

3 Evaluación de recursos naturales

En este apartado, y antes de hablar de la actual situación energética del país y las diferentes alternativas que se pueden encontrar para cubrir las necesidades energéticas, sobre todo en lo que respecta al suministro de energía eléctrica, se presentan una serie de datos climatológicos y de recursos naturales que servirán para tener una idea más clara de la situación general del país.

3.1 Recursos renovables

Cuando hablamos de recursos naturales, están incluidos tanto los recursos materiales (por ejemplo, volumen de agua disponible) como los recursos energéticos (por ejemplo, energía que puede aportar cierto volumen de agua en función de la caída del salto, el caudal, etc.). Estos recursos pueden ser al mismo tiempo renovables (que el sistema natural puede reponer) o no renovables (agotables).

Según el Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC de sus siglas en inglés *Intergovernmental Panel on Climate Change*), se definen⁹ las energías renovables como aquellas fuentes de energía que son sostenibles, dentro de un marco temporal breve si se compara con los ciclos naturales de la Tierra, e incluyen tecnologías no basadas en el carbono, como la solar, la hidráulica y la eólica, a parte de las tecnologías neutras en carbono, como la biomasa.

Las energías renovables reducen la dependencia energética exterior; además, al gestionarse a nivel local, fomentan el desarrollo y la inversión, creando ocupación y mejora de la competitividad industrial. Finalmente, las energías renovables posibilitan una reducción de las emisiones contaminantes derivadas de la combustión de fuentes fósiles, contribuyendo así a la reducción de problemas de salud (derivados muchas veces de la polución) y ambientales, como la acidificación, el deterioro de ecosistemas naturales, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático.

3.2 Recursos hídricos

El país dispone de una red hidrográfica formada por más de 50 cursos de agua de una longitud media comprendida entre los 5 y 27 Km, y un desnivel de entre 700 y 1.500 metros.

Se trata de una red de carácter radial que parte del centro (situado en altitud) en dirección a la línea de la costa que rodea el país. Los cursos de agua son alimentados en gran medida por las precipitaciones durante la estación de las lluvias, pero también por los cursos de agua subterráneos de la estación seca. La capacidad de los cursos de agua es de 2,1 millones de m³ de agua, lo que equivale a una capacidad de provisión en agua de cerca de 10.000 m³ por año y habitante.

Más del 60% de los cursos de agua se sitúan en la zona suroeste y sur de las islas (Anexo III). Estos cursos de agua están, no obstante, muy poco estudiados. Sólo el río Iô Grande fue objeto de un estudio (de 1959 a 1985) y se tomó como ejemplo para el desarrollo de la situación de base de los cursos de agua en el país. En este estudio se hizo evidente una tendencia a la disminución de las precipitaciones durante las 3 últimas décadas y la consiguiente disminución de los cursos de agua de este río.

⁹ Glosarios publicados en el Tercer Informe de Evaluación del IPCC (2001).

Tabla II. Potencialidades hidroeléctricas de los principales ríos de São Tomé y Príncipe¹⁰

RÍOS	ÁREA	LONGITUD	CAUDAL MEDIO en la desembocadura	CAÍDA TOTAL	CAÍDA ÚTIL	ENERGÍA ANUAL
	Km2	Km	m3/s	m	m	GWh
Io Grande	106	24	12,6	1440	844	85,9
Rio do Ouro	41,6	19,3	1	1340	676	18,9
Manuel Jorge	36,4	23	1,25	1420	558	11,2
Abade	51,3	21	2	1280	570	32,3
Xufexufe	16,5	9,7	2,7	600	179	16,5
Quijá	20,9	12,8	3,5	1260	360	19,5
Lemba	45,2	14,8	5,7	900	367	38,4
Contador	23,5	14,3	1,21	1840	-	2,6
Cantador	12,2	9,4	1,1	720	461	16,9
Papagalo	13	8,5	0,8	542	398	4,8
					TOTAL	247

El país dispone, pues, de grandes potencialidades hidroeléctricas que no son exploradas. El potencial hidroenergético del país (247 GWh/año) está muy poco explorado actualmente, teniendo en cuenta el nivel de consumo efectivo de las empresas en explotación, que no consigue 10 GWh/año. Desde el punto de vista del desarrollo del sector energético, se calcula que el potencial energético de origen hídrico podría cubrir el 70% del total de la energía necesaria para el país. Esta fuente potencial está en condiciones de alimentar todo el territorio nacional en electricidad. Sólo faltaría, pues, un mínimo térmico para cubrir las necesidades durante la estación seca.

Actualmente sólo existen dos centrales hidroeléctricas en funcionamiento (Contador de 2 MW, Guegue de 320 kW) y alguna mini central autónoma, como las de las plantaciones de Agostino Neto (2 turbinas de 36 kW y una de 360 kW), o Diogo Vaz.

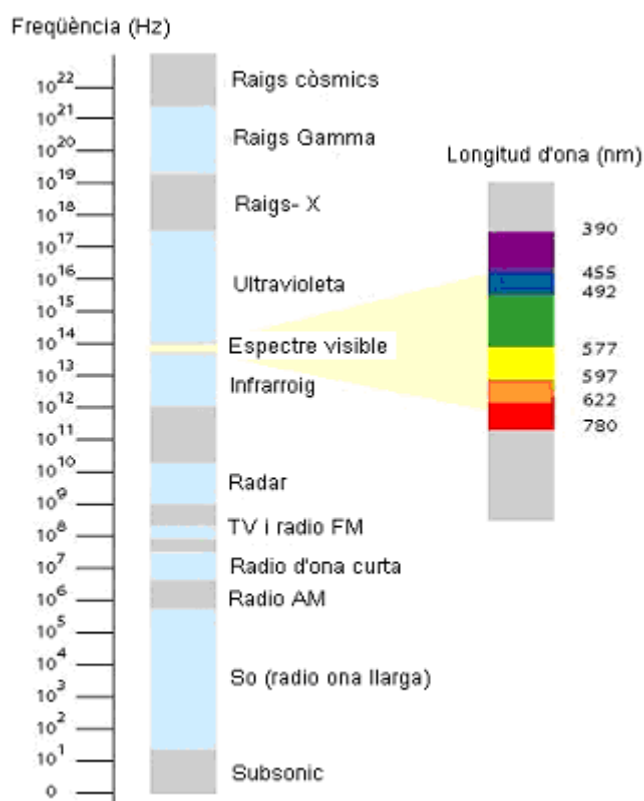
3.3 Recursos solares

El archipiélago de São Tomé, a pesar de su latitud sobre el ecuador y su clima tropical, presenta una nubosidad casi permanente, pero también muy variable según la zona.

Esta nubosidad, sin embargo, no impide la incidencia de radiación solar, ya sea directa o difusa (aquella que llega alternada por procesos de dispersión, como puede ser la nubosidad).

La radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. Estas radiaciones van desde el infrarrojo hasta el ultravioleta, tal como se puede observar en el siguiente gráfico.

¹⁰ Fuente: Osvaldo A. Cravid Viegas d'Abreu. *Projeto Mudanças Climáticas: Estudo de vulnerabilidade e adaptação dos sectores de Água, Energia e Minas*. Gabinete do Ambiente, Ministério das Obras Públicas, Infra-estructuras, Recursos Naturais e Meio Ambiente, República Democrática de São Tomé e Príncipe. Nov 2003.



La magnitud utilizada para medir la radiación solar es la irradiancia, que indica la potencia incidente por unidad de superficie (W/m^2)

La radiación media diaria en un plano horizontal ($Wh /m^2/ día$)¹¹ en São Tomé (en los lugares concretos en los que se desarrollará este estudio) se puede observar en la siguiente tabla:

	São Tome	Porto Alegre	Diogo Vaz	São Joao	Aguaize	Santa Catarina
Enero	5950	5610	5890	5750	5850	5830
Feb.	6290	5980	6280	6100	6180	6230
Marzo	6070	5860	6070	5950	6000	6020
Abr.	5590	5510	5670	5540	5550	5640
Mayo	5580	5440	5640	5500	5540	5610
Junio	5840	5600	5910	5690	5770	5880
Jul.	5830	5470	5880	5630	5760	5830
Ago.	5980	5540	6080	5720	5870	6010
Sep.	5960	5510	5970	5700	5860	5880
Oct.	5740	5260	5700	5490	5640	5610
Nov.	5530	5090	5500	5280	5420	5420
Dic.	5600	5290	5570	5410	5500	5510
Anual	5830	5510	5840	5640	5740	5790
HSP(h/día)	5,83	5,51	5,84	5,64	5,74	5,79

¹¹ Datos extraídos de Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), Institute for Environment and Sustainability, JOINT RESEARCH CENTRE, European Commission. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php?map=africa>

Un valor a tener en cuenta a la hora de evaluar los recursos solares del archipiélago para la aplicación de la energía solar fotovoltaica son las Horas Sol Pic (HSP) que se definen como las “horas de sol a una intensidad de 1000 W/m^2 “, que es lo mismo que suponer que un módulo recibe una potencia constante de 1000 W a lo largo del número de horas HSP.

El cálculo se obtiene dividiendo la energía de radiación o irradiación ($\text{Wh/m}^2/\text{día}$) por la potencia de radiación estándar utilizada para calibrar los módulos fotovoltaicos en el laboratorio por parte de los fabricantes. Esta potencia es de 1.000 W/m^2 . Las otras condiciones de ensayo estándar son temperatura del módulo a 25 °C y espectro AM:1,5.

Así, la potencia nominal de un módulo determinado viene expresada en Watts-pic (Wp), que es la potencia que puede generar el módulo cuando está sometido a una cantidad de irradiación normalizada, establecida en 1.000 W/m^2 , y a una temperatura de 25 °C .

El aprovechamiento de la radiación solar no sirve sólo para la producción de energía eléctrica a través del efecto fotovoltaico o para calentar agua (energía solar térmica), sino que es el origen de las otras energías renovables, al ser la causante de la generación de corrientes eólicas, mareomotrices, y de las precipitaciones que acaban modelando los recursos hidrológicos de una zona; así pues, parece que la potencialidad energética por medio de los recursos solares es otro recurso a tener en cuenta.

3.4 Recursos eólicos

Para evaluar los recursos eólicos del país sólo se dispone de los datos de la estación meteorológica del aeropuerto, situado en el noreste del país, en la misma capital.

El Instituto de Meteorología nos ha facilitado datos históricos sobre la dirección y velocidad media del viento en este punto entre los años 1976 y 2003, que se pueden consultar en el Anexo IV.

Se puede ver que la dirección que prevalece sobre las demás es el viento en dirección Sur, con una ocurrencia del 35,1% del tiempo (en observaciones tomadas diariamente a las 9, a las 15 y a las 21 horas), con una velocidad media de $12,5 \text{ km/h}$. La velocidad en la dirección sureste, de media, tiene un valor ligeramente superior, de $12,8 \text{ km/h}$, pero el viento sopla en esta dirección aproximadamente sólo el 12 % de las veces medidas.

Los aerogeneradores modernos de eje horizontal (los más comúnmente utilizados para generación de energía eléctrica tanto en parques eólicos como en instalaciones aisladas) están diseñados para trabajar con velocidades medias de viento que varían entre 3 y 25 m/s , o lo que es lo mismo, entre $10,8$ y 90 km/h .

Así pues, se puede observar que la velocidad media en las direcciones sur y sureste, que son las que tienen los valores más elevados, están en los límites de generación eólica. Si además añadimos el hecho de que la ocurrencia es sólo del 35,1 %, en el caso más favorable, se llega a la conclusión de que la generación eléctrica mediante generadores de eje horizontal no es nada propicia en esta zona.

Sería necesario, pues, hacer un estudio más exhaustivo de toma de medidas (velocidad, dirección y ocurrencia del viento) en otros puntos del archipiélago, tanto en tierra como *off-shore* (fuera de costa), para poder evaluar realmente los recursos eólicos del país antes de descartar totalmente esta tecnología (de hecho, existe alguna propuesta para implementar proyectos eólicos. Ver

Anexo V), o quizás pensar en utilizar otros tipos de generadores eólicos (como pueden ser los de eje vertical Savonius o Darrieus).

3.5 Recursos de la biomasa

La biomasa, o masa biológica, es la cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre, o por organismos o poblaciones. Así, en general, la unidad para expresar la biomasa se da en términos de materia seca por unidad de área (por ejemplo, kg/ha o g/m²).

En términos energéticos, la energía de la biomasa es el combustible energético obtenido de forma directa o indirecta a partir de recursos biológicos. Se clasifica como energía renovable, y tanto lo son la leña como los aceites para producir biodiesel, bioalcohol o biogás, o los combustibles generados con residuos sólidos. La biomasa se puede, pues, producir u obtener a partir de subproductos o residuos.

La energía de biomasa que procede de la madera, residuos agrícolas o ganaderos, continúa siendo la fuente principal de energía de las zonas en desarrollo. São Tomé no es una excepción y aproximadamente el 90% de los hogares del país consumen leña como combustible, aunque la eficiencia calorífica de ésta es sólo de entre el 5 y el 10%. Y alrededor del 50% de las familias recolectan su propia leña.

No disponemos de más datos sobre estos recursos, ya que sólo se ha realizado a nivel del país algún estudio sobre la biomasa básicamente sobre serraduras y madera, pero ningún proyecto con aplicación real.

3.6 Recursos no renovables

A pesar de la gran disponibilidad de recursos de origen renovable de los cuales, tal como se ha descrito en los apartados anteriores, podemos ver que dispone el país, la principal fuente energética del país para la producción de energía eléctrica (aproximadamente el 80% de la producción eléctrica tiene este origen y el resto es de origen hidroeléctrico) y para el sector transportes, son los combustibles fósiles derivados del petróleo.

Hoy en día estos hidrocarburos (petróleo) se importan casi exclusivamente de Angola.¹² Pero esta situación podría cambiar, ya que los geólogos calculan que la zona del Golfo de Guinea (Provincia del Delta del Níger) contiene más de 10.000 millones de barriles de petróleo (1.6 km³), aunque todavía no se ha demostrado ninguna reserva.

Se prevé que las cuotas de licencias de explotación conjunta con Nigeria (acuerdo firmado en 2005) aporten unos ingresos de \$50 millones al gobierno saotomense, lo que representaría cuatro veces los ingresos públicos de 2004.

El 1 de febrero de 2005, los gobiernos de Nigeria y de São Tomé firmaron un acuerdo de repartición de exploración y producción sobre uno de los seis bloques de reservas, junto con un consorcio de Estados Unidos dirigido por ChevronTexaco con un 51%, ExxonMobil con un 40% y Dangote Energy Equity Resources, una pequeña compañía nigeriana y noruega, con el 9%

¹² <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/saotome.html>

restante. El contrato permite un período de ocho años para la exploración y hasta 20 años de producción. El bloque está 306 Km hacia el norte de São Tomé y a 1.7 km de profundidad.

En el Anexo VI se puede ver el mapa con la repartición de los bloques y la repartición para la explotación.

Algunos datos obtenidos de la Agencia Nacional do Petroleo de São Tome y Príncipe¹³

Tabla III. Oil prices

Internacional market	
Product	Price/bbl
Nymex crude (New York)	81,93 USD
Brent crude (London)	78.47 USD
National market	
Product	Price / liter
Petrol	20.000,00 STD
Diesel	16.000,00 STD
Kerosene	8.000,00 STD

Tabla IV. Oil production / consumption 2004

Oil	(Thousand Barrels per Day)			Year 2004
	Production	Imports	Exports	Consumption
Crude Oil	0.00		0.00	0.00
NGEL s	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Oils	0.00	0.00	0.00	0.00
Refinery Gain	0.00			
Gasoline		.14	0.00	.14
Jet Fuel		0.00	0.00	0.00
Kerosene		.04	0.00	.04
Distislate		.43	0.00	.43
Residual		0.00	0.00	0.00
LPG's		0.00	0.00	0.00
Unspecified		.02	0.00	.02
TOTALS	0.00	.63	0.00	.63

Energy Production (Quads) =	.0001
Energy Consumption (Quads) =	.0014

1 Quad=1 quadrillion British Thermal Units
1 Quad = 170 million barrels of petroleum

¹³ <http://www.anp-stp.gov.st/>

3.7 Emisiones de CO₂

Según datos del informe *Estratégia Nacional de Adaptação e de Redução das Emissões de Gases com Efeito de Estufa*,¹⁴ realizado por el Gabinete do Ambiente de São Tomé y Príncipe el año 2003, el sector que provoca más emisiones de CO₂ a la atmósfera es el sector energético, en el que se incluyen tanto la producción de electricidad como las emisiones debidas al consumo de combustibles para el transporte.

Tabla V. Balances emisiones y absorciones

Sectores	CO ₂ (ton)	
	Emisiones	Absorciones
Energía	517.167,49	
Bosques		-1.544.546,70
Procesos Industriales	10.783,52	
Agricultura	31.749,00	
Ganadería	8.963,86	
TOTAL	568.663,87	-1.544.546,70
Balance de las emisiones		-975.883

Así, una apuesta hacia las energías renovables no sólo es viable por lo que respecta a la disponibilidad de recursos naturales, sino que además permitiría una reducción clara de las emisiones de CO₂ causantes del efecto invernadero, problema global en que la comunidad internacional ha puesto especial atención en los últimos años (Protocolo de Kioto, Informe Stern, etc.).

3.8 Otros recursos renovables

Finalmente, no podemos acabar este apartado de evaluación de recursos naturales sin hablar de otros recursos renovables presentes en el país, como pueden ser la fuerza mareomotriz (aprovechamiento de la variación del nivel del mar) o la geotérmica (aprovechamiento del calor de la tierra).

Dado que no se dispone de datos en estos ámbitos para este país, no se puede hacer una evaluación de estas tecnologías, pero, sobre todo la primera, la energía mareomotriz, en un principio la descartaríamos porque se trata de una energía todavía poco desarrollada y con unos elevados costes de implantación (tanto económicos como por lo que respecta a los impactos en el medio acuático).

¹⁴ <http://www.gabinete-ambiente-stp.org/pages/admin/rapport/52.doc>