



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA
INSTITUTO DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIAS**

SOZINHO DOMINGOS USSIVANE

MAPEAMENTO DAS USINAS TERMOELÉTRICAS EM MOÇAMBIQUE

ACARAPE- CE

2020

SOZINHO DOMINGOS USSIVANE

MAPEAMENTO DAS USINAS TERMOELÉTRICAS EM MOÇAMBIQUE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Energias do Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia de Energias.

Orientadora: Profa. Dra. Rejane Felix Pereira.

ACARAPE- CE

2019

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Ussivane, Sozinho Domingos.

U86m

Mapeamento das usinas termoelétricas de Moçambique / Sozinho Domingos Ussivane. - Redenção, 2020.
70f: il.

Monografia - Curso de Engenharia de Energias, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2020.

Orientador: Profa. Dra. Rejane Felix Pereira.

1. Usinas Termoelétricas. 2. Impactos Ambientais. 3. Moçambique. I. Título

CE/UF/BSP

CDD 333.79

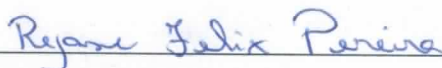
SOZINHO DOMINGOS USSIVANE

MAPEAMENTO DAS USINAS TERMOELÉTRICAS EM MOÇAMBIQUE.

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Energias do Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energias.

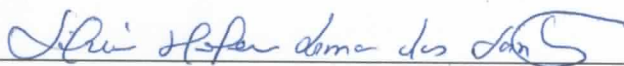
Aprovado em 17/01/2020.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Rejane Felix Pereira

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)



Profa. Silvia Helena Lima dos Santos

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)



Prof. Francisco Antonio Fernandes Moreira

Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Sobral
(CGIRS-RMS)

A Deus.

A minha mãe Rosa Bila, aos meus irmãos, ao
papai Domingos e a toda família.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, pela força, coragem e sabedoria na realização deste trabalho.

Agradeço, em especial a minha Orientadora Prof.^a Dra. Rejane Felix Pereira, por quem tenho muita admiração como profissional e como excelente ser humano, agradeço pela paciente orientação na realização deste trabalho, pela ajuda a mim oferecida durante a graduação.

Agradeço, em especial a minha mãe Rosa Bila e aos meus irmãos pela confiança a mim depositada e pelo todo apoio incondicional.

A Prof.^a Dra. Silvia Helena Lima dos Santos e ao Eng. Francisco Antonio Fernandes Moreira por aceitarem o convite de fazer parte da minha banca examinadora. A Coordenação do Curso de Engenharia de Energias, em especial a Maria Fabiana da Silva Valdevino pelo auxílio de sempre.

A todos os professores e colegas do curso de Engenharia de Energias da UNILAB, pelos conhecimentos partilhados.

A Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), pela oportunidade e por contribuir para minha formação.

Aos amigos e todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

“A palavra progresso não terá qualquer
sentido enquanto houver crianças infelizes”.
Albert Einstein

RESUMO

O petróleo e seus derivados ainda lideram a matriz energética mundial, sendo, além de um instrumento político e econômico uma fonte dominante que torna a sociedade totalmente dependente desse recurso. O início do esgotamento do petróleo em poucas décadas fez com que a sociedade buscasse soluções tecnológicas para utilização de outras fontes para geração de energia, principalmente para energia elétrica, visando também a sustentabilidade ambiental. A principal fonte de geração de energia elétrica em Moçambique é por meio da hidrelétrica de Cahora Bassa (HCB), no entanto, apenas 24,1% dessa energia é destinada para Moçambique. Portanto, para suprir a necessidade por energia elétrica no país em estudo, são construídas termoelétricas cuja geração de energia é dada pela queima dos derivados do petróleo, diesel e mais atualmente, gás natural, que, além de poluírem o meio ambiente, encarecem o preço da energia para o consumidor final moçambicano, fazendo com que apenas aproximadamente 30% dessa população tenha acesso a energia elétrica. O mapeamento das usinas termoelétricas em Moçambique foi realizado por meio de levantamentos bibliográficos e *in loco*, em que foram constatadas 14 usinas termoelétricas totalizando uma instalação de 2053,4MW, sendo que, 3 usinas irão operar a carvão, pois ainda estão na fase de projeto, e das que estão em operação, 7 são a diesel e 4 a gás natural. Percebeu-se também que as usinas que possuem maior índice de poluição são as que irão operar a carvão na província de Tete, evidenciando a necessidade de conscientização do poder público com relação aos impactos ambientais provocados pela queima desse mineral. Outro fator identificado foi que a província com maior população, e conseqüentemente maior demanda, Nampula, possui apenas uma usina a diesel com uma potência instalada de apenas 2MW. A instalação de termoelétricas em Moçambique necessita de maiores estudos de impactos ambientais e estratégicos para que o acesso à energia elétrica seja elevado.

Palavras-chave: Usinas Termoelétricas. Impactos Ambientais. Moçambique.

ABSTRACT

Oil and its derivatives still lead the world energy matrix, as well as a political and economic instrument, a dominant source that makes society totally dependent on this resource. The indicator of oil depletion in a few decades led society to seek technological solutions for the use of other sources for power generation, especially for electricity, also using environmental sustainability. The main source of electricity generation in Mozambique is the Cahora Bassa hydroelectric dam, however, only 24,1% of this energy is destined for Mozambique. Therefore, to meet the need for electricity in Mozambique, thermoelectric plants are built whose power generation is caused by the burning of petroleum derivatives, diesel and, more recently, natural gas, which, besides polluting or environment, absorb or price the energy. for the Mozambican end consumer, giving approximately 30% of this population access to electricity. The mapping of the thermoelectric power plants in Mozambique was carried out through bibliographic and on-site surveys, in which 14 thermoelectric power plants were found, totaling an installation of 205.4MW, with 3 plants running a coal as they are still in the design phase, and 7 of which are in operation are diesel and 4 natural gas. It was also noticed that those with the highest pollution index are those that operate a diesel in Tete provinces, highlighting the need for better public awareness of the impacts caused by diesel thermoelectric. Another factor identified was that a province with a larger population and consequently higher demand, Nampula, has only one diesel plant with an installed capacity of only 2MW. The installation of thermoelectric plants in Mozambique requires further studies on environmental and strategic impacts to increase access to electricity.

Keywords: Thermoelectric Power Plants. Environmental impacts. Mozambique.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz Energética Mundial 2016	18
Figura 2 - Matriz Energética Brasileira 2017 (EPE, 2019)	19
Figura 3 – Participação das renováveis na matriz energética	19
Figura 4 - Variação na demanda energética por região, 2000-2017	20
Figura 5 - Matriz Elétrica Mundial 2016.....	21
Figura 6 – Matriz elétrica do Brasil.....	22
Figura 7 - Participação de renováveis na matriz elétrica.....	22
Figura 8: EUA geração mensal de eletricidade de fontes selecionadas.....	24
Figura 9 - reatores em operação no mundo por país.....	31
Figura 10 - Participação da fonte na matriz elétrica de alguns países em 2015	32
Figura 11- Taxa de eletrificação em função da população total, desde 1990 a 2017	36
Figura 12 - Taxa de eletrificação em função da população urbana	36
Figura 13- Taxa de eletrificação em função da população rural, desde 1990 a.....	37
Figura 14 -Potencial renovável por fonte existente em Moçambique	38
Figura 15: Esquema básico do funcionamento de uma central térmica a diesel	41
Figura 16: Componentes de uma turbina a gás natural	42
Figura 17- Fluxograma de uma turbina a gás ciclo Brayton movida a gás	42
Figura 18 - Diagrama simplificado do ciclo combinado	43
Figura 19 - Perfil esquemático do processo de produção de energia elétrica a.....	43
Figura 20 - Esquema de uma central com combustão Externa (a vapor)	44
Figura 21: Perfil do processo de produção de energia elétrica a partir do	45
Figura 22 - Perfil esquemática de uma usina termonuclear.....	46
Figura 23 - Impactos provocados pelas termelétricas a gás Natural	48
Figura 24 - Impactos provocados por uma suína a carvão Mineral.....	49
Figura 25 - Carregamento do shape no ArcGIS	52
Figura 26 - Mapa de localização do continente africano.....	52
Figura 27 - Mapa de localização de Moçambique (área de estudo)	53
Figura 28 - Mapa de Moçambique e suas 11 províncias	54
Figura 29 - Mapa de precipitação de Moçambique	55
Figura 30 - Atlas do potencial hidráulico	56
Figura 31 - Densidade populacional na zona norte de Moçambique	57
Figura 32 - População em milhões de habitantes no centro	58

Figura 33 - População em milhões de habitantes e a densidade populacional	58
Figura 34 - Legenda das Figuras (31 a 34).....	59
Figura 35 - Censo Moçambique 2017	59
Figura 36 – Mapeamento das termelétricas de Moçambique	60
Figura 37 – Localização das usinas termelétricas com indicação de setas.....	61
Figura 38 – Círculos identificação do tipo de combustível e o nível de impactos	61
Figura 39 - número de população em função do número das termelétricas instaladas	62
Figura 40 - Resultados tabelados do mapeamento das usinas termelétricas de Moçambique .	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALER	Associação Lusófona de Energias Renováveis
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
EDM	Eletricidade de Moçambique
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESKOM	Empresa Pública de Eletricidade da África do Sul (<i>Eskom Holdings Limited em inglês</i>)
EUA	Estados Unidos de América
FUNAE	Fundo Nacional de Energia
GTF	Global Tracking Framework
HCB	Hidrelétrica de Cahora Bassa
IAEA	Agencia Internacional de Energia atômica (<i>International Atomic Energy Agency em inglês</i>)
IEA	Agencia Internacional de Energia (<i>International Energy Agency em inglês</i>)
INE	Instituto Nacional de Estatística de Moçambique
MITADER	Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural
MOTRACO	Companhia de Transmissão de Moçambique (<i>Mozambique Transmission Company em inglês</i>)
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
SADC	Comunidade de Desenvolvimento da África Austral

LISTA DE SÍMBOLOS

H ₂ O	Água
%	Porcentagem
CO ₂	Gás Carbônico
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
GW	Gigawatt
kV	Kilovolt
MW	Megawatt
MWh	Megawatt hora
m ³	Metros Cúbicos
m ²	Metros Quadrados
N	Nitrogênio
%	Porcentagem
Km ²	Quilômetro quadrado
TWh	Terawatt Hora
USD	Dólar Norte Americana
V	Volt

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	15
1.2	Objetivos	15
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	15
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Geração de energia elétrica	17
2.1.1	<i>Matriz energética</i>	17
2.1.2	<i>Matriz elétrica</i>	20
2.1.3	<i>Formas de geração da energia elétrica</i>	23
2.2	Geração de energia elétrica em Moçambique	32
2.2.1	<i>Instituições do setor de energia</i>	33
2.2.2	<i>A produção de energia elétrica em Moçambique</i>	35
2.3	Centrais termoelétricas	38
2.3.1	<i>Princípio de geração e transformação</i>	39
2.3.2	<i>Tipos de usinas termoelétricas</i>	39
2.3.3	<i>Impactos provocados pelas usinas termoelétricas</i>	46
2.3.3.1	<i>Impactos ambientais das principais tecnologias de geração Termelétrica</i>	46
3	METODODLOGIA	50
3.1	Localização da área de estudo (Moçambique)	51
3.1.1	<i>Subdivisões da área do estudo</i>	53
3.1.2	<i>Características climáticas e de recurso hídrico de Moçambique</i>	54
3.1.3	<i>Análise demográfica da densidade populacional de Moçambique</i>	56
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
	REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

Durante o desenvolvimento da sociedade mundial, ficou evidente a carência por energia em todos os possíveis locais da convivência humana, e nas últimas décadas tem-se verificado em diversas referências científicas o iminente fim dos combustíveis fósseis, o imenso impacto ambiental causado por essas fontes para geração de energia e a insustentabilidade do modo de como essa energia é utilizada (NOGUEIRA, 2016).

O acesso à energia, além de ser um indicador do desenvolvimento de um país, é essencial para mitigar um dos grandes problemas que afetam vários países, principalmente os do continente africano, a pobreza.

A energia elétrica possibilita que o país tenha acesso à investimentos, inovações e novas indústrias que são os grandes geradores de empregos e renda, proporcionando o crescimento inclusivo e a prosperidade compartilhada para economias inteiras (BANCO MUNDIAL, 2019, online). E, sem contar, que a acessibilidade e a entrega confiável da eletricidade são a base fundamental das economias inovadoras. Ao mesmo tempo, a necessidade de lidar com as mudanças climáticas está conduzindo uma transformação dramática dos sistemas de energia (IEA, 2019).

De acordo com (Filho, 2013, p. 8):

O mundo utiliza majoritariamente no seu suprimento energético, as fontes energéticas primárias não renováveis, em particular, os combustíveis fósseis – petróleo, carvão mineral e gás natural. Estes combustíveis são grandes emissores de CO₂, um dos gases relacionados como “efeito estufa”, causador de elevação da temperatura do planeta e de mudanças climáticas.

Voltando um pouco para o início da década passada, a participação de combustíveis fósseis tem vindo a diminuir principalmente nas fontes consideradas mais poluentes como por exemplo o carvão mineral. Essa fonte, em 2010, teve uma participação de pouco mais de 41% na matriz elétrica mundial (IEA, 2010). Embora seja pouco, é um avanço, em comparação com a participação de carvão mineral que é de 38%.

Na matriz elétrica atual, houve diminuição de 2,7% da participação do carvão mineral, o que demonstra que os desafios para melhorias na segurança energética, nas perspectivas econômicas para os próximos anos, na implantação de fontes de geração elétrica, nas mudanças climáticas e na implantação de tecnologias de baixo carbono, propostos pelos governos mundiais do setor energético estão sendo parcialmente cumpridas em alguns países como o Brasil, por exemplo (BEN, 2019).

Moçambique conta com mais 80% da participação das renováveis na matriz de geração elétrica do país, em que essa maior participação toda é advinda das centrais

hidrelétricas. Moçambique possui uma das maiores usinas do continente, a Hidrelétrica de Cahora Bassa (HCB) com capacidade instalada de 2075 MW de potência, conforme Aler (2017), no entanto, grande parte o país ainda não usufrui dessa energia, e continua investindo e desenvolvendo projetos para geração de energia elétrica que envolvem fontes não renováveis, como é o caso das termoeletricas, proporcionando uma energia mais cara e menos sustentável.

Mesmo com a conscientização mundial sobre a sustentabilidade e sobre geração de energia por fontes renováveis, as emissões de CO₂ continuam aumentando, em que, de acordo com a Agencia Internacional de Energia - IEA (2019), no setor energético, as emissões aumentaram 2,6% em 2017 e outros 2,5% em 2018, após três anos de declínio, e por outro lado, as emissões no Cenário de Desenvolvimento Sustentável deveriam cair, em média, 4,1% ao ano até 2030 e a intensidade das emissões CO₂ por geração de eletricidade, também deveriam cair 3,4% ao ano. Em 2018, a intensidade das emissões caiu apenas 1,3%, como resultado da geração de tecnologias de baixo carbono, que aumentou 6%, compensada por um aumento no uso de 2,6% do carvão (IEA, 2019).

E ainda, a crescente demanda por eletricidade foi uma das principais razões pelas quais as emissões globais de CO₂ do setor de energia atingiram um recorde em 2018, mas a disponibilidade comercial de um conjunto diversificado de tecnologias de geração de baixas emissões também coloca a eletricidade na vanguarda dos esforços para combater as mudanças climáticas e a poluição.

No cenário de políticas declaradas, tem-se uma previsão de crescimento da demanda global por eletricidade em 2,1% ao ano até 2040, o dobro da demanda por energia primária. No cenário de desenvolvimento sustentável, a eletricidade tem um papel ainda maior, atingindo 31% do consumo final de energia. Contudo, essas questões aumentam o desequilíbrio no setor energético de um país, o que gera, de certa forma, um desespero de modo que os operadores do sistema energético criem da forma que deem condições para suprir as demandas por eletricidade que cada vez mais só aumentam.

Conforme o Banco Mundial (2014), 2,8 bilhões de pessoas dependem combustíveis poluentes como madeira, carvão vegetal, esterco e carvão para cozinhar e aquecer, resultando em poluição do ar em ambientes internos e externos que causam impactos generalizados à saúde e conseqüentemente mais de quatro milhões de mortes prematuras por ano.

Nesta pesquisa, o assunto foi abordado em capítulos, sendo o capítulo 1 a introdução, em foi apresentado a problemática e os objetivos. No capítulo 2 foi elaborado um referencial teórico para fundamentar esta pesquisa por meio de conceitos, princípios de transformação de energia, dentre outros fundamentos. O capítulo 3 abordou a metodologia de como esse trabalho foi desenvolvido, e ainda mostrou as características de Moçambique. Os resultados foram apresentados e discutidos no capítulo 4. E por fim, o capítulo 5 que trouxe as considerações finais.

1.1 Justificativa

A principal fonte de geração de energia elétrica em Moçambique é a hidrelétrica de Cahora Bassa com capacidade instalada de 2075 MW. No entanto, cerca de 75,9% da energia gerada por essa usina é vendida para outros países, ou seja, apenas 24,1% (14,5% firme, 9,6% não firme) é adquirida no país de geração. E para suprir sua demanda, Moçambique investe na construção e operação de usinas termoelétricas para que atuem de forma plena como principal fonte efetiva de geração de energia elétrica para os moçambicanos, este fato associado a crescente concentração de CO₂ na natureza, justifica a elaboração desta pesquisa.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é realizar um mapeamento de todas as usinas termoelétricas em Moçambique, independentemente de estarem em operação ou não, para que se possa conscientizar o poder público e a população de Moçambique sobre os impactos provocados pela operação de termoelétricas por meio da queima de diferentes combustíveis, e assim, incentivar investimentos em linhas de transmissão para utilização de fontes hidráulicas.

1.2.2 Objetivos específicos

Para obtenção do objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar as características da geração de energia em Moçambique;
- Mostrar os possíveis impactos ambientais provocados pela instalação e operação de Usinas Termoelétricas;
- Mostrar as possíveis regiões ou províncias mais afetadas pelos impactos ambientais causados pelas usinas termoelétricas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Geração de energia elétrica

A utilização de diversas fontes de geração de energia para proporcionar melhorias na qualidade de vida da humanidade iniciou-se desde a pré-história com utilização do fogo para geração de energia de térmica para aquecimento humano em dias frios e aquecimento de alimentos, no entanto, o homem da época não fazia ideia da utilização da energia proporcionada pelo sol. Depois foi utilizada a tração animal para geração de energia mecânica para facilitar o transporte de cargas, até o desenvolvimento da energia elétrica, que passou a ser o principal tipo de energia gerada por proporcionar maior conforto e, como consequência é a mais demandada, passando a controlar a vida da humanidade.

No planeta, existem diversas fontes que podem ser utilizadas para geração de energia, dentre elas, pode-se citar, o sol, o vento, as águas, a biomassa, o petróleo, o gás natural, a gasolina, o diesel, o álcool, e outras fontes que podem ser consideradas renováveis ou não.

A transformação da energia gerada por fontes naturais, consideradas renováveis, em energia elétrica requer tecnologias que estão sendo cada vez mais estudadas de modo a reduzir os custos e os impactos ambientais provocados por essa transformação.

2.1.1 Matriz energética

A matriz energética de um país corresponde a um conjunto de todas as fontes de geração de energia. Com isso, a matriz energética mundial é composta, majoritariamente, por fontes consideradas não renováveis, como petróleo e seus derivados e carvão, conforme pode ser verificado na Figura 1.

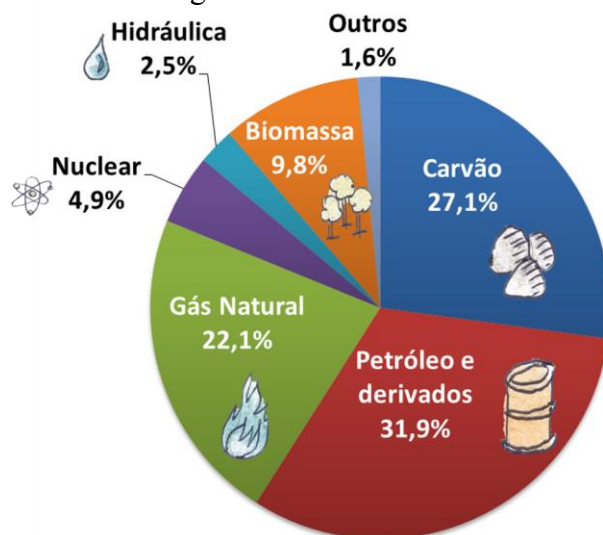
Além disso, a identificação da escassez do petróleo, e a comprovação de que a queima de seus derivados promove altos índices de poluição tornou-se um desafio para a ser solucionado pela sociedade mundial.

Esses desafios têm resultado em uma maior procura por fontes energéticas mais limpas, e diversos países, como a Alemanha, Suécia, Reino Unido e até mesmo nações reconhecidas pelos altos índices de emissão de poluentes, como a China e os

Estados Unidos, têm elevado seus investimentos em busca de fontes alternativas de energia.

Atualmente, destacam-se como fontes alternativas e renováveis as hidrelétricas, maremotriz, geotérmica, solar e eólica, das quais as duas últimas são as que possuem maior potencial de crescimento, segundo as previsões atuais.

Figura 1 - Matriz Energética Mundial 2016

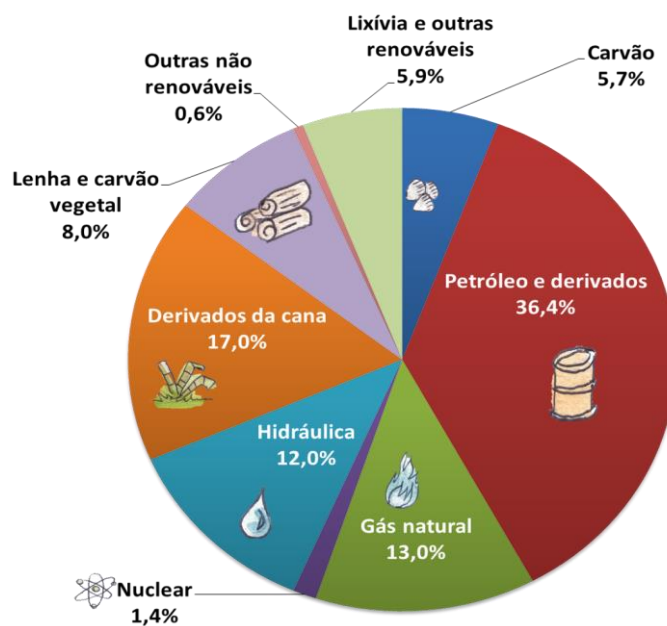


Fonte: EPE, 2019.

Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, 2019) em 2018, a demanda mundial por energia aumentou 2,3%, o maior crescimento anual na última década. Quase 45% da nova demanda corresponde a gás natural, especialmente na China e nos EUA (IEA, 2019).

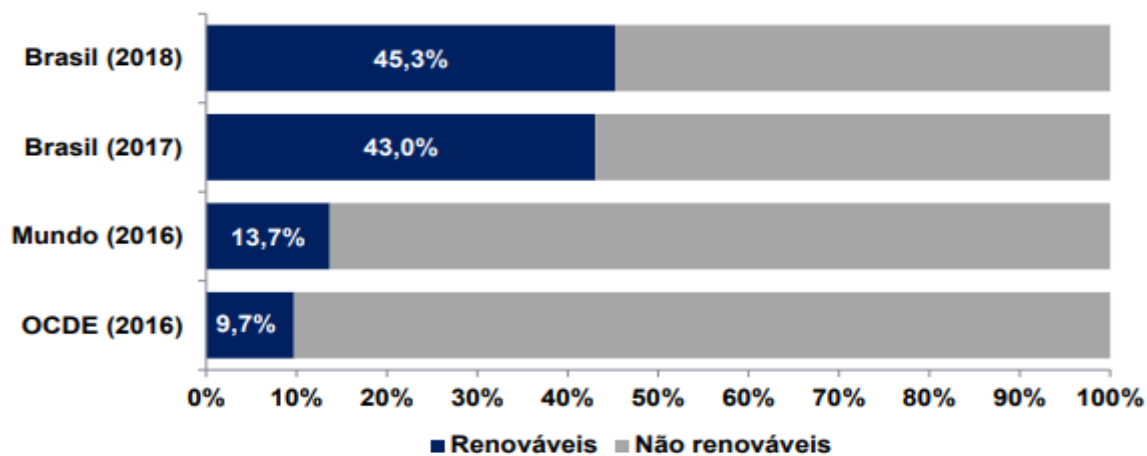
No Brasil, adicionando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana e outras renováveis, as fontes renováveis totalizam cerca de 42,9%, quase metade da matriz energética. Isto é, apesar do consumo de energia por fontes não renováveis ser maior do que o de renováveis, usa-se mais fontes renováveis do que no resto do mundo (Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2018), conforme se verifica na Figura 2. Já a participação das fontes renováveis na atual matriz energética mundial está apresentada na Figura 3.

Figura 2 - Matriz Energética Brasileira 2017 (EPE, 2019)



Fonte: EPE, 2019.

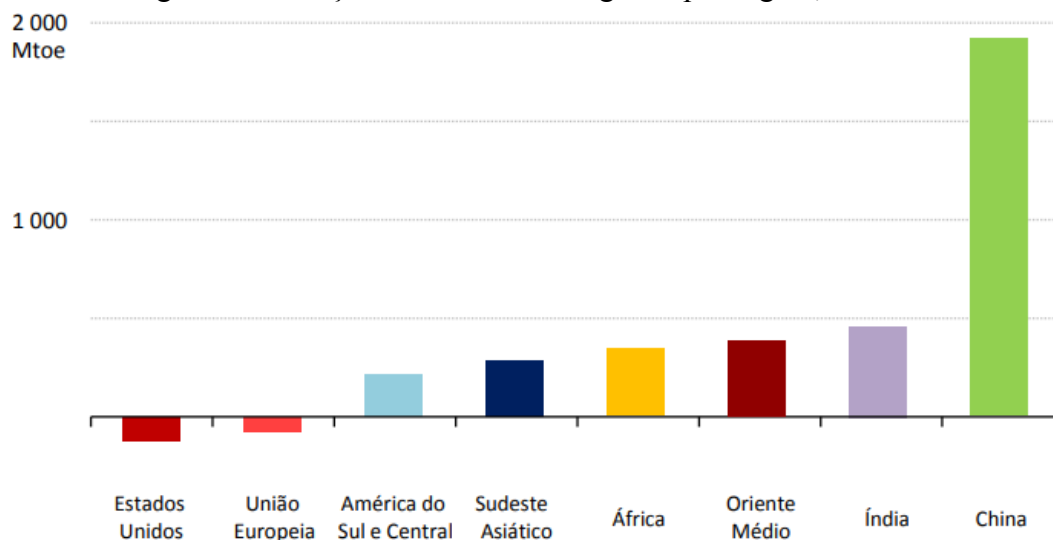
Figura 3 – Participação das renováveis na matriz energética



Fonte: BEN, 2019.

A figura 4 mostra a variação da demanda energética por região, em que se observa que o aumento da demanda por energia vem ocorrendo em maior escala na Ásia e na África. Enquanto as Américas do Sul e Central registraram aumentos mais moderados (IEA, 2019).

Figura 4 - Variação na demanda energética por região, 2000-2017



Fonte: IEA, 2019.

2.1.2 Matriz elétrica

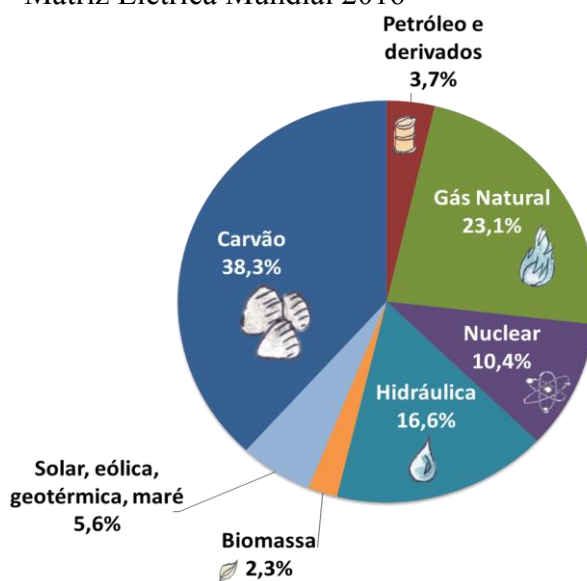
A matriz elétrica é um retrato quantitativo do conjunto de todas as fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica em uma certa região ou país. É utilizada pelo setor elétrico no seu planejamento das atividades relacionadas à geração, inovação e venda da eletricidade em uma região. É de extrema importância que o setor elétrico se atente e tenha como dados essa representação quantitativa referente a geração elétrica dos anos anteriores, de forma a melhorar o planejamento das atividades relacionadas à geração, inovação e venda de eletricidade.

Tem-se notado atualmente que o mercado ou demanda por eletricidade aumenta ano após ano, o que implica que deve ser implantado na mesma proporção a essa demanda novas fontes de geração. O que não está sendo fácil devido aos indícios dos esgotamentos das fontes de geração tradicionais, além dos impactos ambientais negativos que estas causam. Mesmo assim, para garantir o equilíbrio do sistema no período de curto a longo prazo, os responsáveis por esse setor elétrico, procuram incansavelmente saídas, implementando fontes não convencionais para a geração de eletricidade, o que se torna, no entanto, uma tarefa difícil, porque essas novas fontes além de utilizarem novas tecnologias que são bastante caras e complexa, elas dependem de vários fatores, principalmente o da disponibilidade em uma certa região ou país, por exemplo quando se fala de construção de uma central hidrelétrica, nem todas as regiões

tem disponibilidade do potencial hidráulico necessário, que é o recurso básico para geração hidroelétrica.

A reestruturação do setor elétrico é bastante complexa. E mesmo assim, estão sendo tomadas providências que visam melhorar as condições de oferta para suprir a demanda de forma sustentável. A Figura 5 ilustra a participação de cada fonte na matriz elétrica.

Figura 5 - Matriz Elétrica Mundial 2016

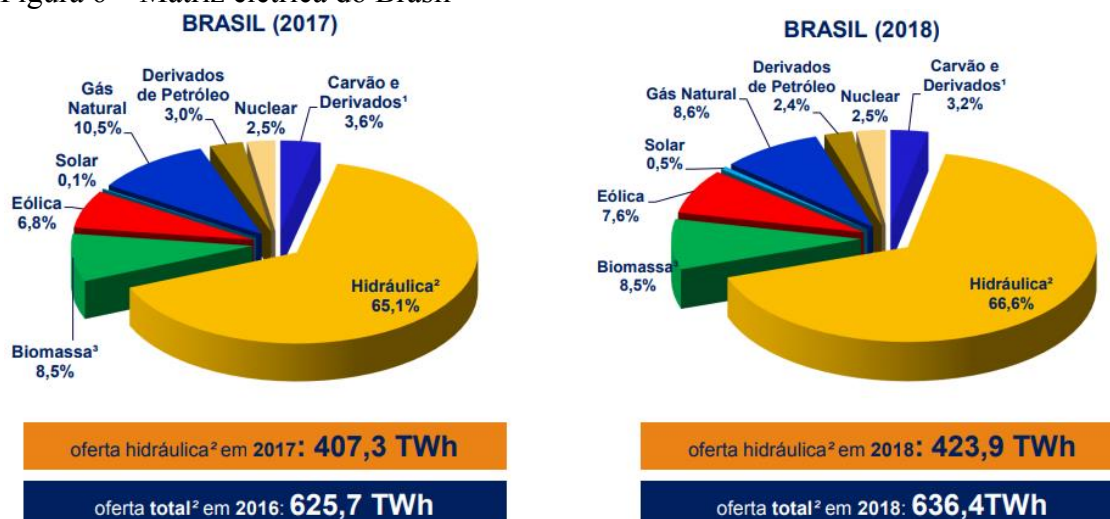


Fonte: (EPE, 2019).

Quanto a matriz elétrica, o Brasil se destaca pelo uso de fontes renováveis para a geração de eletricidade. De acordo com o Balanço Energético (BEN, 2019), a participação das renováveis na matriz elétrica brasileira é mais de 80%. A figura 6 a seguir ilustra a participação de cada fonte na matriz elétrica do Brasil, tomado como referência os anos de 2017 e 2018. Nota-se que em 2018 que houve um acréscimo em aproximadamente 4% na oferta de energia hidráulica com relação ao ano anterior.

A energia hidráulica é dependente das condições hidrológicas e sazonalidades, por isso, nem sempre vai ter uma oferta crescente. Pode ser observado no setor elétrico brasileiro por exemplo, ao voltar-se um pouco para década anterior, onde as condições hidrológicas observadas em 2012, em que segundo Lima et al (2014), nesse mesmo ano, observou-se uma redução de cerca de 1,9% na oferta de energia hidráulica, com relação ao ano anterior (2011). Que culminou no recuo de 88,9% em 2011 para 84,5% em 2012 da participação de renováveis na matriz elétrica.

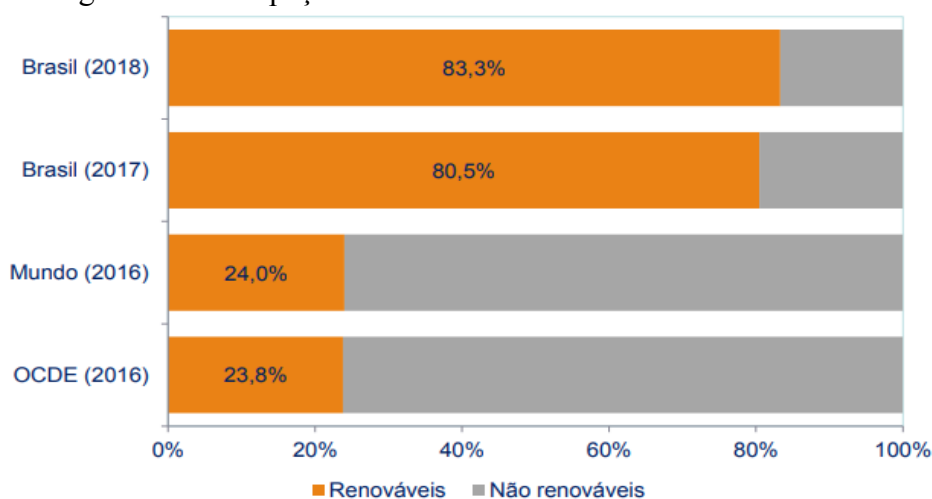
Figura 6 – Matriz elétrica do Brasil



Fonte: BEN, 2019.

Conforme pode-se verificar na Figura 7, na participação das fontes renováveis na matriz elétrica mundial, o Brasil se destaca com mais que o dobro de participação com relação à participação das fontes renováveis na matriz elétrica mundial.

Figura 7 - Participação de renováveis na matriz elétrica



Fonte: BEN, 2019.

De todas as fontes, a hidrelétrica se destaca por estar no topo da matriz elétrica brasileira. Políticas públicas implementadas nos últimos anos, no entanto, têm feito aumentar a participação de outras fontes nessa matriz (CCEE, 2015).

A energia elétrica cria grandes expectativas, mas existem dúvidas sobre a sua capacidade de responder aos diferentes tipos de demanda e sobre como irão operar os sistemas elétricos do futuro (IEA, 2019).

O World Energy Outlook 2019 explora essas futuras crescentes em detalhes. Explica o impacto das decisões de hoje nos sistemas de energia de amanhã e descreve um caminho que permite ao mundo cumprir as metas de clima, acesso à energia e qualidade do ar, mantendo um forte foco na confiabilidade e acessibilidade da energia para uma crescente população global.

2.1.3 Formas de geração da energia elétrica

O sistema de geração é o primeiro dos outros três (3) processos (transmissão, distribuição e a venda de eletricidade) a ser seguido para se fazer chegar energia elétrica aos consumidores. É a fase responsável pela parcela de maior de impactos sociais, ambientais e econômicos associados aos sistemas de energia (CCEE, 2015).

Energia elétrica é uma forma de energia baseada na geração de diferença de potencial elétrico entre dois pontos que permite estabelecer uma corrente elétrica.

Em termos de suprimento energético, a eletricidade se tornou uma das formas mais versáteis e convenientes de energia, passando a ser recurso indispensável e estratégico para o desenvolvimento socioeconômico de muitos países e regiões (ANEEL, 2002). A participação na geração de energia a partir de combustíveis em 2017 foi cerca de 67 % (IEA, 2019)

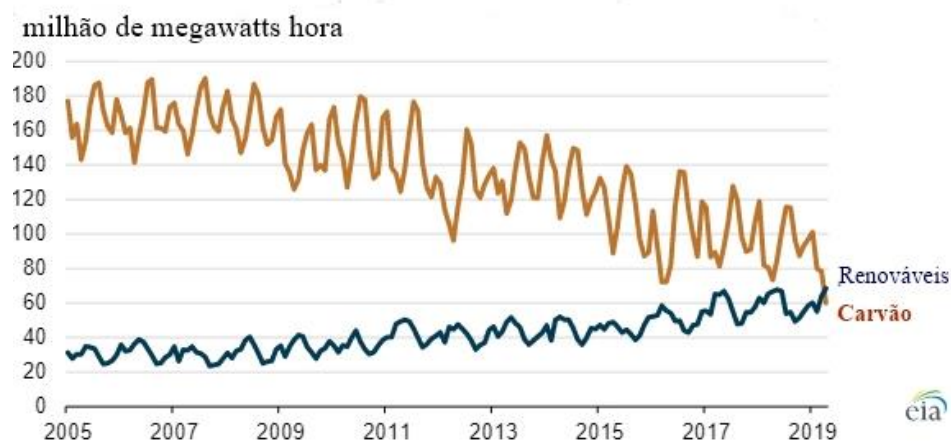
As primeiras centrais geradoras de energia elétrica utilizavam madeira como fonte combustível. Atualmente, são utilizados principalmente fontes para geração de energia elétrica denominadas:

a- *Renováveis*, aquelas cujas fontes são infinitas, consideráveis temporariamente inesgotáveis como o potencial hidroelétrico, a energia solar, energia eólica e biomassa. Essas energias caracterizam-se pela capacidade que têm de se regenerar e, como tal, serem virtualmente inesgotáveis e ainda por respeitarem o ambiente (Portal Energia, 2016).

Em abril de 2019, a geração mensal de eletricidade dos EUA a partir de fontes renováveis excedeu a geração a carvão pela primeira vez, com base em dados do *Electric Power Monthly* da EIA. As fontes renováveis forneceram 23% da geração total de eletricidade aos 20% do carvão. Esse resultado reflete fatores sazonais, bem como aumentos de longo prazo na geração renovável e reduções na geração de carvão(...), Administração de Informações Energéticas dos EUA (EIA, 2019).

A o gráfico da Figura 8 a seguir ilustra o histórico de geração mensal de energia elétrica nos (Estados Unidos de América (EUA) de fontes renováveis em comparação com o carvão (janeiro 2005 a abril 2019).

Figura 8: EUA geração mensal de eletricidade de fontes selecionadas



Fonte: Administração de informações sobre energia dos EUA, 2019

A geração hidrelétrica, a eólica e a solar são as principais formas de geração renovável de eletricidade. Abaixo segue uma breve descrição de cada uma.

Geração hidrelétrica

O fluxo das águas é o combustível da geração de eletricidade a partir da fonte hidráulica. A primeira hidrelétrica do mundo foi construída no final do século XIX, junto às quedas d'água das Cataratas do Niágara, na América do Norte. No mesmo período, o Brasil construiu sua primeira hidrelétrica, no município de Diamantina (MG), utilizando as águas do Ribeirão do Inferno, afluente do rio Jequitinhonha, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2019). Essa hidrelétrica possuía 0,5 megawatt (MW) de potência e linha de transmissão de dois quilômetros de extensão.

Cem anos depois, a potência instalada das usinas aumentou exponencialmente (CCEE, 2019). Concluída em no ano de 2006, a Hidroelétrica de Três Gargantas, na China, é hoje a maior hidroelétrica do mundo com uma capacidade de geração total de 22.500 MW, ela superou Itaipu Binacional, a maior até então, com capacidade de 14.000 MW. Mesmo com essas capacidades de geração observadas hoje em dia, ainda assim não é um privilégio para muitos países o uso do recurso hídrico para a geração de eletricidade.

Disponibilidade dos mananciais, extensão de territórios e condições geográficas são os fatores determinantes (NETO; CARVALHO, 2012, p. 150).

Para que seja possível a produção hidroelétrica é necessário que se tenha um potencial hidráulico, seja ele com uma queda natural proporcionada pela declividade do rio ou uma queda proporcionada pela construção de uma barragem que também proporciona o armazenamento de água para geração de energia em período sazonais. Desse reservatório parte-se a tomada d'água que vai aduzir a água até as turbinas que devido à diferença de potencial faz o rotor da turbina girar, transmitindo essa rotação para o gerador por meio de um eixo, gerando energia elétrica em corrente alternada que é captada pelo transformador que a transforma em corrente de alta voltagem, quatro fios saem da casa de força: as três fases de energia e um fio neutro ou terra, atingindo a rede de transmissão e por fim, a água utilizada pela turbina é encaminhada pela tubulação de sucção para o canal de fuga onde a água volta para o rio.

Tem-se que as principais variáveis necessárias para se determinar um potencial de uma central hidroelétrica são a altura de queda d'água e a vazão da água que passa pelas turbinas, conforme equação 1

$$P = \mu * g * Q * H \quad \text{Equação 1}$$

Em que: μ => é o rendimento total do conjunto; g => é a aceleração da gravidade (9,8 m/s²); Q => vazão (m³/s); H => queda bruta (m); e P => potência elétrica (kW).

Sistemas solares para a geração de Eletricidade

A Energia solar é recebida pela terra na forma de radiação solar, que compreendem radiação ultravioleta, visível e infravermelha.

Segundo a ENEEL (2008), a participação da energia solar é ainda pouca expressiva para a matriz mundial, contudo ela aumentou em 2.000% entre 1996 e 2006. Conforme estudo do Photovoltaic Power Systems Programme, da IEA, a potência total instalada atingiu 7,8 mil MW, o que representa um pouco mais de 50% se comparado com capacidade instalada da usina hidrelétrica de Itaipu, de 14 mil MW. A energia oriunda do sol é uma fonte inesgotável onde a eletricidade pode ser gerada diretamente a partir da luz, nos painéis fotovoltaicos ou através do aproveitamento do calor na usina hipotérmica.

A geração de energia elétrica através de células fotovoltaica (Normalmente feitas de silício ou outro material semicondutor), se dá quando os painéis solares coletam a luz do sol e geram a energia que é levada até o inversor solar, onde ocorre a conversão

da energia elétrica em energia para nossa rede elétrica. Este processo também é chamado de efeito fotovoltaico.

A geração heliotérmica, ou também, energia solar térmica concentrada (Concentred Solar Power, CSP) é a conversão de energia solar em energia elétrica que utiliza superfícies refletoras que centraliza a radiação solar em um receptor. Nele circula um fluido que, submetido a altas temperaturas, converte energia térmica em energia mecânica e, posteriormente, gera energia elétrica (TAVARES, 2014).

Sistemas eólicos para a geração de Eletricidade

De acordo com Reis (2011), energia eólica consiste na energia cinética contida nos movimentos dos ventos, produzidos pela geração de diferentes densidades e gradientes de pressão e pelo movimento de rotação da Terra sobre o seu próprio eixo.

Os principais componentes de um sistema eólico para a geração de eletricidade são:

Aerogerador, responsável por transformar a energia cinética ou do movimento de rotação das hélices em eletricidade. Podem ter um ou mais geradores eólicos que são dimensionados de acordo com a energia necessária.

Inversores, estes são por sua vez responsáveis além de sincronizar a energia gerada com a energia da rede elétrica (Grid-Tie), também são encarregados de transformar a corrente contínua (CC) das baterias, no caso de sistema Off-Grid, em corrente alternada (CA) para alimentação dos equipamentos eletrônicos a uma tensão de (110 V/220 V);

Controladores de carga que funcionam como sistema de controle da carga das baterias, evitando sobrecargas ou descargas exageradas na bateria, aumentando sua vida útil e desempenho;

Baterias para sistemas Off- Grid, utilizados para armazenar a energia elétrica a ser posteriormente utilizada quando necessário;

A torre é o componente onde o aerogerador é instalado posicionando-o em uma altura suficiente para que a energia gerada pelo vento possa ser aproveitada.

As vantagens da utilização de energias renováveis são (Portal Energia, 2016):

- Podem ser consideradas inesgotáveis à escala humana comparando aos combustíveis fósseis;
- O seu impacto ambiental é menor do que o provocado pelas fontes de energia com origem nos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás), uma vez que não produzem dióxido de carbono ou outros gases com “efeito de estufa”;
- Oferecem menos riscos do que a energia nuclear;
- Permitem a criação de novos postos de emprego (investimentos em zonas desfavorecidas);
- Permitem reduzir as emissões de CO₂, melhor a qualidade de Vida (um Ar mais limpo);
- Reduzem a dependência energética da nossa sociedade face aos combustíveis fósseis;
- Conferem autonomia energética a um país, uma vez que a sua utilização não depende da importação de combustíveis fósseis;
- Conduzem à investigação em novas tecnologias que permitam melhor eficiência energética.

As desvantagens das Energias Renováveis (Portal Energia, 2016):

- Custos elevados de investimento e infraestruturas apropriadas;
- Impactos visuais negativos no meio ambiente;
- Energia da Biomassa – o método de combustão da biomassa não é limpo;
- Energia Hidroelétrica – causa erosão de solos que pode ter impacto na vegetação do local;
- Energia Solar – os custos iniciais muito elevados;
- Energia das Ondas – depende muito da localização e é bastante dispendiosa;
- Energia Eólica – o custo inicial das turbinas é muito elevado. Existência muito barulho produzido.

b – Não renováveis:

Aquelas fontes que são consideradas finitas, pelo fato da maioria destas demoram milhões de anos para sua reposição, ou seja, uma vez esgotadas, suas fontes não podem ser regeneradas. Se destacam nessa categoria as energias geradas pela queima de combustíveis fósseis e a energia nuclear.

E uma usina nuclear a geração de calor é pela fissão nuclear do urânio em um reator, em que esse calor produz vapor, que aciona turbinas ligadas a geradores de corrente elétrica. Apesar desse tipo de fonte ser amplamente utilizada no mundo atualmente e de alguns países dependerem mais destas, a maioria dos pesquisadores e principalmente ambientalistas não aconselham o uso das fontes não renováveis (STUCHI, 2015).

Os combustíveis fósseis mais utilizados para geração de energia são o petróleo e seus derivados, o carvão e o gás natural, a eletricidade é formada a partir da combustão desses recursos minerais.

Gás natural

De acordo com ANP (2016), em 2015 a maior parte das reservas comprovadas de gás natural se concentrou no Oriente Médio, somando 80 trilhões de m³ (42,8% do total), na Europa e Eurásia, com 56,8 trilhões de m³ (30,4% do total), após queda de 0,3% sendo que as reservas provadas mundialmente somaram 186,9 trilhões de m³, após queda de 0,1% em comparação com o ano de 2014. Por sua vez, as reservas da África diminuíram 0,4%, totalizando 14,1 trilhões de m³ (7,5% do total) e o Brasil ocupou a 36ª colocação do ranking das maiores reservas provadas de gás natural do mundo (ANP, 2016).

A produção global de gás é liderada pelos EUA e Oriente Médio (Catar e Irã) - que juntos representam quase 50% do crescimento da produção de gás no Outlook - apoiados por fortes aumentos na produção na China e na Rússia (BP, 2019).

De acordo com Tolmasquim; EPE (2016), o gás natural pode ser utilizado indiretamente, sendo queimado para a geração de eletricidade ou calor. Nas usinas termelétricas, o gás natural é queimado, convertendo energia térmica, em energia mecânica e, posteriormente a conversão desta em energia elétrica (TOLMASQUIM; EPE, 2016).

De acordo com IEA (2012), o gás natural apesar de produzir principalmente dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O), é de certa forma considerado um “combustível de queima limpa”, por emitir substancialmente uma concentração menor de CO₂ do que os outros combustíveis fósseis durante sua queima, particularmente quando usado em termoelétricas com turbinas a gás de ciclo combinado de alta eficiência. Por essas razões, a geração termelétrica a gás natural é uma alternativa para complementar a geração das fontes renováveis intermitentes, como a eólica e a solar, além de poder ser acionada para o atendimento das demandas de ponta.

Vantagens:

Dentre as vantagens comparativas em relação ao carvão, a geração de eletricidade a partir do gás natural apresenta menores emissões, além de o empreendimento possuir tempo de construção mais curto e menores custos de capital. Além disso, características técnicas e econômicas atuais favorecem as termelétricas a gás natural como tecnologia de complementação à geração renovável intermitente (IEA, 2012).

Do ponto de vista ambiental a utilização do gás natural é mais aceitável, pois o teor de enxofre no gás, quando contém, é muito pequeno e emite baixas quantidades de material particulado (SOLOMON, 2003).

Carvão mineral

O carvão mineral é uma mistura complexa de hidrocarbonetos formada pela decomposição da matéria orgânica (como restos de árvores, sementes e plantas) durante milhões de anos, sob determinadas condições de temperatura e pressão (ANEEL, 2008). Em 1100 a.C., o carvão mineral era conhecido e utilizado na China. Mas, só começou a ser disseminado como fonte de energia para máquinas a vapor no século XVII devido à crise da madeira e petróleo no século anterior (REIS, p. 138, 2011).

Atualmente, a principal aplicação do carvão mineral no mundo é a geração de energia elétrica por meio de usinas termelétricas, em que, segundo a Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency em Inglês (IEA)*), em 2008 o carvão foi a fonte mais utilizada para geração de energia elétrica no mundo, respondendo por 41% da produção total. Apesar do declínio que houve ao longo dos anos, principalmente de 2013 a 2016, o mercado de geração a carvão é liderado atualmente pela China, Índia e outras economias asiáticas. De acordo com IEA (2019), o carvão voltou a manter sua posição como a maior fonte de eletricidade do mundo, com uma participação de 38%.

O setor energético foi responsável por cerca de metade do crescimento da OCDE no fornecimento de gás natural. Onde de acordo com IEA (2019), no balanço energético mundial em 2018, o gás ultrapassou o carvão como o principal combustível para a geração de eletricidade, com mais de 3000 TWh gerados naqueles países.

Sendo que consumo de grande expressivo é voltado para geração termoelétrica mundialmente, é altamente poluente. Mesmo que o desempenho das termoelétricas sob ponto de vista de as emissões de NOx e SOx possam ser reduzidas, a

grande quantidade de CO₂ emitida traz imensos impactos sobre o meio ambiente (REIS, 2011).

Petróleo

Assim como o carvão mineral, o petróleo é uma mistura complexa de hidrocarbonetos da fórmula geral C_nH_n, com composição variável e que se originam da decomposição de matéria orgânica vegetal e animal. Em que de acordo com Stuchi (2015), essa decomposição foi-se formando no fundo dos mares, oceanos e lagos, pelo movimento da crosta terrestre e acabou convertendo-se em substância oleosa chamado petróleo. São tidos como principais derivadas de petróleo, a gasolina automotiva, combustível de ativação, GLP, óleo diesel, querosene, etc.

De acordo com Aneel (2008), as reservas provadas de petróleo no mundo atingiram a marca de 1,7 trilhão de barris, dos quais cerca de 1,2 trilhão de barris (71,4% do total mundial) foram mantidos dos membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep). Das regiões que concentram maior parte das reservas mundiais do petróleo destacam-se o Oriente Médio que concentrava em 2015 seus países pouco mais de 803 bilhões de barris (47,3% do total mundial), em seguida Américas Centrais e do Sul, América do Norte com 238 bilhões de barris, Europa e Eurásia com 155, 2 bilhões de barris, África com 129, 1 bilhões de barris e por último Ásia-Pacífico com 42, 6 bilhões de barris de petróleo.

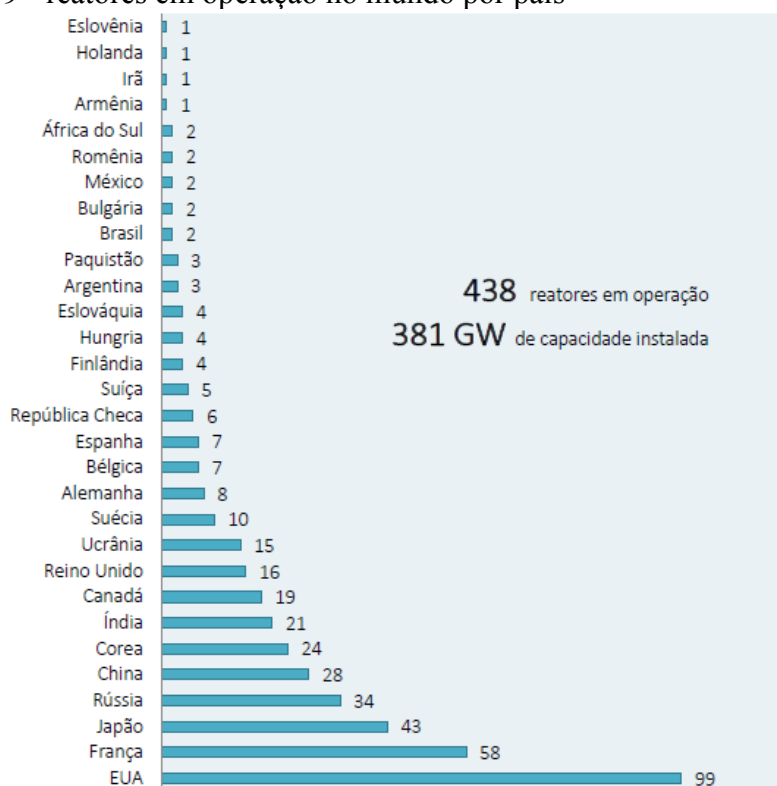
Nuclear

De acordo com EPE (2016), as expectativas por um aumento do consumo mundial de energia, as preocupações crescentes com a segurança energética e as pressões ambientais, sobretudo com relação às emissões de gases de efeito estufa, têm sempre recolocado a opção nuclear na agenda dos fóruns mundiais de energia. De um lado, a experiência acumulada desde os acidentes de Three Mile Island (TMI) e Chernobyl e os avanços tecnológicos verificados (transição tecnológica), especialmente no que se refere à extensão da vida útil dos empreendimentos e ao tratamento dos rejeitos, concorrem no sentido de tornar essa opção energética, uma alternativa efetiva. De outro, porém, conjugar a utilização desse tipo de energia com as preocupações com custos crescentes,

aceitação pública e o problema dos resíduos parecem ser a questão central a ser superada e que vem inibindo uma retomada mais vigorosa do setor.

Atualmente, totalizam 438 reatores nucleares operando no mundo, distribuídos geograficamente em 30 países, totalizando 381 GW de potência instalada (IAEA, 2016). Esse tipo de geração está concentrado principalmente na Europa (34%), América do Norte (31%) e Ásia, notadamente no Japão (11%), Coreia do Sul (6%) e China (5%). A Figura 9 apresenta os reatores em operação no mundo por país (EPE, 2016).

Figura 9 - reatores em operação no mundo por país

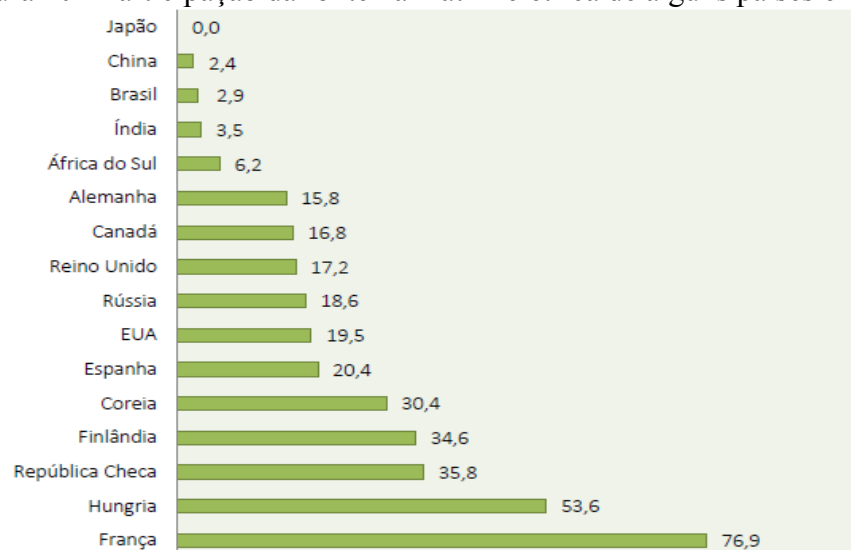


Fonte: IAEA– International Atomic Energy Agency (2016).

No gráfico da Figura 10 é ilustrado a participação da fonte na matriz elétrica de alguns países em 2015, é possível notar-se que a França é o país que mais depende da fonte nuclear de energia com 77% do total. Enquanto que a Bélgica, República Tcheca, Finlândia, Hungria, Eslováquia, Suécia, Suíça, Eslovênia e Ucrânia obtêm um terço ou mais de participação (EPE, 2016). Países como Itália e Dinamarca mesmo não possuindo nenhuma instalação nuclear em seu território obtêm cerca de 10% de participação da fonte

nuclear em suas matrizes devido à importação de energia de países produtores (EPE, p. 321, 2016). O parque gerador nuclear norte-americano caracteriza-se como o maior do mundo, em 2015 conta com 99 usinas em operação (86 reatores do tipo PWRs e 45 do tipo BWRs), que correspondem a uma capacidade instalada de 98.708 MW e geração de 797.178 GWh em 2015 (19,5% do total gerado) (EPE, 2016).

Figura 10 - Participação da fonte na matriz elétrica de alguns países em 2015



Fonte: TOLMASQUIM; EPE (2016).

A geração de energia elétrica no mundo é baseada, principalmente, em combustíveis fósseis como carvão, óleo diesel e gás natural, em termelétricas (EPE, 2018).

Usina termelétrica ou Central termelétrica.

A geração termelétrica é baseada na conversão de energia térmica em energia mecânica, e da conversão desta em energia elétrica. A energia térmica é obtida pela queima de combustíveis fósseis ou renováveis, ou pela fissão nuclear de combustíveis radioativos.

2.2 Geração de energia elétrica em Moçambique

De acordo com o BANCO MUNDIAL, no ano de 2017 Moçambique apresentou um Produto Interno Bruto (PIB) de 12,33 bilhões USD. No primeiro semestre

de 2018, a economia moçambicana caracterizou-se pelo crescimento do PIB em 3,2%, com relação ao mesmo período do ano anterior, segundo o INE (2018).

As questões climáticas (as inundações) que marcaram o início do século XIX, especificamente no de 2000 na zona sul, foram das principais causas do decréscimo económico no país. Mesmo assim, de acordo com Fundo Monetário Internacional (FMI) no período de 1994 e 2006, o crescimento médio do PIB em Moçambique foi de aproximadamente 8% ao ano. No entanto, apesar de aparentemente apresentar uma alta taxa de crescimento, o país continua sendo um dos mais pobres e subdesenvolvidos do mundo.

Desta forma, acesso a serviços de energia seguros, de alta qualidade e a preços acessíveis que permitam satisfazer as necessidades domésticas básicas e apoiar as atividades económicas produtivas é uma condição necessária para reduzir a pobreza (MIREME, 2011). Porém, o êxito do serviço de energia, principalmente da eletrificação de Moçambique dependendo da combinação e do sucesso das outras atividades que devam ser planeadas e executadas em conjunto pelas políticas socioeconômicas.

Moçambique tem um enorme potencial em termos de energias renováveis em que uma grande parte deste potencial pode e deve ser utilizado para aumentar o acesso à eletricidade da população. Moçambique tem igualmente e cada vez mais, identificado o sector privado como um parceiro chave para o desenvolvimento dos recursos energéticos de uma forma sustentável. Mas, o país tem enfrentado, a nível institucional, uma das principais barreiras no âmbito do desenvolvimento de projetos de energias renováveis que são: a fraca articulação e coordenação de ações entre instituições chave do setor, aliada a um défice quantitativo e qualitativo de capacidade técnica em instituições públicas e privadas, e a ausência de procedimentos e ferramentas atualizados e abrangentes de planeamento energético. De acordo com Aler (2017) nota-se que para se alcançar metas de acesso à energia definidas pelo Governo, o MIREME necessita de fortificação na sua base de liderança. Que é uma ferramenta fundamental para melhor planejar o sistema energético, promover e coordenar processos que contribuam para melhorar o seu rendimento.

2.2.1 Instituições do setor de energia

Em termos institucionais no setor energético de Moçambique tem-se:

- Ministério de Recursos Minerais e Energia (MIREME) - é a instituição responsável pelo planeamento da estratégia e política nacional de energia, bem como a entidade supervisora da operação e desenvolvimento do sector energético;
- O Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural (MITADER) – é a entidade que dirige, planifica, coordena, controla e assegura a execução das políticas relativas aos domínios de administração e gestão de Terra, Florestas e Fauna Bravia, Ambiente, Áreas de Conservação e Desenvolvimento Rural;
- O Fundo de Energia (FUNAE) - é uma instituição que visa promover o desenvolvimento, produção e aproveitamento de diversas formas de energia a baixo custo para o abastecimento às zonas rurais e urbanas habitadas por populações com baixos rendimentos e a conservação da gestão racional e sustentável de recursos energéticos;
- Eletricidade de Moçambique, E.P. (EDM) – é uma empresa com sede em Maputo, que para além de função da importação e exportação de energia eléctrica, tem como funções principais de Gestor da Rede Nacional Eléctrica, desenvolvimento, planeamento do sistema, transformação, a distribuição e comercialização de energia eléctrica no território nacional
- A Hidroeléctrica de Cahora Bassa S.A. (HCB) é uma empresa com sede no Songo, Província de Tete, que gere a central hidroeléctrica com o mesmo nome, atualmente o maior produtor de eletricidade em Moçambique.
- A Companhia de Transmissão de Moçambique (*Mozambique Transmission Company em inglês*) (MOTRACO), fundada em 1998 como uma joint venture entre as três empresas de eletricidade de Moçambique, África do Sul e Suazilândia em particular, Moçambique Eletricidade (EDM), Empresa Pública de Eletricidade da África do Sul (*Eskom Holdings Limited em inglês*) ESKOM e Companhia de Eletricidade Suazilândia (SEC), cuja função é Compra, venda e transporte de eletricidade

Apesar de operarem de forma diferente e independente umas das outras, todas essas instituições trabalham em sincronismo, atuando com o mesmo propósito que é criar condições mínimas necessárias no desenvolvimento do setor energético de Moçambique. Tem-se como exemplo disso, o Ministério de Recursos Minerais e Energia (MIREME) que para além das funções acima citadas, monitora a EDM e FUNAE no planeamento

das novas estratégias para a geração de energia em Moçambique.

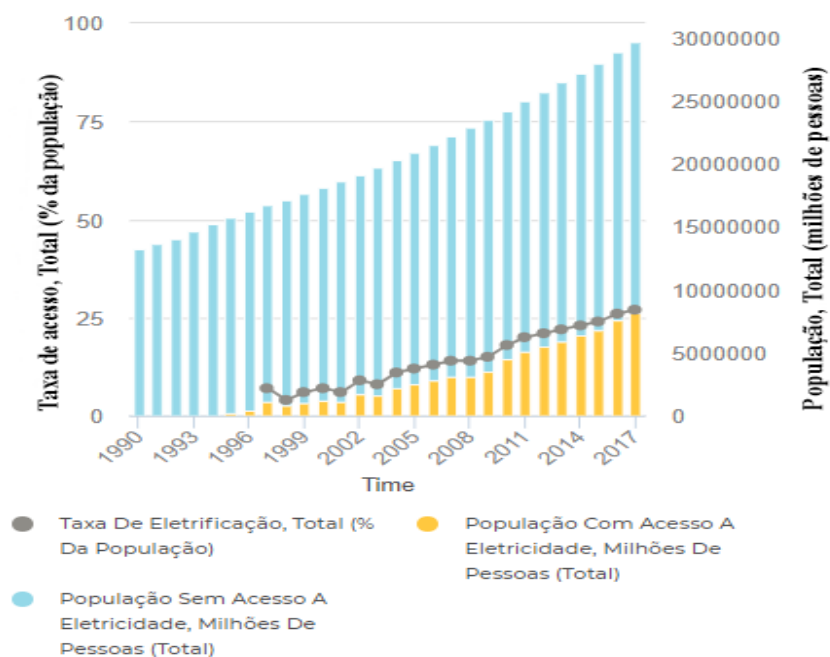
2.2.2 A produção de energia elétrica em Moçambique

Moçambique tem um dos maiores potenciais hidroelétrica na África, em que de acordo com Aler (2017) está avaliado em 19 GW. O país detém uma das maiores hidrelétricas do continente, a barragem de Cahora Bassa, com capacidade de 2.075 MW da potência instalada. A HCB vende 65% de sua geração existente para a África do Sul, e os 35% restantes são vendidos para Zimbábue e adquiridos pela EDM para a transmissão e distribuição dentro do país, principalmente nas províncias próximas à usina. Com isso, a barragem constitui uma das principais e importantes fontes de receita na economia moçambicana no exterior, porque segundo Aler (2017), Moçambique é proprietário majoritário da HCB com cerca de 92,5%. Sendo assim, a barragem de Cahora Bassa, funciona também fonte estratégia no âmbito do desenvolvimento econômico, sendo, uma das principais contribuinte na de arrecadação de renda do país. Por isso Moçambique não para de exportar energia para países vizinho, principalmente com as recentes crises energéticas que se tem registrado recentemente nesses países. De acordo com (ARANTE, 2019), Moçambique através da sua concessionária EDM, fechou um contrato em abril de 2019 para fornecimento de 70 MW de energia elétrica ao Botswana, que iria render cerca de 25 milhões de dólares americanas ao país geradora.

No que diz respeito ao fornecimento de eletricidade, de destacar que apenas 26,2% da população tem acesso à rede eléctrica nacional (ALER, 2017, p. 21). O acesso à eletricidade da população urbana é estimado em 67% e o reto dos 27% de acesso à eletricidade são destinados para a zona rural. A seguir são apresentados as Figuras (11, 12 e 13) ilustrando como está definido o acesso à eletricidade de acordo com o número total da população do país (28 milhões de habitantes), número da população urbana e número de população rural respectivamente.

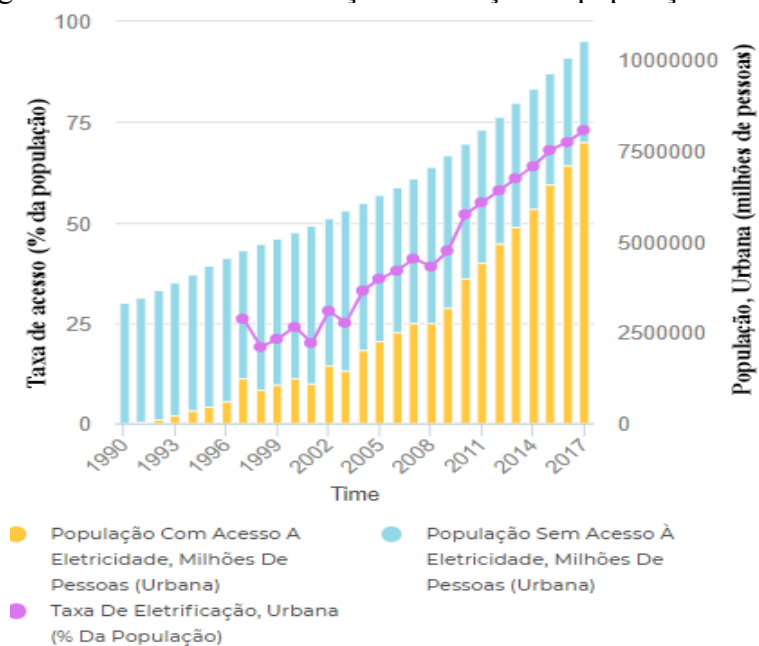
De acordo com Aler (2017), a maior parte da produção de energia elétrica anual em Moçambique foi proveniente de Cahora Bassa, mas com uma contribuição cada vez maior de Produtores Independentes de Energia, atingiu cerca de 18,75 TWh em 2016, mesmo assim, a eletricidade disponível para consumo interno foi de apenas 5,22 TWh segundo os últimos dados de 2015.

Figura 11- Taxa de eletrificação em função da população total, desde 1990 a 2017



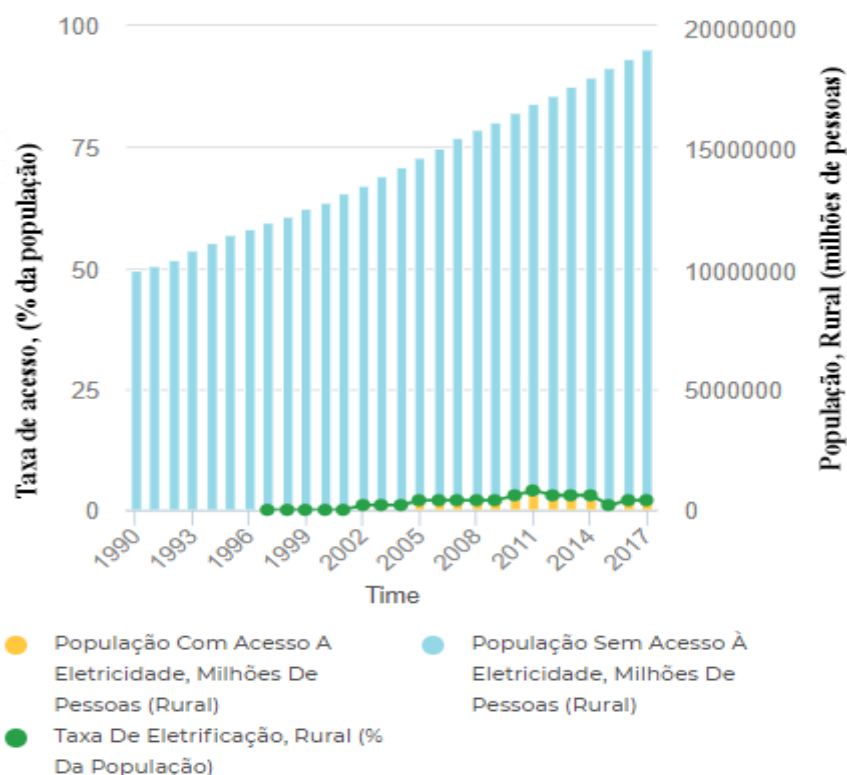
Fonte: GTF – Global Tracking Framework, 2019.

Figura 12 - Taxa de eletrificação em função da população urbana



Fonte: Global Tracking Framework - GTF, 2019.

Figura 13- Taxa de eletrificação em função da população rural, desde 1990 a 2017



Fonte: (Global Tracking Framework) GTF, 2019.

Para além da energia recebida da Hidroelétrica de Cahora Bassa (HCB) e de outras fontes de produção privadas, a empresa Eletricidade de Moçambique (EDM) possui fontes de geração própria, que constituem o parque produtor da Empresa, espalhadas nos vários pontos do país, também da origem hídrica e térmica.

Mesmo com esse grande potencial hidroelétrico, eólico e solar Moçambique ainda se baseia nas termelétricas para suprir a necessidade de eletrificação do país. Grande parte da eletricidade é na base de termoelétricas.

Transmissão e distribuição de energia elétrica em Moçambique

Em Moçambique, atua a empresa MOTRACO que opera na compra de energia para a Eskom da África do Sul, para venda na fundição de alumínio da Mozal em Moçambique. E também transporta eletricidade da Eskom para EDM e SEC, onde suas atividades são suportadas por uma infraestrutura composta por duas subestações de 400kV e transmissão de 132 kV e 400kV, também de propriedade da MOTRACO, cuja operação e MANUTENÇÃO também são garantidas pela empresa.

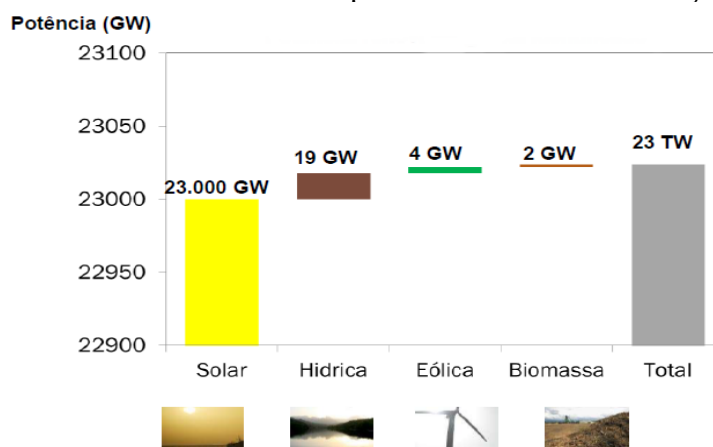
Demanda por Energia Elétrica em Moçambique

Durante anos entre 2009 a 2014, com e exclusão das grandes empresas como MOZAL ALUMINIUMUM, a demanda por eletricidade foi aumentando de 11% ao ano, até que atingiu um pico de 831MW da potência demandada. Por isso a EDM (concessionária que opera a rede nacional) e o Fundo de Energia (FUNAE), definem projetos e estratégias para a eletrificação, de modo atenderem a demanda crescente.

Potencial de Energia Renovável de Moçambique

De acordo com Funae-Atlas (2017), o Atlas de Energias Renováveis de Moçambique (2013) indica que o país dispõe de um Potencial Renovável total de mais de 23TW de um espectro teórico diversificado, sendo a energia solar a fonte de energia mais abundante, seguida da hídrica, eólica, biomassa e a geotermia. Os dados da potência estimada de cada fonte renovável identificada estão apresentados no gráfico da Figura 14 a seguir.

Figura 14 -Potencial renovável por fonte existente em Moçambique



Atlas, 2015.

2.3 Centrais termoelétricas

Uma usina termoelétrica é a forma de geração de eletricidade por meio de energia liberada em forma de calor, proveniente da combustão de combustível fóssil (carvão, petróleo e suas derivadas) ou renovável (biomassa) em uma instalação industrial.

Conforme apresentado nas seções anteriores deste capítulo, a matriz elétrica mundial é formada majoritariamente pelas fontes não renováveis, principalmente os combustíveis fósseis em termoeletricas.

2.3.1 Princípio de geração e transformação

A geração termelétrica é baseada na conversão de energia térmica em energia mecânica, e da conversão desta em energia elétrica (REIS, 2011).

De acordo com Aneel – Atlas de energia elétrica (2008), os processos de produção de energia elétrica em usinas termoeletricas são praticamente iguais, a diferença está principalmente na matéria-prima, que são os combustíveis (gás, carvão ou óleos) a serem utilizados. De forma bastante simplificada, esse material é transportado até a usina, estocado e, posteriormente, queimado em uma câmara de combustão, o calor gerado nesse processo aquece e aumenta a pressão da água, que se transforma em vapor. Este vapor movimenta as turbinas que transformam a energia térmica em energia mecânica (ANEEL, 2008). Com o acionamento mecânico do gerador elétrico, acoplado ao eixo da turbina a energia mecânica é convertida/transformada em energia elétrica (REIS, 2011).

Conforme Aneel – Atlas de energia elétrica (2008), o sistema convencional das termelétricas funciona conforme o ciclo Rankine, que consiste basicamente de uma caldeira, uma turbina a vapor, um condensador e um sistema de bombas. Na caldeira, que recebe o calor liberado pela combustão, a água passa do estado líquido para o gasoso (vapor) a uma pressão bem maior que a atmosférica. Quanto maior a temperatura deste vapor, maior a eficiência das turbinas. Após mover as turbinas, o vapor é direcionado ao condensador para retornar ao estado líquido.

As etapas de combustão e resfriamento (que também implica na remoção de gases condensáveis do vapor) são aquelas em que os gases poluentes são liberados na atmosfera. O volume e o tipo de gás emitido variam conforme a composição do combustível a ser queimado, o processo de queima ou remoção pós-combustão e, ainda, as condições de dispersão dos poluentes (altura da chaminé, relevo e meteorologia). Quanto mais denso o combustível utilizado, maior o potencial de emissões. Por isso, derivados de petróleo como os óleos combustível, diesel e ultraviscoso são rejeitados por ambientalistas como fontes de geração de energia elétrica (ANEEL, 2008).

2.3.2 Tipos de usinas termoeletricas

O Stuchi (2015), explica que para a classificação das usinas termelétricas segue-se alguns padrões tais como:

- **Tipo de máquinas térmicas:** Turbina a gás com ciclo simples, turbina a vapor (combustão externa), turbina em ciclo combinado e motor de combustão interna;
- **Capacidade da potência das turbinas** que: quando menor que 50MW classifica-se como pequena; média quando maior que 50 MW e menor ou igual a 100 MW; alta quando maior que 100 MW.
- **Tipo de combustível:** levando-se em conta questões econômicas, técnicos e principalmente sociais e ambientais.

Levando-se em conta os tipos de máquinas térmicas, as principais usinas termoelétricas são classificadas de acordo com processo de combustão na qual estão submetidas, Reis (2011), explica a seguir os dois principais processos de combustão que ocorrem em usinas termelétricas:

I) Combustão externa: é um processo utilizado principalmente nas centrais termelétricas a vapor, significa que o combustível entra em contato com o fluido de trabalho. Isto é, o combustível aquece o fluido de trabalho (água em geral) em uma caldeira até gerar vapor, que ao se expandir irá produzir trabalho mecânico. As centrais termonucleares pelo fato de o processo de fissão não entrar em contato direto com o fluido de trabalho, são o exemplo que se adequam a essa classificação, mesmo que não utilizem a combustão.

II) Combustão Interna: mistura de ar e combustível que colocados em combustão geram o fluido de trabalho. Exemplo do uso da combustão interna, nas turbinas a gás e nas máquinas térmicas a pistão como motores a diesel.

Seguindo-se os critérios (tipo de combustível e os tipos de máquinas térmicas), os principais tipos de usinas termoelétricas são: centrais a vapor (não nucleares), centrais a diesel, centrais a gás, centrais geotérmicas e centrais nucleares.

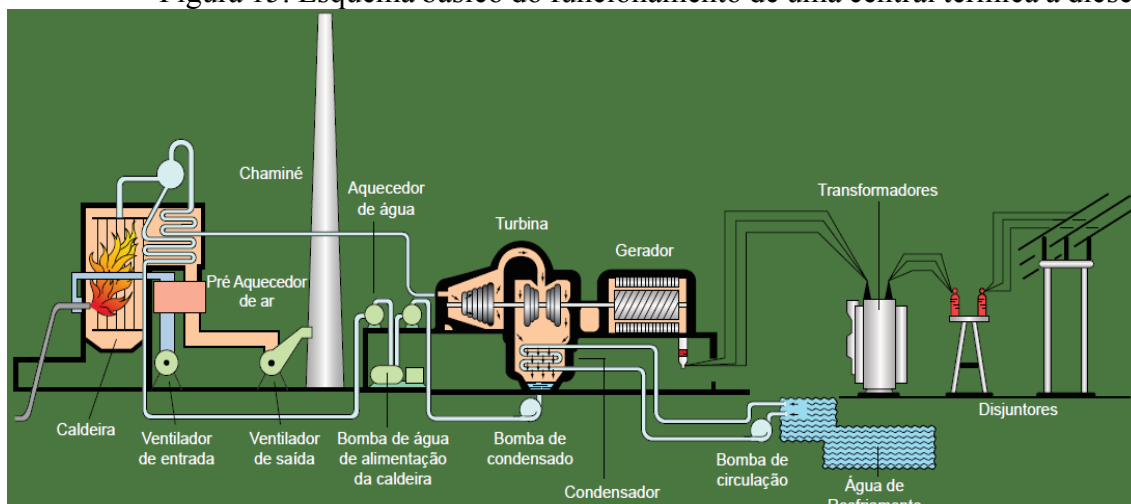
Centrais termoelétricas a diesel

As centrais termelétricas a óleo diesel são caracterizadas pela limitação da sua capacidade de geração elétrica (potência). De acordo com Reis (2011), a sua principal

desvantagem é que para além da potência que está limitada em torno de 40 MW, apresentam ruídos, vibrações e dificuldades na recomposição de peças.

O seu ciclo é baseado no ciclo Rankine, principal fluido de trabalho é a água que é evaporado pelo calor da caldeira, a uma alta pressão maior a de atmosfera, onde quanto maior for a temperatura do vapor elevada será a eficiência ANEEL (2008). O seu funcionamento é básico de uma termelétrica, a Figura 15 a seguir ilustra um esquema do funcionamento de uma termelétrica a diesel.

Figura 15: Esquema básico do funcionamento de uma central térmica a diesel



Fonte: ANEEL, 2008.

Termelétricas de turbinas a gás operando em ciclo simples e ciclo combinado

A geração de eletricidade a gás natural baseia-se nas turbinas a gás, que são máquinas motrizes de combustão interna divididas em três principais componentes:

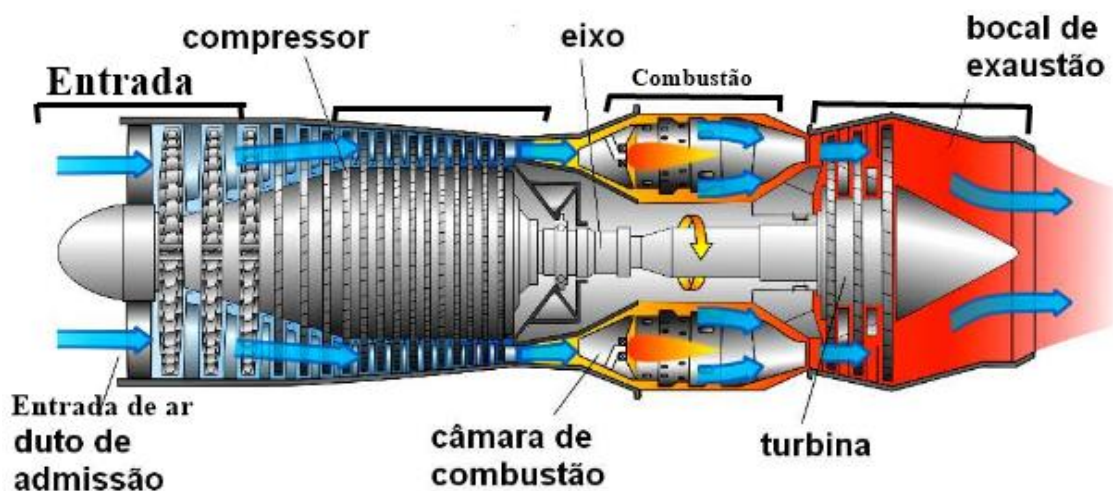
O compressor de ar, um equipamento com função é captar o ar atmosférico e pressuriza-lo para alimentar a câmara de combustão;

O sistema de combustão consiste em um conjunto de injetores capazes de enviar combustível na proporção especificada para a câmara de combustão e promover a mistura adequada, que queima a altas temperaturas (TOLMASQUIM; EPE, p.76, 2016).

A própria turbina, um dispositivo composto por complexo conjunto de pás rotativas por onde passam os gases expandidos da combustão e que fazem girar o eixo do

gerador que produzirá energia elétrica. A Figura 16 ilustra de forma simplificada os componentes básicos de uma turbina a gás.

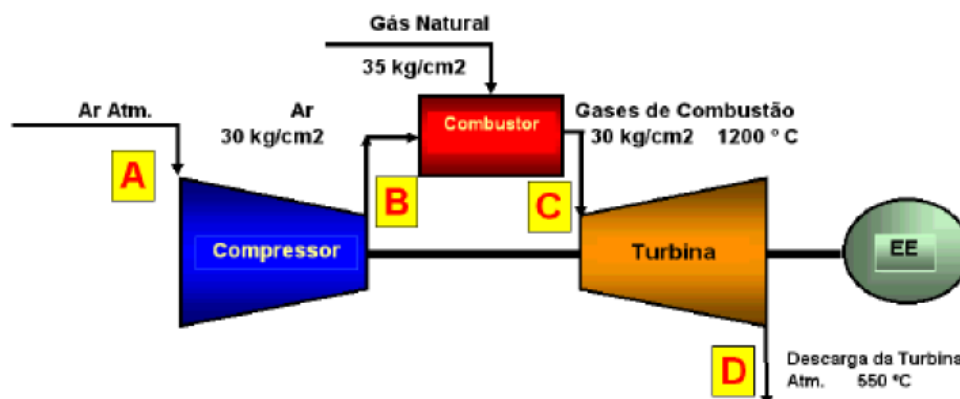
Figura 16: Componentes de uma turbina a gás natural



Fonte: Adaptado de VENSON, 2012.

Nas centrais termoeletricas a gás natural operando em ciclo simples (aberto), o gás natural é utilizado para a produção exclusiva de eletricidade os gases são resfriados e liberados na atmosfera por meio de uma chaminé e a principal característica é a partida muitíssimo rápida. Em que de acordo com Stuchi (2015), são muito utilizadas para gerar eletricidade no horário de pico e apresentam eficiência energética entre (36 a 37%), relativamente baixa em comparação com a das centrais com ciclo a vapor que está na faixa entre (42 e 44%). Na Figura 17 é ilustrado o esquema simplificado de ciclo Brayton simples de uma turbina movida a gás Natural.

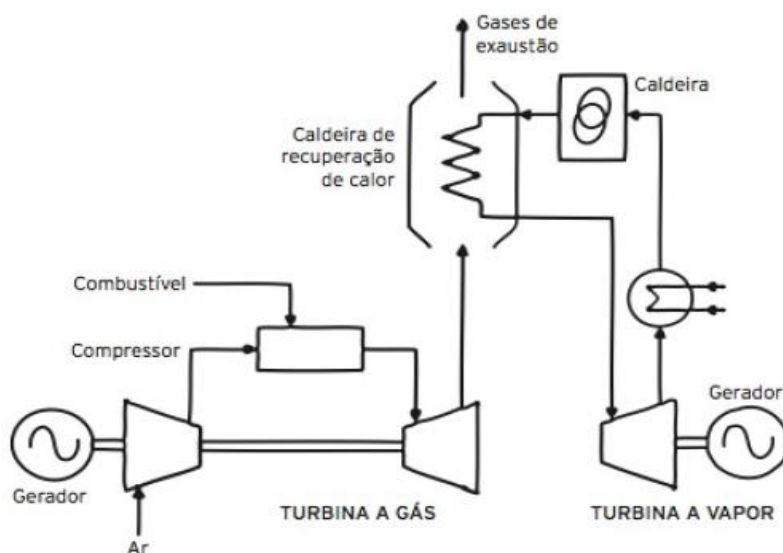
Figura 17- Fluxograma de uma turbina a gás ciclo Brayton movida a gás natural



Fonte: TOMALSQUIM; EPE, 2016.

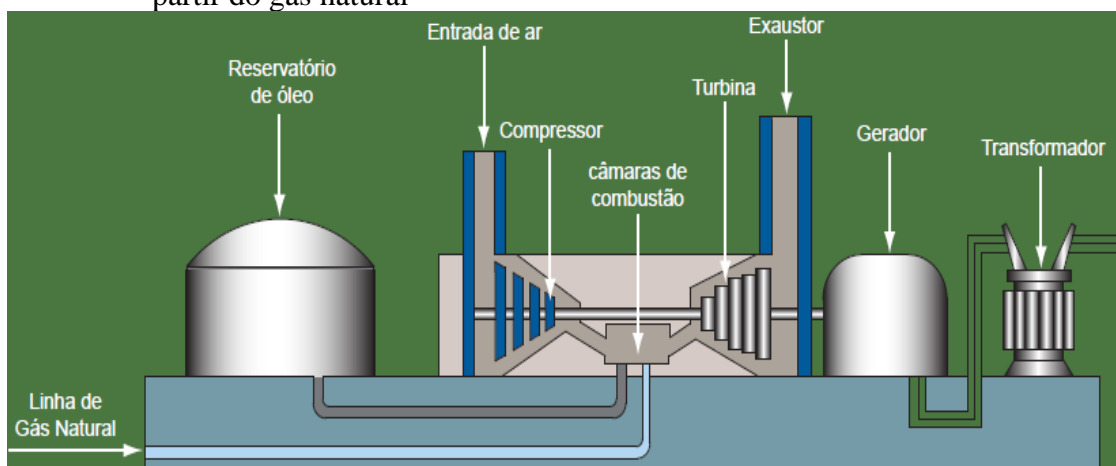
Em centrais termelétricas operando em ciclo combinado, ainda em alta temperatura, os gases são transformados em vapor que é direcionado às turbinas, novamente provoca o seu movimento. O aproveitamento do calor de escape para produzir vapor numa caldeira de recuperação (no esquema de ciclo combinado) consta conforme Reis (2011), como uma vantagem termodinâmica inerente às turbinas a gás. Assim, a característica básica de termelétricas a ciclo combinado é a operação conjunta de turbinas movidas a gás (ciclo Brayton) e a vapor (ciclo Rankine). As Figuras (18 e 19) a seguir mostram um diagrama simplificado do ciclo combinado e o perfil esquemático do processo de produção de energia elétrica a partir do gás natural, respectivamente.

Figura 18 - Diagrama simplificado do ciclo combinado



Fonte: REIS, 2011.

Figura 19 - Perfil esquemático do processo de produção de energia elétrica a partir do gás natural

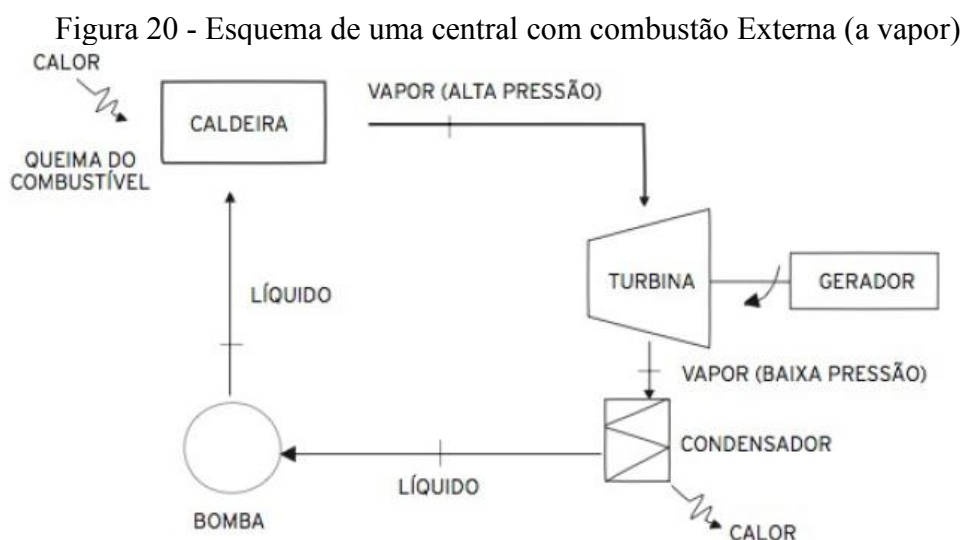


Fonte: ANEEL (2008).

Centrais termelétricas a carvão mineral operando em ciclo a vapor (combustão externa)

A queima de combustível gera calor que transforma o líquido de trabalho (usualmente água) em vapor na caldeira, usado para movimentar turbinas e geradores elétricos REIS (2011). As usinas termoelétricas a carvão podem ser construídas em tamanhos entre 20 a 1000 MW de potência instalado (REIS, 2011, p. 165).

No cenário brasileiro: o carvão mineral, apesar de se destacar como a principal fonte de geração de eletricidade respondendo por mais de 38% na matriz elétrica mundial (IEA, 2019). E também, o carvão mineral de acordo com Tolmasquim; EPE (2016) responde por apenas 3,2% da oferta interna de energia elétrica, cerca de 340 MW da potência total instalada. Isto é, o carvão mineral tem tido pouca participação na geração elétrica brasileira. A baixa eficiência das plantas em operação constitui em um dos principais efeitos negativos do uso de carvão para a geração elétrica (TOLMASQUIM; EPE, 2016, p. 223). O ciclo fundamental das centrais termoelétricas a carvão mineral é o ciclo a vapor (combustão externa), isto é, o funcionamento é baseado no ciclo térmico Rankine. A Figura 20 apresenta um diagrama simplificada de uma central termelétrica com combustão externa.

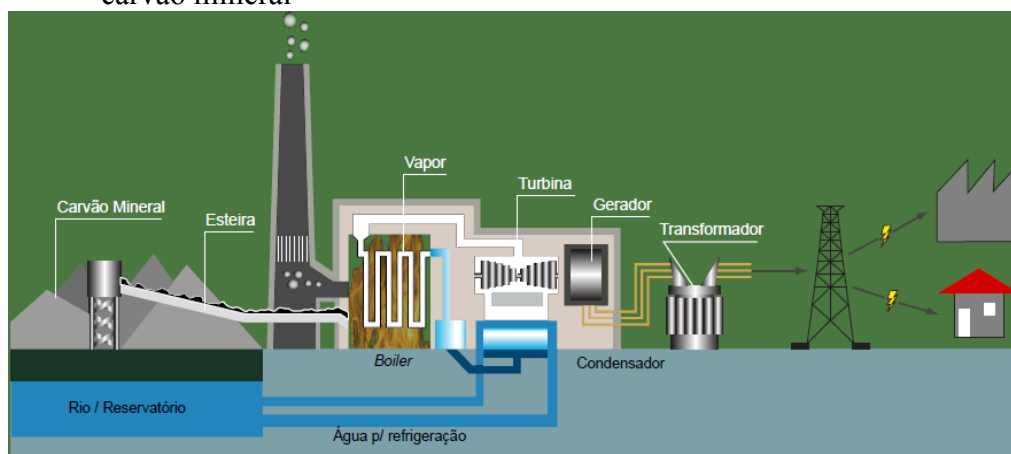


Fonte: Reis (2011).

Considerando-se também a preparação e queima do carvão, este processo se dá, em resumo, da seguinte maneira: o carvão é extraído do solo, fragmentado e armazenado em silos para, posteriormente, ser transportado à usina, onde novamente será armazenado. Em seguida, é transformado em pó, o que permitirá melhor aproveitamento

térmico ao ser colocado para queima nas fornalhas de caldeiras. O calor liberado por esta queima é transformado em vapor ao ser transferido para a água que circula nos tubos que envolvem a fornalha. A energia térmica (ou calor) contida no vapor é transformada em energia mecânica (ou cinética), que movimentará a turbina do gerador de energia elétrica (ANEEL 2008). A Figura 21 ilustra o perfil esquemático do processo de geração de eletricidade a partir do carvão mineral.

Figura 21: Perfil do processo de produção de energia elétrica a partir do carvão mineral



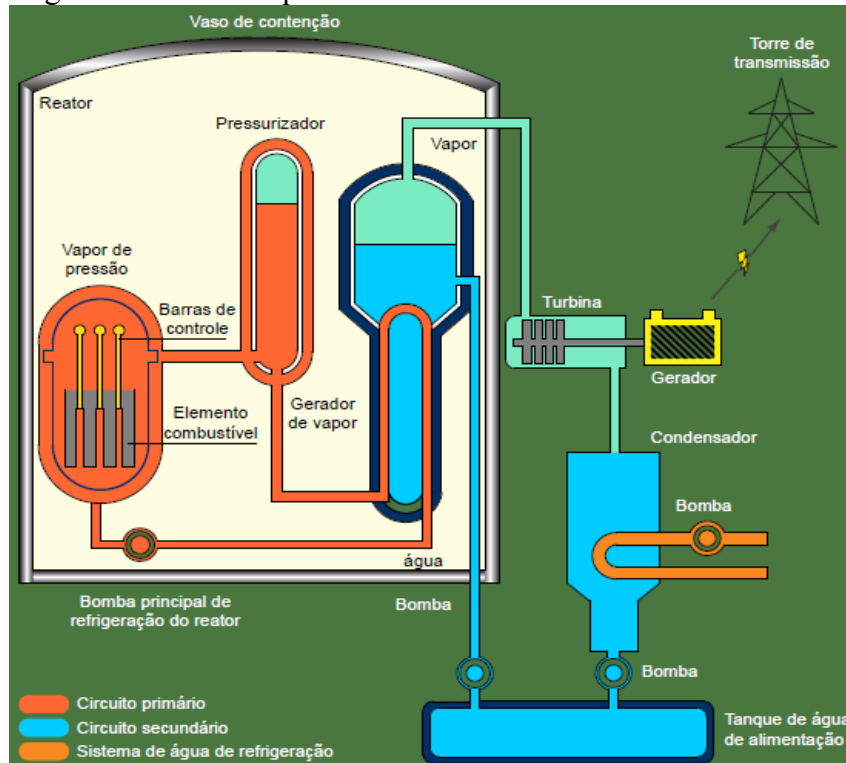
Fonte: ANEEL 2008.

Central Termonuclear

A energia nuclear se dá pela divisão de urânio (U), liberando uma quantidade maior de energia térmica num processo tido como fissão nuclear (REIS, 2011).

Os materiais usados na construção dos reatores nucleares são muito sensíveis a sua resistência perante altas temperaturas, por essa razão, centrais termonucleares operam com vapor saturado. Utilizam as turbinas a vapor como máquina térmica e o vapor de água como fluido de trabalho e operam conforme o ciclo Rankine STUCHI (2015). A Figura 22 ilustra um perfil do processo de produção de eletricidade a partir de usina nuclear.

Figura 22 - Perfil esquemática de uma usina termonuclear



Fonte: ANEEL, 2008.

2.3.3 Impactos provocados pelas usinas termoelétricas

No geral, as termoelétricas como visto nos tópicos anteriores são as tecnologias mais utilizadas para a geração de eletricidade, isso devido a sua fácil implantação, e fácil acesso ao combustível para o seu funcionamento e sem contar que é uma tecnologia muito conhecida. Porém, por outro lado são os maiores emissores de gases do efeito estufa que causa a grande preocupação futura, o aquecimento global. Por isso em alguns países como Brasil, com o maior potencial renovável as termoelétricas são utilizadas como fontes estratégicas e só são ligadas quando necessário, isto é quando houver falta nas fontes de geração elétrica de base (hidroelétricas), ou então, no horário de ponta onde a demanda é máxima e as fontes de base não conseguem suprir a demanda.

2.3.3.1 Impactos ambientais das principais tecnologias de geração Termelétrica

Impactos provocados na implantação e operação da usina termoelétrica a gás:

De acordo com Tolmasquim; EPE (2016), análise é de apenas os principais impactos relacionados à atividade de geração de energia, aqui delimitada pelas fases de construção e operação das usinas termelétricas a gás natural no que diz respeito:

Uso e ocupação do solo- a implantação de uma usina termelétrica gera principalmente alteração da paisagem, alteração do uso do solo e interferência na fauna e flora. Porém, espera que esses impactos não sejam de elevada magnitude tendo em conta que este tipo de usina ocupa geralmente uma área relativamente pequena, desde que se realize planejamento adequado de seleção de sítio. Medidas para minimizar os impactos desta categoria, são a busca por soluções arquitetônicas que minimizem o impacto visual, o reflorestamento ou restauração ecológica, quando cabível, e o monitoramento do ecossistema durante a construção e operação da usina.

Uso dos recursos hídricos – Porque, dependendo da tecnologia de resfriamento escolhida em usinas termelétricas, pode haver consumo expressivo de água, o que impacta na disponibilidade hídrica para outros usos locais. Medidas para minimizar essa situação, são uso de tecnologias de resfriamento de baixo consumo de água, redução de desperdícios e reuso.

Uma das principais preocupações em relação aos impactos da geração termelétrica reside na emissão de poluentes atmosféricos (TOLMASQUIM; EPE, 2016). Para termelétricas a gás natural destacam-se as emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x), que geram alteração da qualidade do ar, efeitos na saúde da população local e acidificação da água das chuvas.

De acordo com Atlas de energia elétrica do Brasil (ANEEL, 2008), os principais poluentes atmosféricos emitidos pelas usinas termelétricas a gás natural são dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e, em menor escala, monóxido de carbono e alguns hidrocarbonetos de baixo peso molecular, inclusive metano.

Segundo um estudo sobre gás natural do Plano Nacional de Energia 2030 registra que o volume de CO₂ lançado na atmosfera pode ser entre 20% e 23% inferior àquele produzido pela geração a partir do óleo combustível e entre 40% e 50% inferior aos casos de geração a partir de combustíveis sólidos, como o carvão. Por essa razão, a usina termelétrica a gás natural apresenta uma vantagem ambiental significativa em

relação as outras que utilizam combustíveis fósseis, em função da menor emissão de gases poluentes que contribuem para o efeito estufa (ANEEL, 2008). Em ordem de grandeza, uma *usina a gás* natural típica apresenta fator de emissão de CO₂ (tCO₂/MWh) inferior a 50% àquele apresentado por uma usina a carvão mineral (IPCC, 2006).

O Tomalsquim; Epe (2016), apresentam em um quadro da Figura 23 o resumo dos impactos provocados geração termelétrica a gás natural em diferentes fases (construção (C) e operação (O)) de forma resumida.

Figura 23 - Impactos provocados pelas termelétricas a gás Natural

Tema	Impactos		Fase
	Negativos	Positivos	
Uso e ocupação do solo	Alteração da paisagem; Alteração do uso do solo; Interferência na flora e fauna.		C/O
Recursos hídricos	Redução da disponibilidade hídrica.		C/O
Emissões de poluentes atmosféricos	Alteração da qualidade do ar; Efeitos na saúde da população local; Acidificação da água das chuvas (NO _x).		O
Emissões de gases de efeito estufa	Aumento da concentração de GEE na atmosfera; Aquecimento global.		O

Produção de efluentes líquidos	Alteração da qualidade do solo e cursos d'água; Interferência na fauna e flora aquática.		O
População	Interferência na infraestrutura local (trânsito, serviços, etc.); Interferência/perturbação da população (modo de vida, trânsito, serviços públicos, etc.).		C
Empregos	Perda dos postos de trabalho temporários após as obras.	Geração de empregos temporários durante as obras; Geração de empregos permanentes durante a operação da usina;	C/O
Receita		Aumento na arrecadação de tributos; Incremento na economia local.	C/O

Legenda: C – Construção; O – Operação; PO – Pós-operação.
Fonte: adaptado de TOMALSQUIM; EPE, 2016.

Impactos provocados na implantação e operação da usina termelétrica a Carvão

O carvão é uma das formas de produção de energia mais agressivas ao meio ambiente. E mesmo que a sua extração e posterior utilização na produção de energia gere benefícios econômicos, a sua combustão para geração termoelétrica, provoca emissão de grande volume de gases como o nitrogênio (N) e gás carbônico (CO₂), responsáveis de significativos impactos socioambientais. Estimativas apontam que o carvão é responsável por entre 30% e 35% do total de emissões de CO₂, principal agente do efeito estufa (ANEEL, 2008). De forma análoga são apresentados na da Figura 24 de forma resumida os principais impactos da geração termelétrica a carvão (Vapor) de acordo com TOMALSQUIM; EPE, (2016).

Figura 24 - Impactos provocados por uma suína a carvão Mineral

Tema	Impactos		Fase
	Negativos	Positivos	
Uso e ocupação do solo	Alteração da paisagem; Alteração do uso do solo; Interferência na flora e fauna.		C/O
Recursos hídricos	Redução da disponibilidade hídrica.		C/O
Emissões de poluentes atmosféricos	Alteração da qualidade do ar; Efeitos na saúde da população local (MP, NOX e SOX); Acidificação da água das chuvas (NOx e SOx).		O
Emissões de gases de efeito estufa	Aumento da concentração de GEE na atmosfera; Aquecimento global.		O

Produção de resíduos sólidos	Alteração da qualidade do solo e cursos d'água;		C/O/PO
Produção de efluentes líquidos	Alteração da qualidade do solo e cursos d'água; Interferência na fauna e flora aquática.		O
População	Interferência na infraestrutura local (trânsito, serviços, etc.); Interferência/perturbação da população (modo de vida, trânsito, serviços públicos, etc.).		C
Empregos	Perda dos postos de trabalho temporários após as obras e permanentes após a desativação da usina.	Geração de empregos temporários durante as obras; Geração de empregos permanentes durante a operação da usina;	C/O/PO
Receita		Aumento na arrecadação de tributos; Incremento na economia local.	C/O

Legenda: C – Construção; O – Operação; PO – Pós-operação.

Fonte: adaptado de TOMALSQUIM; EPE, 2016.

Impactos provocados na implantação e operação da usina Termonuclear

As termonucleares também emitem pequenas quantidades de gases e líquidos radioativos. Eles são coletados, tratados e monitorados em conformidade com as normas da CNEN, sendo assim não originam prejuízos à saúde humana nem ao meio ambiente (TOMALSQUIM; EPE, 2016).

As usinas termonucleares são dotadas de uma estrutura chamada vaso de pressão, que contém a água de refrigeração do núcleo do reator (onde fica o combustível nuclear). Essa água, altamente radioativa, circula quente por um gerador de vapor, em circuito fechado, chamado de circuito primário. Esse circuito primário aquece uma outra corrente de água que passa pelo gerador (circuito secundário) e se transforma em vapor, acionando a turbina para a geração de energia elétrica. Os dois circuitos não têm comunicação entre si (ANEEL, p. 118, 2008).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é feita a apresentação do local do estudo que é no caso Moçambique através de mapas de localização e também será relatado todo o passo-a-

passo de como foi feito o estudo. Vale destacar ainda aqui as principais ferramentas que foram excepcionalmente utilizadas:

ArcGIS na categoria (*ArcMAP*), que é por sua vez um sistema de informativo geográfico (GIS), utilizado principalmente, compilação de dados geográficos, para a criação e análises de mapas;

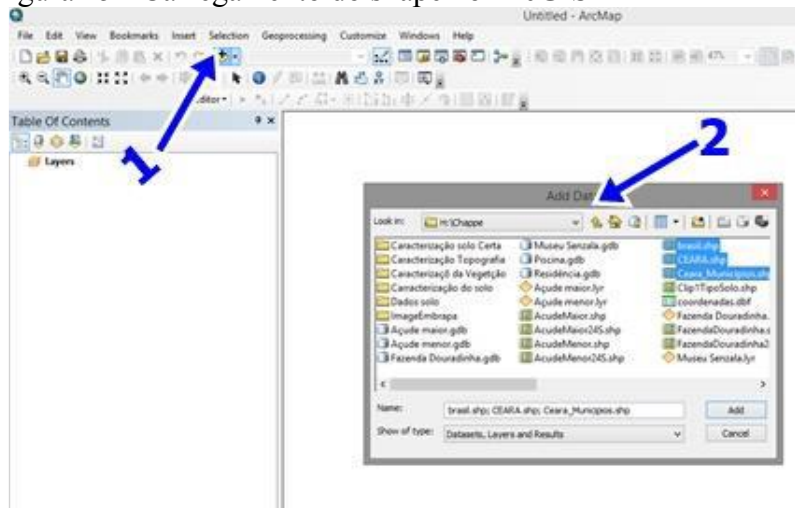
Google Earth que é por sua vez um programa de computador desenvolvido e distribuído pela Google, apresenta na sua interface um modelo 3D (tridimensional) e com função principal de apresentar todas as localizações registradas pelos satélites por exemplo.

3.1 Localização da área de estudo (Moçambique)

Moçambique é um país localizado na costa leste da região sul do continente africano. É membro da Comunidade de Desenvolvimento da África Austral (SADC) e, em termos de extensão, é o (34º) trigésimo quinto maior país do mundo (comparável à Turquia) e o (15º) décimo quinto na África, cobrindo aproximadamente 800 000 Km². Dos quais, 13.000 km² representa a águas interiores, 786.380 km² refletem a parte terrestre e 2.470 km² correspondem à zona costeira banhada pelo Oceano Índico (ALER, 2017). Como pode se observar, Figura 26 mostra o mapa de localização do continente africano, com destaque pela coloração amarela a área do estudo (Moçambique).

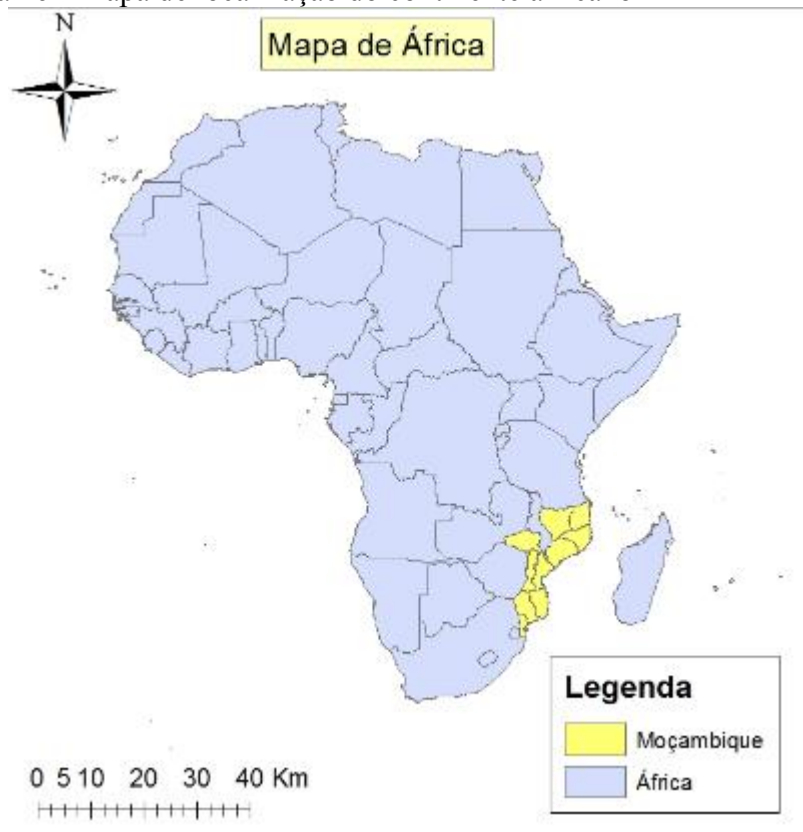
Pelo conhecimento geográfico, tem-se que o país compartilha fronteiras com a Tanzânia ao norte, Malawi e Zâmbia ao noroeste, Zimbábue ao oeste, África do Sul e Suazilândia ao sudoeste. A leste, o país faz fronteira com o Oceano Índico, especificamente pelo Canal de Moçambique, como mostrado através da Figura 27 intitulado mapa de localização de Moçambique na África. A geração dessas figuras de mapas foi com o uso da ferramenta *ArcGIS*, em que dentro da interface do programa clicou-se no comando **(1) Add Data** e em seguida **(2) na janela Add Data**, adicionados os shapes, requeridos, a Figura 25 a seguir é o retrato do passo-a-passo anterior.

Figura 25 - Carregamento do shape no ArcGIS



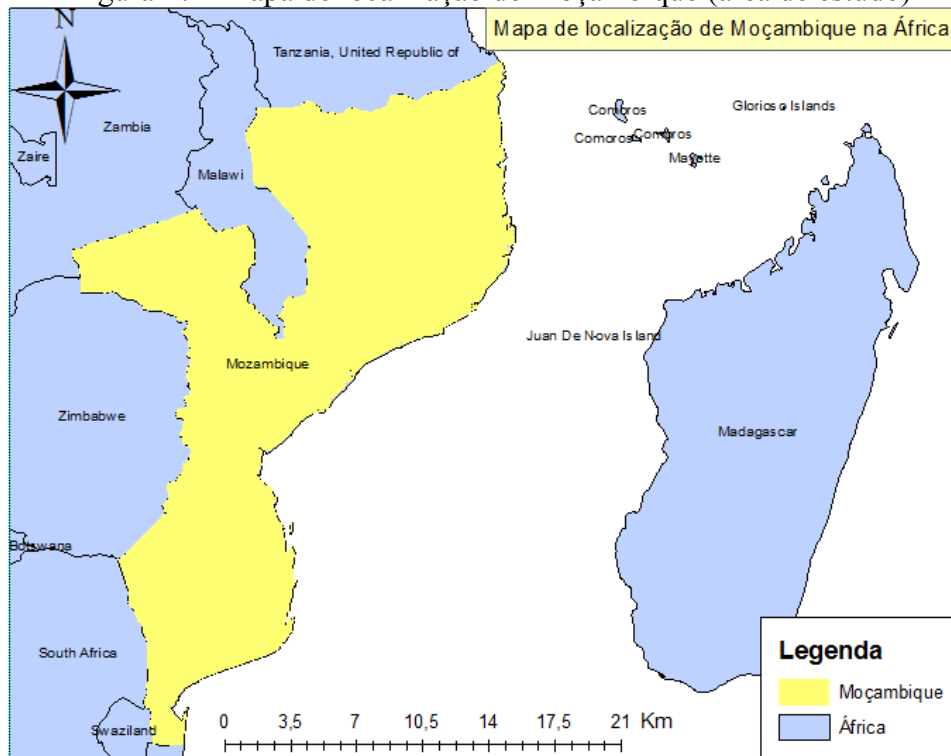
Fonte: próprio autor, 2020.

Figura 26 - Mapa de localização do continente africano



Fonte: próprio autor, 2020.

Figura 27 - Mapa de localização de Moçambique (área de estudo)

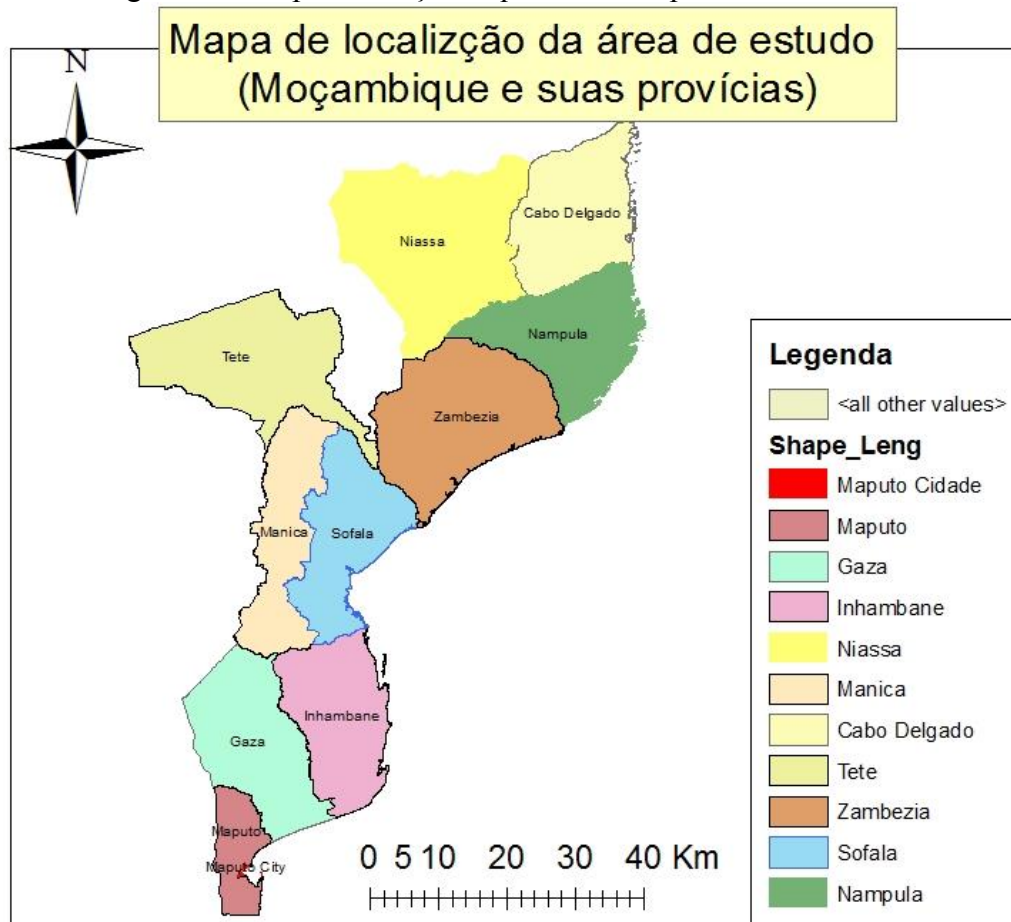


Fonte: próprio autor, 2020.

3.1.1 Subdivisões da área do estudo

A ferramenta ArcGIS foi também utilizado para gerar-se o mapa conforme a Figura 28 localizando cada província que compõe aquele país. Em que das subdivisões, tem-se administrativamente, a nação moçambicana é composto por 11 províncias distribuídas por três regiões: a região norte que compreende as províncias de Niassa, Cabo Delgado e Nampula; a região centro composta pelas províncias de Zambézia, Tete, Manica e Sofala; por fim a região sul onde se encontram as províncias de Inhambane, Gaza, Maputo e Maputo Cidade. Esta última apresenta estatuto provincial, uma vez que é a capital do país (Ministério da Planificação e Desenvolvimento, 2014).

Figura 28 - Mapa de Moçambique e suas 11 províncias



Fonte: próprio autor, 2020.

3.1.2 Características climáticas e de recurso hídrico de Moçambique

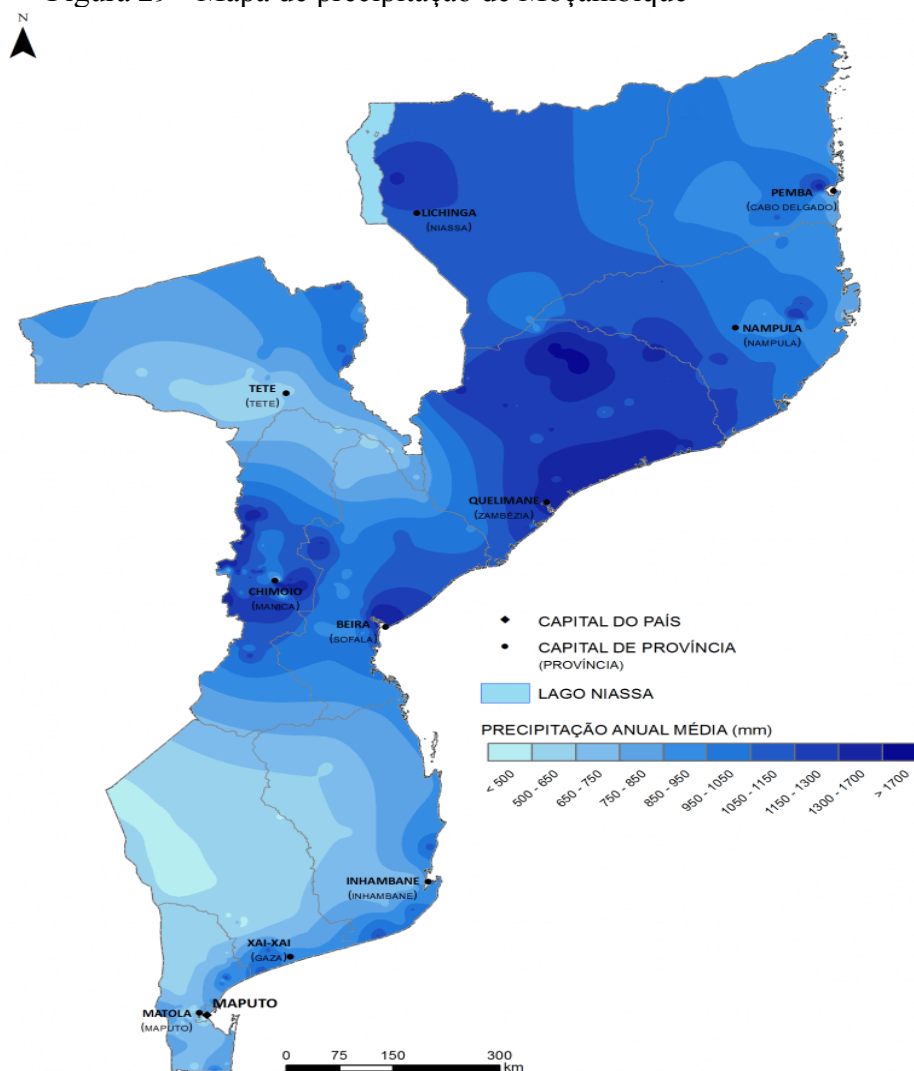
O clima tropical húmido é que predomina no país e é dividido em duas estações diferentes: húmida ou de Verão e seca ou de Inverno. A estação húmida tem início no mês de outubro e termina em março e é geralmente quente e chuvosa, enquanto a estação seca começa no mês de abril e acaba em setembro e é geralmente fresca e com pouca chuva (ALER, 2017).

Pelo fato de em Moçambique possuir um dos maiores empreendimentos de geração hidráulica do continente, a Usina Hidroelétrica de Cahora Bassa (UHCB), analisou-se o potencial do recurso hídrico, em que, com os dados de projeções do Fundo de Energia (FUNAE) no atlas das energias renováveis de Moçambique, tem-se que o país apresenta uma precipitação média anual de 940 mm com forte incidência nos meses de dezembro a março. A concentração de elevado caudal em alguns meses traduz-se invariavelmente em cheias nos meses de afluência e em rios relativamente secos nos

restantes meses do ano. Apesar do regime hidrológico irregular, os rios tendem a ter caudais modulares muito elevados (NUNAE, 2017).

A distribuição da precipitação pelo país não é uniforme, como ilustrado na Figura 29, onde, na região norte as precipitações são em média entre os 1.030 mm e 1.225 mm. Em contrapartida na região sul de Moçambique, principalmente nas províncias de Gaza e Maputo há muita pouca água, com registro de precipitações médias de 595 mm e 685 mm, respectivamente (FUNAE, 2017).

Figura 29 - Mapa de precipitação de Moçambique

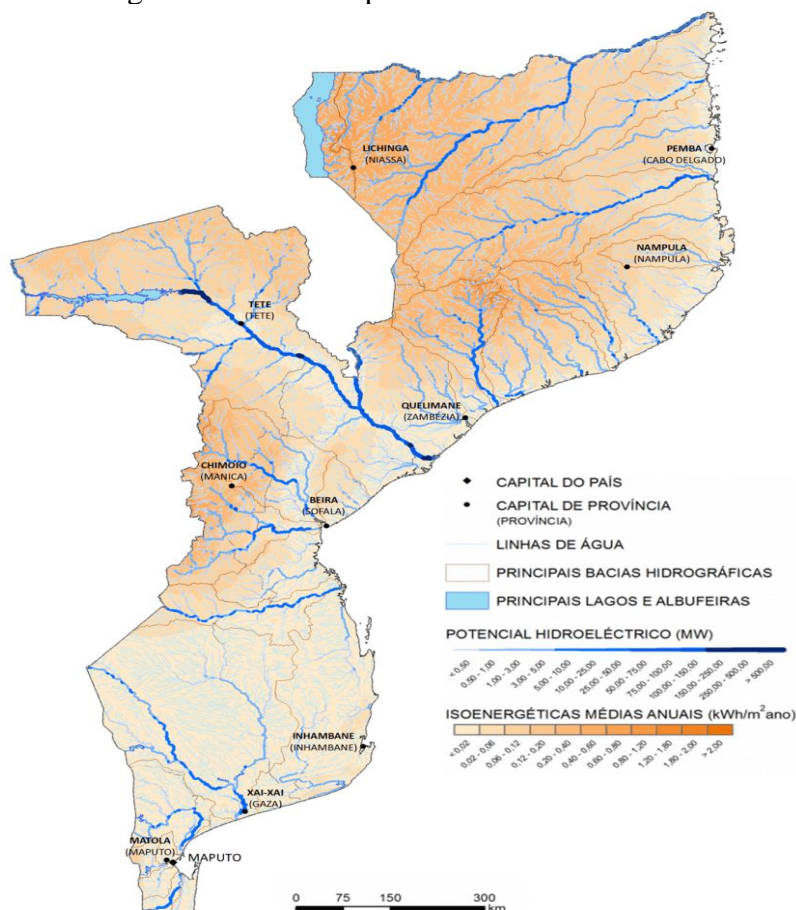


Fonte: FUNAE, 2019.

As bacias hidrográficas de Moçambique são muito extensas, destacando-se a bacia do Zambeze com 1.390.000 km², representando 70% do escoamento total no território, segundo FUNAE (2017). As bacias, a rede hidrográfica, o caudal e queda

existentes no território moçambicano, foram modeladas e avaliados com vista à elaboração do primeiro mapa de escoamento superficial e o Atlas do potencial hidroelétrico como mostrado na Figura 30. Sendo que para essas precipitações foram feitas as análises do potencial hidráulico.

Figura 30 - Atlas do potencial hidráulico



Fonte: FUNAE, 2019.

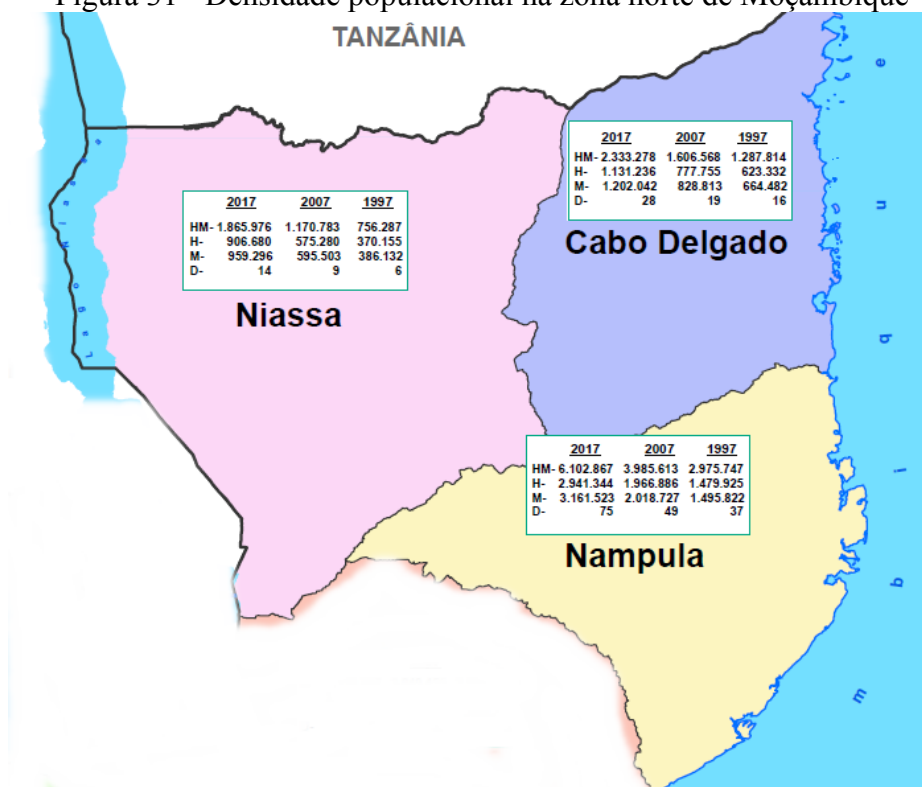
3.1.3 *Análise demográfica da densidade populacional de Moçambique*

Como verificou-se nos capítulos anteriores, uma das maiores preocupações da implantação das Centrais Termoelétricas é a emissão dos gases poluentes (como o CO₂ principalmente), isto é, independentemente do tipo de termelétrica desde que utilize para a sua geração de eletricidade fonte não renovável de energia, que este são maiores contribuintes para efeito estufa, o que possa trazer consequências futuras. Para melhor analisar-se a distribuição da pluma de poluição causada pelas centrais termoelétricas instaladas ou não em cada região de Moçambique, recorreu-se aos dados de análise

demográfica e da densidade populacional do país nos anos de 2017, 2007 e 1997, respectivamente, com intuito de saber quais os locais e a população mais afetados.

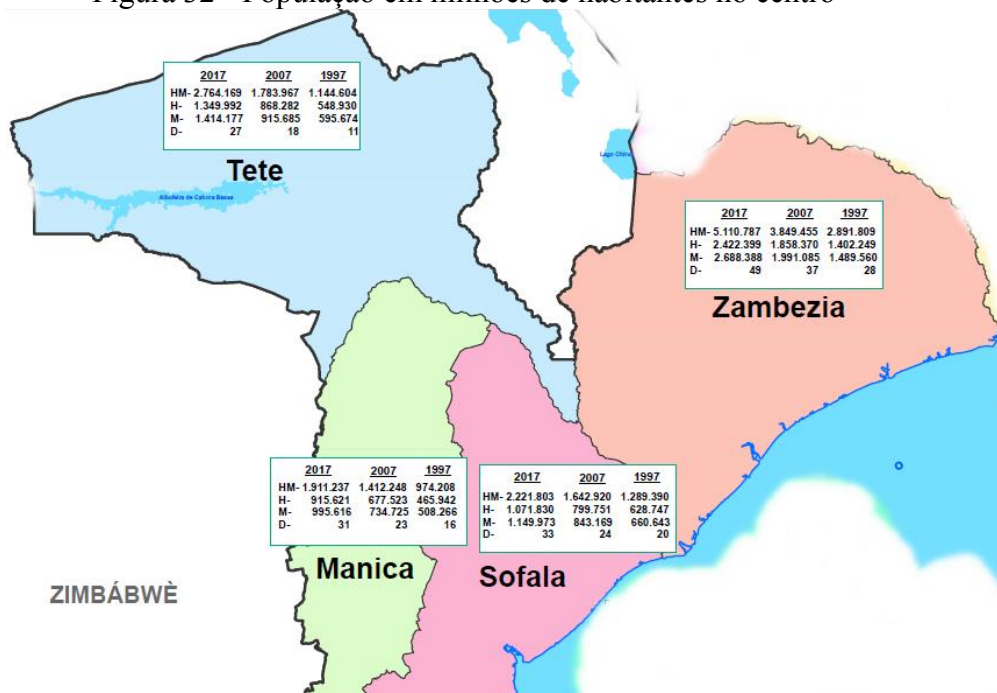
Nas Figuras (31, 32 e 33), são ilustrados a população em milhões de habitantes, a densidade populacional nas regiões norte, centro e sul de Moçambique, respectivamente.

Figura 31 - Densidade populacional na zona norte de Moçambique



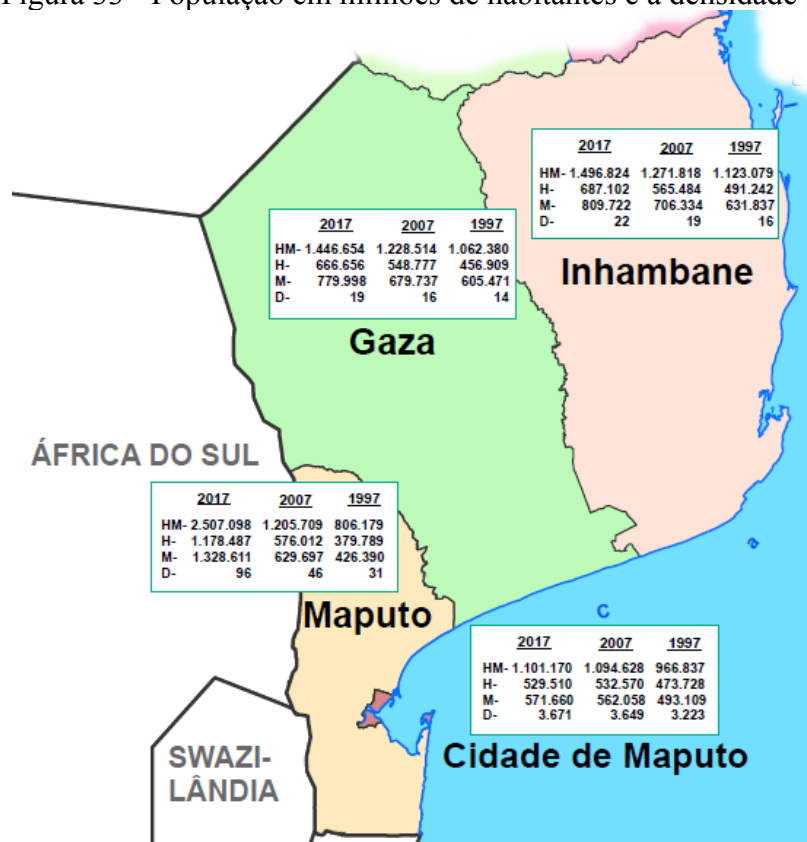
Fonte: adaptado de INE, 2017.

Figura 32 - População em milhões de habitantes no centro



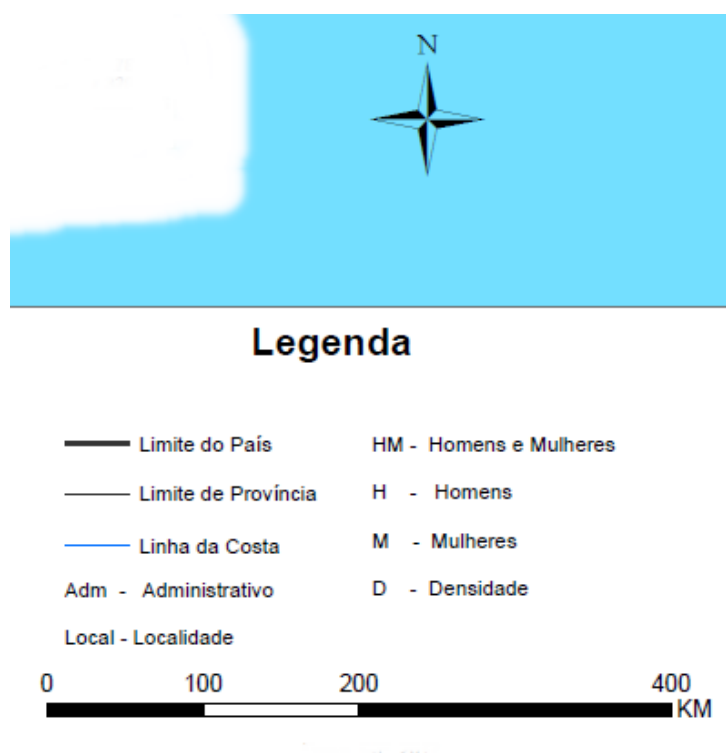
Fonte: adaptado de INE, 2017.

Figura 33 - População em milhões de habitantes e a densidade populacional



Fonte: adaptado de INE, 2017.

Figura 34 - Legenda das Figuras (31 a 34)



Fonte: adaptado de INE, 2017.

O resumo das informações sobre a densidade demográfica, quantidade populacional por cada região ou província estão apresentados na Figura 35.

Figura 35 - Censo Moçambique 2017

Província	Total de Distritos	Total Postos Adm.	Total Local/ Bairros	Total AE	Total AC	Resultados Preliminares, censo 2017			
						População Total	Homens	Mulheres	Densidade (Hab/Km ²)
Niassa	16	45	116	4.620	1.696	1.865.976	906.680	959.296	14
Cabo Delgado	17	56	165	5.840	2.180	2.333.278	1.131.236	1.202.042	28
Nampula	23	72	254	14.125	4.903	6.102.867	2.941.344	3.161.523	75
Zambezia	22	57	315	13.708	5.128	5.110.787	2.422.399	2.688.388	49
Tete	15	36	136	6.342	2.413	2.764.169	1.349.992	1.414.177	27
Manica	12	37	140	4.006	1.411	1.911.237	915.621	995.616	31
Sofala	13	38	125	5.435	1.895	2.221.803	1.071.830	1.149.973	33
Inhambane	14	26	118	3.596	1.273	1.496.824	687.102	809.722	22
Gaza	14	50	160	3.500	1.297	1.446.654	666.656	779.998	19
Maputo	8	29	125	5.063	1.518	2.507.098	1.178.487	1.328.611	96
Cidade de Maputo	7	0	63	2.271	665	1.101.170	529.510	571.660	3.671
MOÇAMBIQUE	161	446	1.717	68.506	24.379	28.861.863	13.800.857	15.061.006	36

Fonte: Instituto Nacional de Estatística (INE) – Moçambique (2017).

Para além, de recorrer-se a análise demográfica, fez-se mapeamento de cada central hidrelétrica instalada no país, fazendo-se a análise das seguintes variáveis: A potência instalada; Potência produtível; Tipo de termoelétrica e o Tipo de combustível. Para o mapeamento, utilizou-se a ferramenta: Google Earth Pró em combinação com o ArcGIS para localizar onde está ou seria implantada cada central termelétrica.

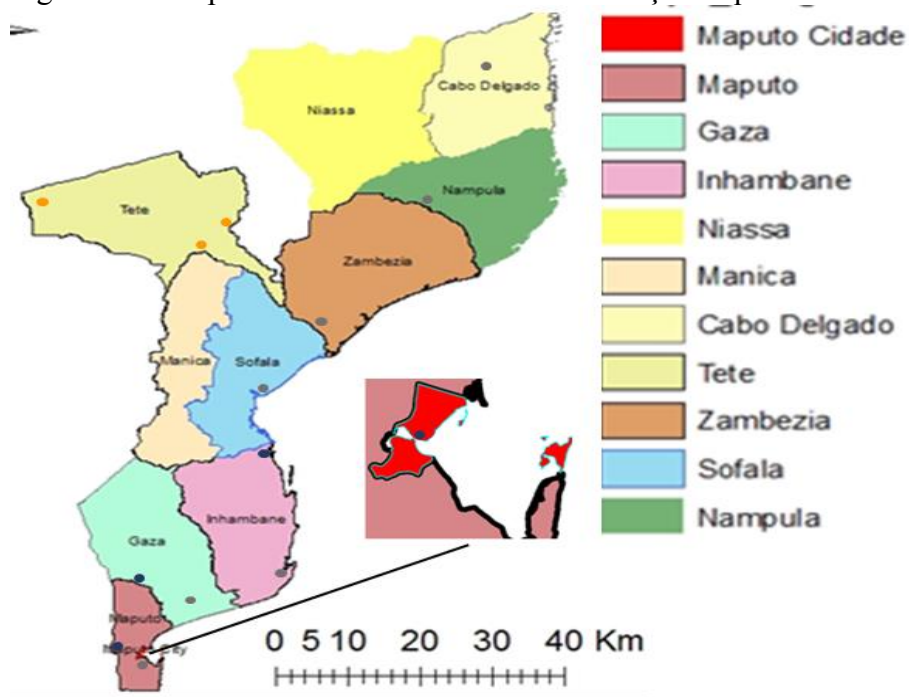
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme visto no capítulo anterior, Moçambique é composto por 11 províncias, sendo Maputo a capital. Pelo mapeamento, em todo o território nacional de Moçambique foram localizadas no total 14 termelétricas com uma potência instalada de 2053,4 MW, das quais:

- Três 3 estão na fase de projeto que irão operar a carvão mineral;
- Quatro 4 operando a gás natural;
- Sete 7 operam a Diesel.

Na Figura 36 em sequência é apresentado o resultado do mapeamento das termelétricas, tanto as existentes (em operação), assim como as projetadas para sua implantação.

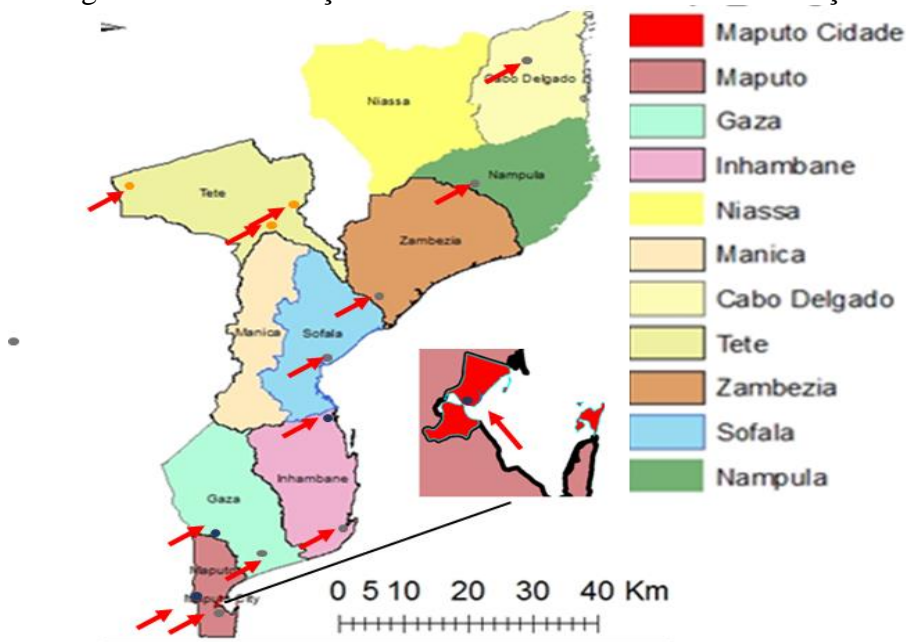
Figura 36 – Mapeamento das termelétricas de Moçambique



Fonte: próprio autor, 2020.

As usinas termelétricas são as descritas por pequenos círculos, e para melhorar a observação destas, foram colocadas as setas vermelhas conforme a Figura 37, indicando-as dentro de cada província de Moçambique.

Figura 37 – Localização das usinas termelétricas com indicação de setas

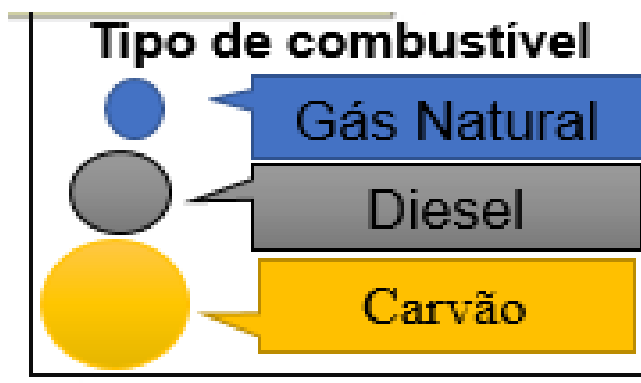


Fonte: próprio autor, 2020.

Com a ampliação da imagem dos círculos conforme a Figura 28, é possível destacar a coloração diferenciado, indicando o tipo de combustível que será ou está sendo utilizado em cada usina termelétrica e também tamanhos diferenciados que indica o nível de impacto ambiental causado pelo tipo de central termelétrica, em que:

- A coloração dourada – indica o tipo de termelétrica a carvão mineral;
- A coloração cinza – indica tipo de termelétrica a diesel;
- A coloração azul – indica o tipo de termelétrica a gás natural;
- A círculo ou bolinha maior – indica consequentemente a usina termelétrica que gera mais impactos ambientais;
- E as bolinhas média e menor – indicam as usinas termelétricas que geram, respectivamente, médios e menores impactos ambientais.

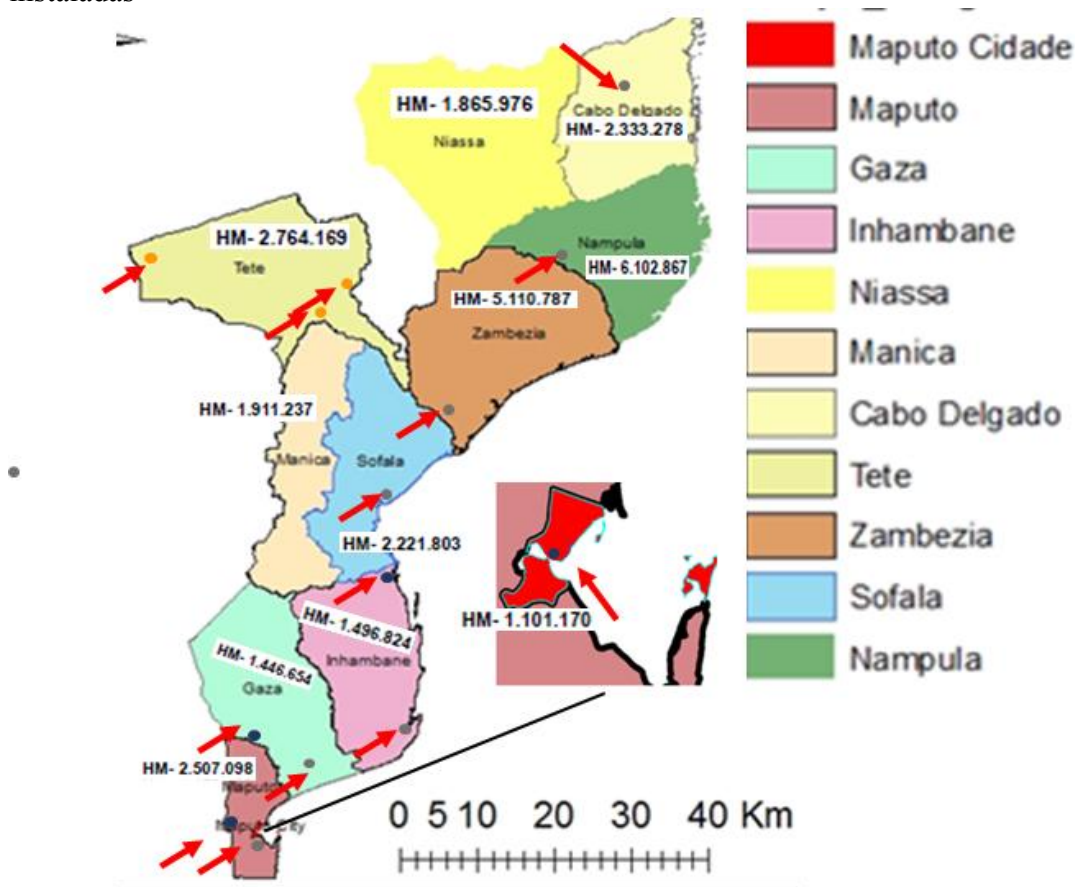
Figura 38 – Círculos identificação do tipo de combustível e o nível de impactos



Fonte: próprio autor, 2020.

Pela Figura 39 é possível observar-se o número de população em função do número das termelétricas instaladas existente ou a serem instaladas em cada província. Nota-se que o planejamento para a implantação das usinas termelétricas não levou em conta a análise demográfica ou censo. Pois, nas províncias como Nampula e Zambézia com maior número populacional, pouco mais de 6 e 5 milhões de habitantes, respectivamente, só estão instaladas duas (2) usinas (uma para cada província).

Figura 39 - número de população em função do número das termelétricas instaladas



Fonte: próprio autor, 2020.

A tabela da Figura 40 mostra os resultados obtidos no Mapeamento das termelétricas existentes em Moçambique:

Em que é possível observar-se que, na região sul de daquele país, formada pelas províncias de (Maputo, Maputo Cidade, Gaza e Inhambane), a pesar de ser a região com menor número populacional é onde estão instaladas mais usinas termelétricas. Sendo que, só nessas quatro (4) Províncias estão instaladas 7 usinas termelétricas do total de 11 instaladas naquele país atualmente. As outras 4 usinas termelétricas estão distribuídas numericamente de forma equivalente entre as regiões centro e norte do país.

Quanto a potência Instalada, juntando-se todas as usinas termelétricas mapeadas (em operação/projeto) somam uma capacidade instalada de 2055,4 MW, quase se igualando a capacidade instalada de uma das maiores usinas hidrelétricas do continente Africano, a atual geradora de eletricidade da nação moçambicana a hidrelétrica de Cahora Bassa com 2075 MW.

Quanto ao tipo de combustível, pode verificar-se explicitamente através da Figura 40 que, oito (8) das onze (11) usinas termelétricas instaladas atualmente, utilizam o diesel como combustível para a queima na caldeira e as três (3) restantes utilizam o gás natural.

O Quadro A do apêndice ilustra de forma resumida e explícita todas as especificações por aqui citadas.

Figura 40 - Resultados tabelados do mapeamento das usinas termelétricas de Moçambique

Nome da Central Termelétrica	Localização	Tipo	Tipo de combustível	Pot. Instalada	Pot. Gerada	Status	Região
Termelétrica de Maputo	Maputo cidade	Caga Base – Ciclo combinado	Gás natural	121	106	Operação	Sul
GTG 3 Maputo	Maputo	Emergência-Turbina a gás	Diesel	24	22	Operação	Sul
Termelétrica de Ressano Garcia (CTRG)	Maputo/Ressano Garcia	Ñ. Informado	Gás	175	175	Operação	Sul
Central Termelétrica de Kuvaninga Chockwe	Gaza	Ñ. Informado	Gás	40	40	Operação	Sul
Xai-xai	Gaza	Emerg. Turbina a Gás	Diesel	3,6	3,6	Operação	Sul
Inhabane Termelétrica de Temane	Inhabane	Carga de Base – Motor de Combustão	Diesel	4,6	4,6	Operação	Sul
GTG Beira Quelimane	Sofala		Diesel	14	12	Operação	Centro
Usina Termelétrica de Tete (Moatize)	Zambezia	Emergência - turbina a gás	Diesel	6,8	3	Operação	Centro
Usina Termelétrica de Tete (Ncondezi)	Tete	Ñ. Informado	Carvão	1200	Ñ Info.	Operação	Centro
	Tete	Ñ. Informado	Carvão	300	Ñ Info.	Projeto	Centro

Nome da Central Termelétrica	Localização	Tipo	Tipo de combustível	Pot. Instalada	Pot. Gerada	Status	Região
Usina Termelétrica de Tete - Jindal	Tete	Ñ. Informado	Carvão	150	Ñ Info.	Projeto	Centro
Nampula	Nampula	Emergencial – Turbina a Gás	Diesel	2	2	Operação	Norte
Pemba	Cabo Delgado	Emergencial – Turbina a Gás	Diesel	1,2	1,2	Operação	Norte
Total	10			2053,4			

Fonte: próprio autor, 2020.

Finalmente, as tecnologias empregadas na geração termelétrica com carvão serão apresentadas focando nas questões ambientais que cada uma oferece. Como visto, as opções que fornecem os maiores índices de rendimento e menor impacto ambiental são as mais caras. Além de que, algumas delas ainda necessitam de maior investimento em pesquisa e desenvolvimento (IEA, 2006), de forma a permitir sua utilização em países como Moçambique, onde as questões econômicas não são muito favoráveis, conforme exposto no capítulo no início do (CAPÍTULO 2) do presente trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo com a predominância da geração hidráulica na matriz elétrica de Moçambique, o País ainda se destaca com um total de 14 usinas termoelétricas, das quais 3 estão em fase de implementação em uma única província (Tete) e todas estão projetadas para geração de energia por meio da queima do carvão;

Das 11 usinas que estão em operação, 7 utilizam o diesel, enquanto apenas 4 utilizam o gás natural;

Todas as termelétricas de moçambique apresentam mais impactos adversos do que positivos, tanto na fase de construção quanto na fase de operação. No entanto, com relação ao lançamento de toxinas no meio ambiente, o gás natural é considerado o menos poluente das três fontes de geração. E o mais poluente é o carvão mineral, devido ao seu maior teor de carbono, mesmo sendo o mais produtivo do três.

As usinas termoelétricas não estão distribuídas de maneira estratégica ao longo do país analisado, não se considera nem mesmo a quantidade populacional da província, o que não contribui para melhorias no sistema elétrico moçambicano. Contudo, a implantação das três usinas termelétricas a carvão, na mesma província,

sendo que esta não é a com maior número populacional e nem sequer é a maior província em termos da área territorial, são principais indicativos e variáveis considerados para concluir-se que na província de Tete, localizada na região centro de Moçambique é onde haverá a maior pluma de poluição.

REFERÊNCIAS

- ALER – Associação Lusófona de Energias Renováveis. Energias Renováveis em Moçambique. Relatório nacional de ponto de situação. 2. ed. Outubro de 2017.
- ANEEL - Agencia Nacional de Energia Atlas de Energia Elétrica - 3ª Edição. Brasília 2008.
- ANEEL - Atlas de energia elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica. 3. ed. – Brasília: Aneel, 2008.
- ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica Atlas de Energia Elétrica do Brasil – 1ª Edição. Brasília 2002. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf. Acesso em 20. nov. 2019.
- ANP- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2016.
- ARANTE, Edson. Venda de energia a Botswana vai render USD 25 milhões. **O País**. 20 de maio de 2029.
- BANCO MUNDIAL. **Energia Sustentável para Todos**: Perfil dos Resultados do Setor/sustainable-energy-for-all-results-profile (2014). Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/results/2013/04/10/sustainable-energy-for-all-results-profile>. Acesso em 03. out. 2019.
- BANCO MUNDIAL. **Energia**: Visão geral/Energy: Overview, 2019. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/topic/energy/overview>. Acesso em 01. jan. 2020.
- BP Global, 2019. Disponível em: www.bp.com. Acesso em 02. dez. 2019.
- CONAMA. Resolução nº 01 de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. 17 fev. 1986.
- EDM – Eletricidade de Moçambique, EP. 2019. Disponível em: <https://www.edm.co.mz/pt>. Acesso em 02. nov. 2019.
- EDM; SETOR EELÉTRICO. **Transformações & Perspectivas/Desafios**. Apresentação a IX Conferência da RELOP, 05 dezembro de 2016.
- EIA – U. S. Energy Information Administration, 2019. Today in Enrgy. Disponível em: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=42336>. Acesso em 02. jan. 2020.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2018. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em 20. out. 2019.
- EPE, Rio de Janeiro, 12 de abril de 2019. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de->

imprensa/noticias/Documents/12%20April%20_%20EPE%20WEO%20launch_Clean%20(002).pdf. Acesso em 20. dez. 2019.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional (BEN) 2019:** Ano base 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt>. Acesso em: 03. out. 2019.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional (BEN) 2019:** Ano base 2015. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt>. Acesso em: 05. dez. 2019.

FILHO, Altino Ventura. O Brasil no Contexto Energético Mundial: **NAIPPE/USP**, São Paulo, v. 6, 2013.

FUNAE – Fundo Nacional de Energia, 2017. Disponível em: <https://www.funae.co.mz/>. Acesso em 05. out. 2019

GTF – Global Tracking Framework. Country Data – Mozambique. Disponível em: <http://gtf.esmap.org/country/mozambique>. Acesso em 02. jan. 2020.

IAEA - International Atomic Energy Agency. Nuclear Technology Review. 2015
Disponível em: <http://www.iaea.org/>. Acesso em 25. nov. 2019.

IEA- Energy Technology Perspectives, 2012. Disponível em:
<https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2012>. Acesso em 02. jan. 2020.

IEA - International Energy Agency, 2019. Disponível em:
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>. Acesso em 18. ago. 2019.

IEA, 2019. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-2019>. Acesso em: 02. jan. 2020.

IPCC 2008, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – A primer, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Miwa K., Srivastava N. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

INE – Instituto Nacional de Estatística de Moçambique. **CENSO**. 2017. Disponível em: <http://www.ine.gov.mz/>. Acesso em 15. dez. 2019.

INE – Instituto Nacional de Estatística de Moçambique. **CENSO**. 2018. Disponível em: <http://www.ine.gov.mz/>. Acesso em 21. dez. 2019

LORA, E. E. S.; NASCIMENTO, M. A. R. **Geração termelétrica:** planejamento, projeto e operação. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

LIMA, Maria Thereza da Silva Lopes et al. **Sobre a situação energética brasileira:** de 1970 a 2030. Rio Grande do Sul: 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/download/pdf>. Acesso em 20. dez. 2019.

NETO, Manuel Ragel Borges; CARVALHO, Paulo Cersar Marques de. **Geração de Energia Elétrica** – Fundamentos, 2012.

NOGUEIRA, A. **Geração Distribuída** - Sindicato no Estado de São Paulo, 2016.
Disponível em: < <https://bit.ly/2HEYGkj>>. Acesso em: 29. out. 2019
Agência Internacional de Energia (IEA) - Fonte (Source): Key World Energy Statistics 2011.

REIS, Lineu Belico dos. **Geração de energia elétrica**. – Barueri, SP: Manoele, 2011.

Site Portal Energia, 2013. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-das-energias-renovaveis/>. Acesso em 20. dez. 2019.

STUCHI, Gabriel Augusto Domingos. Geração termelétrica: **principais componentes e tipos de centrais termelétricas**. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2015.

TAVARES, Rodrigo Fonseca Araujo. **Geração Heliotérmica: Avaliação do Impacto da Utilização de Novos Fluidos no Custo da Energia Gerada**, Rio de Janeiro, 2014.
Disponível em:
<http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010098.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2019.

TOLMASQUIM, M. T. (coord). **Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear**. EPE: Rio de Janeiro, 2016.

APÊNDICES

Apêndice A: Resumo dos resultados obtidos no mapeamento das termelétricas

Nome da Central Termelétrica	Localização	Tipo de termelétrica	Tipo de combustível	Pot. Instalada [MW]	Pot. Gerada [MW]	Status	Impactos Considerando o Tipo Combust.	Região
Termoelétrica de Maputo	Maputo cidade	Cara Base – Ciclo combinado	Gás natural	121	106	Operação	Baixo ●	Sul
GTTG 3 Maputo	Maputo	Emergência- Turbina a gás	Diesel	24	22	Operando	Médio = ●	Sul
Termelétrica de Ressano Garcia (CTRG)	Maputo	Carga de Base – Motor de Combustão	Gás	175	175	Operando	Baixo = ●	Sul
Central Termelétrica de Kuaninga Chockwe	Gaza		Gás	40		Operando	Baixo = ●	Sul
Xai-xai	Gaza	Emerg. Turbina a Gás	Diesel	3,6	3,6	Operando	Médio = ●	Sul
Inhambane	Inhambane		Diesel	4,6	4,6	Operação	Médio = ●	Sul
Termoelétrica de Temane	Inhambane	Carga de Base – Motor de Combustão	Gás Natural	11,2	11,2	Operação	Baixo = ●	Sul
GTTG Beira	Sofala		Diesel	14	12	Operação	Médio = ●	Centro
Queimane	Zambezia	Emergência - turbina a gás	Diesel	6,8	3	Operação	Médio = ●	Centro
Usina Termoelétrica de Tete (Moatize)	Tete	Não Informado	Carvão	1200	Ñ Info.	Projeto prioritário	Alto = ●	Centro
Usina Termoelétrica de Tete (Ncondezi)	Tete	Não Informado	Carvão	300	Não Informado	Projeto	Alto = ●	Centro
Usina Termoelétrica de Tete - Jindal	Tete	Não Informado	Carvão	150	Não Informado	Projeto	Alto = ●	Centro
Nampula	Nampula	Emergência – Turbina a Gás	Diesel	2	2	Operação	Médio = ●	Norte
Pemba	Cabo Delgado		Diesel	1,2	1,2	Operação	Médio = ●	Norte
Total	10 províncias	X		2053,4	X	X		Norte

Fonte: próprio autor, 2020.