

# 1 - Introdução

---

O presente trabalho visa abordar de uma forma compreensível a energia geotérmica e o seu aproveitamento para produção de energia eléctrica.

Assim vamos tentar explicar o que é , a sua aplicação, os seus proveitos e inconvenientes , as técnicas de exploração e a situação actual no quadro energético global.

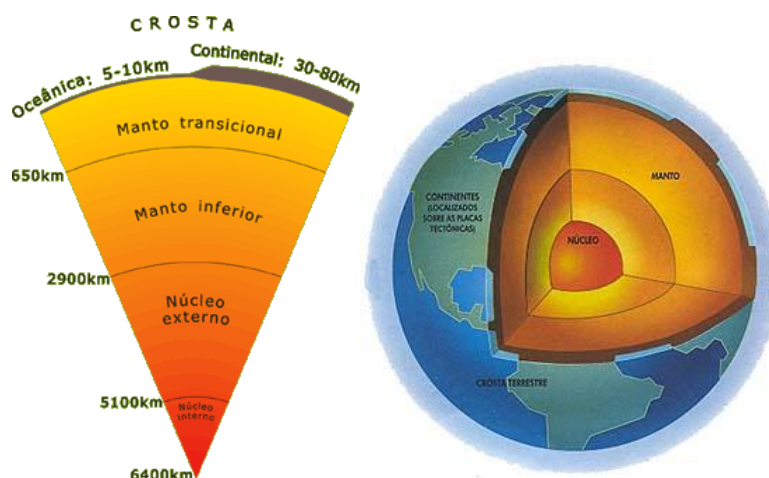
## 2 - Origem

O termo “Geotérmico” resulta das palavras gregas “geo” (terra) e “therme” (calor), ou seja, calor terrestre. Esse calor pode ser aproveitado para obter energia eléctrica de uma forma mais limpa e em quantidades muito grandes sendo uma das alternativas aos combustíveis fósseis, como o petróleo e o carvão, que são muito poluentes. Esta energia é denominada de **Energia Geotérmica**.

Para compreender melhor como pode ser aproveitada esta energia, deve-se conhecer o interior do planeta Terra. Essencialmente é constituído por o Núcleo (Interno e Externo), o Manto (Inferior e Superior), e a Crosta (Oceânica e Continental).

O calor do Núcleo flui continuamente para o Manto, chegando a uma zona de rochas, que sendo influenciada por temperaturas e pressões suficientemente altas, a maior parte funde-se e forma o conhecido magma. Como este é mais leve (menos denso) que a rocha, o magma tem tendência a subir lentamente, em direcção à crosta terrestre, transportando o calor do interior. O magma permanecendo abaixo da crosta terrestre, aquece as rochas próximas e água (normalmente aquela que penetrou mais profundamente através de chuvas) a temperaturas próximas de 370 °C. Por vezes a água geotérmica quente vai à superfície através de falhas e fendas e chega à superfície como termas ou géisers e a que permanece em subsolo profundo, presa em fendas e rocha porosa fica num denominado reservatório geotérmico.

Com o aumento da profundidade a temperatura aumenta devido à proximidade dessas rochas ou de zonas de intrusões magmáticas onde a temperatura é muito maior. Quanto maior for a temperatura, mais elevado é o potencial geotérmico.



**Figura 1 - Constituição Interior do planeta Terra**

## 3 - Usos

---

Há muito tempo que utilizamos a água geotérmica. Ao longo da história verificamos que os Romanos já utilizavam as termas para se relaxar ou tratar doenças dos olhos e da pele, em Pompeia já se aquecia alguns edifícios utilizando águas geotermais. No continente americano os indígenas usavam as águas termais para cozinhar e para efeitos medicinais. Na Nova Zelândia os maoris também cozinhavam aproveitando as águas aquecidas provenientes da terra.

Evoluindo o seu aproveitamento ao longo dos tempos, verificamos que na Europa a partir da década de 1960, a França já aquecia aproximadamente 200 mil casas usando água geotérmica.

Há bem pouco tempo, na Islândia, 95% dos edifícios de Reijkiavik já eram aquecidas por geotermia, aumentando assim o conforto dos seus habitantes e ao mesmo tempo constando como uma das cidades menos poluídas do mundo.

Actualmente, com tecnologia mais avançada, perfura-se a crosta terrestre nos reservatórios geotérmicos para trazer a água quente à superfície. Especialistas como geólogos, geoquímicos, perfuradores e engenheiros investigam, exploram e localizam áreas subterrâneas que contêm água geotérmica, de forma a perfurar poços de produção geotérmicos. A água quente e/ou vapor, que sobe até à superfície, podem ser usados para geração de electricidade em centrais geotérmicas ou para a energia para fins que não sejam eléctricos.

Podendo-se agrupar em duas categorias (baixa entalpia e alta entalpia), o aproveitamento da energia geotérmica destaca-se essencialmente nas seguintes aplicações:

1. Termalismo (balneoterapia)
2. Aquecimento
  - Climatização de edifícios
  - Piscicultura (aquecimento de águas)
  - Agricultura (estufas)
  - Processos industriais (ex: secagem de madeiras)
3. Produção de energia mecânica
  - Geração de energia eléctrica

Sendo uma energia renovável e de produção contínua durante todo dia, tem imensas possibilidades de utilização com uma enorme fiabilidade e praticamente inesgotável.

A tabela seguinte ilustra a utilização da energia geotérmica consoante a temperatura:

Temperature C	State	Uses
180	Saturated Steam	Conventional Power production; evaporation of highly concentrated solutions; refrigeration by ammonia absorption; digestion in paper pulp, kraft.
170		Conventional Power production; heavy water via hydrogen sulfide process; drying of diatomaceous earth.
160		Conventional Power production; drying of fish meal; drying of timber.
150		Conventional Power production; alumina via Bayer's process.
140		Conventional Power production; drying farm products at high rates; canning of food.
130		Conventional Power production; evaporation in sugar refining; extraction of salts by evaporation and crystallization.
120		Fresh water by distillation; most multiple-effect evaporations; concentration of saline solutions.
110		Drying and curing of light aggregate cements
100		Drying of organic materials (seaweed, grass, vegetables etc.)
90	Water	Drying of stockfish; intense de-icing operations.
80		Space heating; greenhouse space heating.
70		Refrigeration (lower temperature limit)
60		Animal husbandry; greenhouse combined space and hot bed heating.
50		Mushroom growing; balneological baths.
40		Soil warming
30		Swimming pools; biodegradation; fermentation; warm water for year-round mining in cold climates; de-icing.
20		Hatching of fish; fish farming

Source: J.S. Rinehart, Geysers and Geothermal Energy (New York, NY, Springer-Verlag, 1980)

## 4 - Entalpias

Segundo o IGA (International Geothermal Association) não existe propriamente um consenso mundial conforme mostra a figura seguinte:

Tabela: *Classificação de recursos geotérmicos (°C)*

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Recursos de baixa entalpia	< 90	<125	<100	≤150	≤190
Recursos de entalpia intermedia	90-150	125-225	100-200	-	-
Recursos de alta entalpia	>150	>225	>200	>150	>190

Ref: (a) Muffler and Cataldi (1978); (b) Hochstein (1990); (c) Benderitter and Cormy (1990).  
(d) Nicholson (1993); (e) Axelsson and Gunnlaugsson (2000)

No entanto pela pesquisa efectuada em alguns sítios da Internet, como o INETI, podemos considerar o seguinte:

### *Baixa Entalpia*

Caracteriza-se por temperaturas situadas entre 30°C e 150°C sendo principalmente usadas para termalismo (30°C a 80°C) e aquecimento.

Caracteriza-se também por ser economicamente menos dispendioso em termos de prospecção e manutenção pois os pontos de recolha de energia situam-se mais a superfície da crosta terrestre.

### *Alta Entalpia*

A energia geotérmica de alta entalpia é caracterizada por temperaturas superiores a 150°C .

Assim, e atendendo a que a água passa do estado líquido ao estado gasoso aos 100°C, existindo condições de pressão suficientes e através de centrais apropriadas o vapor é facilmente aproveitado para produção de energia eléctrica.

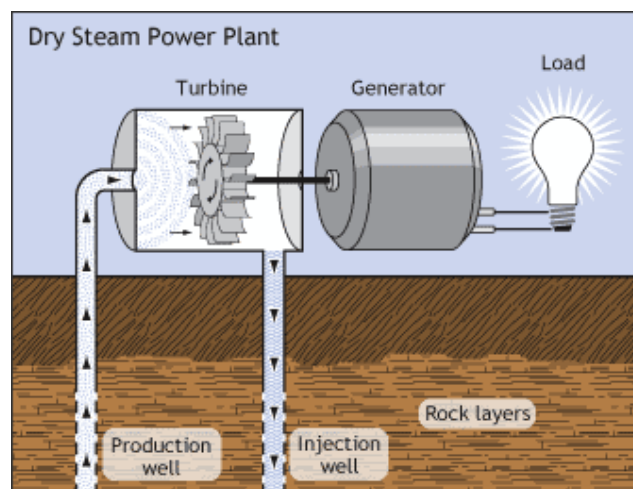
O aproveitamento deste recurso pode fazer-se directamente caso haja as condições geológicas e físicas para isso, ou caso o reservatório geotérmico contenha as condições físico-geológicas favoráveis mas não exista fluído, este poderá injectar-se criando assim um reservatório de rocha quente seca( Geotermia estimulada).

## 5 - Produção de Energia Eléctrica

Podemos distinguir o aproveitamento das centrais geotérmicas em três grandes grupos bem diferenciados consoante a zona do mundo e os recursos disponíveis:

### *Vapor Seco*

**Central de vapor seco** — Aproveitando o vapor seco e quente proveniente do interior da terra, é directamente canalizado para uma turbina a vapor que por sua vez faz mover um gerador de electricidade.

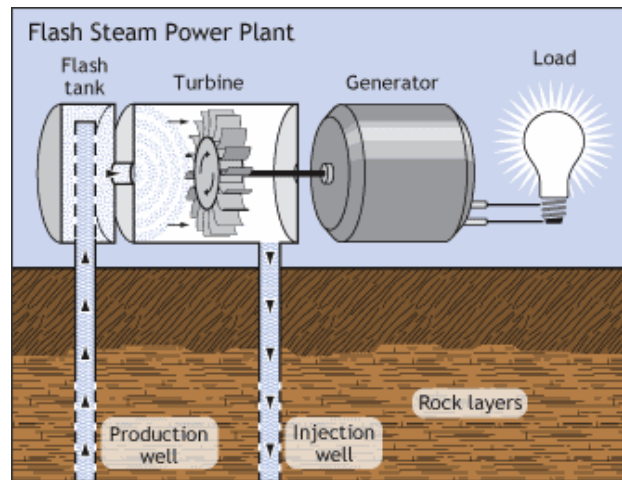


*Figura 2 – Central de vapor seco*

### *Rocha Quente e Húmida*

**Central de vapor flash** - Neste tipo de centrais é aproveitado água quente que varia entre os 150-370 graus Celsius, esta água muito quente flui para cima através de poços no solo, sob sua própria pressão. Como ela flui para cima, a pressão diminui e parte da água quente se resume em vapor. O vapor é então separado da água e utilizado

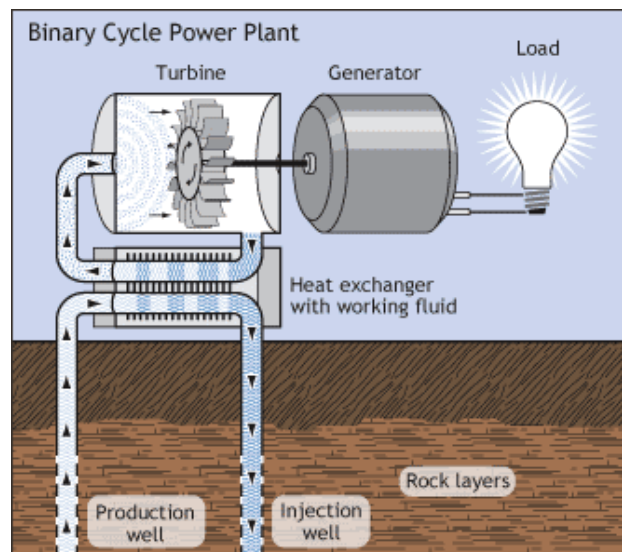
para alimentar uma turbina / gerador. A água residual e do vapor condensado são injectados de volta no reservatório, fazendo com que este recurso seja de alguma forma sustentável.



**Figura 3 – Central de Vapor Flash**

### *Rocha quente e seca*

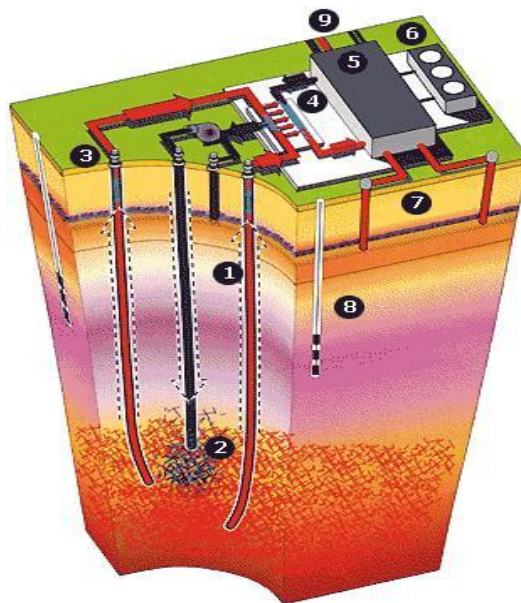
**Central de ciclo Binário** - Centrais de ciclo binário funcionam com águas a temperaturas entre 100°C - 150 ° C). Estas centrais usam o calor da água quente para ferver um fluido que ferve a uma temperatura inferior á da agua , geralmente um composto orgânico com um baixo ponto de ebulição (isopentano). O fluido é vaporizado num permutador de calor e usado para girar uma turbina. A água é então injectada de volta no solo para ser reaquecida. A água e o fluido são mantidos separados durante todo o processo, por isso há pouca ou nenhuma emissão de ar.



**Figura 4 – Central de Ciclo Binário**

**Central energética “EGS”** - Este ultimo através de Sistema geotérmicos estimulados “Enhanced Geothermal Systems – EGS”, é o sistema mais promissor dado que actualmente já se efectuam perfurações a custo razoável. Facilmente chegando a atingir profundidades de 5km onde se encontram temperaturas na ordem de 200°C.

1. Injecção perfurante com bomba perfuradora
2. Sistema de fractura estimulada (profundidade aproximada de 4,000 a 6,000 m, 200°C)
3. Produção da perfuração longa (“borehole”)
4. Permutador de calor
5. Edifício da turbina
6. Arrefecimento
7. Reservatório de calor, subterrâneo, para excesso de calor
8. Observatório da perfuração longa (“borehole”)
9. Cargas eléctricas e calor



**Figura 5 – Central energética “EGS”**

Muitos milhares de megawatts de energia podiam ser desenvolvidos actualmente através de recursos hidrotermais já identificados, com as melhorias tecnológicas haverá muito mais aproveitamento.



A maior parte do mundo tem como base (4800-9600 Mts abaixo da terra), rocha quente e seca, países como EUA, Japão, Inglaterra, França, Alemanha e Bélgica fizeram experiências canalizando água para esta rocha quente e profunda para criar mais recursos hidrotermais para uso em centrais geotérmicas, não se limitando somente aos reservatórios superficiais nos limites da placa da crosta.

Melhorando a tecnologia de perfuração permito-nos fazer perfurações cada vez mais precisas e profundas na rocha quente e seca onde poderá ficar disponível em qualquer parte do mundo, nesta fase seremos capazes de explorar o verdadeiro potencial dos enormes recursos de calor da crosta terrestre.

Segundo especialistas, a potencia da energia geotérmica calcula-se ser 10 000 vezes superior ao consumo actual no mundo.

## 6 - Localização

---

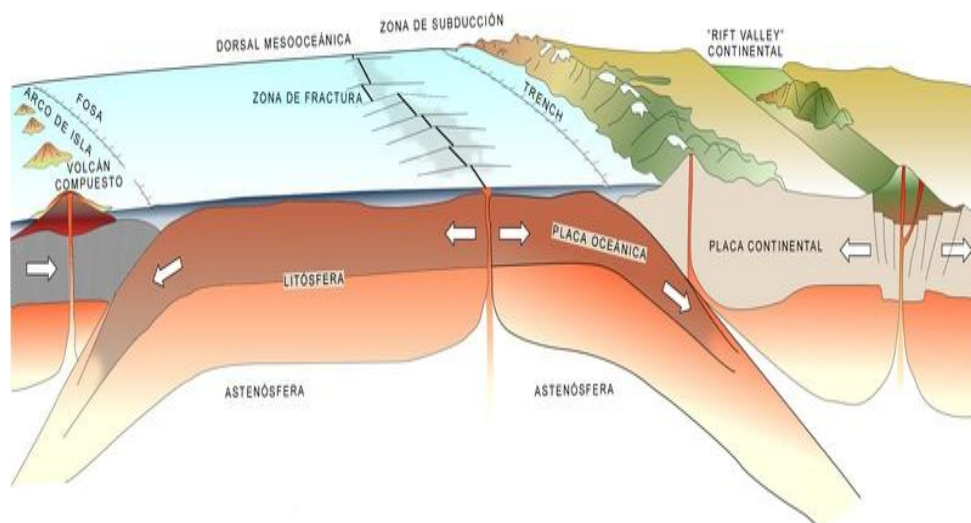
A localização de uma exploração geotérmica de alta entalpia está dependente forçosamente do modelo geodinâmico da Terra, ou seja, por forma a ser economicamente viável deverá estar localizado perto de fluxos de calor elevados que podem ser encontrados nas cristas médio-oceânicas, nas zonas vulcânicas ou em zonas de rifting continental. Já as explorações de baixa entalpia são localizadas em zonas de fluxo de calor normal.

Exceptuando as áreas vulcânicas que atingem temperaturas muito mais elevadas, em termos gerais a cerca de 2m de profundidade a crosta terrestre tem uma temperatura estável, cerca de 17°C, aumentando em cerca de 1°C a cada 32m de profundidade.



**Figura 6 - Localização de Placas litosféricas, dorsais oceânicas, fossas oceânicas, zonas de subducção e campos geotérmicos. As setas indicam a direcção do movimento das placas até as zonas de subducção**

- 1) Campos geotérmicos que produzem electricidade;
- 2) Dorsais meso-oceânicas cruzadas por falhas transcurrentes (largas fracturas transversais);
- 3) Zona de subducção, onde a placa subduzida se inclina para baixo e se funde na astenosfera



**Figura 7 - Tectónica de placas**

## 7 - Captação de recursos geotérmicos

---

Por forma a localizar os pontos de captação são utilizadas diversas técnicas destacando-se as análises de:

- Temperatura (prospecção térmica)
- Condutividade eléctrica (métodos eléctricos e electromagnéticos)
- Velocidade de propagação de ondas elásticas (prospecção sísmica)
- Densidade (prospecção gravimétrica)
- Susceptibilidade magnética (prospecção magnética).

Estas técnicas de prospecção, também utilizadas na indústria petrolífera, permitem obter valiosas informações sobre dimensões, formas e profundidades de estruturas geológicas que podem constituir reservatórios geotérmicos.

Após estudos prévios de índole geológico, geofísico e geoquímico pode-se então avançar para a exploração, sem os quais era como trabalhar às “cegas”.

Embora estes estudos tenham custos orçamentais elevados permitem uma redução de custos totais, pois reduzem falhas e tempos de intervenção.

Sendo considerado o principal obstáculo à exploração geotérmica, devido aos elevados custos associados, actualmente a perfuração tem vindo a ficar cada vez mais facilitada em termos orçamentais fruto do desenvolvimento das técnicas e materiais utilizados .

No início da prospecção da energia geotérmica, muitos locais foram abandonados ou desconsiderados por motivos económicos, pois o retorno de investimento não se considerava rentável.

A maquinaria envolvida devido à fraca resistência das brocas, dimensões e complexidade das mesmas tornavam um pesadelo qualquer perfuração pois muitas vezes não existiam prazos de finalização previsíveis.



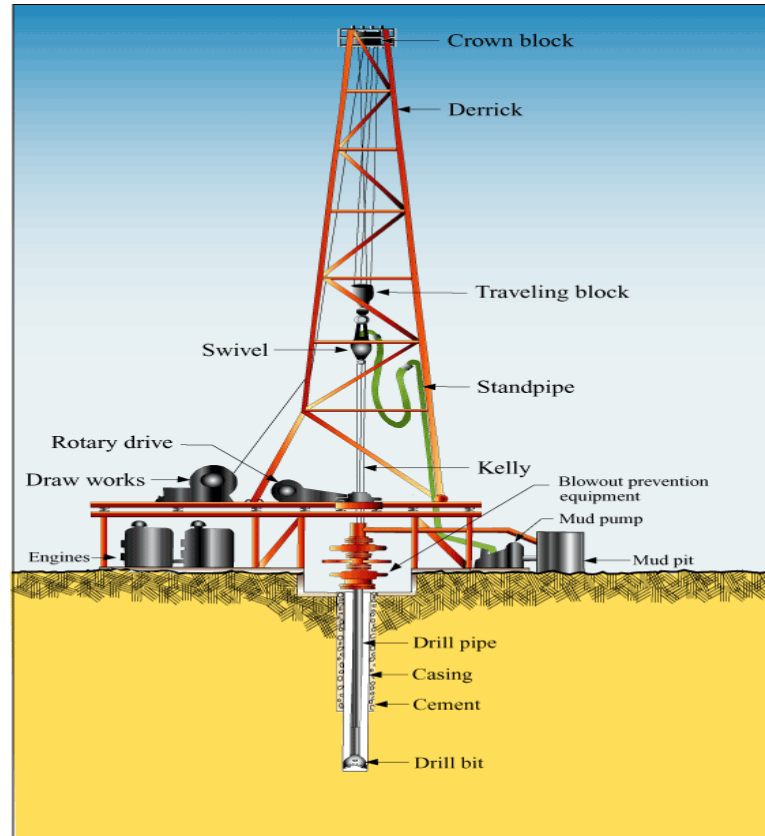
**Figura 8 – Broca de diamante**



**Figura 9 - Broca triconica**



**Figura 10 – Alguns exemplares de brocas usadas consoante material a perfurar**



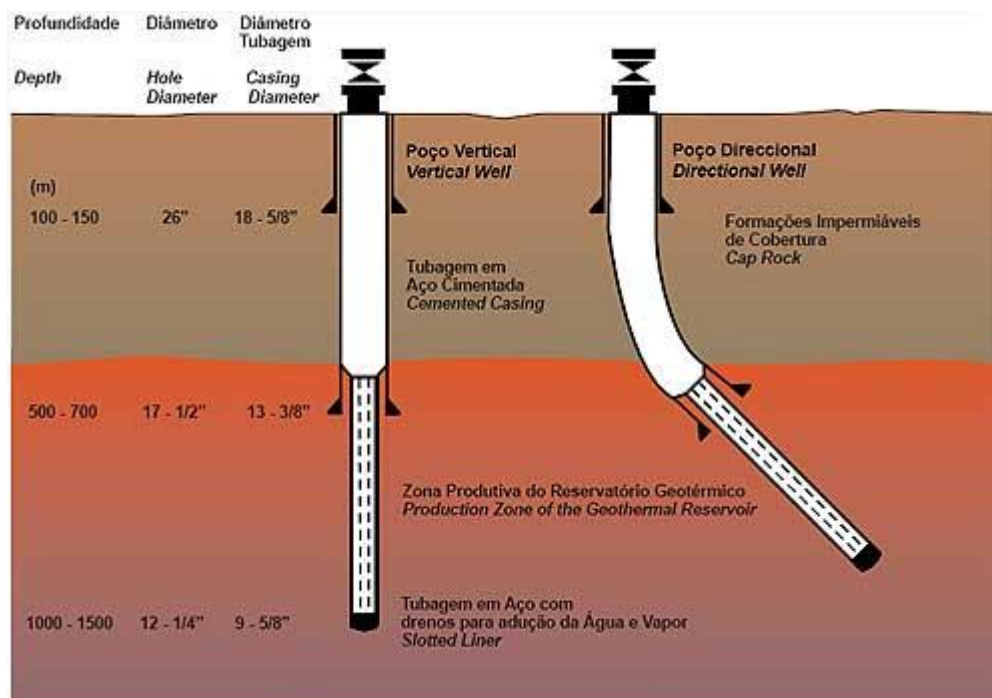
**Figura 11 – Exemplo de execução de um poço geotérmico**

Actualmente, são efectuados poços cuja secção inicial é de cerca de 1 metro de diâmetro diminuindo a sua secção com a profundidade terminando em secções de cerca de 20 centímetros de diâmetro.

Estes poços de características similares aos efectuados para exploração petrolífera e de gás, atingem actualmente no caso de S. Miguel profundidades de 800 até 2000 metros, podendo ser executados com profundidades superiores.

Para profundidades até 2000m o prazo de execução varia entre 30 a 60 dias continuos de trabalho.

A orientação dos poços depende da sua localização pois devido a diversos criterios de decisão muitas vezes é necessário efectuar poços direccionais podendo ser desviados da sua localização de superfície em cerca de 500 metros.



**Figura 12 - Esquema de um poço geotérmico vertical e direccional**

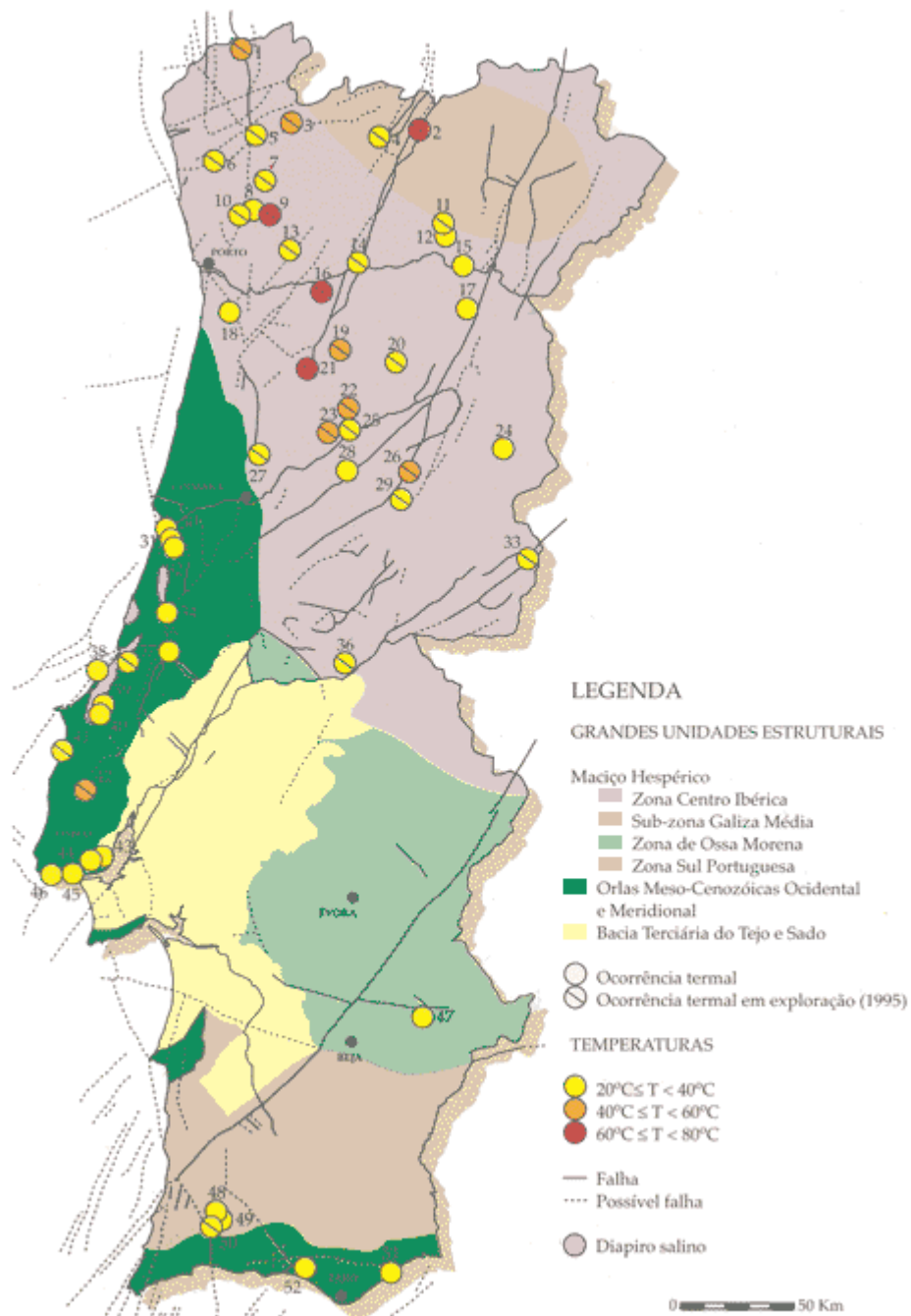
Ao efectuar a perfuração o poço necessita de ser revestido, sendo habitualmente usada tubagem de aço cimentada perto da superfície e tubagem em aço com drenos na zona de adução da água e vapor.

Durante a perfuração são continuamente analisados os sedimentos bem como os fluidos daí resultantes afim de calcular o potencial do mesmo.

## 8 - Energia geotérmica em Portugal

### *Baixa Entalpia*

Em Portugal continental verificamos a existência de diversas explorações de energia geotérmica de baixa entalpia nomeadamente em termalismo.

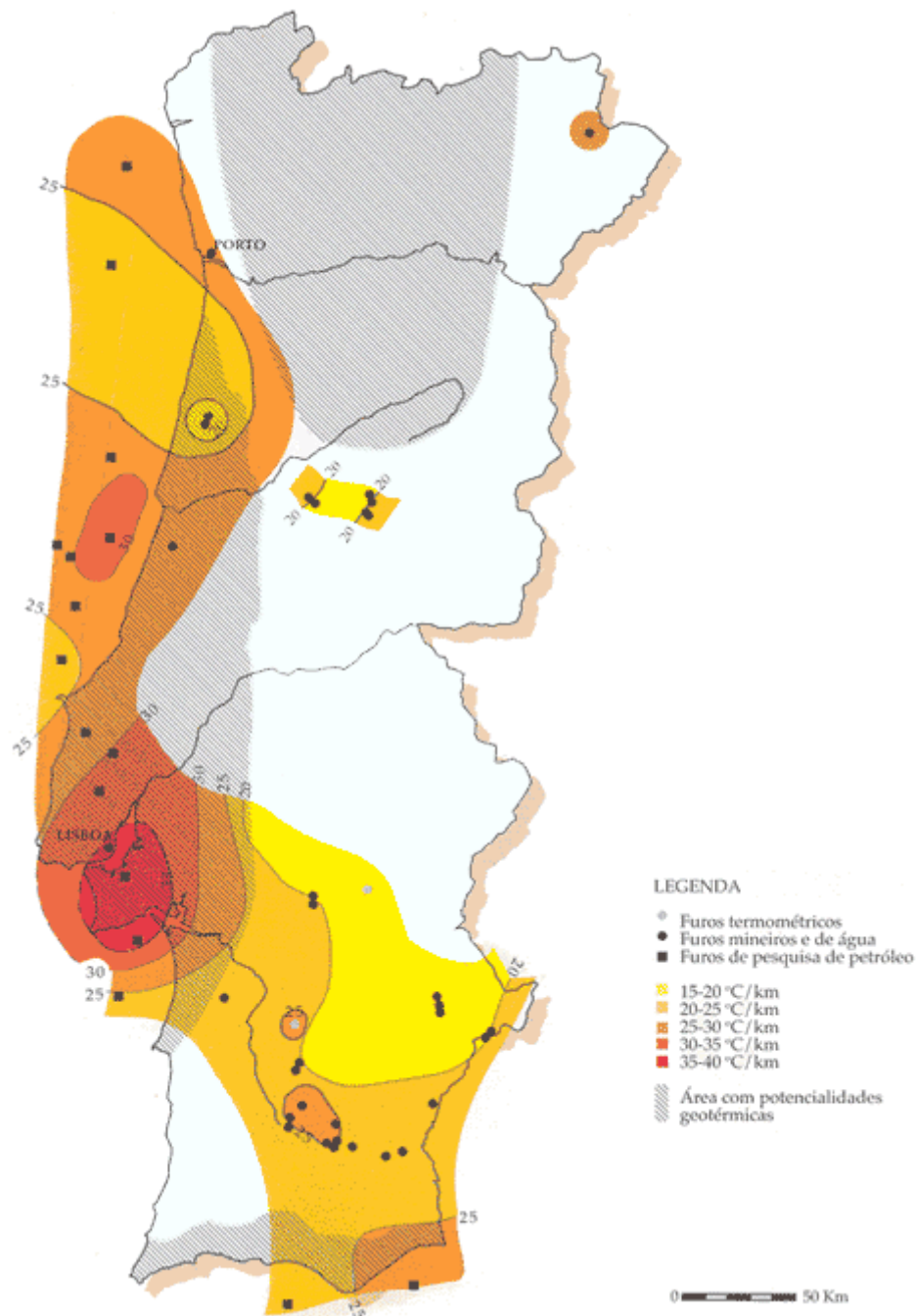


**Figura 13 - Ocorrências Termiais – Temperaturas**



A figura seguinte ilustra as potencialidades geotérmicas em Portugal continental.

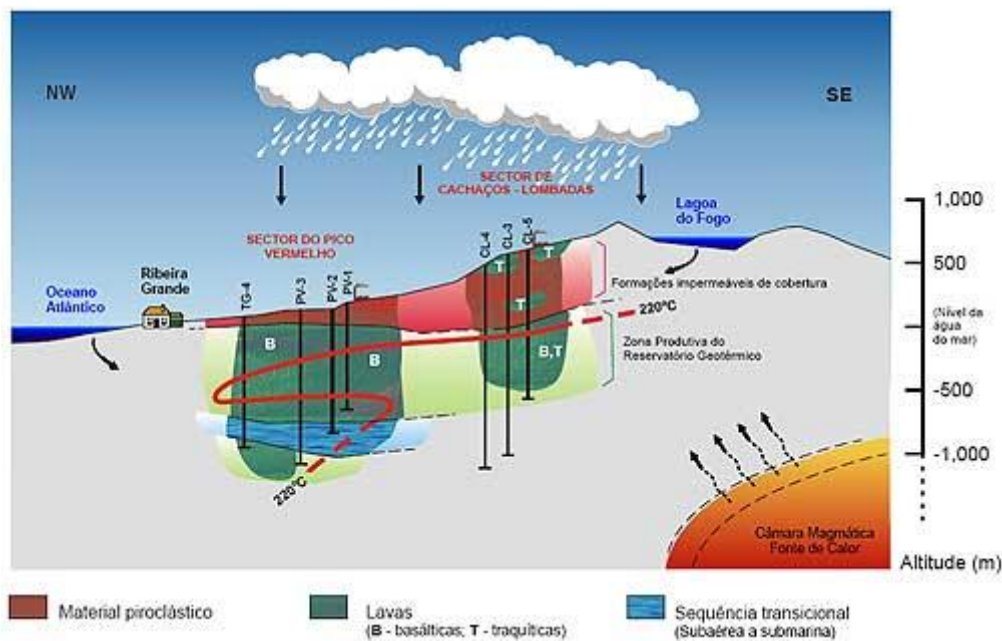
Desde o início deste ano a Universidade de Coimbra e a empresa Geovita, desenvolvem trabalhos de estudo destinados à exploração de energia geotérmica na região centro, cobrindo cerca de 500 quilómetros quadrados numa zona de fronteira dos distritos de Coimbra e Viseu.



**Figura 14 -Áreas com Potencialidades Geotérmicas e Gradiente Geotérmico Médio em Portugal**

## Alta Entalpia

Por enquanto e devido á nossa localização geográfica, a energia geotérmica em Portugal tem apenas explorações de alta entalpia para produção de energia eléctrica no arquipélago dos Açores, denominado Campo Geotérmico da Ribeira Grande (Central Geotérmica do Pico Vermelho e Central Geotérmica da Ribeira Grande(Cachaços-Lombadas)).



**Figura 15 - Corte esquemático do Campo Geotérmico da Ribeira Grande**



**Figura 16 - Central Geotérmica do Pico Vermelho**



Em 1973 aquando de sondagem geológica, levada a cabo por uma equipa de investigação da Universidade de Dalhuse (Canadá) foi descoberto um reservatório geotérmico com temperatura elevada (superior a 200°C) .

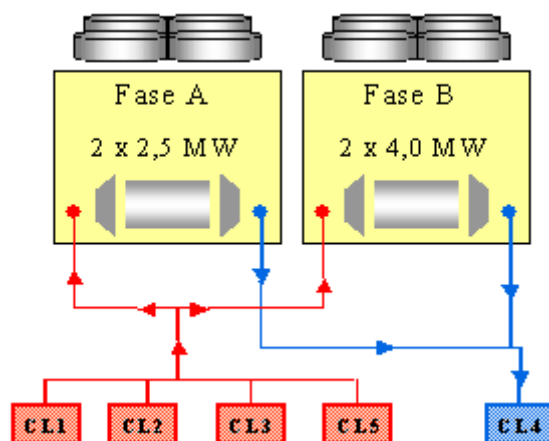
Após alguns estudos de prospecção na zona envolvente culminou em 1980, com o arranque da Central Geotérmica do Pico Vermelho dando assim inicio á produção de energia eléctrica de fonte geotérmica em Portugal.

Arrancando inicialmente com uma potencia instalada de 3MWe foi em 2006 alvo de ampliação tendo actualmente uma potencia instalada de 10MWe.



**Figura 17 – Esquema de funcionamento da Central geotérmica do pico Vermelho**

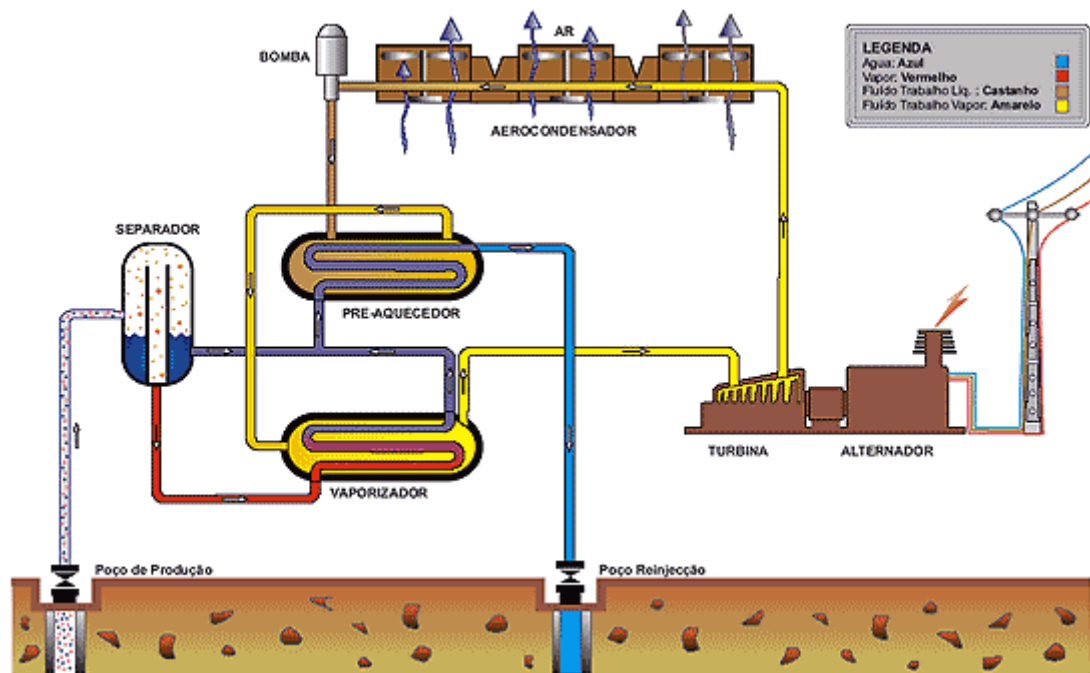
Em 1994 deu inicio a exploração da Central Geotérmica da Ribeira Grande com uma potencia instalada de 5MWe explorando dois poços geotérmicos CL1 e CL2 sendo posteriormente aumentados para 13MWe em 1998/2000 motivado pela entrada em funcionamento de mais dois poços CL3 e CL5, com reconversão do poço CL4 em poço de re-injecção.



*Figura 18 - Esquema de funcionamento das unidades*



*Figura 19 – Central Geotérmica da Ribeira Grande*



**Figura 20 - Esquema de funcionamento da Central Geotérmica da Ribeira Grande**

Explicação de funcionamento segundo o autor[1]:

*“A tecnologia do equipamento de produção é baseada num sistema binário, segundo o ciclo de Rankine, usando um fluido orgânico intermédio (normal - pentano). Esta tecnologia de conversão de calor em energia eléctrica supõe um processo de transferência de calor que se desenvolve em três níveis: o primeiro nível é a transferência de calor remanescente do vapor expandido na turbina (fluido intermédio), o segundo da água (brine) e o último do vapor geotérmico.*

*O sistema de funcionamento da central pode ser descrito da seguinte forma:*

- *O fluido geotérmico bifásico, proveniente dos poços, entra primeiro no separador, que separa a fase líquida (brine) do vapor saturado e gases não condensáveis (NCG).*
- *O vapor geotérmico, depois de separado entra no vaporizador, sendo uma pequena percentagem expelida para a atmosfera conjuntamente com gases não condensáveis, através duma válvula de descarga;*
- *Em resultado da transferência de energia calorífica para o fluido intermédio, ocorre a condensação do vapor geotérmico que é conduzido para a entrada do pré-aquecedor juntando-se ao brine, participando na transferência de calor entre a fase líquida e o fluido intermédio;*
- *O fluido intermédio no nível mais elevado de entalpia, sob a forma de vapor, é*

*dirigido para a turbina onde se expande accionando a turbina acoplada ao alternador;*

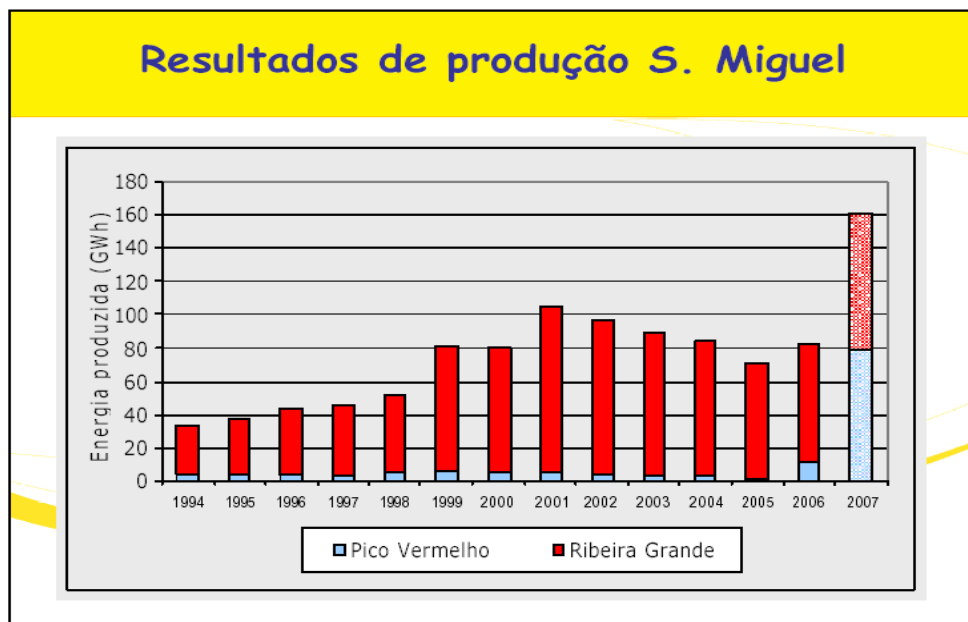
• *O fluido intermédio é condensado por arrefecimento a ar, através dos aerocondensadores que funcionam como a fonte fria, após ter permutado calor no recuperador com o próprio fluido de trabalho no início de um novo ciclo.”*

Segundo o sítio [www.arena.com.pt](http://www.arena.com.pt) :

*“Na ilha Terceira, neste momento está a decorrer um programa de sondagens termométricas tendo em vista confirmar a existência de um reservatório geotérmico. Após a confirmação do reservatório, efectuar-se-ão poços de avaliação. Se tudo correr como o previsto, será instalada uma central geotérmica com uma potência que se estima em cerca de 12.000 kW.*

*Estudos de avaliação do Potencial Geotérmico já efectuados apontam para a possibilidade técnico-económica de instalação de aproveitamentos geotérmicos noutras ilhas, como sejam o Faial com 7.500 kW, e o Pico com 5 MW.”*

Em termos de contributo produtivo de energia eléctrica, estas duas centrais termoeléctricas (Pico Vermelho e Ribeira Grande) produziram no ano de 2008 cerca de 40% da energia eléctrica consumida naquela ilha.



**Figura 21 – Evolução de produção energia eléctrica por fonte geotérmica**

## 9 - Enquadramento mundial

Segundo dados fornecidos pela International Geothermal Association (IGA), podemos observar a evolução (1990 – 2005) de capacidade instalada de geração de energia eléctrica através de energia geotérmica nos diferentes países:

In( [http://www.geothermal-energy.org/226,installed\\_generating\\_capacity.html](http://www.geothermal-energy.org/226,installed_generating_capacity.html))

### Capacidade de geração instalada:

Country	1990 MWe	1995 MWe	2000 MWe	2005 MWe
Argentina	0.67	0.67	0	0
Australia	0	0.17	0.17	0.2
Austria	0	0	0	1
China	19.2	28.78	29.17	28
Costa Rica	0	55	142.5	163
El Salvador	95	105	161	151
Ethiopia	0	0	8.52	7
France (Guadeloupe)	4.2	4.2	4.2	15
Germany	0	0	0	0.2
Guatemala	0	33.4	33.4	33
Iceland	44.6	50	170	322
Indonesia	144.75	309.75	589.5	797
Italy	545	631.7	785	790
Japan	214.6	413.71	546.9	535
Kenya	45	45	45	127
Mexico	700	753	755	953
New Zealand	283.2	286	437	435
Nicaragua	35	70	70	77
Papua New Guinea	0	0	0	39
Philippines	891	1227	1909	1931
Portugal (The Azores)	3	5	16	16
Russia (Kamchatka)	11	11	23	79
Thailand	0.3	0.3	0.3	0.3
Turkey	20.6	20.4	20.4	20.4
USA	2774.6	2816.7	2228	2544
<b>Total</b>	<b>5831.72</b>	<b>6833.38</b>	<b>7974.06</b>	<b>9064.1</b>

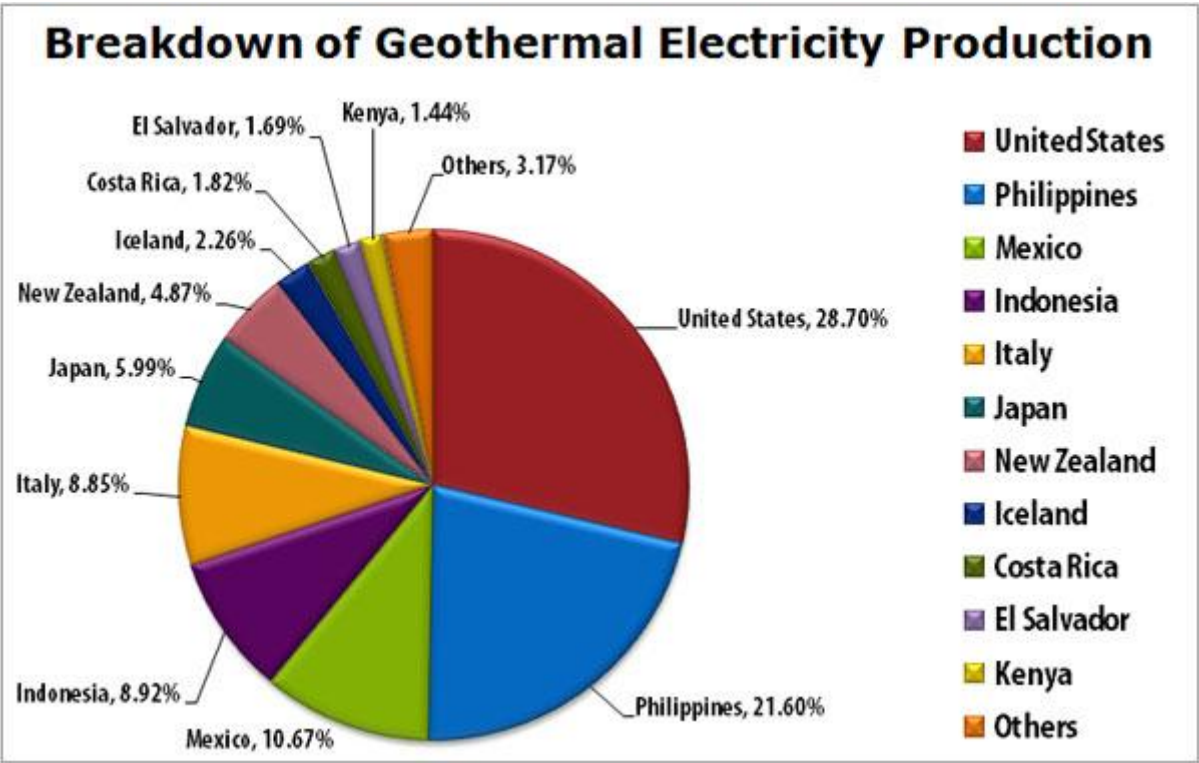


Figura 22 - Distribuição percentual em termos mundiais

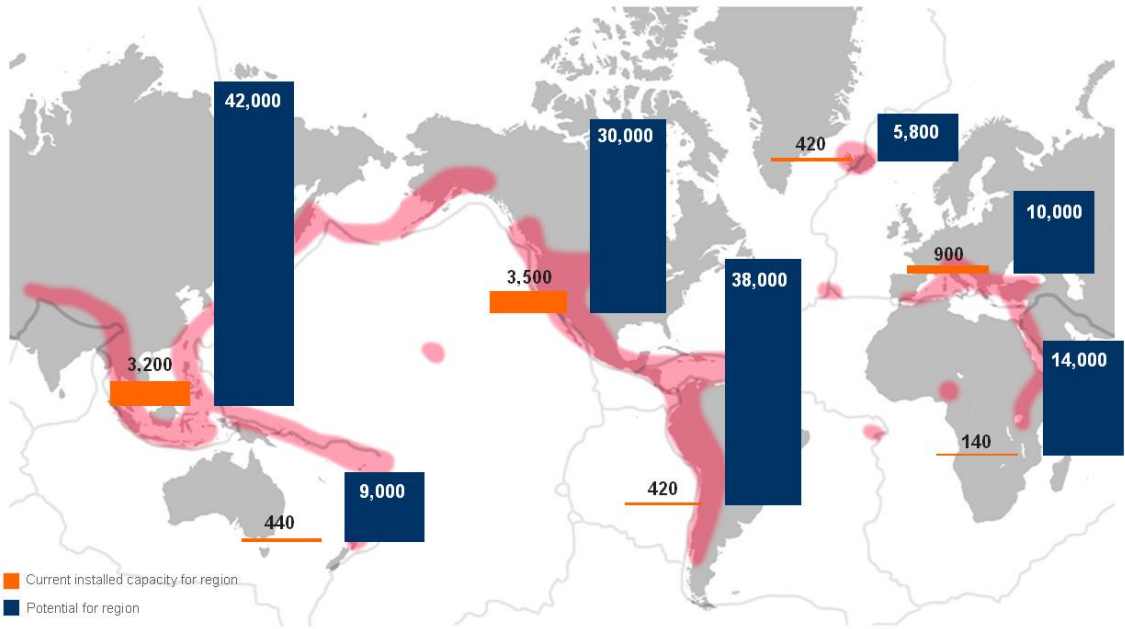
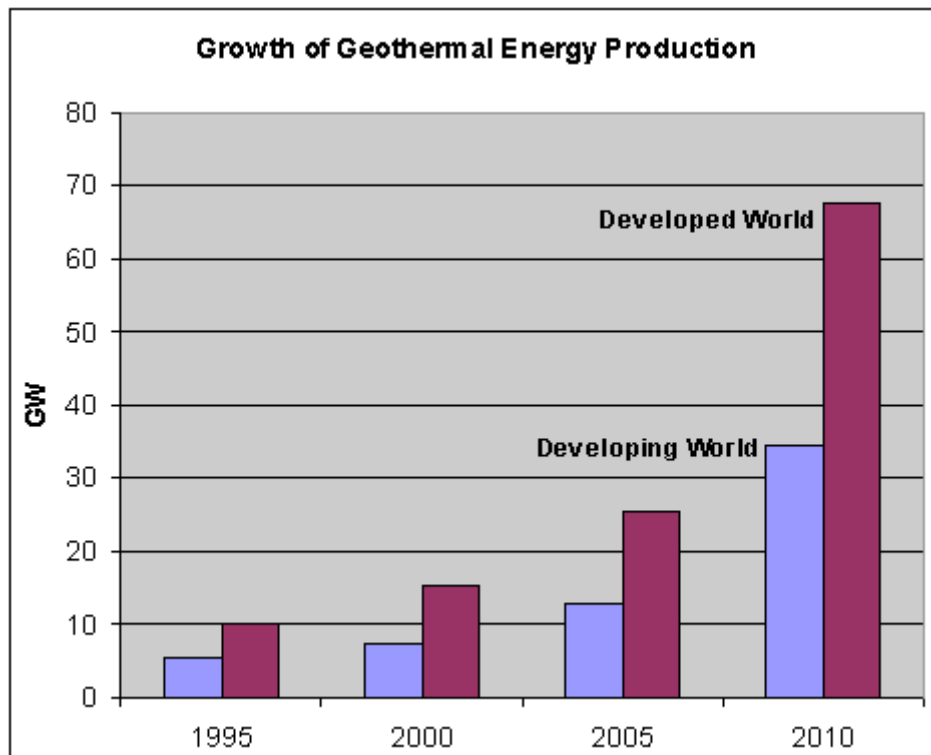


Figura 23 - Potência instalada versus potencial de instalação  
(Fonte: [www.islandsbanki.is](http://www.islandsbanki.is))

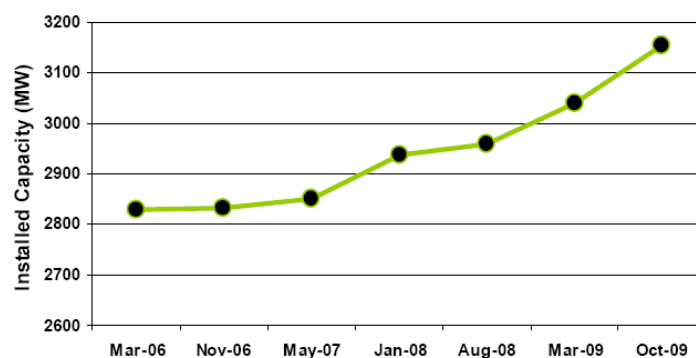




**Figura 24 - Previsões de crescimento de produção de energia geotérmica mundial**  
(Fonte: International Geothermal Association)

#### **4. Comparison of Results from GEA Surveys: March 2006 – March 2009**

**Figure 7: Total Installed Capacity 2006 – 2009**



Source: GEA

**Figura 25 - Evolução de 2006 até 2009 nos Estados Unidos**

## 10 - Destaque – The Geysers

---

Fonte: <http://www.geysers.com/>



*Figura 26 – The Geysers*

Nos E.U.A., estando localizada perto de falhas tectónicas, o estado da Califórnia é onde se localiza a maior capacidade de produção de electricidade através da energia geotérmica.

Este estado possui 43 unidades de produção activas com um total de 1800 MW de potencia instalada.

Deste conjunto destaca-se o maior complexo mundial que produz electricidade através da energia geotérmica sendo conhecido por The Geysers. Está situado nas montanhas Mayacamas a 72 km de São Francisco.

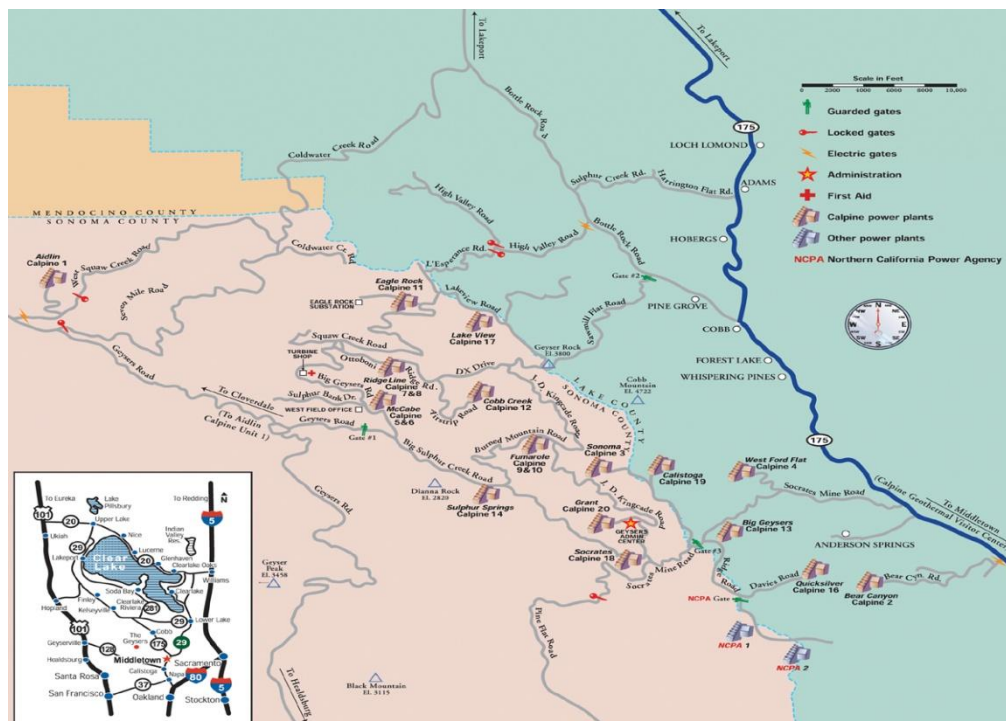
Em actividade desde 1960 , este complexo com 30km quadrados, tem uma potencia instalada de 725 MWe, distribuída por 15 unidades de produção (power plants).

A sua produção eléctrica é feita através do aproveitamento de vapor seco.





**Figura 27 – The Geysers**



**Figura 28 - Mapa do complexo The Geysers**

Excluindo as centrais hidro-eléctricas este complexo é responsável por um quarto da energia verde produzida no estado da Califórnia, com uma disponibilidade de fornecimento de potencia quase perfeita ( 97%).

Ainda assim, está em curso um investimento de vários milhões de dólares para aumentar a potencia instalada em cerca de 80 MWe.

Em 2007 nos E.U.A. foram produzidos 14,637 GWh de energia eléctrica proveniente de energia geotérmica.

Actualmente está em curso um plano de desenvolvimento do sector da energia geotérmica através do DOE (Departamento de Energia dos E.U.A.), tendo sido disponibilizados 90 milhões de dólares para este fim.

Este investimento visa majorar a produção de energia eléctrica a partir deste recurso, aumentando assim o seu relevo global no sector eléctrico dos E.U.A. dos actuais 0,4% para 20% em 2050.

## 11 - Empregabilidade

---

As explorações geotérmicas, devido à sua localização, não têm um peso significativo no que concerne ao total de mão-de-obra em energias renováveis.

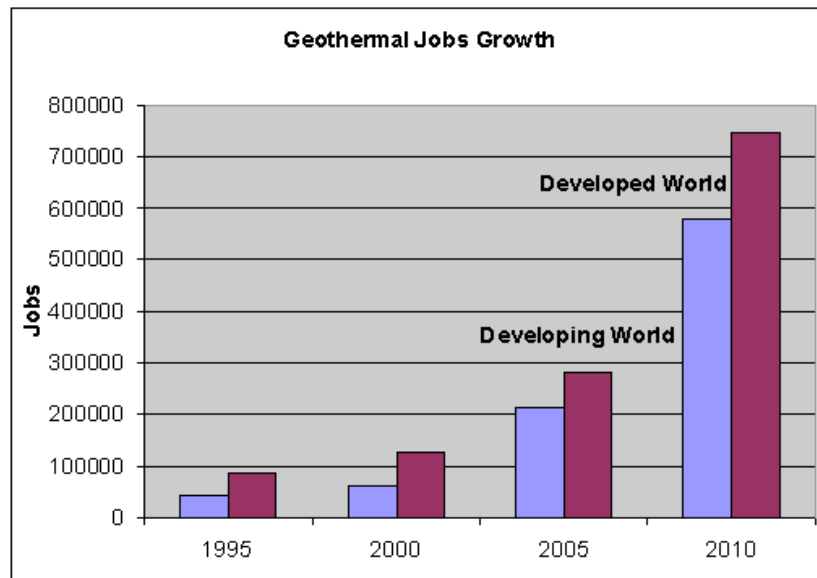
Em termos comparativos com outras explorações energéticas segue-se a seguinte tabela de 2001 que ilustra as taxas de empregabilidade por MW por tipo de exploração energética.

Podemos assim verificar que requer muita mão de obra, devido essencialmente ao sector de operação e manutenção.

### Employment Rates by Energy Technology

Power Source	Construction Employment (jobs/MW)	O&M Employment (jobs/MW)	Total Employment for 500MW	Factor Increase over Natural Gas
Wind	2.6	0.3	5635	2.3
Geothermal	4.0	1.7	27050	1.1
Solar Electric	7.1	0.1	5370	2.2
Solar Thermal	5.7	0.2	6155	2.5
Landfill methane/digester gas	3.7	2.3	36055	14.7
Natural gas	1.0	0.1	2460	1

Source: Electric Power Research Institute, prepared for the California Energy Commission (CEC), California Renewable Technology Market and Benefits Assessment, November 2001.



*Figura 29 – Tabela indicativa de evolução de empregabilidade*

## 12 - Vantagens

As centrais geotérmicas não consomem combustíveis para funcionar, não estando assim susceptíveis a flutuações de preço da matéria prima nem o seu funcionamento limitado devido a qualquer problema de fornecimento externo, como condições meteorológicas, políticas ou logísticas.

É uma fonte de energia fiável e estável pois funciona continuamente, não está dependente das condicionantes meteorológicas: luz solar, vento ou pluviosidade.

As centrais podem estar em harmonia no meio da flora e fauna mais diversa, como florestas, quintas e podem partilhar terreno com gado ou vida selvagem pois não existem cabos de minas, túneis, covas abertas, lixo ou derramamentos de óleo. A área utilizável é normalmente mais pequena por potência do que qualquer outro tipo de central.

Quanto à energia gerada, esta fica normalmente na região onde está a central, permitindo um melhor equilíbrio em termos de preço de combustíveis. Sendo a distribuição local, permite que locais remotos em desenvolvimento, possam crescer sem poluição, melhorando o nível e qualidade de vida.

De forma a aumentar a produção eléctrica, basta aumentar a zona de exploração, não estando assim condicionada a stocks.

Por forma a otimizar recursos facilmente pode ser aproveitada a energia geotérmica em sistemas de coogeração e trigeração aproveitando assim o vapor para produção eléctrica, sistemas de refrigeração e aquecimento(cascata).

Os aproveitamentos em cascata não só permitem uma economia energética, mas também ecológica pois não necessitando de fontes alternativas de energia diminui-se a poluição.

Por ser uma energia renovável, gratuita e de exploração contínua o investimento facilmente é recuperado.

## 13 - Desvantagens

---

As águas que chegam à central geotérmica, contêm gases dissolvidos além de vapor de água e CO<sub>2</sub>, que geralmente vão para a atmosfera.

O ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S) é aquele que mais preocupa pois possui um cheiro desagradável e é corrosivo. Em baixas concentrações, o seu odor causa náuseas; em altas concentrações pode causar sérios problemas de saúde e até levar a morte por asfixia.

A água geotérmica contém também minérios prejudiciais à saúde. É importante que exista um tratamento adequado da água vinda do interior da terra. Não se deve simplesmente despejar em rios pois pode prejudicar a fauna local.

Outro dos aspectos importantes, é compensar com re-injecção de água, no caso de se retirar localmente, uma grande quantidade de fluido aquoso da Terra pois existe a possibilidade da superfície ceder.

A poluição sonora também pode ser uma desvantagem para uma população próxima da central devido à perfuração do poço, que necessita de máquinas como na perfuração dos poços de petróleo.

É uma energia que requer avultado investimento inicial.

A localização das explorações está limitada a áreas de actividade vulcânica, devido à proximidade de temperaturas mais elevadas.

## 14 - Conclusão

---

A energia geotérmica possibilita uma energia limpa com grande potencial de exploração, actualmente os reservatórios de vapor seco e de água quente reflectem apenas uma pequena parte do potencial a explorar.

Quando for desenvolvida tecnologia que permita a sua exploração o magma da terra e a rocha quente providenciarão energia limpa, barata e potencialmente ilimitada.

Entretanto, para produção de electricidade, a tecnologia de ciclo binário será a mais utilizada, pois esta tecnologia utiliza recursos que são facilmente alcançáveis (temperaturas medias).

Internacionalmente, alguns peritos afirmam que num futuro próximo a energia geotérmica irá representar 20% das necessidades energéticas mundiais, tendo tendência a aumentar.

## 15 - Bibliografia

---

- [1] - [http://www.sogeo.eda.pt/geo\\_1\\_1.php](http://www.sogeo.eda.pt/geo_1_1.php)  
[http:// www.arena.com.pt](http://www.arena.com.pt)  
[http://www.geothermal-energy.org/226,installed\\_generating\\_capacity.html](http://www.geothermal-energy.org/226,installed_generating_capacity.html)  
<http://www.islandsbanki.is>  
<http://www.geysers.com/>  
<http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/epa/epates.html>  
[http://www.greenjobs.com/Public/info/industry\\_background.aspx?id=11](http://www.greenjobs.com/Public/info/industry_background.aspx?id=11)  
<http://www.energiasealternativas.com/energia-geotermica.html>  
[http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia\\_geot%C3%A9rmica](http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_geot%C3%A9rmica)  
<http://www.b-on.pt/> (“Aproveitamentos geotérmicos em Portugal Continental”)