulo Energias Renováveis e Electrificação Rural).

Solar resource in Mozambique offers many possibilities for grid connection and rural electrification projects (see chapter Renewable Energies and Rural Electrification).

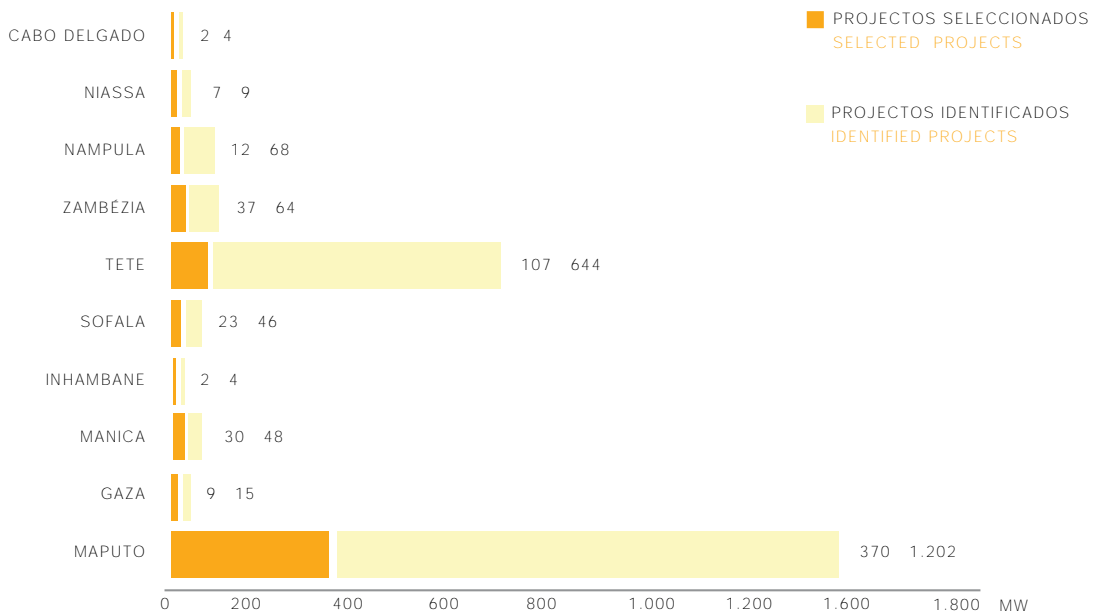
Com o objectivo de ligação à rede, sem recurso a baterias, foram identificados e estudados 189 locais com área suficiente para a instalação de 2,7 GW de solar fotovoltaico na proximidade de subestações existentes. Para cada subestação e com base na respectiva potência de curto circuito foram seleccionados os melhores projectos, num total superior a 599 MW.

For grid connection, without support of batteries, 189 locations were identified and studied, with sufficient area to install 2.7 GW of solar PV close to existing substation. For each substation, considering short circuit limits, the best projects were selected totalling more than 599 MW.

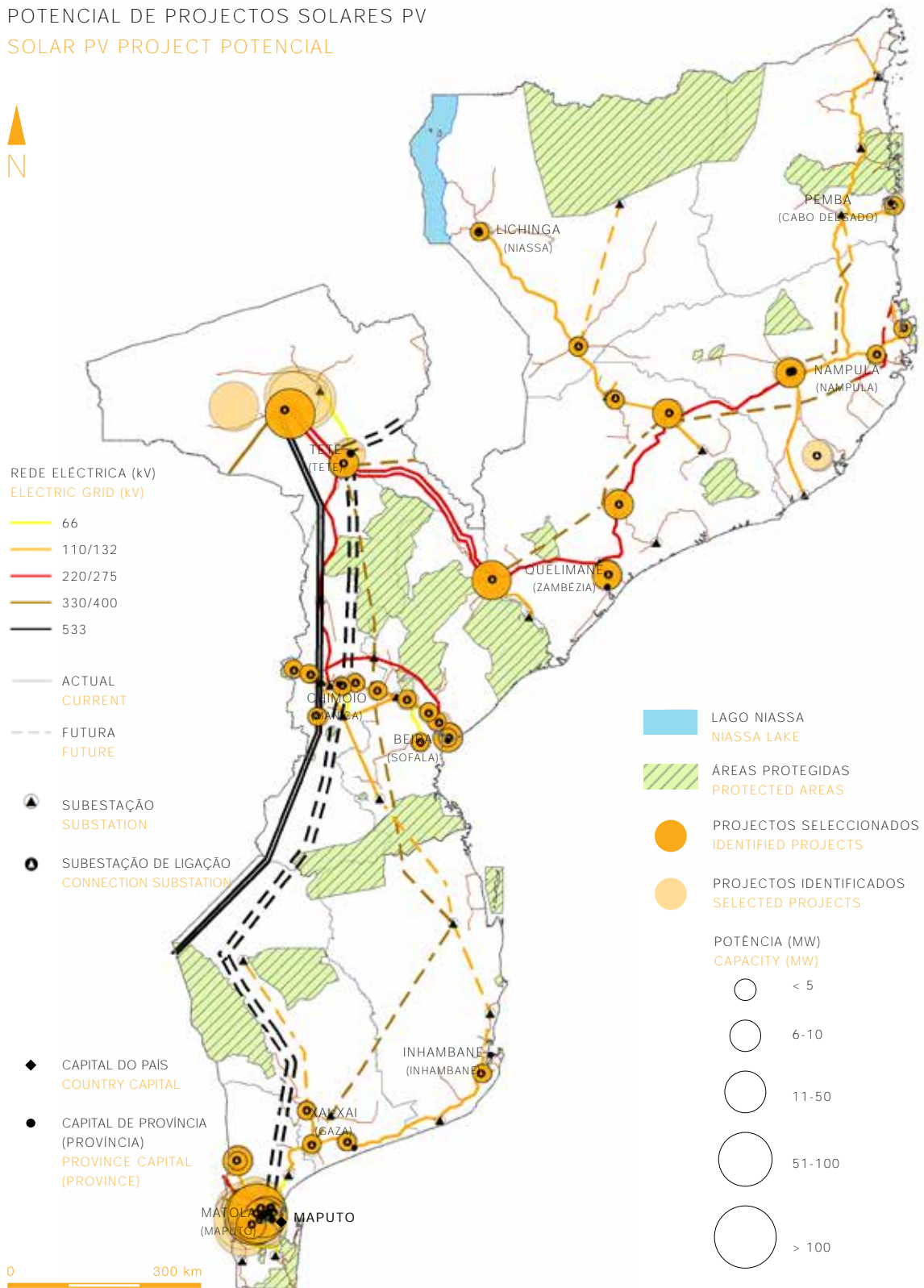
As províncias de Maputo e Tete são as que apresentam maior potencial para projectos solares ligados à rede, essencialmente devido à robustez das infra-estruturas de transporte.

The provinces of Maputo and Tete are the ones with the highest potential for grid connected solar projects, essentially due to the robustness of transport infra-structures.

POTENCIAL DE PROJECTOS SOLARES PV SOLAR PV PROJECT POTENTIAL



POTENCIAL DE PROJECTOS SOLARES PV
SOLAR PV PROJECT POTENCIAL



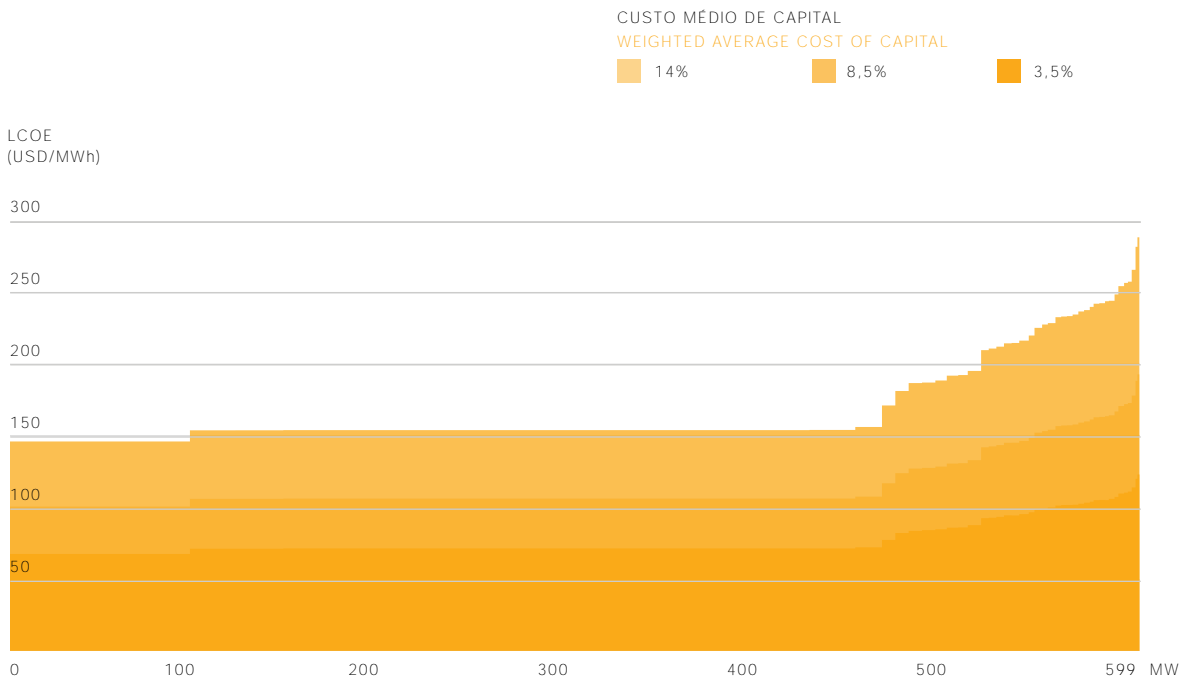
A ENERGIA SOLAR PODE SER COMPETITIVA COM FINANCIAMENTO E DIMENSÃO ADEQUADOS

A relativa uniformidade do recurso ao longo do território e a proximidade às subestações resulta num número significativo de projectos com custos similares de norte a sul do país. A principal diferença entre os projectos deve-se mais à dimensão do que ao recurso. Projectos com potências inferiores a 5 MW apresentam custos superiores aos de maior dimensão.

SOLAR ENERGY CAN BE COMPETITIVE WITH ADEQUATE FINANCING AND SIZE

The consistency of the solar resource throughout the country and the proximity to substations results in a large number of projects with similar costs from north to south. The main difference between projects is more because of size than of resource. Projects with capacity below 5 MW tend to be more expensive.

CUSTO NIVELADO DE ENERGIA DOS PROJECTOS SOLARES FOTOVOLTAÍCOS LEVELIZED COST OF ENERGY OF THE SOLAR PHOTOVOLTAIC PROJECTS



Nota: Sem impostos.
Note: Without taxes.

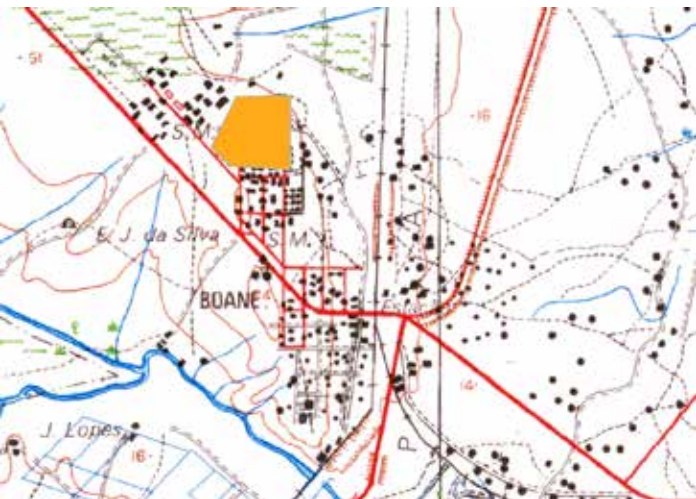
O custo dos projectos solares pode também variar muito com a taxa de financiamento devido ao elevado peso do investimento inicial. Uma adequada estratégia de financiamento, beneficiando de condições concessionais ou de crédito à exportação, poderá tornar a energia solar fotovoltaica competitiva.

A tecnologia tem sofrido fortes reduções de custo, que se espera que continuem a verificar-se nos próximos anos. Esta perspectiva, juntamente com a rapidez de implementação, tornam a energia solar uma solução cada vez mais atractiva para Moçambique.

Solar energy cost can also vary a lot according to financing cost given strong weight of initial investment. An adequate financing strategy, benefitting from concessional rates or export credits, could make solar power competitive.

PV technology has experienced strong cost reductions in recent past, which are expected to continue. These perspectives, together with fast deployment, make solar power a solution that will become even more attractive in years to come for Mozambique.

PARQUE SOLAR DE BOANE, PROVÍNCIA DE MAPUTO: IMPLANTAÇÃO SOBRE CARTA MILITAR E SIMULAÇÃO VISUAL 3D
Boane solar park, Maputo province: implantation on military map and 3D visual simulation



PARQUE SOLAR DA BEIRA, PROVÍNCIA DE SOFALA: IMPLANTAÇÃO SOBRE CARTA MILITAR E SIMULAÇÃO VISUAL 3D
Beira solar park, Sofala province: implantation on military map and 3D visual simulation





SECAGEM NATURAL DE COCOS. QUELIMANE, PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA
Natural coconut drying, Quelimane, Zambézia province



RECURSOS RENOVÁVEIS
renewable resources

RECURSO BIOMASSA
biomass resource

MOÇAMBIQUE TEM DIFERENTES
RECURSOS DE BIOMASSA PARA
PRODUÇÃO DE ELECTRICIDADE

MOZAMBIQUE HAS DIFFERENT
BIOMASS RESOURCES FOR
ELECTRICITY GENERATION

PLANTAÇÃO DE CHÁ, GURUE, PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA
Tea plantation, Gurué, Zambézia province

Biomassa florestal:

Proveniente dos resíduos lenhosos da exploração convencional da madeira ou plantações dedicadas.

Biomassa de resíduos industriais e agroindustriais:

Resíduos das explorações agroindustriais, materiais residuais das indústrias transformadoras da madeira e matérias vegetais.

Cogeração na indústria da pasta de papel:

Materiais residuais do processo de cozedura da madeira designados de “licores negros”.

Indústria açucareira:

Utilização do bagaço residual, resultante do processo de moagem da cana, para produção de energia em cogeração. A folhagem de cana-de-açúcar também poderá ser aproveitada.

RSU:

Através da incineração com produção de energia eléctrica ou através da sua deposição em aterros sanitários para a produção de biogás.

Outros para off grid:

O biogás de pequenas e médias explorações pecuárias. A queima de óleos vegetais de coco ou jatropa em motores dedicados (desenvolvido no capítulo Energias Renováveis e Electrificação Rural).

Forest biomass:

Of woody residues from conventional logging or from dedicated plantations.

Biomass from industrial and agroindustrial wastes:

Agroindustrial waste from farms, waste materials from manufacturing industries of wood and plant materials.

Cogeneration in the pulp industry:

Waste materials from the wood firing process referred to as “black liquor”.

Sugar industry:

Residual bagasse resulting from the sugarcane crushing process is used to produce energy in cogeneration. Sugar cane foliage could also be used for power generation.

MSW:

Through incineration with energy production or by deposition in landfills for the production of biogas.

Other for off-grid:

Biogas from small and medium livestock holdings. Also the utilization of vegetable oils extracted for coconut or jatropa in dedicated engines (developed in the Renewable Energies and Rural Electrification chapter).

BIOMASSA FLORESTAL FOREST BIOMASS

MOÇAMBIQUE TEM ACTUALMENTE ATRIBUÍDOS MAIS DE 1,7 MILHÕES DE HECTARES PARA PLANTAÇÕES FLORESTAIS E APRESENTA CONDIÇÕES EXCEPCIONAIS EM INCREMENTO ANUAL PARA DESENVOLVIMENTO DE PLANTAÇÕES DEDICADAS

MOZAMBIQUE CURRENTLY HAS MORE THAN 1.7 MILLION HECTARES OF FOREST PLANTATION CONCESSIONS AWARDED AND HAS ABOVE AVERAGE ANNUAL INCREMENT CONDITIONS FOR DEDICATED PLANTATIONS

A biomassa de origem florestal, utilizada como fonte de energia para a produção de electricidade ou calor, pode ser proveniente dos sobrantes ou resíduos lenhosos da exploração convencional da madeira (os ramos, bicadas e copas dos cortes florestais ou das árvores eliminadas nos desbastes) ou proveniente da totalidade da matéria das árvores que são colhidas após plantação dedicada à exploração florestal para fins energéticos. A sua utilização como fonte energética ocorre normalmente em centrais de produção de energia eléctrica através da sua queima em caldeiras que produzem vapor que, uma vez expandido, gera electricidade. Estas centrais devem localizar-se nas imediações de territórios com concessões de exploração e/ou plantações florestais.

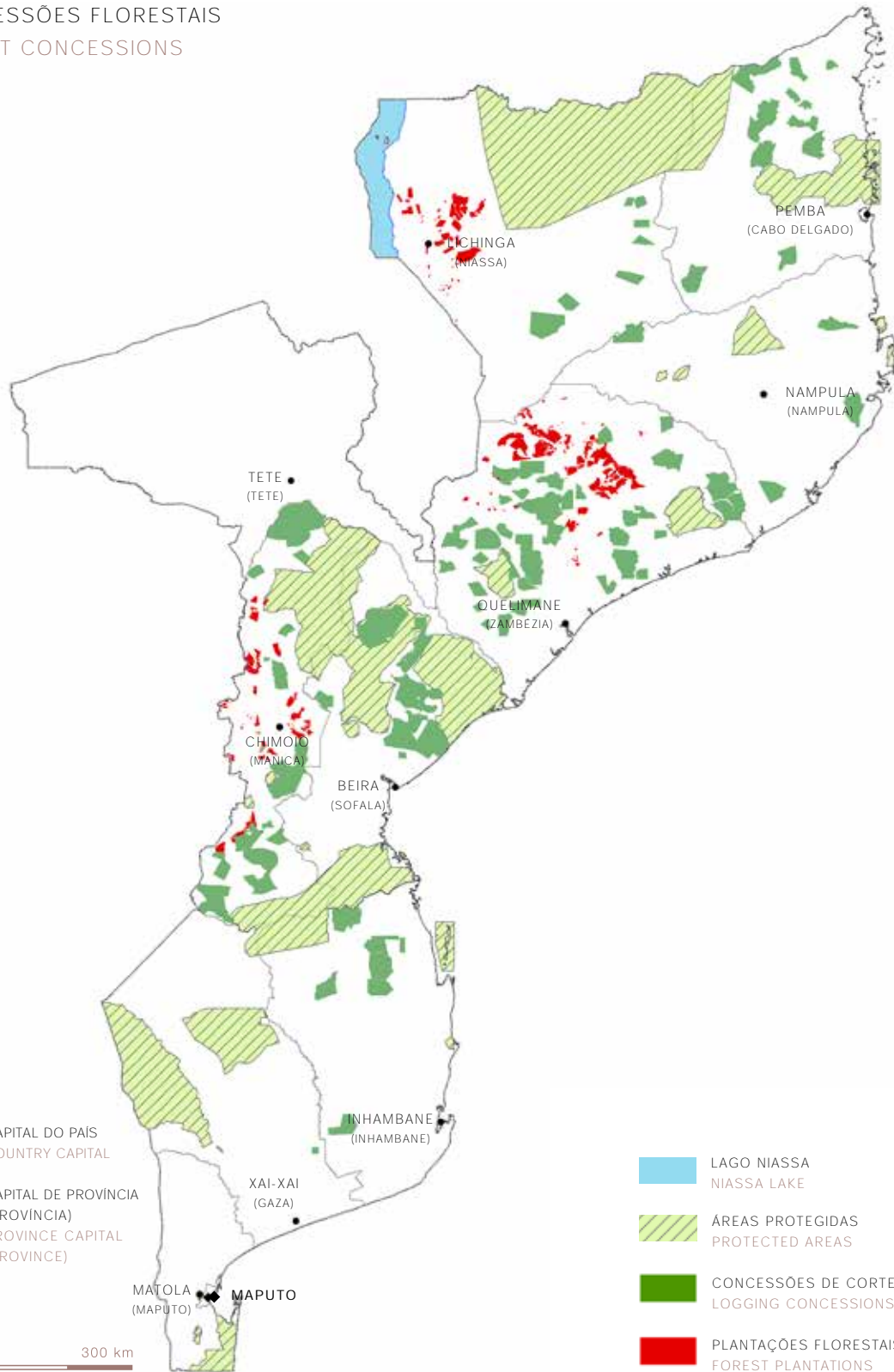
The forest biomass, used as an energy source to produce electricity or heat, can be derived from conventional logging woody surplus or residues (branches and canopies from forest cuts or from trees removed in thinning) or from entire trees from dedicated forest plantations.

Its use as an energy source usually occurs in electricity power plants by burning it in boilers to produce steam that once expanded, generates electricity. These plants should be located in the vicinity of areas with forest concessions and/or forest plantations.



PLANTAÇÃO FLORESTAL, CUAMBA, PROVÍNCIA DO NIASSA
Forest plantation, Cuamba, Niassa province

CONCESSÕES FLORESTAIS
FOREST CONCESSIONS



BIOMASSA DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E AGROINDUSTRIAIS INDUSTRIAL AND AGROINDUSTRIAL WASTE BIOMASS

Outros tipos de biomassa encontrados em Moçambique podem ser utilizados como fonte de energia complementar à biomassa florestal.

Daqui destacam-se os resíduos das explorações agroindustriais (casca de arroz, casca de coco e outras), os materiais residuais das indústrias transformadoras da madeira (serrins das serrações, fábricas de mobiliário e carpintaria), bem como a utilização de matérias vegetais na remoção e conversão de palmares em declínio afectados por doenças.

Other types of biomass found in Mozambique can be used as a complementary energy source to forest biomass.

From these stand out the residues from agro-industries (rice husk, coconut shell and other materials), waste from wood manufacturing industries (sawdust from sawmills, furniture factories and carpentry) as well as the use of plant materials in the removal and conversion of declining palm affected by diseases.



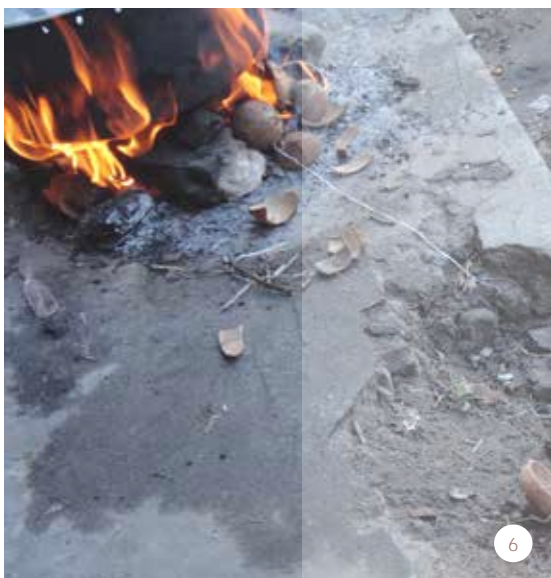
COGERAÇÃO NA INDÚSTRIA DA PASTA DE PAPEL PAPER PULP INDUSTRY COGENERATION

Na indústria de produção de pasta de papel (indústria da celulose) são utilizados os materiais residuais do processo de cozedura da madeira designados “licores negros” que são queimados em caldeiras de recuperação que produzem vapor para utilização como fonte de energia térmica para o processo e energia eléctrica.

Este tipo de produção pode ser competitiva, e existem planos para instalação de projectos em Moçambique que podem constituir fontes de geração futura.

In paper pulp production industry (pulp industry), waste materials from the cooking process called “black liquor”, which are burned in recovery boilers to produce steam to be used as thermal energy source, are used for the process and for electric power production.

This type of cogeneration can be competitive and there are currently plans to install such units in Mozambique which may become electricity generation units in the future.



1. AMARELECIMENTO LETAL DO PALMAR, ZALALA, PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA

Palm lethal yellowing, Zalala, Zambézia province

2. PROCESSAMENTO DO CAJÚ, NAMECIL, PROVÍNCIA DE NAMPULA

Cashew processing, Namecil, Nampula province

3. PROCESSAMENTO DE ARROZ, NICOADALA, PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA

Rice processing, Nicoadala, Zambézia province

4. RECOLHA DE SERRIM EM SERRAÇÃO PARA USO ENERGÉTICO, ARREDORES DE MAPUTO

Collection of sawdust in sawmills for energy use, near Maputo

5. CARVÃO VEGETAL DA CASCA DE COCO, QUELIMANE, PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA

Charcoal from coconut shell, Quelimane, Zambézia province

6. CASCA DE COCO COMO FONTE DE ENERGIA PRIMÁRIA, QUELIMANE, PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA

Coconut shell used as primary energy source, Quelimane, Zambézia province

INDÚSTRIA AÇUCAREIRA SUGAR INDUSTRY

MOÇAMBIQUE TEM UMA FORTE TRADIÇÃO NA PRODUÇÃO DE AÇÚCAR COM 4 UNIDADES FABRIS ACTUALMENTE EM OPERAÇÃO E MAIS DE 40.000 HECTARES JÁ PLANTADOS. O PAÍS APRESENTA ÓPTIMAS CONDIÇÕES PARA A EXPANSÃO DESTE TIPO DE CULTURA

Tradicionalmente, o bagaço (matéria residual resultante do processo de moagem da cana) é utilizado para produzir energia em cogeração, fornecendo vapor para o processo fabril e para a produção de electricidade.

É possível quase duplicar a potência aproveitando a folhagem que hoje em dia é queimada nos campos, salvaguardando as questões de segurança.

MOZAMBIQUE HAS A STRONG TRADITION IN SUGAR PRODUCTION WITH 4 INDUSTRIAL UNITS CURRENTLY IN OPERATION AND A TOTAL PLANTATION AREA OF MORE THAN 40,000 HECTARES. THE COUNTRY OFFERS EXCELLENT CONDITIONS FOR FURTHER GROWTH OF SUGAR CROPS

Traditionally, the bagasse (waste material resulting from the sugarcane crushing process) is used to produce energy in cogeneration, providing steam for the manufacturing process and for the electrical power production.

It is possible to almost double the power advantage of the foliage that nowadays is burned in the fields, safeguarding security issues.

1-2. INDÚSTRIAS DO AÇÚCAR, PROVÍNCIA DE MAPUTO
Sugar industries, Maputo province



RSU - RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
MSW - MUNICIPAL SOLID WASTE

Não existindo em Moçambique um sistema de recolha selectiva de lixos, os RSU são actualmente depositados em lixeiras a céu-aberto, sem qualquer aproveitamento energético.

Dado o seu elevado conteúdo em matéria biodegradável, os RSU podem ser considerados como fonte renovável de energia.

O seu aproveitamento energético pode ser realizado através da sua incineração com produção de energia eléctrica ou através da sua deposição em aterros sanitários para a produção de biogás.

There is no selective waste collection system in Mozambique. Municipal Solid Waste (MSW) is currently deposited in open-air dumps without any energy recovery.

Given its high content of biodegradable matter, MSW can be considered as a renewable energy source.

Its energy recovery can be achieved through its incineration with electrical energy production or by deposition in landfills for the production of biogas.

3. PLANTAÇÃO DE CANA DE AÇÚCAR, PROVÍNCIA DE MAPUTO
Sugarcane plantation, Maputo province

4. DEPÓSITO DE LIXO URBANO, ARREDORES DE MAPUTO
Urban waste deposit, near Maputo



ESTUDO DO RECURSO BIOMASSA

OS PRINCIPAIS RECURSOS
ENERGÉTICOS SÃO A BIOMASSA
FLORESTAL E A INDÚSTRIA
AÇUCAREIRA

O Atlas do potencial de biomassa para produção de electricidade resulta da combinação do potencial agregado de biomassa florestal num raio de 50 km com o potencial de plantação de cana de açúcar num raio de 20 km.

Para tal, foi realizado o mapeamento do incremento médio anual disponível de biomassa com base no inventário florestal, declive, precipitação, interpretação de imagens de satélite e principais condicionantes.

O potencial de biomassa é superior no Norte do país devido a um maior índice de precipitação e condições endo-climáticas favoráveis, com especial destaque para as províncias da Zambézia e Niassa, no caso do recurso florestal. Relativamente ao açúcar, as maiores áreas encontram-se no delta do rio Zambeze e a sul, no delta do rio Limpopo.

BIOMASS RESOURCE STUDY

FOREST BIOMASS AND SUGAR
CANE INDUSTRY ARE THE MAIN
ENERGY RESOURCES

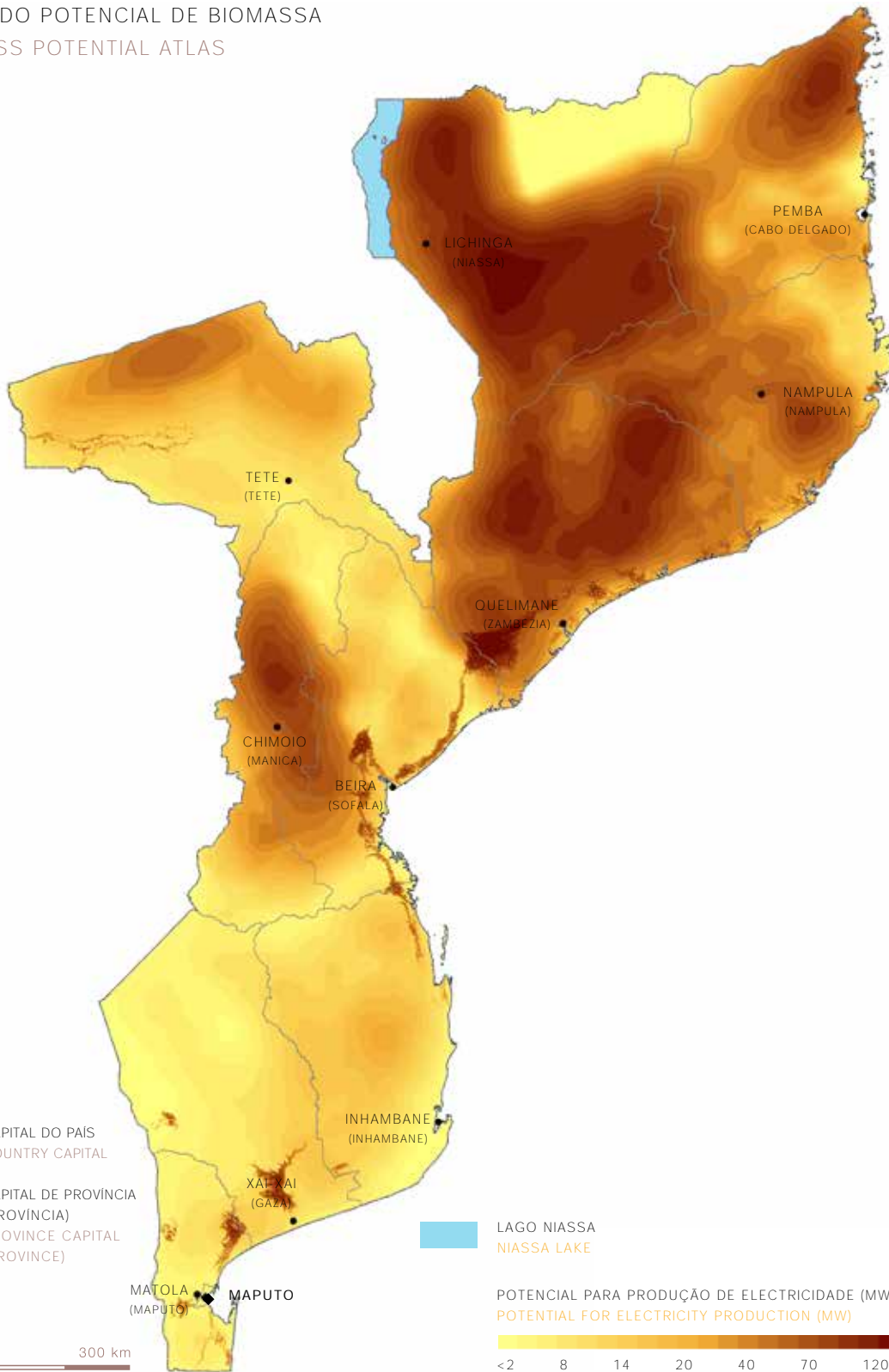
The biomass electricity generation potential Atlas results from the combination of the aggregated potential from forest biomass in a 50 km radius with the potential for sugar cane plantations within a 20 km radius. The study has mapped the available biomass annual average increment based on forest inventory, slope, rainfall, satellite image interpretation and main constrains.

The biomass potential is higher in the north of the country mostly due to higher rainfall levels and favorable climate conditions, particularly in the case of forest biomass resource in the Zambézia and Niassa provinces. Regarding sugar production, the largest areas can be found in the Zambezi river delta and in the south in the Limpopo river delta.



PLANTAÇÃO FLORESTAL, GURUÉ, PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA
Forest plantation, Gurué, Zambézia province

ATLAS DO POTENCIAL DE BIOMASSA
BIOMASS POTENTIAL ATLAS



2 GW DE POTÊNCIA DOS QUAIS APENAS 128 MW VIÁVEIS A CURTO PRAZO

Mozambique tem um potencial superior a 2 GW de projectos de biomassa:

- 1.006 MW de biomassa florestal residual com algum potencial para incorporação de resíduos agroindustriais;
- 832 MW em açucareiras;
- 280 MW na indústria da pasta de papel;
- 63 MW em RSU.

O maior potencial situa-se na província da Zambézia, seguida de Sofala e Niassa. No entanto, as ainda recentes explorações florestais no norte, a incerteza relativa à indústria da pasta, a necessidade de novas plantações de açúcar e os mecanismos de recolha de RSU existentes limitam o potencial a 128 MW em projectos viáveis a curto prazo.

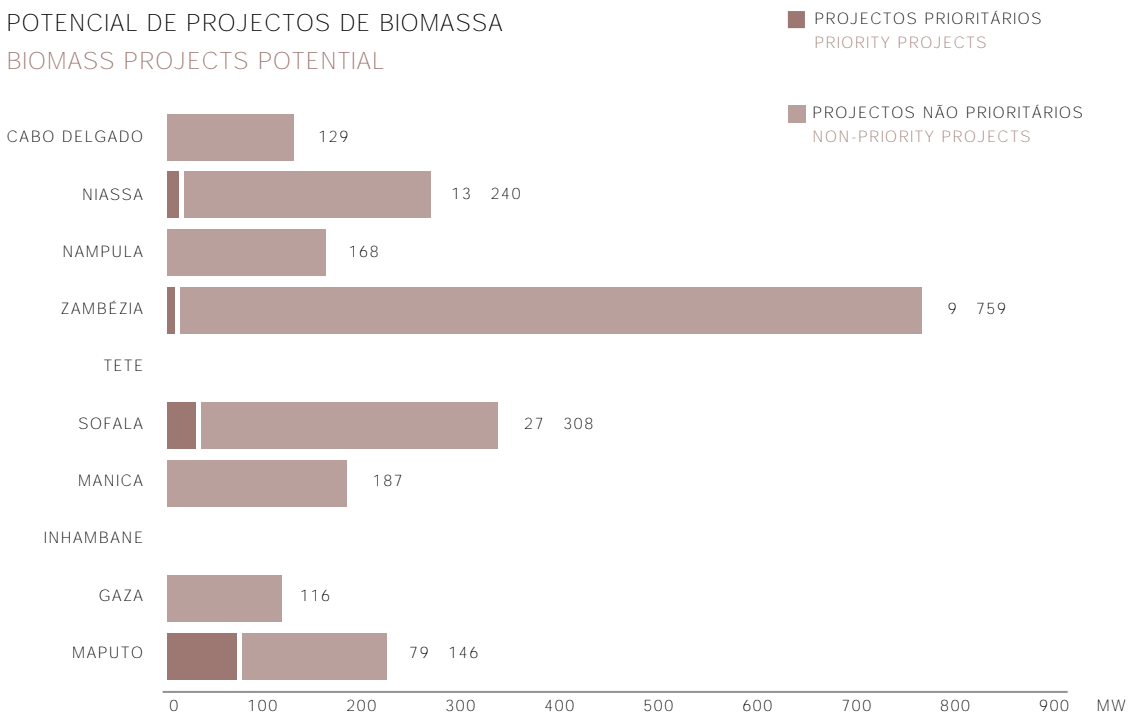
2 GW OF POTENTIAL FROM WHICH ONLY 128 MW ACTIONABLE IN THE SHORT TERM

Mozambique has a potential of biomass projects that exceeds 2 GW:

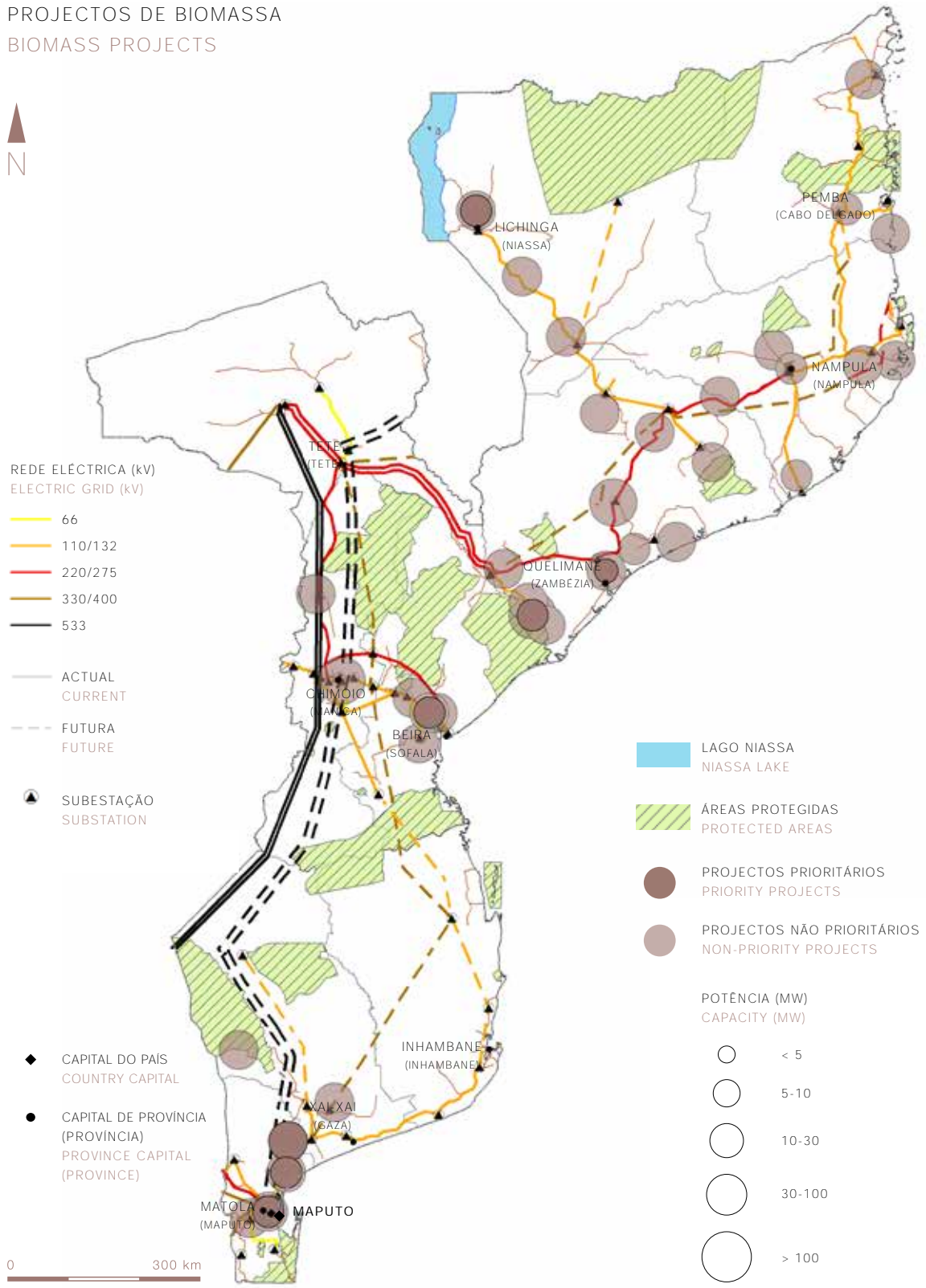
- 1,006 MW of residual forest biomass with some potential for development of agro-industrial waste;
- 832 MW in sugar;
- 280 MW in the pulp and paper industry;
- 63 MW in MSW.

The greatest potential lies in Zambézia province, followed by Sofala and Niassa. However, the recent forest holdings in the north, the uncertainty of the pulp industry, the need for new sugar plantations and the existing MSW collection mechanisms limit the potential of short-term viable projects to 128 MW.

POTENCIAL DE PROJECTOS DE BIOMASSA BIOMASS PROJECTS POTENTIAL



PROJECTOS DE BIOMASSA
BIOMASS PROJECTS



Os projectos de biomassa são os que apresentam os maiores custos variáveis e menor sensibilidade aos custos de financiamento.

A excepção são os projectos de RSU. A instalação de uma unidade de incineração de 30 MW em Matola com uma estratégia de financiamento adequada pode oferecer custos competitivos.

Os projectos de biomassa florestal prioritários apresentam custos superiores mas elevado interesse para a rede eléctrica, e para as regiões onde se inserem:

- no Niassa, o projecto permitiria escoar os resíduos das explorações florestais criando emprego e diminuindo o risco de incêndio;
- em Quelimane, a queima do palmar doente aceleraria a sua recuperação e a utilização de resíduos ajudaria as indústrias locais.

Ao nível das açucareiras existentes, os projectos propostos resultam do fim das queimadas e da recolha das folhagens juntamente com a cana para sua separação e posterior utilização energética. Estes projectos têm o interesse de poder gerar muitos empregos desde que salvaguardadas condições de segurança para os trabalhadores no corte e recolha da cana.

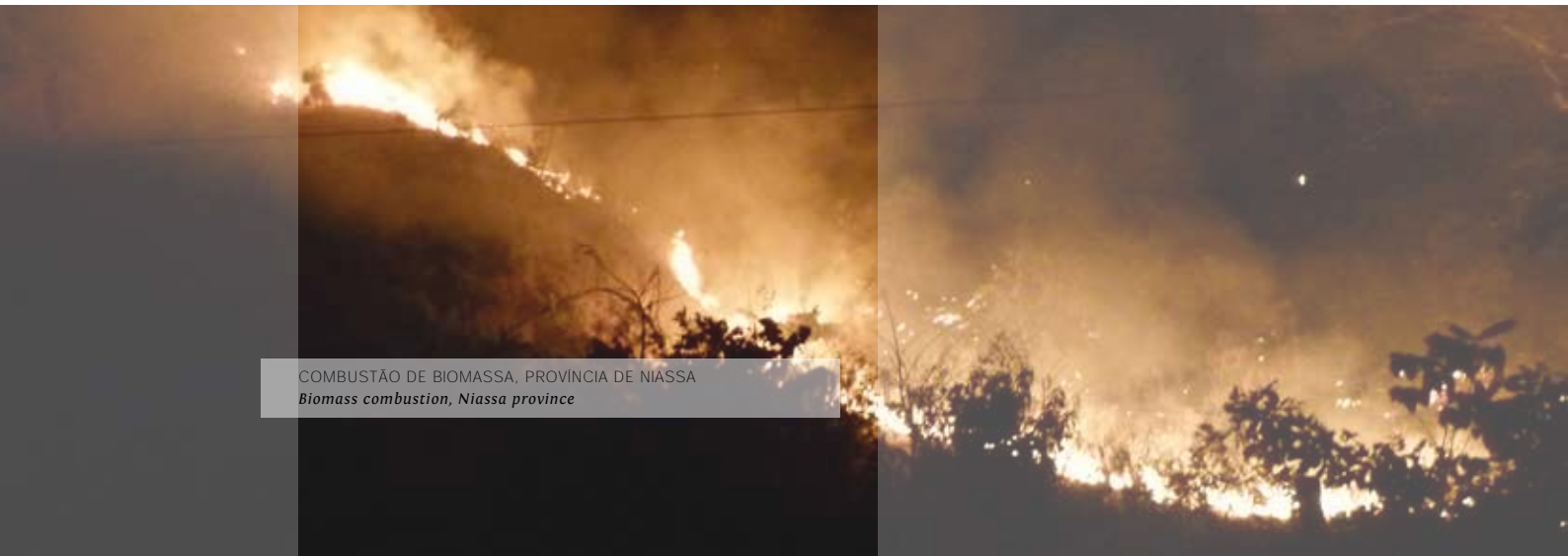
Biomass projects are those with the highest variable costs and lower sensitivity to financing costs.

The exception are the MSW projects. Installation of an incineration plant of 30 MW in Matola with an adequate funding strategy can offer competitive costs.

The priority forest biomass projects have higher costs but high interest to the electric grid and to the regions in which they are located:

- in Niassa, the project would allow to take waste out of the forest creating jobs and reducing the risk of fire;
- in Quelimane, burning the coconut trees with disease would accelerate its recovery and the use of waste would help local industries.

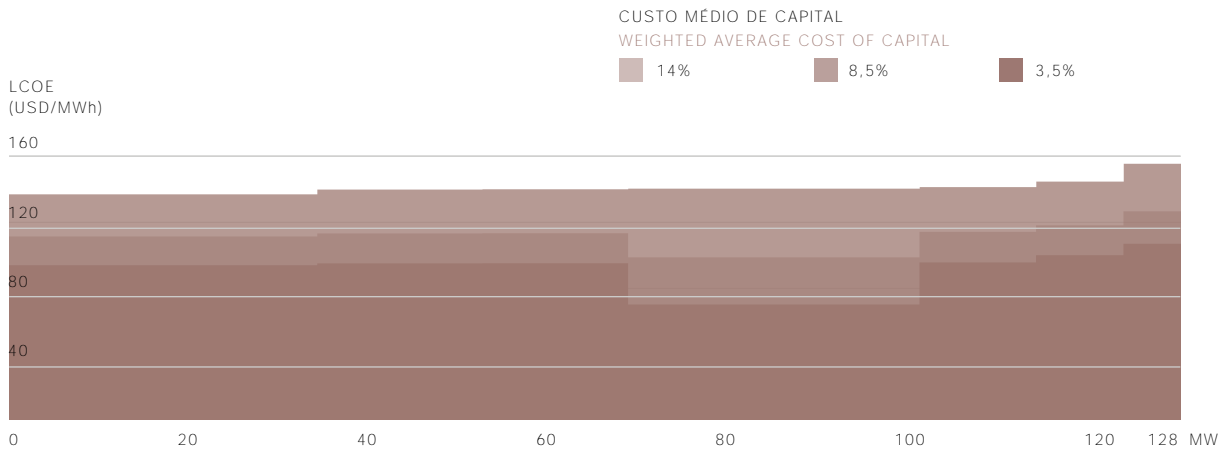
Concerning existing sugar plantations, the proposed projects result from collection of leaves which are currently burned along with the cane for their separation and subsequent energy use. These projects can generate many jobs if safety conditions for workers in cutting and collecting sugar cane are safeguarded.



NIASSA, QUELIMANE E MAPUTO
SÃO OS LOCAIS COM MAIOR
INTERESSE PARA PROJECTOS DE
BIOMASSA OU RSU

NIASSA, QUELIMANE AND MAPUTO
ARE THE PLACES WITH GREATER
INTEREST FOR BIOMASS OR MSW
PROJECTS

CUSTO NIVELADO DE ENERGIA DOS PROJECTOS PRIORITÁRIOS DE BIOMASSA
LEVELIZED COST OF ENERGY OF BIOMASS PRIORITY PROJECTS



Nota: Sem impostos.
Note: Without taxes.

PROJECTO DE BIOMASSA FLORESTAL DE LICHINGA, PROVÍNCIA DO NIASSA (SIMULAÇÃO 3D)
Lichinga forest biomass project, Niassa province (3D simulation)



PROJECTO DE BIOMASSA FLORESTAL DE QUELIMANE, PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA (SIMULAÇÃO 3D)
Quelimane forest biomass project, Zambézia province (3D simulation)





NASCENTE TERMAL, MAGANJA DA COSTA, PROVINCIA DA ZAMBÉZIA
Hot spring, Maganja da Costa, Zambézia province



RECURSOS RENOVÁVEIS
renewable resources

RECURSO GEOTÉRMICO
geothermal resource

MOÇAMBIQUE APRESENTA POTENCIAL GEOTÉRMICO NAS PROVÍNCIAS DE TETE, MANICA, SOFALA, ZAMBÉZIA, NAMPULA E NIASSA

Moçambique apresenta uma história geológica complexa, com diversos ciclos orogénicos, desde idades arcaicas na zona centro-norte até idades mais recentes na zona sul.

Tectonicamente afectado por uma estrutura geológica regional, o *Rift* Leste Africano apresenta uma orientação norte-sul que cruza o leste de África e que na sua secção mais a sul atravessa Moçambique.

Ao longo desta estrutura distensiva ocorrem emanações geotérmicas sob a forma de nascentes termais, que atingem temperaturas em algumas zonas superiores a 60°C, existindo mesmo um registo histórico de temperatura de 95°C.

Em Moçambique, as províncias com ocorrências geotérmicas são Tete, Manica, Sofala, Zambézia, Nampula e Niassa.

MOZAMBIQUE HAS GEOTHERMAL POTENTIAL IN THE PROVINCES OF TETE, MANICA, SOFALA, ZAMBÉZIA, NAMPULA AND NIASSA

Mozambique has a complex geological history, with several orogenic cycles from archaic ages in the north central area to recent ages in the south.

Tectonically affected by a regional geological structure, the “East African Rift” has a north-south orientation that cuts the east of Africa and a section further south that crosses Mozambique.

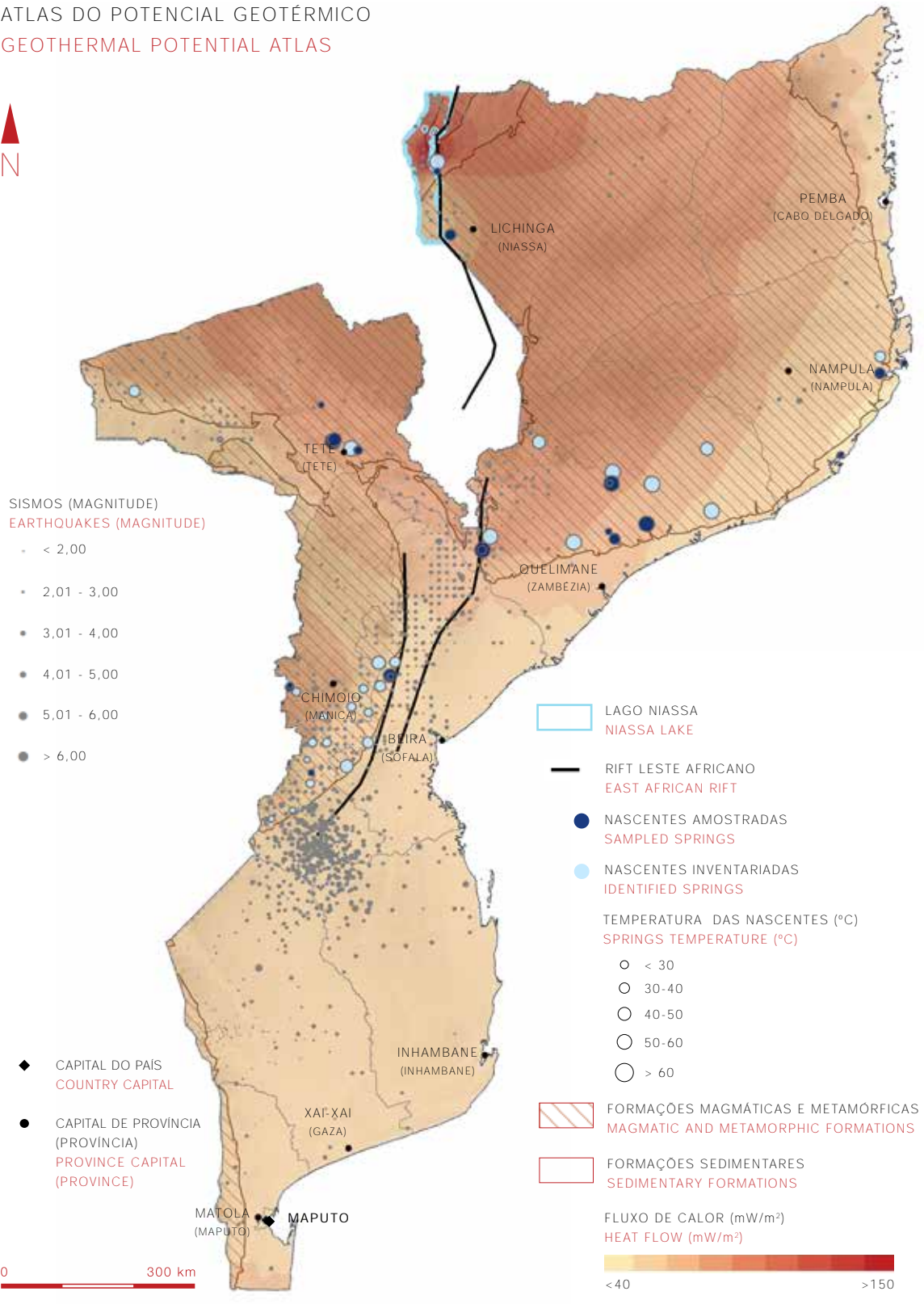
Throughout this extensional structure, geothermal emanations occur in the form of thermal springs and reach temperatures that in some areas exceed 60°C, existing even an historical record temperature of 95°C.

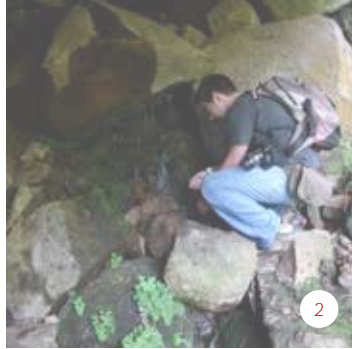
In Mozambique, the provinces with geothermal occurrences are Tete, Manica, Sofala, Zambézia, Nampula e Niassa.



NASCENTE TERMAL, MORRUMBALA, PROVINCIA DA ZAMBÉZIA
Hot spring, Morrumbala, Zambézia province

ATLAS DO POTENCIAL GEOTÉRMICO
GEOHERMAL POTENTIAL ATLAS





EXPEDIÇÃO GEOQUÍMICA. PROVÍNCIAS DE MANICA, TETE, NAMPULA, NIASSA, ZAMBÉZIA E SOFALA, JUNHO E JULHO 2012
GEOQUIMICAL EXPEDITION. MANICA, TETE, NAMPULA, NIASSA, ZAMBÉZIA AND SOFALA PROVINCES, JUNE AND JULY 2012

Foi realizada uma campanha de geoquímica, na qual foram recolhidas 22 amostras de água entre fontes termais, fontes minerais, bombas de água, rios e mar em 6 províncias: Manica, Tete, Nampula, Niassa, Zambézia e Sofala.

As águas recolhidas foram sujeitas a análises hidroquímicas (catiões e aniões), cromatografia iónica e isotópica, tendo sido calculados geotermómetros, indicando a temperatura estimada em profundidade.

Os geotermómetros de 4 locais apresentam temperatura suficiente para produção de electricidade, acima dos 150°C: Boroma (164°C), Morrumbala (153°C), Maganja da Costa e Namacurra (155°C).

Nas 6 localizações seleccionadas, distribuídas pelas províncias de Tete, Zambézia e Niassa, foi realizada uma campanha de geofísica com a aquisição de aproximadamente 250 estações de magnetotelúrica e gravimetria recolhidas ao longo de mais de 2 meses.

A geochemistry campaign was conducted, in which 22 samples of water were collected from hot springs, mineral springs, water pumps, rivers and sea, in 6 provinces: Manica, Tete, Nampula, Niassa, Zambézia and Sofala.

The water samples collected were submitted to hydrochemical analysis (cations and anions) and ion and isotopic chromatography, from which geothermometers were calculated, indicating the estimated temperature at depth.

The geothermometers of 4 sites indicate enough temperature for electricity production, above 150°C: Boroma (164°C), Morrumbala (153°C), Maganja da Costa and Namacurra (155°C).

A campaign of geophysics was performed in the 6 selected locations, distributed by the provinces of Tete, Zambézia and Niassa, with the acquisition of approximately 250 magnetotelluric and gravity stations collected over more than two months.



8



9



10



11

1. GUINDINGUE, PROVÍNCIA DE MANICA
Guindigue, Manica province

2. CHIUTA, PROVÍNCIA DE TETE
Chiuta, Tete province

3. NHAONDUÉ, PROVÍNCIA DE TETE
Nhaondué, Tete province

4. GUINDINGUE, PROVÍNCIA DE MANICA
Guindigue, Manica province

5. CHIPANGA, PROVÍNCIA DE TETE
Chipanga, Tete province

6. MELATANE, PROVÍNCIA DE NAMPULA
Melatane, Nampula province

7. ZONUE, PROVÍNCIA DE MANICA
Zonue, Manica province

8. BOROMA, PROVÍNCIA DE TETE
Boroma, Tete province

9. DATA LOGGER MAGNETOTELÚRICO
Magnetotelluric data logger

10. BOROMA, PROVÍNCIA DE TETE
Boroma, Tete province

11. BOROMA, PROVÍNCIA DE TETE
Boroma, Tete province

CAMPANHA DE GEOFÍSICA. PROVÍNCIAS DE TETE, ZAMBÉZIA E NIASA, JUNHO A AGOSTO 2013
GEOPHYSICAL SURVEY. TETE, ZAMBÉZIA AND NIASA PROVINCES, JUNE TO AUGUST 2013

A análise dos dados geofísicos permitiu identificar zonas com baixas resistividades que podem indicar potenciais reservatórios geotérmicos a profundidades que variam entre os 1.500 e 2.500 m.

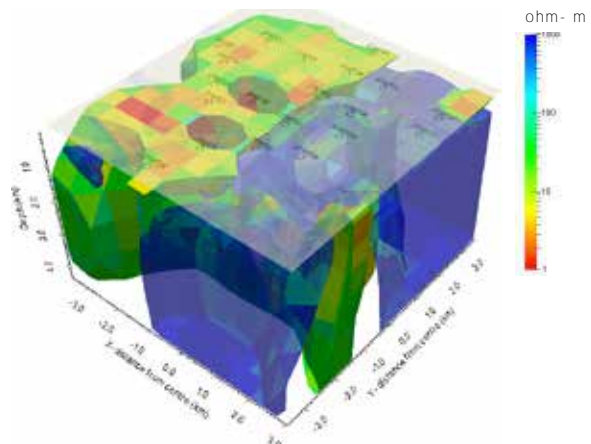
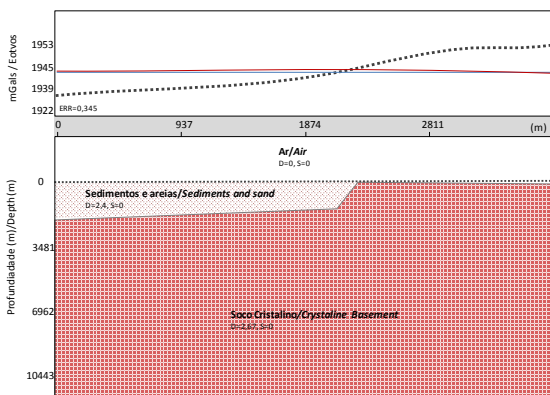
The analysis of geophysical data allowed to identify areas with low resistivities that may indicate potential geothermal reservoirs at depths ranging between 1,500 and 2,500 m.

SECÇÃO E-W DO MODELO DE DENSIDADE BASEADO NOS DADOS DE GRAVIMETRIA RECOLHIDOS DURANTE A CAMPANHA DE GEOFÍSICA NA PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA

BLOCO DIAGRAMA 3D DO MODELO DE RESISTIVIDADE BASEADO NOS DADOS DE MAGNETOTELÚRICA RECOLHIDOS DURANTE A CAMPANHA DE GEOFÍSICA NA PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA

Profile E-W density model based on gravity data collected during geophysical campaign in Zambézia province

3D transparent diagram from resistivity model based on data collected during geophysical campaign in Zambézia province



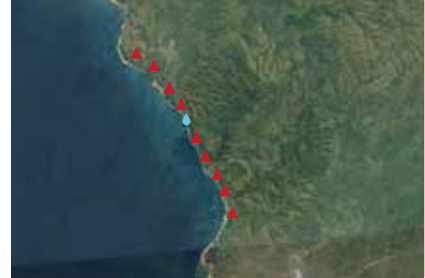
NASCENTES TERMAIS SELECIONADAS PARA OS ESTUDOS DE GEOFÍSICA SELECTED THERMAL SPRINGS FOR GEOPHYSICAL SURVEY

PROVÍNCIA DO NIASA

NASCENTE DE METANGULA: ~95°C (~20°C NO LAGO)
INFORMAÇÃO BIBLIOGRÁFICA APONTA PARA 95°C (AMOSTRA RECOLHIDA NA DÉCADA DE 50)
NASCENTE ACTUALMENTE SUBMERSA

NIASSA PROVINCE

METANGULA THERMAL SPRING: ~95°C (~20°C IN THE LAKE)
BIBLIOGRAPHIC INFORMATION INDICATES TO 95°C (SAMPLE COLLECTED IN THE 1950s)
HOT SPRING PRESENTLY SUBMERGED



PROVÍNCIA DE TETE

NASCENTES DE BOROMA E NHAONDUÉ: ~60°C

TETE PROVINCE

BOROMA AND NHAONDUÉ THERMAL SPRINGS: ~60°C



PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA

NASCENTE DA MAGANJA DA COSTA: >60°C

ZAMBÉZIA PROVINCE

MAGANJA THERMAL SPRINGS: >60°C



PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA

NASCENTE DE MURRUMBALA: >60°C

ZAMBÉZIA PROVINCE

MURRUMBALA THERMAL SPRINGS: >60°C



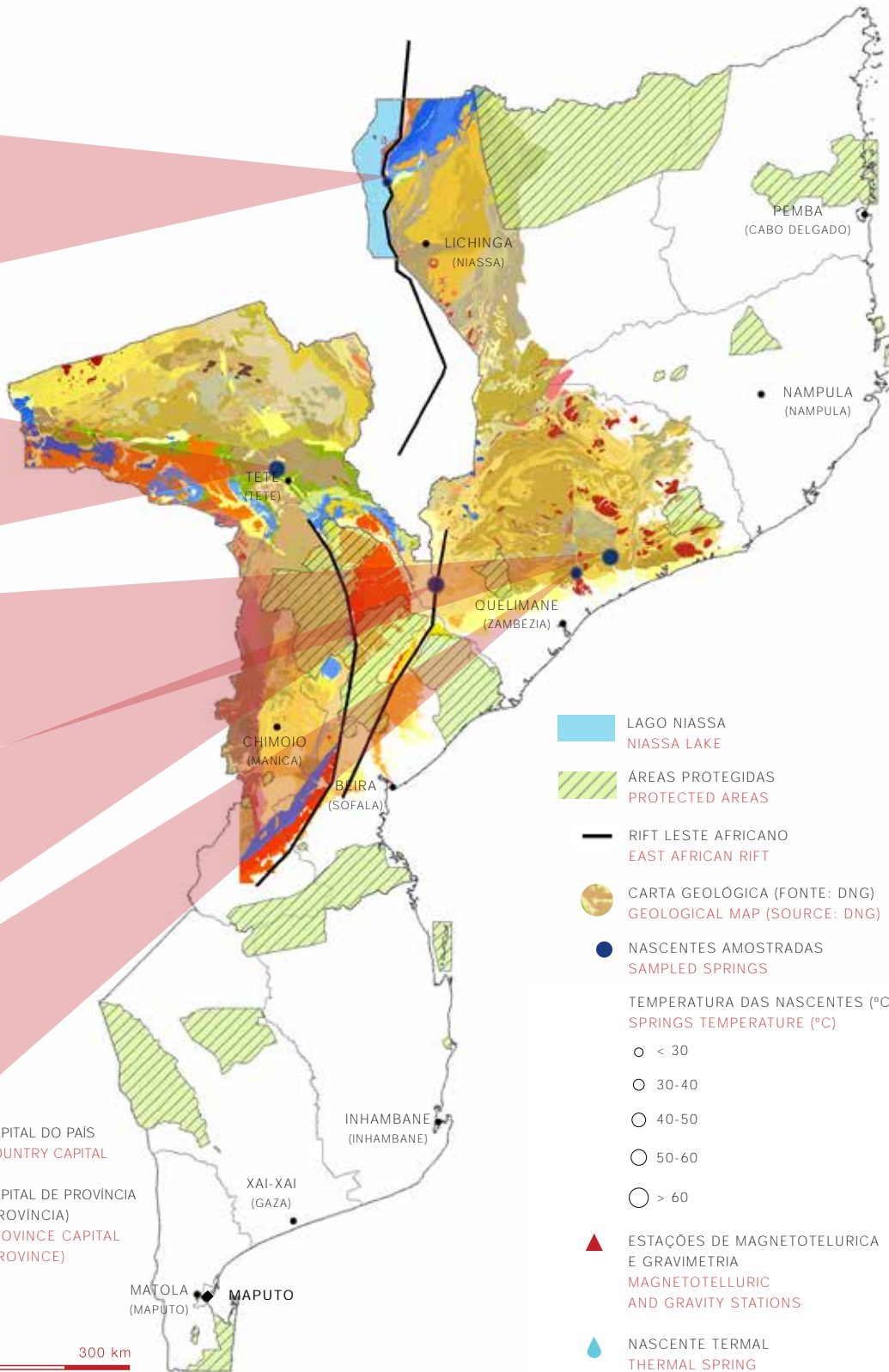
PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA

NASCENTE DA NAMACURRA: ~45°C

TETE PROVINCE

NAMACURRA THERMAL SPRINGS: ~45°C

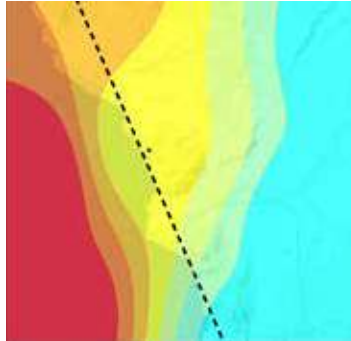




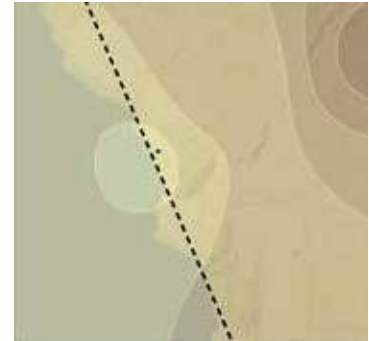
FORAM IDENTIFICADOS POSSÍVEIS PROJECTOS NUM TOTAL DE 47 MW EM 147 MW DE POTENCIAL
 POSSIBLE PROJECTS WERE IDENTIFIED IN A TOTAL OF 47 MW AMONG 147 MW POTENTIAL

PROVÍNCIA DO NIASA
 PROJECTO PRIORITÁRIO DE METANGULA
 PROJECTO: 20 MW
 POTENCIAL: 76 MW

NIASSA PROVINCE
 METANGULA PRIORITY PROJECT
 PROJECT: 20 MW
 POTENTIAL: 76 MW



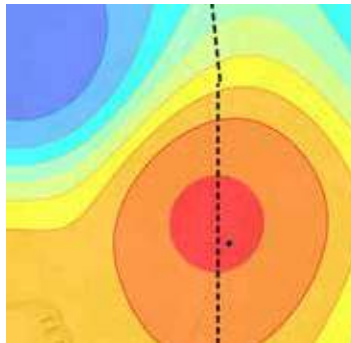
TEMPERATURA MÉDIA: 160°C
 AVERAGE TEMPERATURE: 160°C



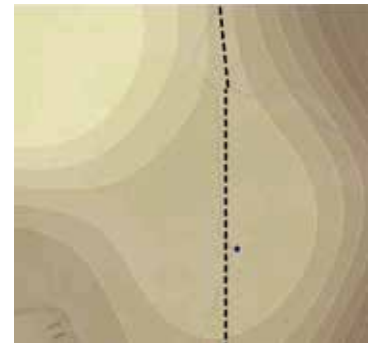
PROFUNDIDADE: 1.500 - 1.800 m
 DEPTH: 1,500 - 1,800 m

PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA
 PROJECTO DE MURRUMBALA
 PROJECTO: 20 MW
 POTENCIAL: 46 MW

ZAMBÉZIA PROVINCE
 MURRUMBALA PROJECT
 PROJECT: 20 MW
 POTENTIAL: 46 MW



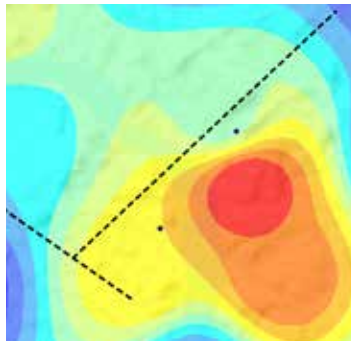
TEMPERATURA MÉDIA: 150°C
 AVERAGE TEMPERATURE: 150°C



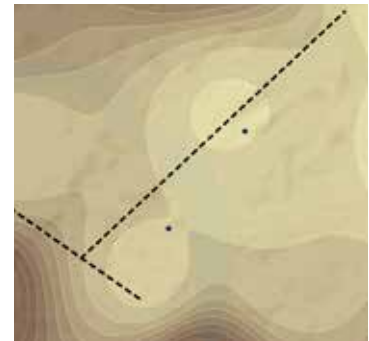
PROFUNDIDADE: 2.000 - 2.500 m
 DEPTH: 2,000 - 2,500 m

PROVÍNCIA DE TETE
 PROJECTO DE BOROMA
 POTÊNCIA DO PROJECTO: 7 MW
 POTENCIAL: 25 MW

TETE PROVINCE
 BOROMA PROJECT
 PROJECT POWER: 7 MW
 POTENTIAL: 25 MW



TEMPERATURA MÉDIA: 150°C
 AVERAGE TEMPERATURE: 150°C



PROFUNDIDADE: 2.000 - 2.500 m
 DEPTH: 2,000 - 2,500 m

TEMPERATURA DO RESERVATÓRIO (°C)
 RESERVOIR TEMPERATURE (°C)



PROFUNDIDADE DO RESERVATÓRIO (m)
 RESERVOIR DEPTH (m)



O PROJECTO DE METANGULA NA PROVÍNCIA DE NIASA É O PROJECTO PRIORITÁRIO PARA O DESENVOLVIMENTO DA GEOTERMIA

Os estudos geofísicos permitiram identificar em 3 locais anomalias de baixa resistividade a profundidades compatíveis com os gradientes e temperaturas estimadas. Estas anomalias poderão ser explicadas pela existência de possíveis reservatórios geotérmicos.

A profundidade e extensão das anomalias permitiu a elaboração de modelos geológicos e o cálculo do potencial e estimativa de custos. No entanto, a existência e características desses reservatórios só poderão ser confirmadas mediante perfuração.

Os projectos identificados apresentam custos elevados devido às temperaturas estimadas de 150°C, o que se traduz em LCOEs entre \$99USD/MWh e \$214USD/MWh para WACCs entre 8% e 19%. Em comparação, no Quênia as temperaturas chegam a atingir os 300°C, o que reduz substancialmente o custo da energia.

O projecto mais promissor em termos do custo de energia, atractividade geológica e do seu interesse para o sistema eléctrico de Moçambique é o de Metangula. No entanto, de todos os locais estudados é o que apresenta maior incerteza pelo que se justificam estudos adicionais (sísmica e gradiente) com vista a promover a realização de furos geotérmicos.

METANGULA PROJECT IN NIASA PROVINCE IS THE PRIORITY PROJECT FOR GEOTHERMAL DEVELOPMENT

Geophysical survey allowed identification of 3 areas with low resistivity anomalies at depth. These anomalies may be explained by the existence of possible geothermal reservoirs.

The depth and extension of the anomalies allowed for the elaboration of geological models, and the calculation of potential as well as costs. However, the existence and characteristics of those reservoirs can only be confirmed through a drilling program.

The selected projects have high costs due to the estimated temperatures around 150°C, which is reflected in LCOEs between \$99USD/MWh and \$214USD/MWh for WACCs between 8% and 19%. In comparison, in Kenya temperatures can reach 300°C, what reduces significantly energy cost.

The most promising project considering cost of energy, geological characteristics and interest to the electrical system of Mozambique is Metangula. However of all the studied areas is the one with greater uncertainty, which requires and justifies additional studies (seismic and gradient wells) before the drilling phase.



PRAIA DE METANGULA, PROVÍNCIA DO NIASA
Metangula beach, Niassa province



QUIRIMBAS, PROVINCIA DE CABO DELGADO
Quirimbas, Cabo Delgado province



RECURSOS RENOVÁVEIS
renewable resources

RECURSO MARÍTIMO
waves resource

MOÇAMBIQUE TEM UM BAIXO POTENCIAL DE ENERGIA DAS ONDAS

Com base nos estudos existentes, o potencial mundial de energia das ondas é de aproximadamente 2 TW, sendo que a distribuição é desigual ao longo do globo terrestre, com os maiores valores a verificarem-se no litoral ocidental devido ao movimento de rotação da Terra.

Em Moçambique a ondulação é influenciada na costa norte pelas monções com ventos de NE no Verão e ventos de SW no Inverno, e na costa centro e sul pelos ventos alísios de SE, estáveis ao longo de todo o ano.

O fluxo médio da energia das ondas em Moçambique situa-se entre os 5 kW/m na costa norte e centro e os 11 kW/m na costa sul, valores considerados baixos para a geração de energia eléctrica.

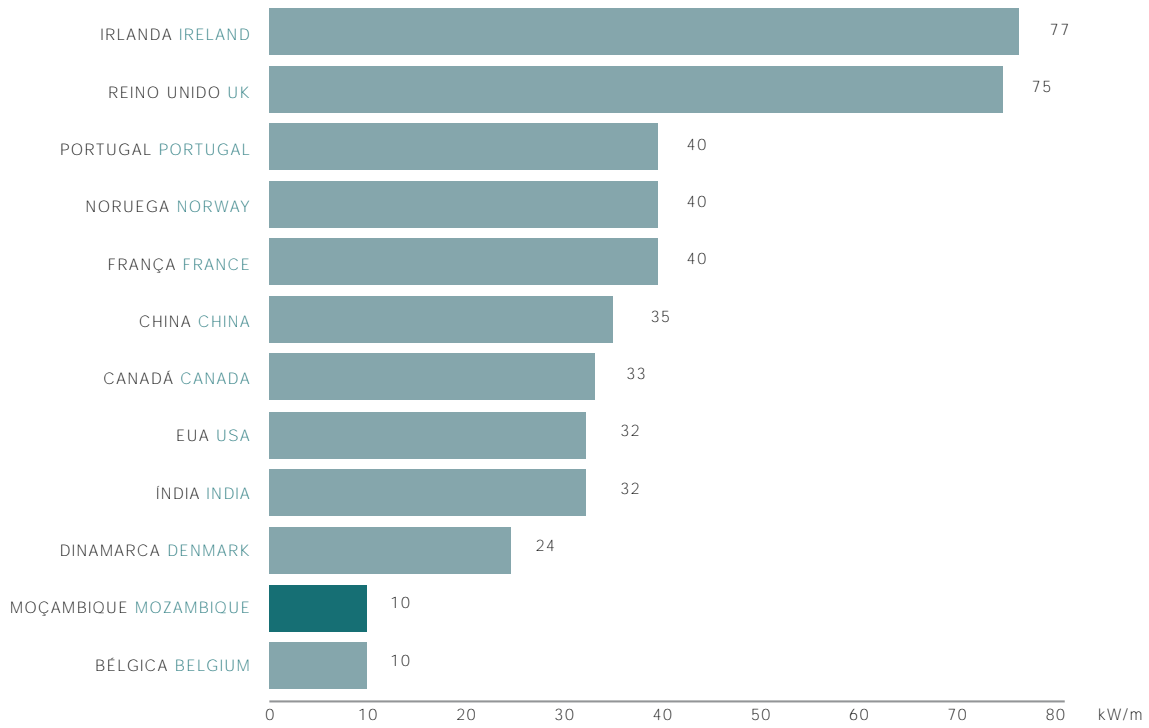
MOZAMBIQUE HAS LIMITED WAVE POTENCIAL

Based on existing studies, the global potential of wave energy is approximately 2 TW. The distribution is uneven across the globe, with highest values on the west coast due to the rotation of the Earth.

In Mozambique the undulation is influenced in the north coast by the winds from the NE monsoon in Summer and SW winds in Winter and in central and southern coast by the trade winds from the SE, stable along the entire year.

The mean wave energy flux in Mozambique lies between 5 kW/m in the northern and central coast and 11 kW/m on the south coast, values considered low for electricity generation.

FLUXO MÉDIO DE ENERGIA DAS ONDAS, COMPARAÇÃO
 MEAN WAVE ENERGY FLUX, BENCHMARK



FONTE: WAVE ENERGY POTENTIAL OF PENINSULAR MALAYSIA, ARPN JOURNAL OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES E GESTO ENERGIA

SOURCE: WAVE ENERGY POTENTIAL OF PENINSULAR MALAYSIA, ARPN JOURNAL OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES AND GESTO ENERGIA



ESTUDO DO RECURSO MARÍTIMO

Foi calculado o potencial de energia das ondas para as actuais tecnologias mais desenvolvidas e identificadas as principais restrições ao desenvolvimento de projectos de energia das ondas.

Para o efeito, foi realizada a análise estatística das séries do modelo WaveWatch III, nomeadamente altura significativa, período e direcção da ondulação, e efectuada a modelação em águas pouco profundas através do Modelo SWAN em 10 domínios ao longo de toda a costa.

Os resultados do modelo foram pós-processados, sendo calculado o potencial para cada tipo de dispositivo (atenuador, oscilante e de galgamento).

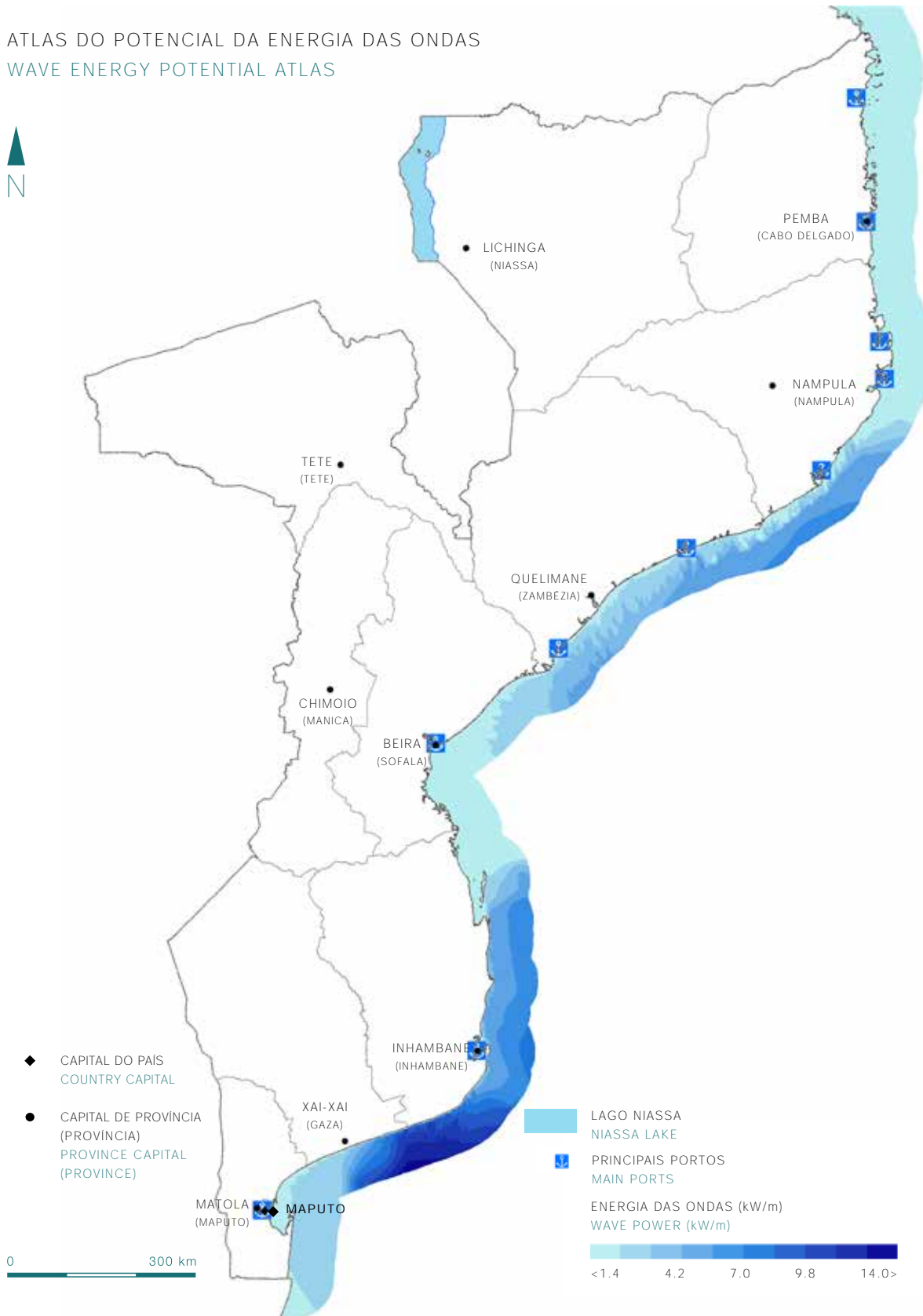
WAVES RESOURCE STUDY

The wave energy potential for the most developed technologies was assessed and the main constraints to the development of wave energy projects was identified.

Accordingly, the statistical analysis of the WaveWatch III model series was performed, including the significant height, period and direction of the waves, and the modelling in shallow waters was conducted in SWAN model with 10 domains covering the all coast.

The model results were post-processed and the potential for each device (attenuator, oscillating and overtopping) was calculated.

ATLAS DO POTENCIAL DA ENERGIA DAS ONDAS
 WAVE ENERGY POTENTIAL ATLAS



FORAM IDENTIFICADAS 3 ZONAS PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJECTOS-PILOTO

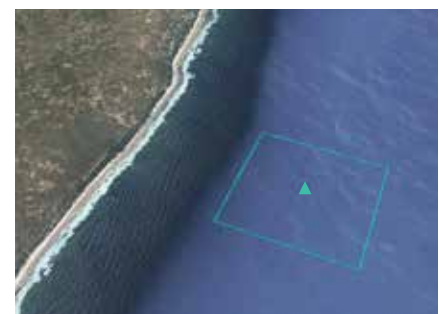
Foram identificadas e seleccionadas áreas de desenvolvimento de projectos-piloto, com base nas tecnologias Aquabuoy, Pelamis e Wave Dragon, tendo sido consideradas áreas com dimensões de 2 x 2 km para implantação das centrais de aproveitamento de energia das ondas.

3 AREAS FOR DEVELOPING PILOT-PROJECTS WERE IDENTIFIED

Areas for developing pilot projects were identified and selected, based on Aquabuoy, Pelamis and Wave Dragon technologies, having been considered areas with 2 x 2 km for the deployment of wave energy power plants.

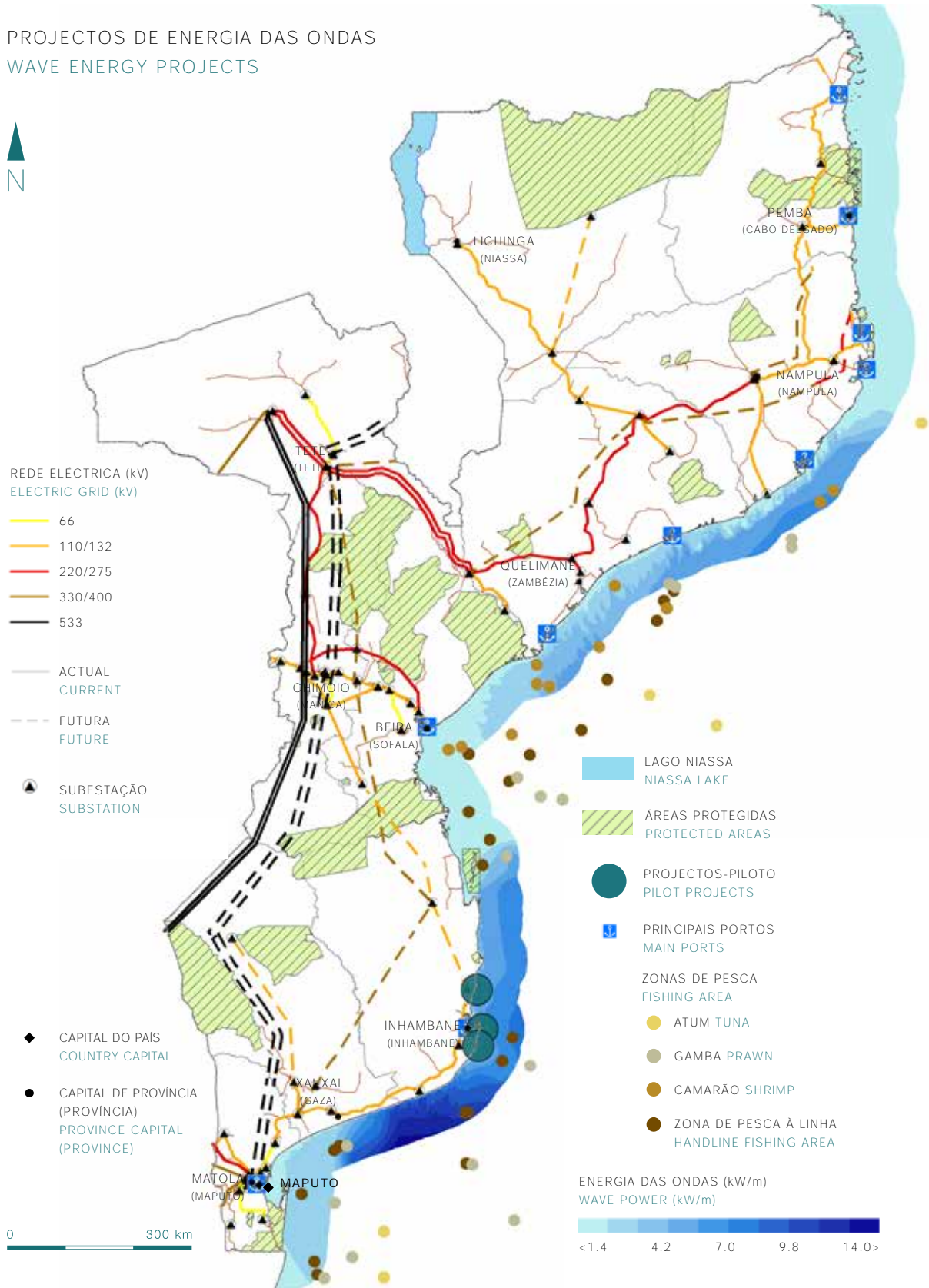
CARACTERÍSTICAS DAS ZONAS SELECCIONADAS SELECTED AREAS CHARACTERISTICS

FLUXO DE ENERGIA ENERGY FLUX (kW/m)	ALTURA SIGNIFICATIVA SIGNIFICANT HEIGHT (m)	PERÍODO DE PICO PEAK PERIOD (s)
3,57 kW/m	0,71 m	9 s
5,11 kW/m	0,93 m	9 s
4,22 kW/m	0,83 m	8 s



 ZONA DE PROJECTO-PILOTO
PILOT PROJECTS AREA

PROJECTOS DE ENERGIA DAS ONDAS
WAVE ENERGY PROJECTS



REDE ELÉCTRICA (kV)
ELECTRIC GRID (kV)

- 66
- 110/132
- 220/275
- 330/400
- 533

— ACTUAL
CURRENT

- - - FUTURA
FUTURE

▲ SUBESTAÇÃO
SUBSTATION

◆ CAPITAL DO PAÍS
COUNTRY CAPITAL

● CAPITAL DE PROVÍNCIA
(PROVÍNCIA)
PROVINCE CAPITAL
(PROVINCE)

LAGO NIASSA
NIASSA LAKE

ÁREAS PROTEGIDAS
PROTECTED AREAS

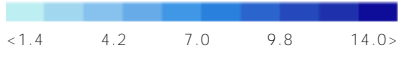
PROJECTOS-PILOTO
PILOT PROJECTS

PRINCIPAIS PORTOS
MAIN PORTS

ZONAS DE PESCA
FISHING AREA

- ATUM TUNA
- GAMBA PRAWN
- CAMARÃO SHRIMP
- ZONA DE PESCA À LINHA
HANDLINE FISHING AREA

ENERGIA DAS ONDAS (kW/m)
WAVE POWER (kW/m)





ESTRADA PARA MAGANJA DA COSTA, PROVINCIA DA ZAMBEZIA
Road to Maganja da Costa, Zambézia province

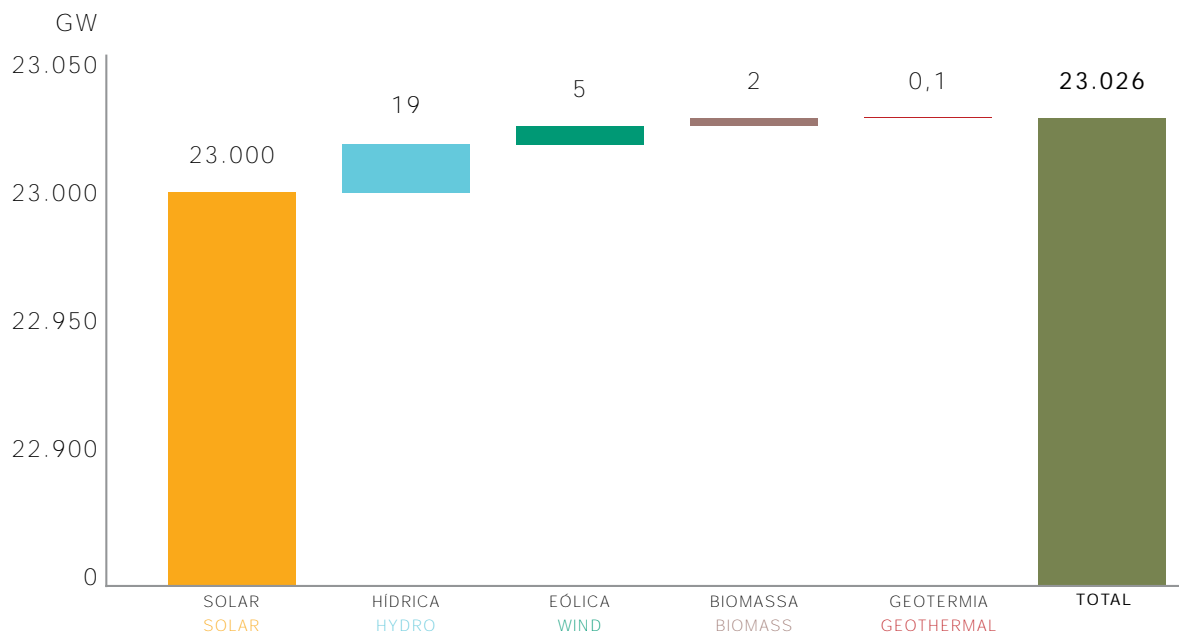


POTENCIAL DE
PROJECTOS RENOVÁVEIS
renewable projects potencial

MOÇAMBIQUE APRESENTA
POTENCIAL RENOVÁVEL
DE MAIS DE 23.000 GW...

MOZAMBIQUE HAS A
RENEWABLE POTENTIAL
OF MORE THAN 23,000 GW...

POTENCIAL RENOVÁVEL IDENTIFICADO
IDENTIFIED RENEWABLE POTENTIAL

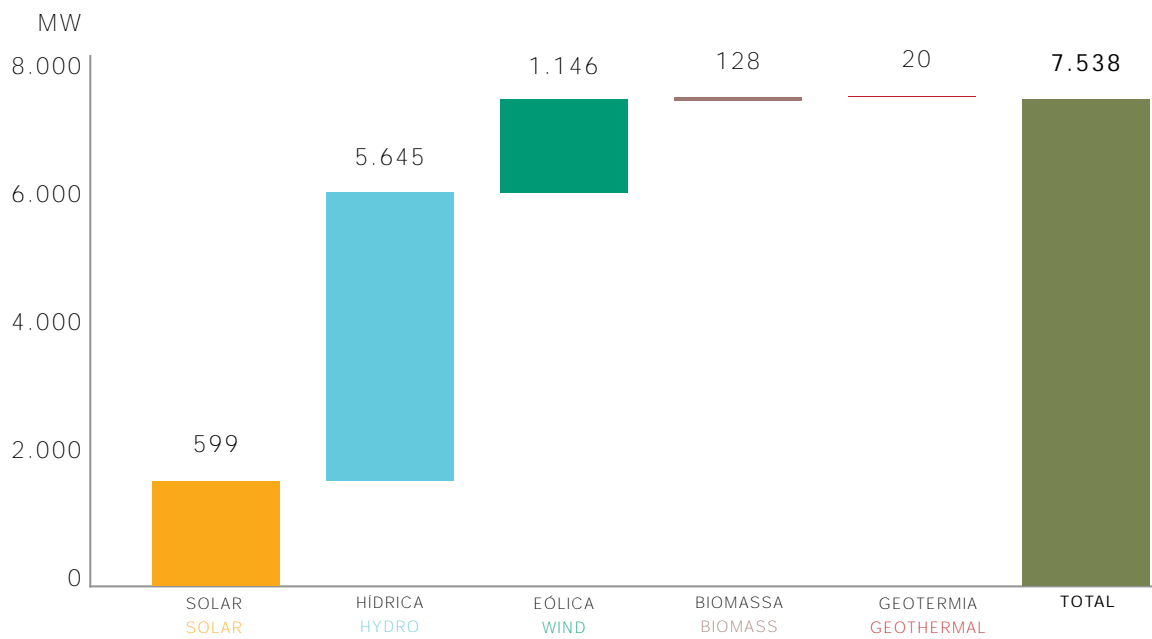


CRIANÇAS A BRINCAR, INGOANE, PROVÍNCIA DE CABO DELGADO
Children playing, Ingoane, Cabo Delgado province

... DOS QUAIS 7,5 GW SÃO
PROJECTOS PRIORITÁRIOS

... FROM WHICH 7.5 GW ARE
PRIORITY PROJECTS

PROJECTOS PRIORITÁRIOS
PRIORITY PROJECTS



A HÍDRICA É A PRINCIPAL FONTE RENOVÁVEL EM MOÇAMBIQUE

A energia solar é a fonte renovável mais abundante em Moçambique (23 TW), no entanto a hídrica é a fonte que apresenta mais projectos prioritários.

Os projectos hidroeléctricos são os que apresentam menor custo com destaque para as novas grandes centrais do Zambeze: Lupata, Mpanda, Nkuwa, Boroma e Chemba. Adicionalmente, foi identificado um conjunto vasto de projectos de média dimensão com custos muito competitivos em rios como o Revue, Búzi, Pungué, Luenha, Revuboé, Licungo, Lúrio, Lugenda, Messalo, Lucheringo, entre outros.

A fonte mais competitiva após a hídrica é a energia eólica, com especial enfoque no sul do país. No entanto, vários outros locais ao longo do território oferecem também condições para o desenvolvimento de projectos a preços razoáveis.

Os projectos a partir da biomassa apresentam maiores custos mas elevados benefícios e potencial de geração de emprego.

Os projectos solares apesar do seu maior custo, apresentam uma elevada rapidez de implementação e custos razoáveis, caso se consiga obter soluções de financiamento adequadas.

Finalmente a geotermia que, apesar de maior risco e custo, oferece a possibilidade de apoiar a qualidade de energia e electrificação na província do Niassa.

HYDRO IS THE MAIN RENEWABLE SOURCE IN MOZAMBIQUE

Solar energy is the most abundant renewable source in Mozambique (23 TW), however, hydro is the source with more priority projects.

Hydropower projects are the least costly with an emphasis on the new large dams in Zambezi river: Lupata, Mpanda, Nkuwa, Boroma and Chemba. Additionally, a wide range of medium sized projects with very competitive costs were identified in rivers like the Revue, Búzi, Pungué, Luenha, Revuboé, Licungo, Lúrio, Lugenda, Messalo, Lucheringo, among others.

The most competitive source after hydropower is wind energy, with special focus on the south. However, several other locations throughout the territory also provide conditions for the development of projects at reasonable prices.

Biomass projects have higher costs but high benefits and potential for employment generation.

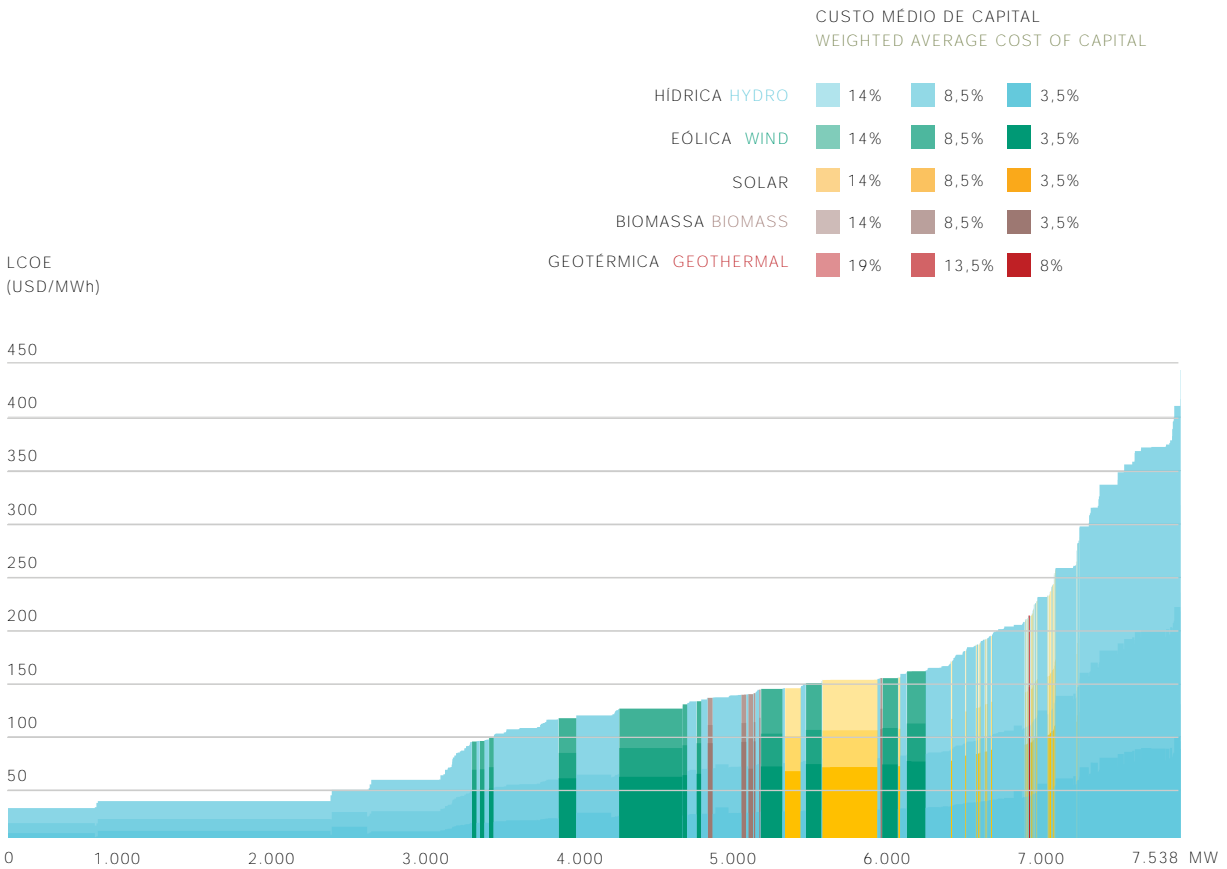
Solar projects despite their higher cost, have a fast implementation speed and reasonable costs if appropriate financing solutions can be obtained.

Finally geothermal that, despite higher risk and cost, offers the possibility of supporting the quality of energy and electrification in Niassa province.

O ACESSO DE MOÇAMBIQUE A FINANCIAMENTOS CONCESSIONAIS PODE TORNAR AS ENERGIAS RENOVÁVEIS COMPETITIVAS COM AS FONTES DE GERAÇÃO CONVENCIONAIS

MOZAMBIQUE ACCESS TO CONCESSIONAL FINANCING CAN MAKE RENEWABLE ENERGIES COMPETITIVE WITH CONVENTIONAL GENERATION

CUSTO NIVELADO DE ENERGIA DOS PROJECTOS RENOVÁVEIS
LEVELIZED COST OF ENERGY OF THE RENEWABLE PROJECTS



Nota: Sem impostos. Não inclui expansão norte da Hidroeléctrica de Cahora Bassa.
Note: Without taxes. Doesn't include north expansion of the Hydroelectric of Cahora Bassa.

PROJECTOS PROJECTS

PROVÍNCIA PROVINCE	POTÊNCIA CAPACITY (MW)						TOTAL	
	HÍDRICOS HYDRO	EÓLICOS WIND	SOLARES SOLAR	GEOTÉRMICOS GEOTHERMAL	BIOMASSA BIOMASS	MARÍTIMOS WAVES	MW	#
CABO DELGADO	109		2				111	14
	431	200	4		129		764	94
GAZA	7	98	9				114	5
	406	2	15		116		539	23
INHAMBANE	49	130	2				181	5
	526	50	4			11	591	13
MANICA	430		30				460	80
	1.481		48		187		1.716	186
MAPUTO	61	262	370		79		772	17
	51	528	1.202		146		1.927	55
NAMPULA	669		12				681	25
	763		68		168		999	171
NIASSA	643		7	20	13		683	81
	373	30	9		240		652	177
SOFALA	235	136	23		27		421	27
	631	64	46		308		1.049	75
TETE	3.185	490	107				3.782	93
	7.333	1.890	644	7			9.874	228
ZAMBÉZIA	257	30	37		9		333	66
	934	670	64	20	759		2.447	255
SUBTOTAL	MW	5.645	1.146	599	20	128		7.538
	#	351	11	43	1	7		413
	MW	12.929	3.434	2.104	27	2.053	11	20.558
	#	1.095	15	127	2	35	3	1.277
TOTAL	MW	18.574	4.580	2.703	47	2.181	11	28.096
	#	1.446	26	170	3	42	3	1.690

 PRIORITÁRIOS
PRIORITY

 HÍDRICOS
HYDRO

 SOLARES
SOLAR

 BIOMASSA/RSU
BIOMASS/MSW

 NÃO PRIORITÁRIOS
NON-PRIORITY

 EÓLICOS
WIND

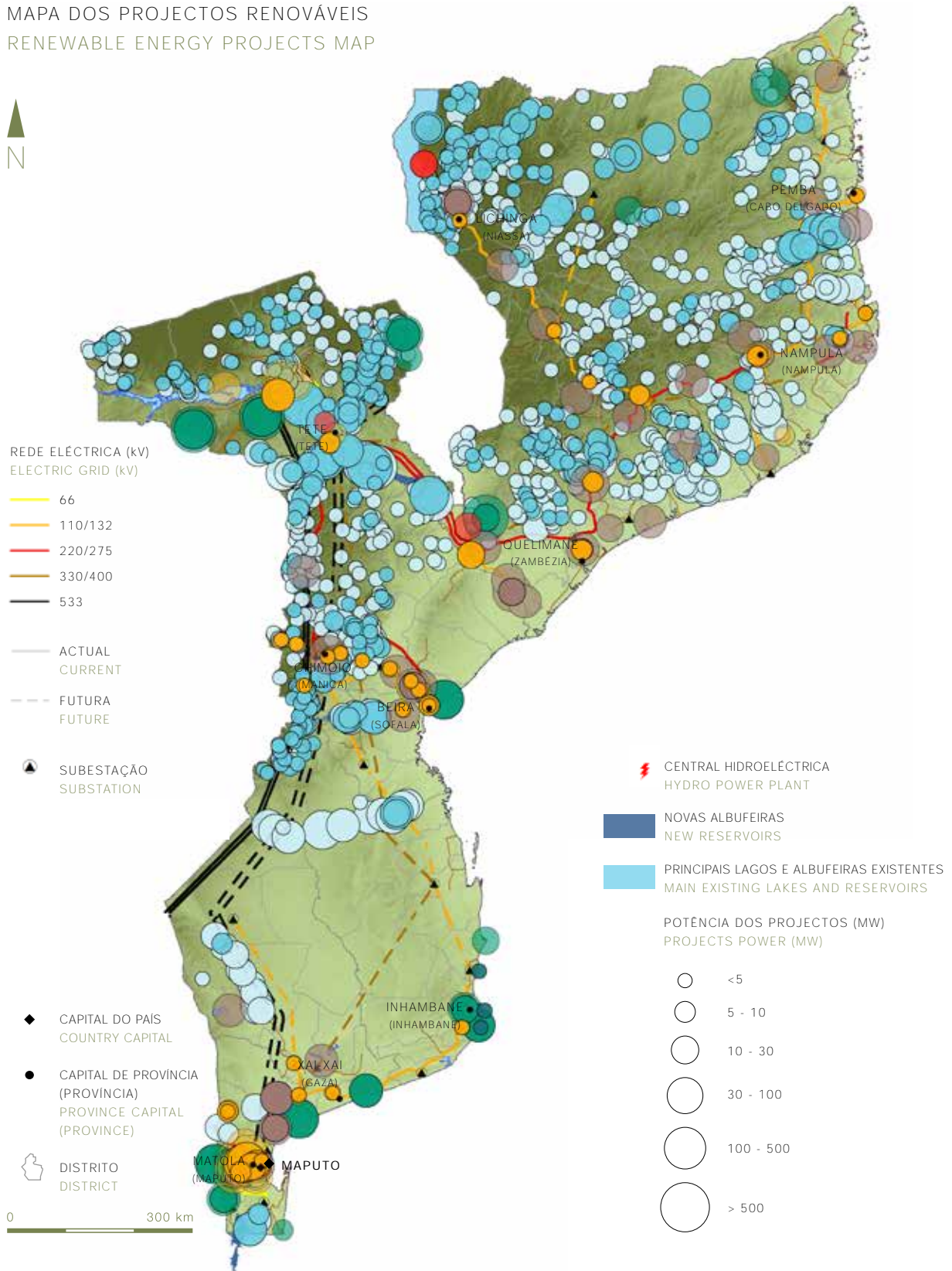
 GEOTÉRMICOS
GEOTHERMAL

 MARÍTIMOS
WAVES

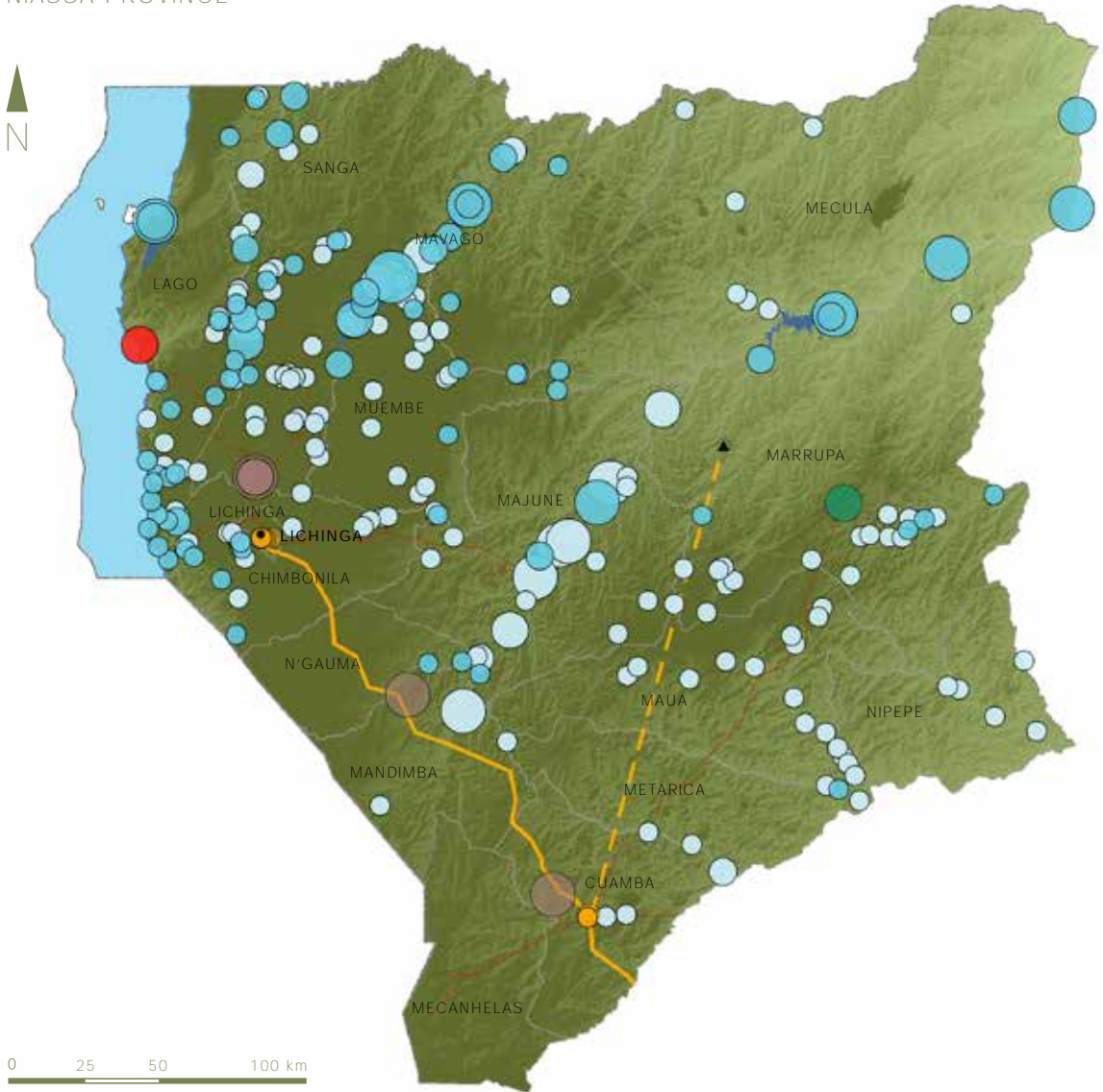
INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E TOPONÍMIA, FONTES: DIRECÇÃO NACIONAL DO PLANEAMENTO E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO DE MOÇAMBIQUE; INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA DE MOÇAMBIQUE; LEI Nº 26/2013 DE 18 DE DEZEMBRO; LEI Nº 27/2013 DE 18 DE DEZEMBRO; LEI Nº 28/2013 DE 18 DE DEZEMBRO; RESOLUÇÃO Nº6/87 DE 28 DE ABRIL.

TOPONYMY AND GEOGRAPHICAL INFORMATION, SOURCES: DIRECÇÃO NACIONAL DO PLANEAMENTO E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO DE MOÇAMBIQUE; INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA DE MOÇAMBIQUE; LAW 26/2013 OF DECEMBER 18; LAW 27/2013 OF DECEMBER 18; LAW 28/2013 OF DECEMBER 18; RESOLUTION Nº6/87 OF APRIL 28.

MAPA DOS PROJECTOS RENOVÁVEIS
RENEWABLE ENERGY PROJECTS MAP

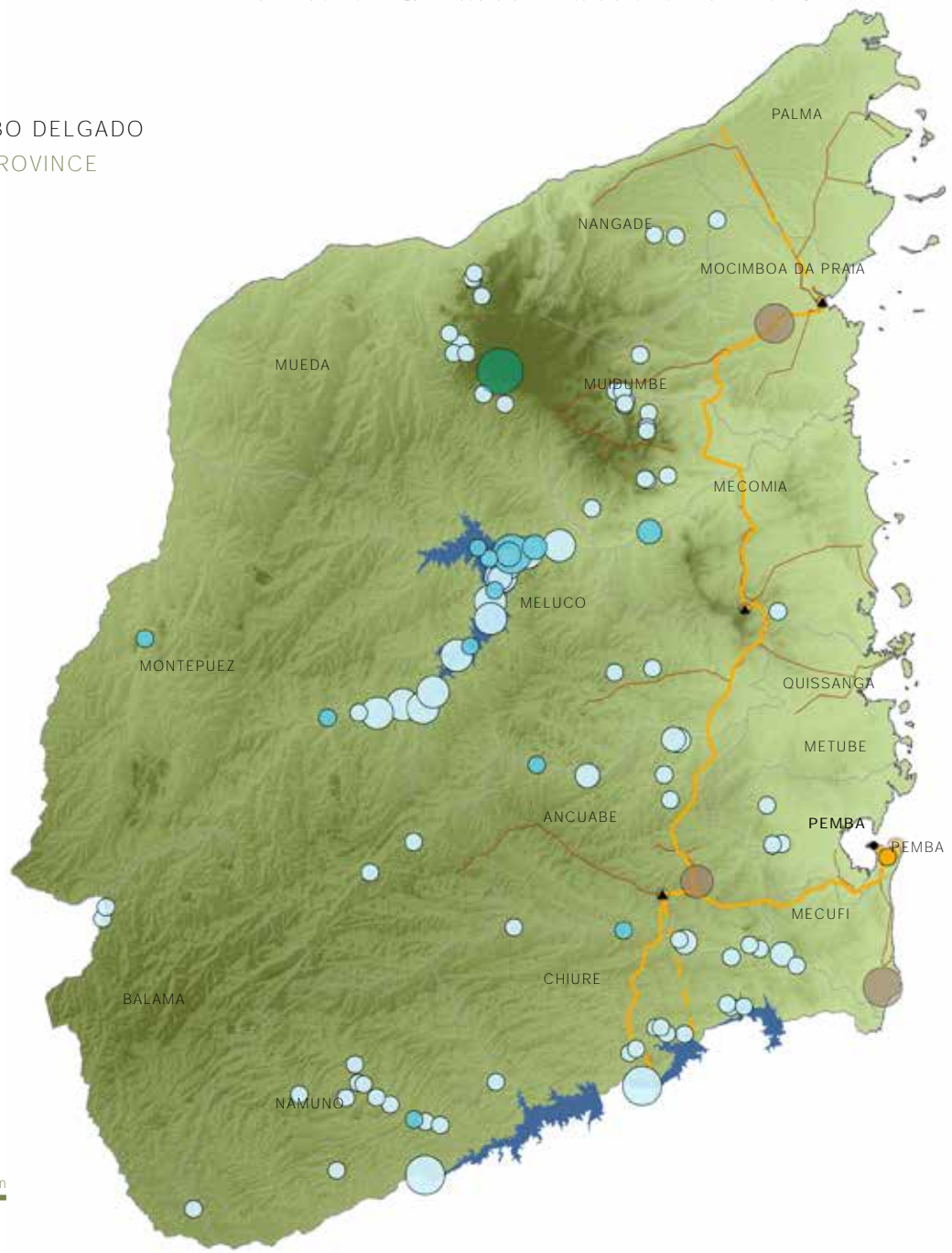


PROVÍNCIA DO NIASSA
NIASSA PROVINCE



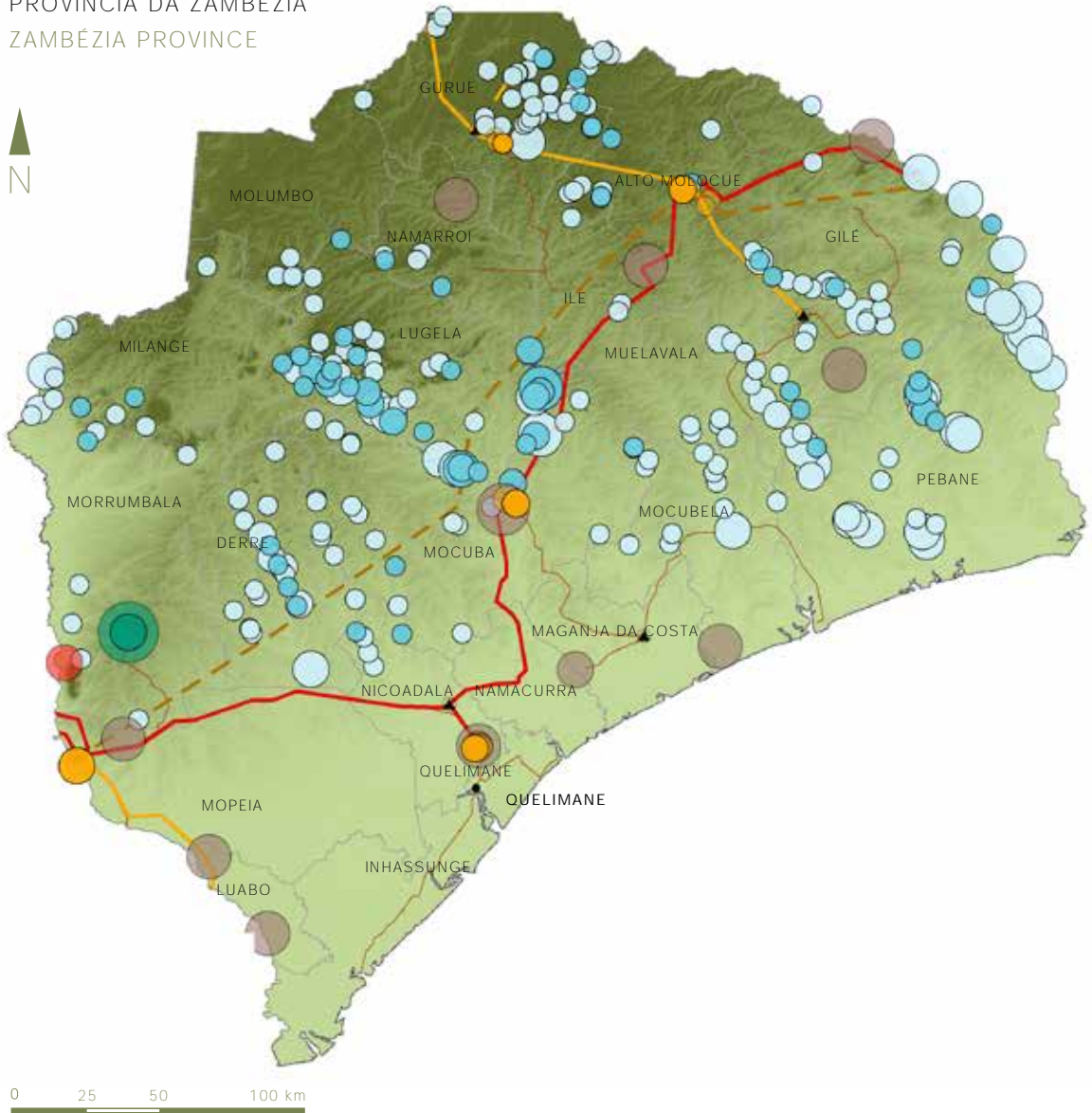
		POTÊNCIA CAPACITY (MW)						TOTAL
		HÍDRICOS HYDRO	EÓLICOS WIND	SOLARES SOLAR	GEOTÉRMICOS GEOTHERMAL	BIOMASSA BIOMASS	MARÍTIMOS WAVES	
SUBTOTAL	MW	643		7	20	13		683
	#	77		2	1	1		81
	MW	373	30	9		240		652
	#	169	1	4		3		177
TOTAL	MW	1.016	30	16	20	253		1.335
	#	246	1	6	1	4		258

PROVÍNCIA DE CABO DELGADO
CABO DELGADO PROVINCE



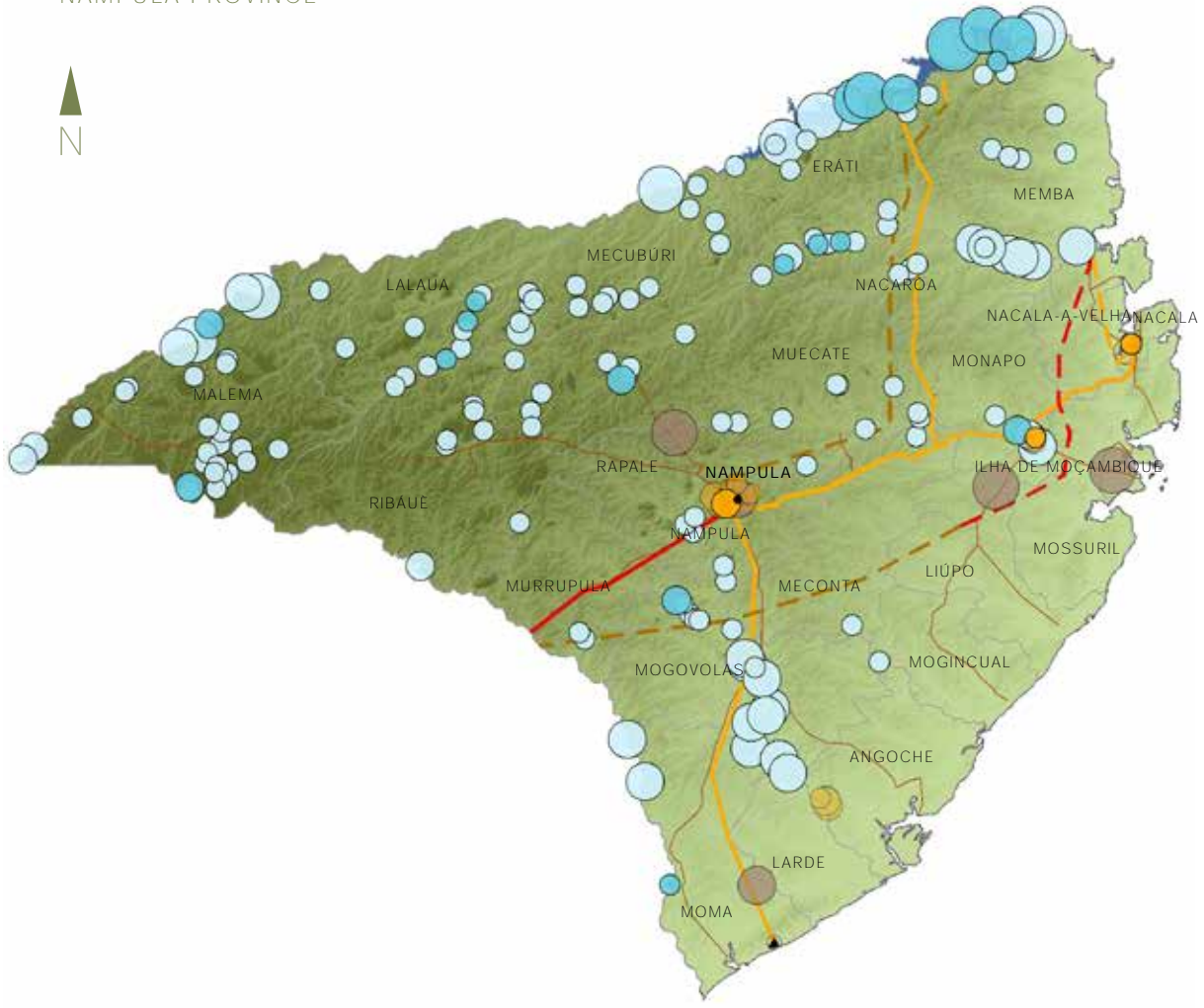
		POTÊNCIA CAPACITY (MW)					TOTAL
		HIDRICOS HYDRO	EÓLICOS WIND	SOLARES SOLAR	GEOTÉRMICOS GEOTHERMAL	BIOMASSA BIOMASS	
SUBTOTAL	MW	109		2			111
	#	13		1			14
	MW	431	200	4		129	764
	#	88	1	2		3	94
TOTAL	MW	540	200	6		129	875
	#	101	1	3		3	108

PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA
ZAMBÉZIA PROVINCE



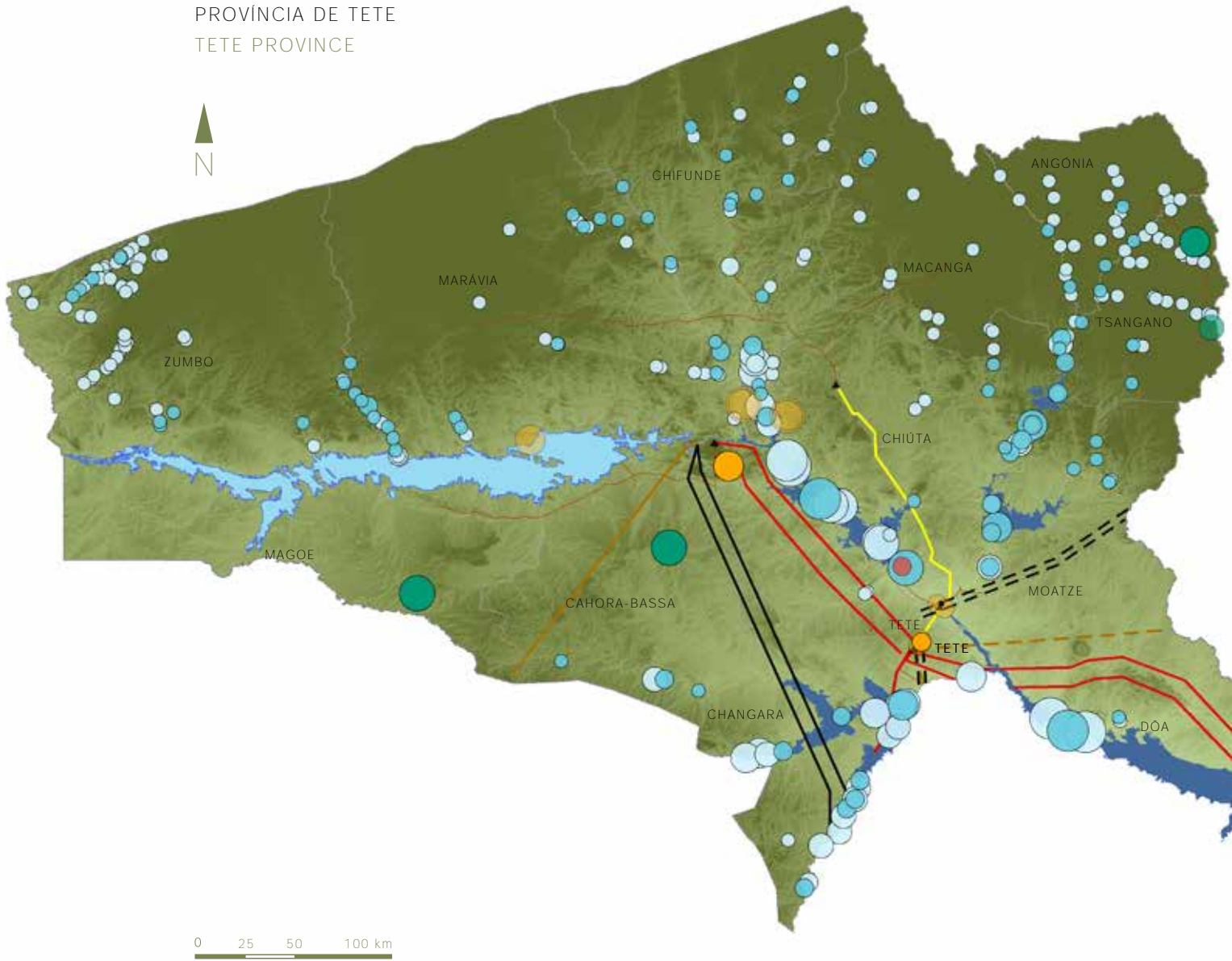
		POTÊNCIA CAPACITY (MW)						TOTAL
		HÍDRICOS HYDRO	EÓLICOS WIND	SOLARES SOLAR	GEOTÉRMICOS GEOTHERMAL	BIOMASSA BIOMASS	MARÍTIMOS WAVES	
SUBTOTAL	MW	257	30	37		9		333
	#	59	1	5		1		66
	MW	934	670	64	20	759		2.447
	#	227	1	15	1	11		255
TOTAL	MW	1.191	700	101	20	768		2.780
	#	286	2	20	1	12		321

PROVÍNCIA DE NAMPULA
NAMPULA PROVINCE



		POTÊNCIA CAPACITY (MW)					TOTAL
		HIDRICOS HYDRO	EÓICOS WIND	SOLARES SOLAR	GEOTÉRMICOS GEOTHERMAL	BIOMASSA BIOMASS	
SUBTOTAL	MW	669		12			681
	#	22		3			25
	MW	763		68		168	999
	#	152		14		5	171
TOTAL	MW	1.432		80		168	1.680
	#	174		17		5	196

PROVÍNCIA DE TETE
TETE PROVINCE

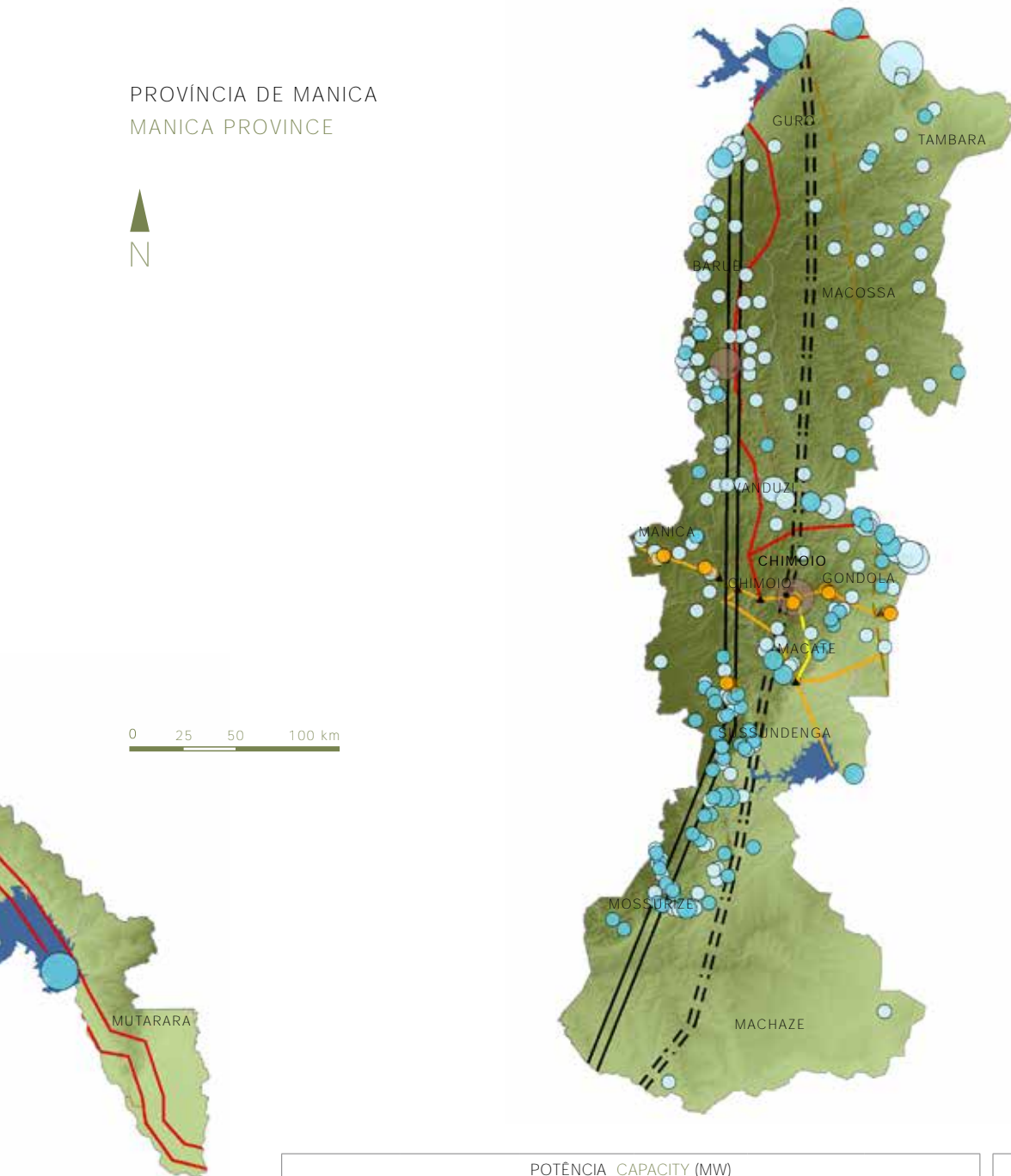


		POTÊNCIA CAPACITY (MW)						
		HIDRICOS HYDRO	EÓLICOS WIND	SOLARES SOLAR	GEOTÉRMICOS GEOTHERMAL	BIOMASSA BIOMASS	MARÍTIMOS WAVES	TOTAL
SUBTOTAL	MW	3.185	490	107				3.782
	#	88	3	2				93
	MW	7.333	1.890	644	7			9.874
	#	213	4	10	1			228
TOTAL	MW	10.518	2.380	751	7			13.656
	#	301	7	12	1			321

PROVÍNCIA DE MANICA
MANICA PROVINCE

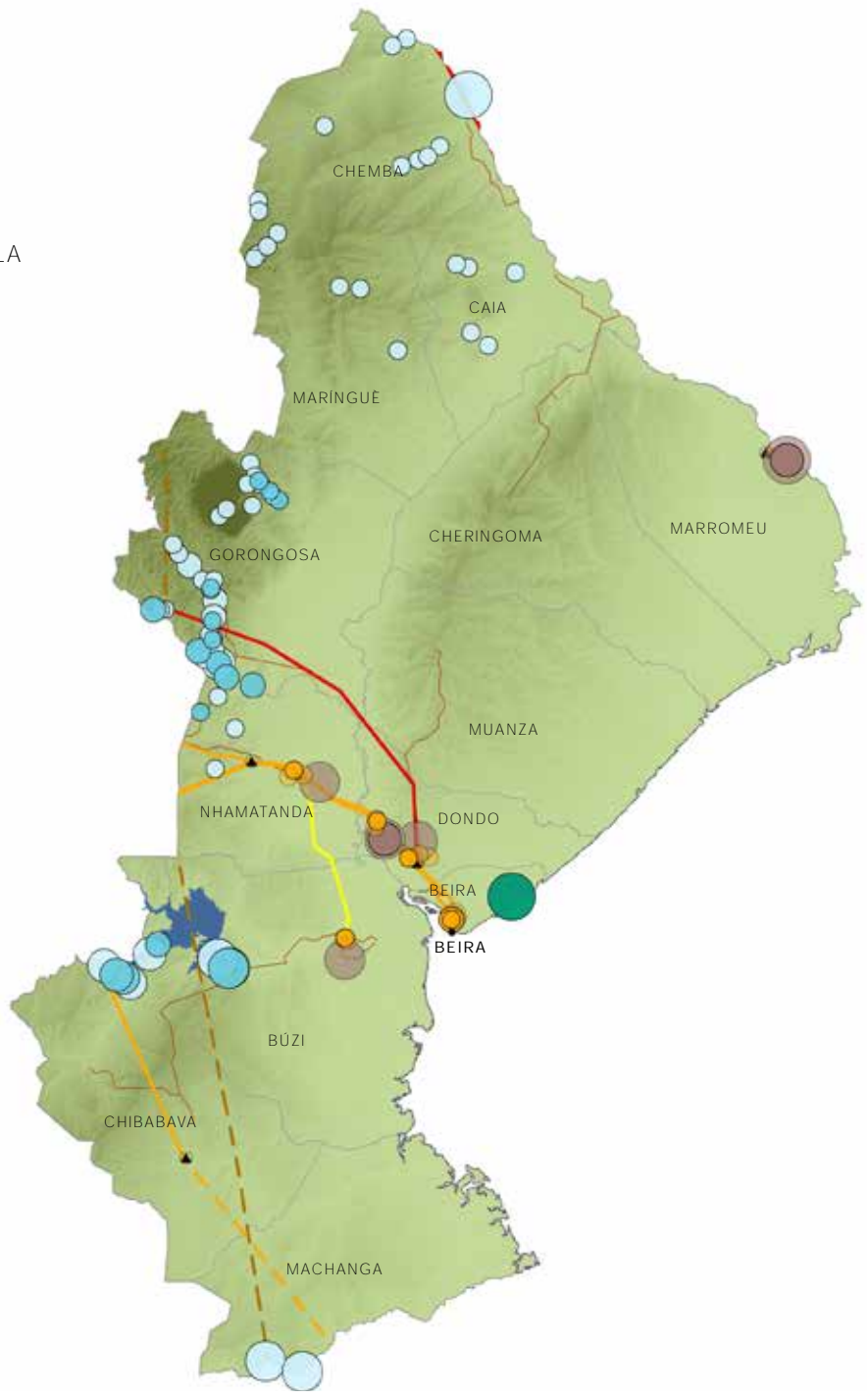


0 25 50 100 km



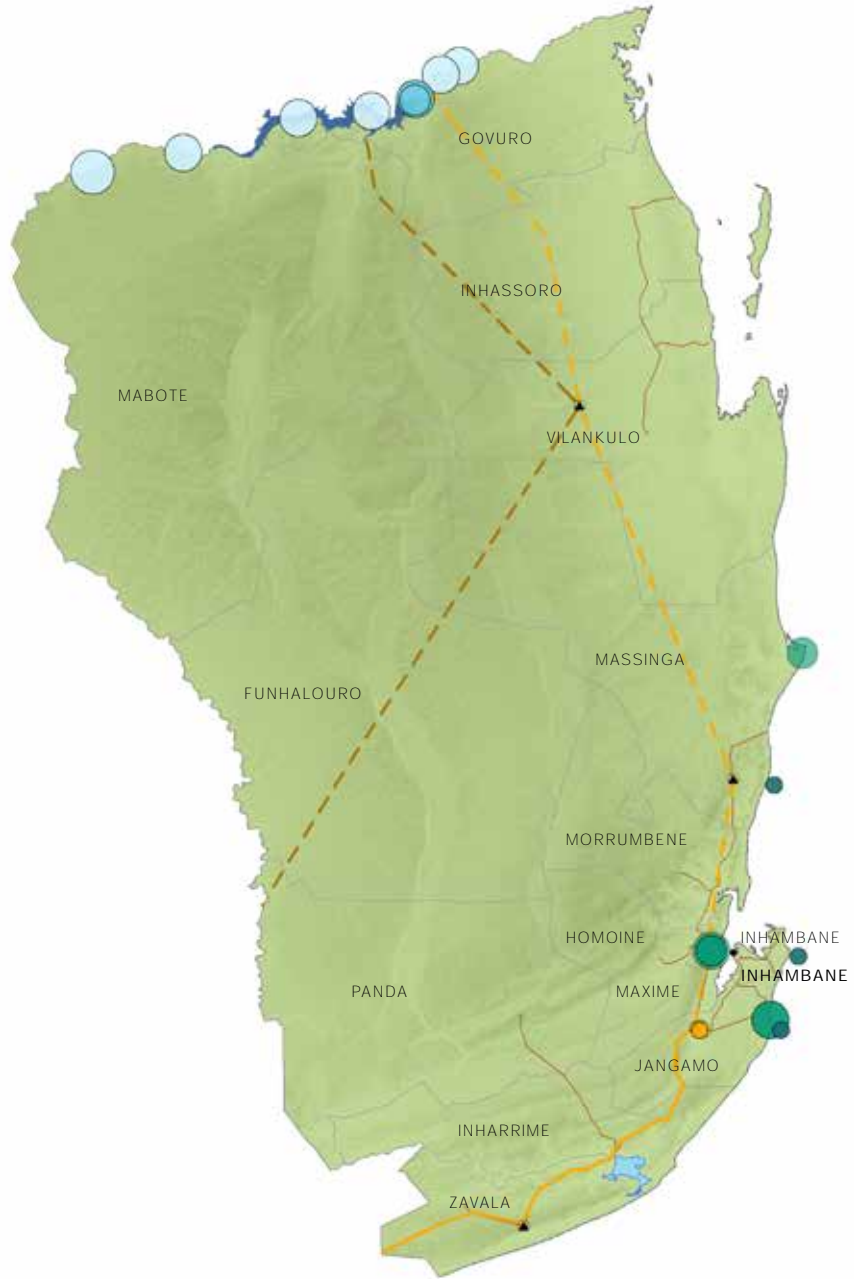
		POTÊNCIA CAPACITY (MW)						
		HÍDRICOS HYDRO	EÓLICOS WIND	SOLARES SOLAR	GEOTÉRMICOS GEOTHERMAL	BIOMASSA BIOMASS	MARÍTIMOS WAVES	TOTAL
SUBTOTAL	MW	430		30				460
	#	70		10				80
	MW	1.481		48		187		1.716
	#	166		18		2		186
TOTAL	MW	1.911		78		187		2.176
	#	236		28		2		266

PROVÍNCIA DE SOFALA
SOFALA PROVINCE



		POTÊNCIA CAPACITY (MW)					TOTAL
		HÍDRICOS HYDRO	EÓLICOS WIND	SOLARES SOLAR	GEOTÉRMICOS GEOTHERMAL	BIOMASSA BIOMASS	
SUBTOTAL	MW	235	136	23		27	421
	#	17	1	7		2	27
	MW	631	64	46		308	1.049
	#	54	1	15		5	75
TOTAL	MW	866	200	69		335	1.470
	#	71	2	22		7	102

PROVÍNCIA DE INHAMBANE
INHAMBANE PROVINCE



		POTÊNCIA CAPACITY (MW)						
		HIDRICOS HYDRO	EÓICOS WIND	SOLARES SOLAR	GEOTÉRMICOS GEOTHERMAL	BIOMASSA BIOMASS	MARÍTIMOS WAVES	TOTAL
SUBTOTAL	MW	49	130	2				181
	#	2	2	1				5
	MW	526	50	4			11	591
	#	6	2	2			3	13
TOTAL	MW	575	180	6			11	772
	#	8	4	3			3	18

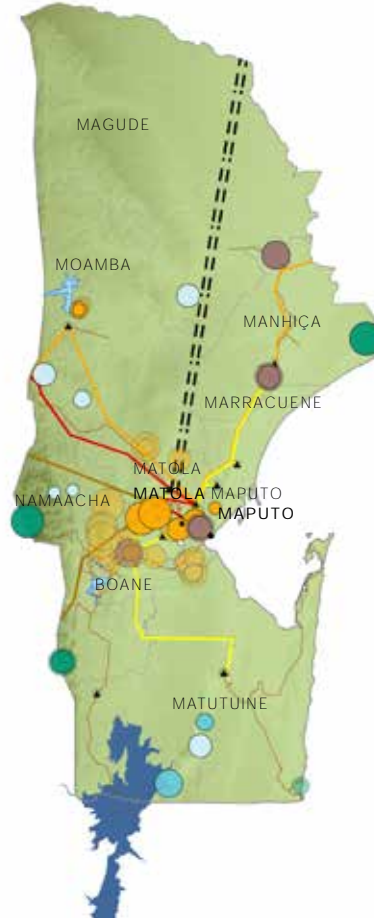
PROVÍNCIA DE GAZA
GAZA PROVINCE



0 25 50 100 km

		POTÊNCIA CAPACITY (MW)						TOTAL
		HÍDRICOS HYDRO	EÓLICOS WIND	SOLARES SOLAR	GEOTÉRMICOS GEOTHERMAL	BIOMASSA BIOMASS	MARÍTIMOS WAVES	
SUBTOTAL	MW	7	98	9				114
	#	1	1	3				5
	MW	406	2	15		116		539
	#	14	1	6		2		23
TOTAL	MW	413	100	24		116		653
	#	15	2	9		2		28

PROVÍNCIAS DE MAPUTO E MAPUTO CIDADE
 MAPUTO AND MAPUTO CITY PROVINCES



		POTÊNCIA CAPACITY (MW)						
		HIDRICOS HYDRO	EÓICOS WIND	SOLARES SOLAR	GEOTÉRMICOS GEOTHERMAL	BIOMASSA BIOMASS	MARÍTIMOS WAVES	TOTAL
SUBTOTAL	MW	61	262	370		79		772
	#	2	3	9		3		17
	MW	51	528	1.202		146		1.927
	#	6	4	41		4		55
TOTAL	MW	112	790	1.572		225		2.699
	#	8	7	50		7		72



MUNGARI, PROVINCIA DE SOFALA
Mungari, Sofala Province



ENERGIAS RENOVÁVEIS E
ELECTRIFICAÇÃO RURAL
renewable energies and rural electrification

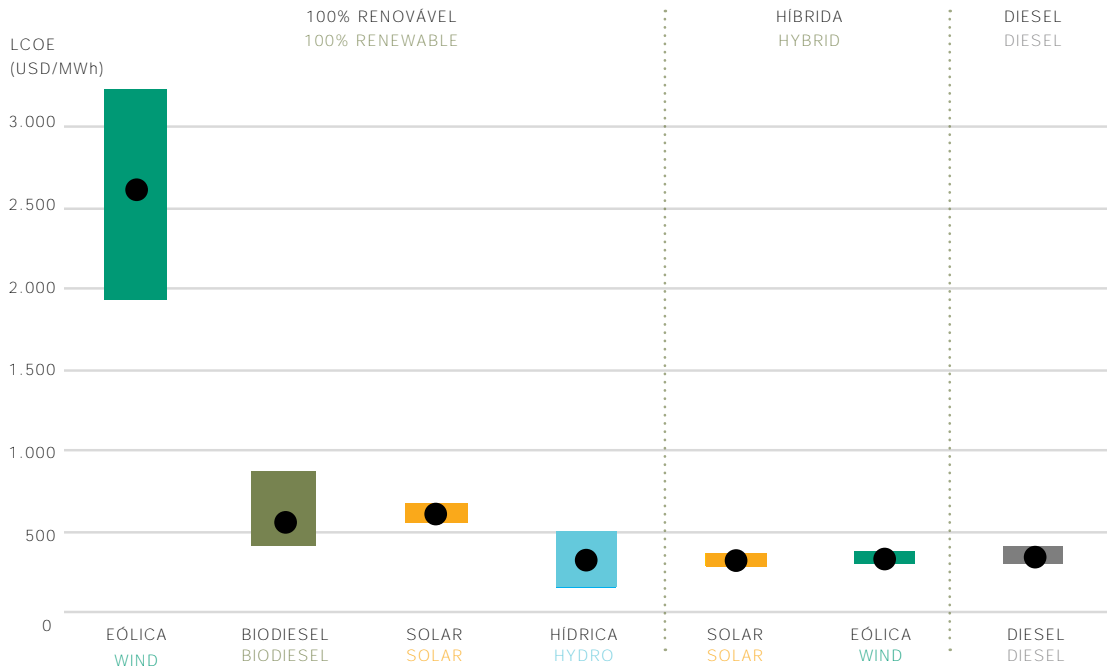
ESTUDO DAS ALTERNATIVAS

Para além dos projectos renováveis de grande, média e pequena dimensão, a evolução tecnológica permite actualmente o aproveitamento das energias renováveis em projectos de microescala, de 5 a 100 kW, que permitem levar a energia eléctrica às populações que vivem nas aldeias longe da rede eléctrica.

STUDY OF ALTERNATIVES

In addition to large, medium and small size renewable projects, technological developments now allow the use of renewable energy projects in microscale, 5 to 100 kW which allow the provision of electricity to people living in villages far from the electric network.

CUSTO NIVELADO DA ENERGIA DAS VÁRIAS SOLUÇÕES DE ELECTRIFICAÇÃO RURAL LEVELIZED COST OF ENERGY FOR DIFFERENT SOLUTIONS FOR RURAL ELECTRIFICATION



Nota: Intervalos apresentados entre o percentil 10% e 90% dos projectos estudados. Custo médio de capital considerado de 3,5% visto tratar-se de projectos com elevado interesse para financiamentos concessionais.

Note: Intervals shown between percentiles 10% and 90% of the studied projects. Average cost of capital of 3.5% considered since these are projects with high interest for concessional financing.

Com esse objectivo, foram georreferenciadas cerca de 10.000 aldeias, e para todas elas foram estudadas diferentes alternativas de geração renovável:

- 100% renováveis: geradores eólicos com baterias, motor a óleo de jatrofa, solar fotovoltaico com baterias e pico-hídrica;
- híbridos: diesel com gerador eólico ou painéis solares;
- motor a diesel (alternativa fóssil).

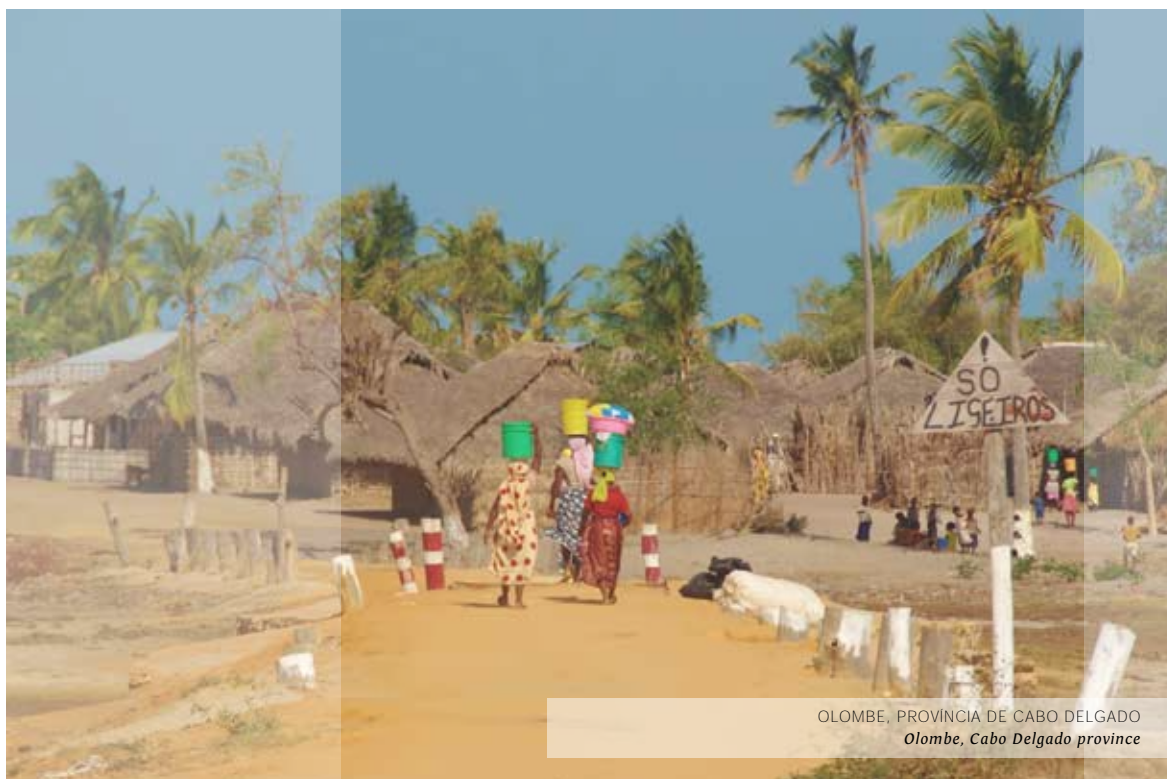
Para cada localização, com base na dimensão do projecto, recurso e distância à povoação, foi calculado o custo nivelado de energia. O dimensionamento dos sistemas de baterias foi extrapolado a partir da análise das séries recolhidas nas várias estações meteorológicas. A alternativa de extensão da rede, apesar de em muitos casos ser a alternativa mais económica, não foi incluída no presente estudo.

With this aim, about 10,000 villages were geo-referenced, and for all of them different alternatives of renewable generation were studied:

- 100% renewable: wind turbines with batteries, jatropha oil engine, solar PV with batteries and pico-hydro;
- hybrids: diesel with wind generator or solar panels;
- diesel engine (fossil fuel alternative).

For each location, based on the size of the project, resource and distance to the village, the energy cost level was calculated. The sizing of battery systems was extrapolated from the analysis of the collected series on the various weather stations.

The alternative of extending the network, although in many cases is the most economic alternative, was not included in this study.



OLOMBE, PROVINCIA DE CABO DELGADO
Olombe, Cabo Delgado province

PICO-HÍDRICAS SÃO A SOLUÇÃO
100% RENOVÁVEL MENOS
ONEROSA MAS APENAS 300
LOCAIS REÚNEM CONDIÇÕES

As pico-hídricas são a solução 100% renovável mais barata, sendo em muitos casos competitiva com a geração a diesel. No entanto, o seu potencial está limitado a cerca de 300 locais que apresentam características, quedas e caudal, adequados e a distâncias aceitáveis das povoações. Nas regiões com maior produtividade agrícola, a plantação de jatrofa para extracção e queima dos óleos em motores preparados para o efeito pode ser uma solução com interesse, mas com custos de geração na ordem dos \$500 USD/MWh. Nos restantes locais, a solução 100% renovável menos onerosa é o solar fotovoltaico com recurso a baterias para armazenamento da energia. No entanto, o elevado custo das soluções de armazenamento resulta em custos equivalentes ao dos motores a óleo. No que diz respeito à energia eólica, mesmo nos locais com maior recurso, a intermitência do vento implica maiores investimentos ao nível das baterias, pelo que a solução de microturbinas eólicas é sempre mais cara que a solução solar.

PICO-HYDRO IS THE LEAST
COST 100% RENEWABLE
SOLUTION BUT ONLY 300 SITES
HAVE CONDITIONS

The pico-hydro is the least cost 100% renewable solution, and in many cases competitive with diesel generation. However, its potential is limited to about 300 sites that have appropriate features, head and flow, and acceptable distances from villages.

In regions with higher agricultural productivity, planting jatropha for extraction and burning of oil in engines can be an interesting solution, but it implies generation costs of around \$500 USD/MWh.

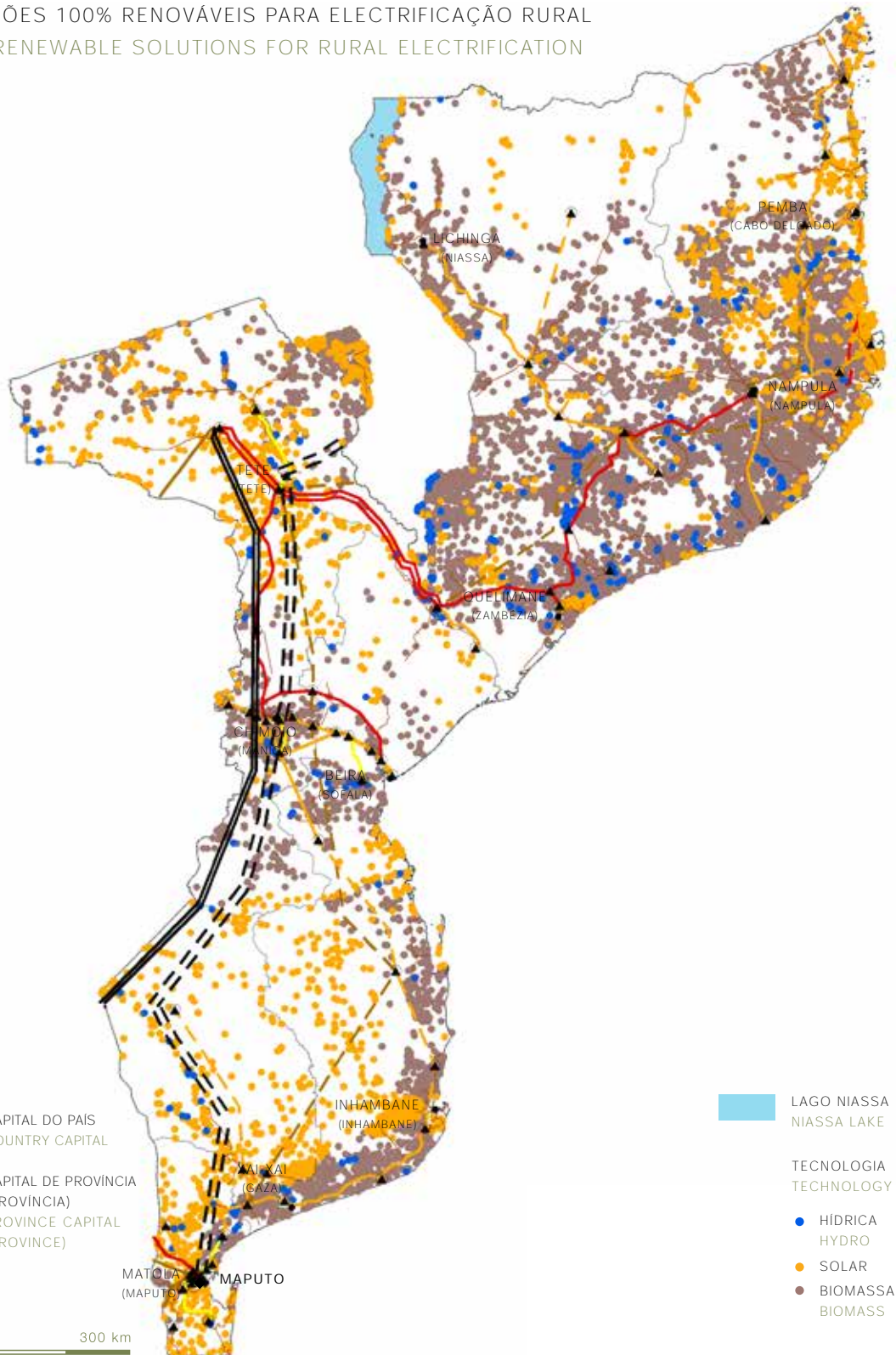
In the remaining sites, the least expensive 100% renewable solution is solar photovoltaic using batteries for energy storage. However, the high cost of storage solutions results in costs equivalent to that oil of motors.

With regard to wind energy, even in locations with greater resource, the wind intermittency implies greater investment in batteries, reason why the wind microturbines solution is always more expensive than the solar option.



REGRESSO DO TRABALHO, ILHA DA INHACA, PROVINCIA DE MAPUTO
Returning from work, Inhaca Island, Maputo province

SOLUÇÕES 100% RENOVÁVEIS PARA ELECTRIFICAÇÃO RURAL
 100% RENEWABLE SOLUTIONS FOR RURAL ELECTRIFICATION



PICO-HÍDRICAS, PEQUENOS SISTEMAS SOLARES E EXTENSÃO DA REDE OU MINI-REDES SÃO AS SOLUÇÕES RECOMENDADAS

PICO-HYDRO, SMALL SOLAR SYSTEMS AND GRID EXTENSION OR MINI-GRIDS ARE THE RECOMMENDED SOLUTIONS

As soluções híbridas de solar + diesel são as soluções de electrificação rural menos onerosas na maior parte do território, com excepção dos locais adequados para o desenvolvimento de centrais pico-hídricas. No entanto, estas centrais requerem logística de combustível e apresentam custos muito elevados quando comparados com a geração centralizada.

A extensão da rede nas zonas mais densas, em particular nas províncias da Zambézia e Nampula, deverá ser uma solução a privilegiar. A criação de mini-redes assentes em projectos hidroeléctricos de maior dimensão (500 kW a 5 MW) será outra alternativa a explorar, embora não tendo sido avaliada no presente estudo. Em povoações com menor dimensão, a instalação de pequenos sistemas solares com menor nível de serviço (com enfoque nos serviços básicos da comunidade), ou pequenas lojas de energia são as soluções mais adequadas.

The hybrid solutions of solar + diesel are the less costly solutions for rural electrification in most of the territory, with the exception of suitable sites for the development of pico-hydro plants. However, these plants require fuel logistics and have very high costs compared with the centralized generation. Grid extension in the denser areas, particularly in the Zambézia and Nampula provinces, should be a preferable solution.

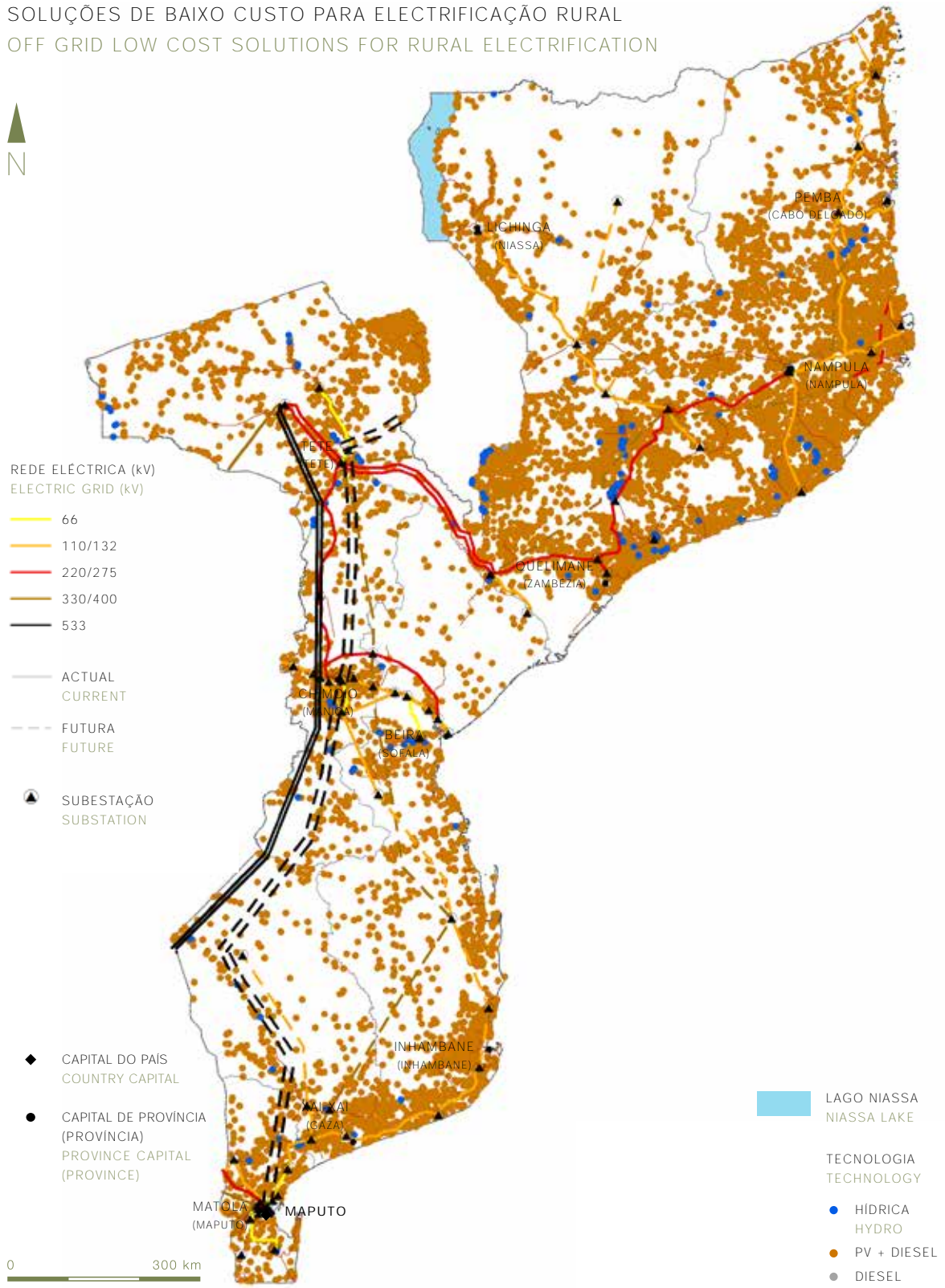
The creation of mini-grids based on larger hydropower projects (500 kW to 5 MW) is another alternative to explore, although not assessed in this study.

In smaller villages, installing small solar systems with lower service level (with focus on basic community services), or small energy stores are the most appropriate solutions.



ALDEIA, ILHA DA INHACA, PROVÍNCIA DE MAPUTO
Village, Inhaca Island, Maputo province

SOLUÇÕES DE BAIXO CUSTO PARA ELECTRIFICAÇÃO RURAL
OFF GRID LOW COST SOLUTIONS FOR RURAL ELECTRIFICATION



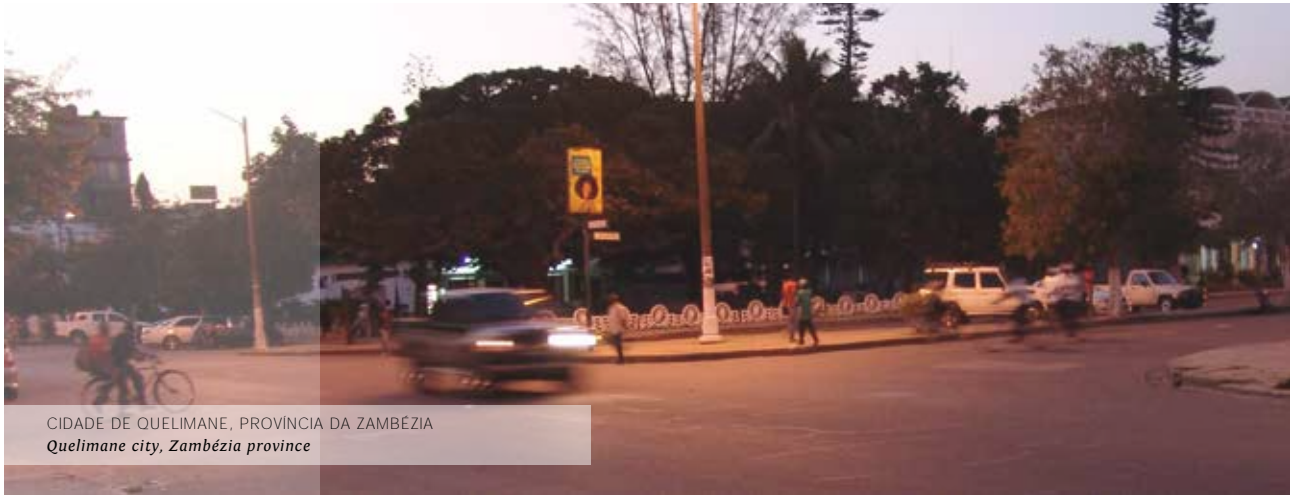


MUCUMBURA, PROVINCIA DE TETE
Mucumbura, Tete province

A group of children in Mozambique, with a green overlay and text. The children are looking towards the camera, some with expressions of curiosity and others with smiles. The background is a plain, light-colored wall. The text is overlaid on the right side of the image.

ENERGIAS RENOVÁVEIS E
O DESENVOLVIMENTO DE
MOÇAMBIQUE

renewable energies and Mozambique development



CIDADE DE QUELIMANE, PROVÍNCIA DA ZAMBÉZIA
Quelimane city, Zambézia province

Em Moçambique as Energias Renováveis podem ter um papel muito importante enquanto polo dinamizador de toda a economia:

Redução das importações

A geração de electricidade com base em recursos renováveis reduz as necessidades de importação de combustíveis.

Exportação e melhoria da balança comercial

Dado o potencial renovável de Moçambique, nomeadamente ao nível hídrico, o país pode tornar-se no maior exportador de energia renovável da região.

Redução do custo de energia

Os grandes projectos hidroeléctricos poderão reduzir significativamente os custos de geração de energia facilitando o acesso da população a serviços de energia.

Menores emissões de gases de efeito estufa e sustentabilidade ambiental

Uma aposta nas energias renováveis, traduz-se numa menor dependência dos combustíveis fósseis e da libertação de gases nocivos por via da queima nomeadamente de carvão e fuel.

Renewable Energy in Mozambique may have a very important role while energizing the entire economy:

Reduction of imports

Electricity generation based on renewable resources reduces the need to import fuels.

Exports and trade balance improvement

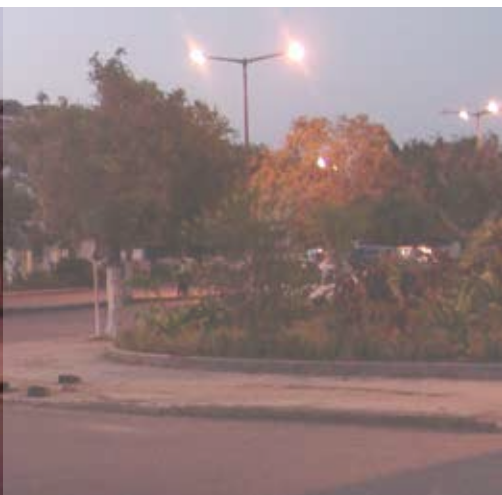
Given Mozambique's renewable potential, particularly at hydro level, the country may become the largest exporter of renewable energy in the region.

Energy cost reduction

Large hydropower projects could significantly reduce the cost of power generation facilitating the population's access to energy services.

Lower emissions of greenhouse gases and environmental sustainability

The investment in renewable energy translates into a lower dependence of fossil fuels and of the release of harmful gases through the burning, in particular, of coal and fuel oil.



Maior diversificação e segurança de abastecimento

Uma maior diversidade de fontes e locais de abastecimento diminui a dependência e reforça a segurança.

Mobilização de investimento e criação de emprego

Planeamento, construção, operação e manutenção dos sistemas e fabrico de equipamentos renováveis.

Fins múltiplos das centrais hídricas

As albufeiras associadas às barragens podem contribuir para o abastecimento de água às populações, para a agricultura e irrigação, para o combate aos incêndios, para o turismo, entre outras actividades.

Melhoria da qualidade de energia

A promoção da geração mais próxima do consumo não só reduz as perdas associadas ao transporte da energia eléctrica, mas também minimiza os riscos de operação e manutenção nas redes aumentando a qualidade da energia fornecida.

Dinamização e atracção de actividade industrial

A qualidade e presença da energia são fundamentais para a localização de indústrias.

Greater diversification and supply security

A greater diversity of power sources decreases dependence and strengthens security.

Investment mobilization and job creation

Planning, construction, operation and maintenance of systems and manufacture of renewable equipment generate jobs.

Hydro plants with multiple purposes

Reservoirs associated with dams can contribute to the water supply to the population, agriculture and irrigation, for fighting fires and tourism, among other activities.

Power quality improvement

Promoting generation closer to the consumer not only reduces losses associated with the transmission of electricity, but also minimizes the operation and maintenance risks on the grids, increasing the quality of the power supplied.

Stimulation and industrial activity attraction

The quality and existence of energy are essential for the industry establishment.



MUCUMBURA, PROVINCIA DE TETE
Mucumbura, Tete province

RENOVÁVEIS CONTRIBUEM PARA OS OBJECTIVOS DO MILÉNIO E MELHORAM AS CONDIÇÕES DE VIDA DAS POPULAÇÕES RURAIS

RENEWABLES CONTRIBUTE TO THE MILLENNIUM GOALS AND IMPROVE LIVING CONDITIONS OF RURAL POPULATIONS

As energias renováveis têm também um papel fundamental ao nível da electrificação rural no desenvolvimento humano do país:

Acesso a serviços básicos de energia

As renováveis permitem dar acesso a serviços básicos de energia (iluminação, comunicações, ...) em zonas remotas do país.

Melhoria da saúde

As energias renováveis permitem substituir o querosene utilizado na iluminação com ganhos na saúde das populações.

Melhor educação

As escolas podem ter iluminação que aumente a produtividade dos alunos e acesso a meios informáticos que melhore a aprendizagem.

Comunicação e acesso a informação

A possibilidade de carregar telemóveis, de utilizar rádios ou até de ver televisão permite o progresso associado à informação e comunicação.

Melhoria da produtividade

As energias renováveis podem ser utilizadas para usos produtivos como a moagem de cereais, a secagem ou outros usos que aumentem a produtividade das populações.

Criação de empregos locais

O fornecimento de serviços associados às energias renováveis pode originar novos postos de trabalho e serviços em milhares de locais em todo o país.

Renewable energies also have a critical role, concerning rural electrification, in the human development of the country:

Access to basic energy services

Renewables allow access to basic energy services (lighting, communications,...) in remote areas of the country.

Health improvement

Renewable energies allow kerosene replacement used for lighting, which benefits population health.

Better education

Schools may have access to light which increases students' productivity and gives access to computer facilities to improve learning.

Communication and access to information


The ability to charge mobile phones, use radio or even watch television allows the progress associated to information and communication.

Productivity improvement

Renewable energies can be used for productive uses such as grain milling, drying or other uses that enhance the productivity of populations.

Local job creation

The provision of services associated with renewable energies may originate new jobs and services in thousands of locations across the country.

A group of children and a woman are standing in a rural, grassy area. The children are smiling and some have their arms raised. A woman in a patterned shirt stands to the right, also smiling. The background is filled with tall grass and trees. Three speech bubbles are overlaid on the image, each containing text in Portuguese and English.

MAIOR RIQUEZA LOCAL
Greater local wealth

MENOS POLUIÇÃO
Less pollution

MAIOR QUALIDADE DA ENERGIA ELÉCTRICA
Higher quality of electricity

MUCUMBURA, PROVINCIA DE TETE
Mucumbura, Tete province



MENOS IMPORTAÇÕES
Less imports

MAIS EMPREGO
More jobs

CONTRIBUTOS DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS PARA O DESENVOLVIMENTO DE MOÇAMBIQUE

RENEWABLE ENERGIES
CONTRIBUTION FOR MOZAMBIQUE'S
DEVELOPMENT

FICHA TÉCNICA

COORDENAÇÃO *Coordination*

*Miguel Barreto
Pedro Borges Fernandes*

EQUIPA *Team*

*Carlos Gueifão
Jorge André
Nuno Nóbrega
Ricardo Caranova
Joana Santos
Sónia André
João Sousa
Gonçalo Cúmano
Manuel Abreu*

*Rui Chaves
Mafalda Morais
Carlos Martins
Filipa Rosa
Bernardo Mendonça
Julieta Sansana
Paulo Preto dos Santos
Diogo Falcão*



ISBN 978-989-97416-3-8

Depósito Legal / Legal Deposit N° 373118/14

1ª Edição / 1st Edition: 2000/2014.05

Copyright © Gesto-Energia, S.A.

FOTOS
Photos

Miguel Barreto
João Sousa
Nuno Nóbrega
Ricardo Caranova
Diogo Falcão

DESIGN, CONCEPÇÃO GRÁFICA E
EDIÇÃO DE IMAGEM
Design, graphic and image editing

Gesto
Pedro Borges Fernandes
Joana Namorado

Creative Minds



PESCADORES, PROVÍNCIA DE INHAMBANE
Fishermen, Inhambane province

