



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

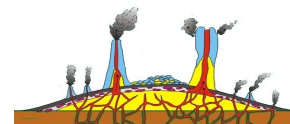
Processos mineralizantes em fase activa Fontes Hidrotermais



Geologia Económica e Recursos Energéticos 2006/2007

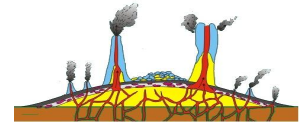
Processos mineralizantes em fase activa – Fontes Hidrotermais

Catarina Pereira, João Mouro e Vera Gomes – LECN



Índice

Preâmbulo	3
Resumo	4
Introdução	5
Processos mineralizantes em fase activa	7
<i>Fontes hidrotermais</i>	9
<i>Localização</i>	9
<i>Caracterização</i>	10
<i>Morfologia e composição de um campo hidrotermal</i>	13
Geoquímica	16
Ecologia das fontes hidrotermais	22
<i>Archaea</i>	23
<i>Tubeworms (Riftia pachyptila)</i>	24
<i>Vent Crab (Bythograea thermydron)</i>	25
<i>Pompeii Worms (Alvinella pompejana)</i>	26
<i>Giant vent mussel (Bathymodiolus elongatus)</i>	27
<i>Vent Shrimp (Rimicaris exoculata)</i>	28
Recursos	29
Conclusões	33
Bibliografia	35
Anexos	36



Preâmbulo

Este é um trabalho realizado no âmbito da cadeira de Geologia Económica e Recursos Energéticos, da Licenciatura em Ensino das Ciências da Natureza da Universidade Nova de Lisboa.

O estudo incidir-se-á num dos processos de mineralização em fase activa, mais propriamente as fontes hidrotermais, como por exemplo “Black Smokers”, e a biodiversidade existente assim como os seus recursos e utilidade para o Homem e os diversos impactes ambientais que daí podem surgir.

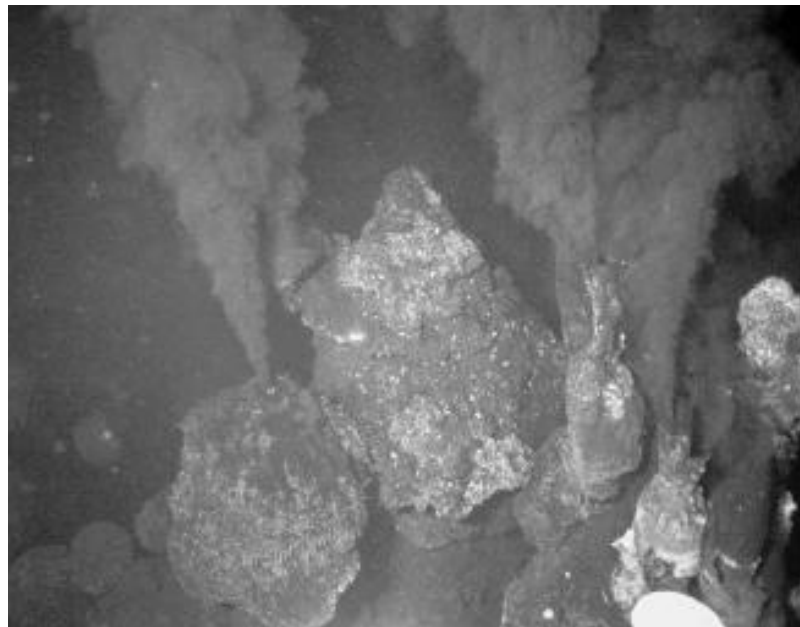
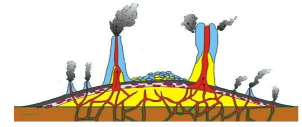


Figura 1 – “Black smoker”



Resumo

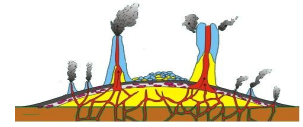
Os processos mineralização em fase activa incluem diversos eventos geológicos: fumarolas, géisers e muitos outros. Neste trabalho o evento em estudo é as fontes hidrotermais no fundo oceânico, nomeadamente os “Black Smokers”.

Desde da descoberta das primeiras fontes hidrotermais, nos anos 60, palmilha-se os fundos oceânicos para melhor conhecimento e aproveitamento da sua constituição.

As fontes hidrotermais em particular os “Black smokers” localizam-se em todos os oceanos, nas zonas de crista média oceânica e zonas subducção. Encontram-se catalogadas todas as localizações actuais e antigas das fontes hidrotermais conhecidas até aos dias de hoje. A presença de ouro e outros minerais de interesse económico constituíram o maior impulso para a investigação e criação de tecnologia de exploração para futuras concessões, assim como o conhecimento da caracterização geológica envolvente no processo e a biodiversidade existente em condições ambientais mortíferas para a maioria dos seres vivos.

Palavras-chave:

- Fontes hidrotermais
- “Black smokers” e “White smokers”
- Mineralização
- Geotermia
- Fluidos mineralizantes



Introdução

Nos meados dos anos 60 surgem dois enigmas no metamorfismo oceânico, a dispersão de valores do fluxo de calor medido nos fundos oceânicos, onde se previa uma diminuição suave desses valores com o afastamento dos *Rifts*, relacionada com a produção de magmas e um progressivo arrefecimento à medida que a nova crosta se afasta; o segundo mistério, o afloramento de serpentinito, em Itália, constituído por uma rede de fracturas preenchidas por calcite, derivam de rochas plutónicas que estiveram em contacto com grandes massas de água, seriam ofiolitos que pertenceram ao fundo do mar ao qual por movimentação das placas tectónicas foram empurrados para terra. A explicação é única, a dispersão do fluxo de calor e as alterações das rochas têm a mesma causa, circulação de água do mar através das rochas, movida pelo gradiente térmico entre a base e o topo da crosta e possibilitada pela permeabilidade das rochas, à muito conhecida pela a Geotermia.

A partir deste momento palmilhou-se os fundos oceânicos até se confirmar a presença de fontes hidrotermais e sua suposta composição.

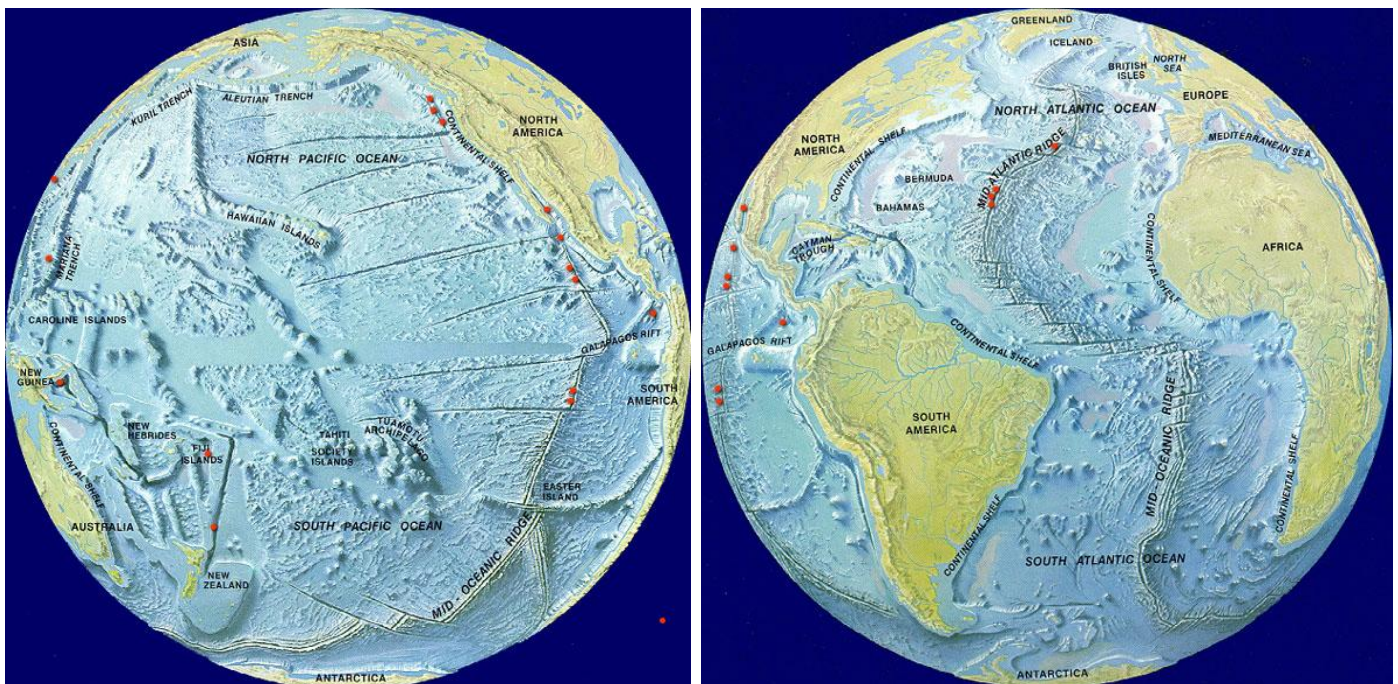
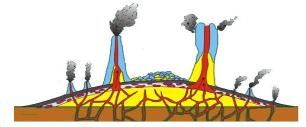


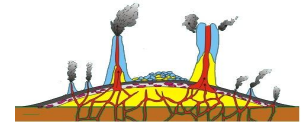
Figura 2 – Os pontos vermelhos indicam as primeiras fontes hidrotermais descobertas.



No princípio de 1977, no *Rift* das Galápagos foram feitas as primeiras visitas tripuladas, onde detectaram fluidos e edifícios hidrotermais como nunca se tinha visto. As fontes termais e os minérios metálicos que lhes estão associados foram previstos com antecedência, mas a descoberta de ricas comunidades de animais, como único meio de subsistência as fontes hidrotermais, fora totalmente inesperado. Os organismos são quimiossintéticos, extraem a sua energia das fontes hidrotermais, dependem totalmente delas.

As fontes hidrotermais têm uma descarga difusa que precipita em grande maioria óxidos e hidróxidos de ferro e de manganês, argilas e sílica. Existem vários tipos de fontes hidrotermais, os cortiços e chaminés, dentro destas as “Black smoker” e “White smoker” consoante as condições do fluido. Os campos hidrotermais submarinos são ricos em minerais como o ferro, cobre, zinco e até ouro, minerais de grande interesse de exploração mas devido, principalmente, à impossibilidade de acessibilidade e a concorrência dos jazigos terrestres tornam a sua exploração cada vez mais tardia.

Até ao dia de hoje foram explorados cerca de 10% da extensão dos Rifts e está praticamente tudo por fazer nos restantes fundos marinhos, planícies abissais, arcos insulares, fossas, onde provavelmente encontraremos mais fontes hidrotermais.



Processos mineralizantes em fase activa

Este é um processo que decorre normalmente num curto espaço de tempo (em termos geológicos) e em que há uma constante mineralização no local.

Antes de vermos quais são os processos conhecidos de mineralizações em fase activa temos que fazer uma breve referência à alteração do Princípio do Actualismo.

Com a descoberta deste processos mineralizantes o princípio do actualismo teve algumas alterações relacionadas com os conceitos e princípios das bacias sedimentares que deixam de ser sítios de deposição calma e passam a ser vistas como constituintes de sistema dinâmicos, energéticos e de transferência e interações mássicas.

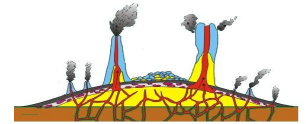
Temos então:

Salton Sea (Imperial Valley – Califórnia, 1962)



Uma zona tectonicamente activa e situa-se no encontro das placas Americana e Pacífica por isso constitui um foco de actividade com temperaturas na rodem dos 320°C, em forma de graben onde pode ser extraído petróleo, alguns teores de prata e cobre.

Figura 3 – Foto aérea do lago Salton Sea.



Mar Vermelho

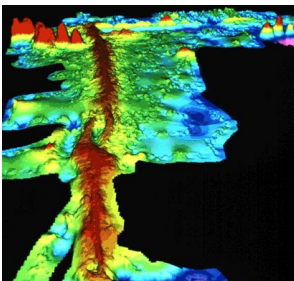


Aparece no Cenozóico, início da formação do oceano com um ritmo de expansão de aproximadamente 1cm/ano.

As salmouras dão origem as lamas metalíferas em fossas pouco profundas, podemos também obter zinco, cobre e alguma prata.

Figura 4 – Foto aérea do Mar Vermelho.

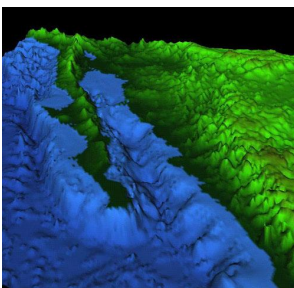
East Pacific Rise



Situa-se na crista Média Oceânica, tem uma expansão relativamente elevada 12cm/ano. Podemos encontrar actividade hidrotermal e variada em que a temperatura pode ser superior a 350°C (nos aglomerados), em que vamos ter teores de cobre, zinco, ferro, sulfato de cálcio, bário e sílica podendo aparecer alguma prata.

Figura 5 – Imagem tridimensional da East Pacific Rise.

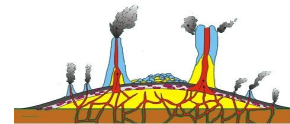
Bacia de Guaymas



A bacia apresenta uma velocidade de expansão na ordem dos 6cm/ano

Situa-se na Bacia da Califórnia perto da falha de Santo André.

Figura 6 – Imagem tridimensional a Bacia de Guaymas.



Fontes hidrotermais

As fontes hidrotermais foram uma das maiores descobertas da oceanografia biológica do século XX, sendo que a primeira foi descoberta perto na Ilha Galápagos.

As fontes hidrotermais são uma espécie de vulcões sub-marinhos, que podem atingir temperatura na ordem dos 300°C proporcionando inúmeras formas de vida e segundo alguns especialistas através do estudo das mesmas é possível compreender o funcionamento das temperaturas do interior da Terra.

Localização

As fontes hidrotermais aparecem geralmente associadas aos *Rifts* oceânicos ou a zonas de subducção. Actualmente tem-se explorado estas áreas activamente sendo descobertas cada vez mais fontes hidrotermais.

O submersível “Alvin” desde de 1977 tem sido utilizado como meio para as descobrir e catalogar e já efectuou mais de 1000 mergulhos. Devido ao seu cariz provisório, é difícil identificar concretamente o local onde eles se encontram, pois muitos do que já foram identificados já colapsaram e muitos estarão a surgir neste momento. Apesar ser impossível ter um mapa específico e actual de todas das fontes hidrotermais existentes no mapa abaixo estão os campos de fontes hidrotermais mais conhecidos.

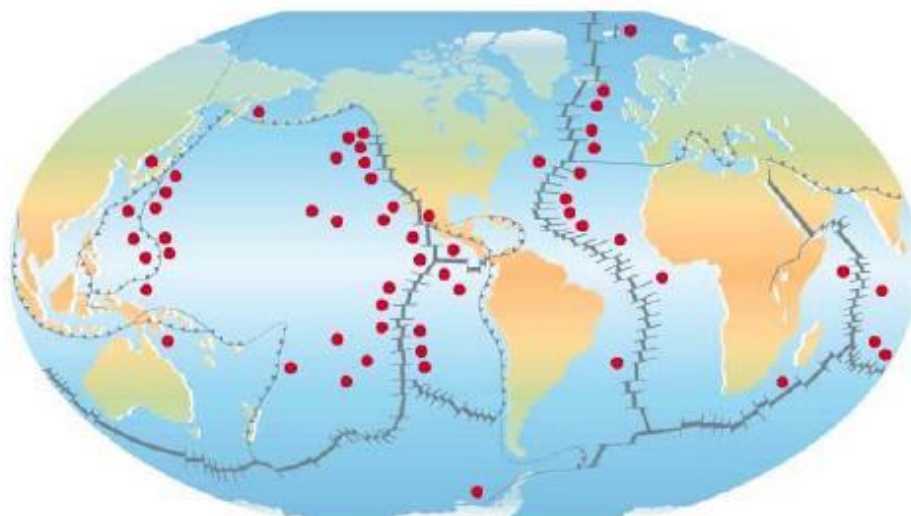
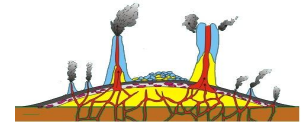


Figura 7 – Localização dos campos de fontes hidrotermais mais explorados e conjuntamente com os limites das placas tectónicas.

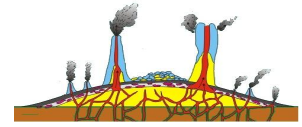


Caracterização

Os “Black Smokers” são estruturas feitas essencialmente de minerais de sulfuretos vindos do interior da terra (crosta), podem ser comparado a um géisers do fundo oceânico. Para haver formação e preservação de um depósito de sulfuretos vulcanogénicos marinhos é necessário que haja uma conjugação favorável de cinco factores, todos eles de grande importância sendo eles:

- a) Existência de um fluido capaz de transportar vários p.p.m. de metais e enxofre reduzido em solução;
- b) Fonte de energia térmica capaz de gerar circulação convectiva através de vários quilómetros de rochas do fundo oceânico;
- c) Existência de um sistema de fracturas que proporcionem espaços abertos para a circulação do fluido;
- d) Mecanismos que levem a precipitação dos metais;
- e) Acumulação de material sedimentar ou vulcânico para cobrir e preservar da erosão as mineralizações depositadas.

O “Black Smoker” resulta da pressão da coluna de água que impede que o fluido entre em ebulição antes de atingir o fundo marinho, a precipitação resulta da simples mistura do fluido hidrotermal com a água do mar gélida, estas estruturas formam-se muito rapidamente e têm uma grande variedade de formas e dimensões, existindo algumas com 50 metros de altura e 30 metros de diâmetro.” (*Delfim Carvalho*).



O “White Smoker” distingue-se do “Black Smoker” por estes não terem sulfuretos metálicos no fluído e terem temperaturas mais baixas e também por estes se formarem em águas mais superficiais e a menor pressão. Na sua ascensão para a superfície sofre ebulição, os sulfuretos podem precipitar ainda no seio das rochas do subsolo marinho originando filonetes, vénulas e veios ou formar uma lama que se extravasa e assenta na bacia de sedimentação.

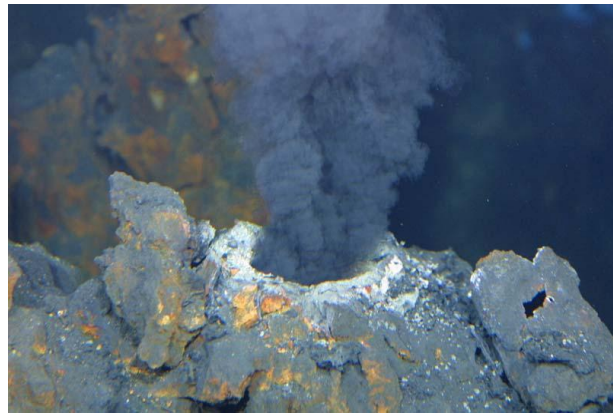
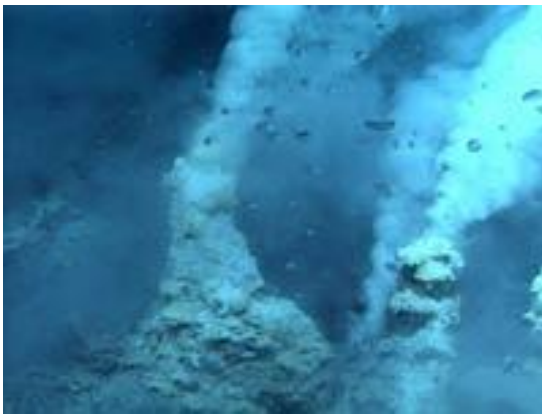
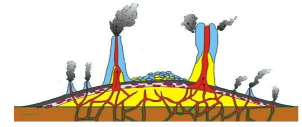


Figura 8 – A imagem do lado esquerdo é um “White smoker” e do lado direito encontra-se um “Black smoker”.



Qual o interesse da origem dos “Black Smokers”?

Através dos “Black Smokers” são libertadas diversas substâncias e grandes quantidades de calor. Este processo controla uma parte da água oceânica, mas perceber como funcionam os “Black Smokers” é essencial para entendermos a dinâmica da natureza do nosso planeta.

Estas chaminés hidrotermais que existem no fundo oceânico suportam extraordinários ecossistemas. Estes ecossistemas são as únicas comunidades na Terra cuja fonte de energia imediata não é a luz solar. Os seres vivos que vivem nas imediações das chaminés hidrotermais também participam na construção das mesmas. A compreensão do processo de formação químicos e bioquímico ajudar-nos-á compreender processos da formação de minério (minerais de interesse económico) no geral.

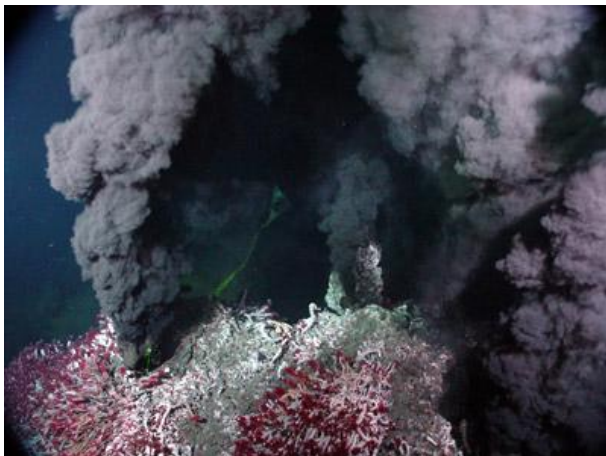
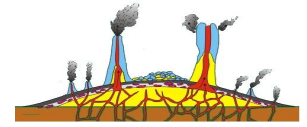


Figura 9 – As figuras demonstram como os tube worms e os bivalves fazem parte da constituição das fontes hidrotermais.



Morfologia e composição de um campo hidrotermal

Verificam-se duas situações extremas para a caracterização do campo hidrotermal onde se efectuam as “descargas de água”, então temos a primeira em que a descarga pode ser focalizada com saída de grandes quantidades de fluido por condutas muito pequenas; na segunda situação a descarga pode ser difusa.

Na primeira situação geram-se chaminés, mas também as “flanges” e os “cortiços”. Se a descarga hidrotermal for lenta (devido à menos quantidade de fluido ou menos impermeabilidade do fundo oceânico) então o fluido pode escapar de uma forma difusa e a uma temperatura mais baixa. Por este processo os minerais hidrotermais formam-se no interior da crosta, sob a forma de precipitados que tendem a entupir as condutas, em simultâneo a rocha do fundo, inicialmente fragmentada vai sendo cimentada e endurecida pelo processo. Formam-se assim crostas endurecidas denominadas *Slabs*. Podem ocorrer em simultâneo os dois tipos das situações citadas em cima no campo hidrotermal. Entre as chaminés existe descarga difusa e provavelmente *Slabs* (só recentemente foram descobertas e pensam-se que sejam bastante comuns, sendo notórias nos Açores, Lucky Strike e Menez Gwen).

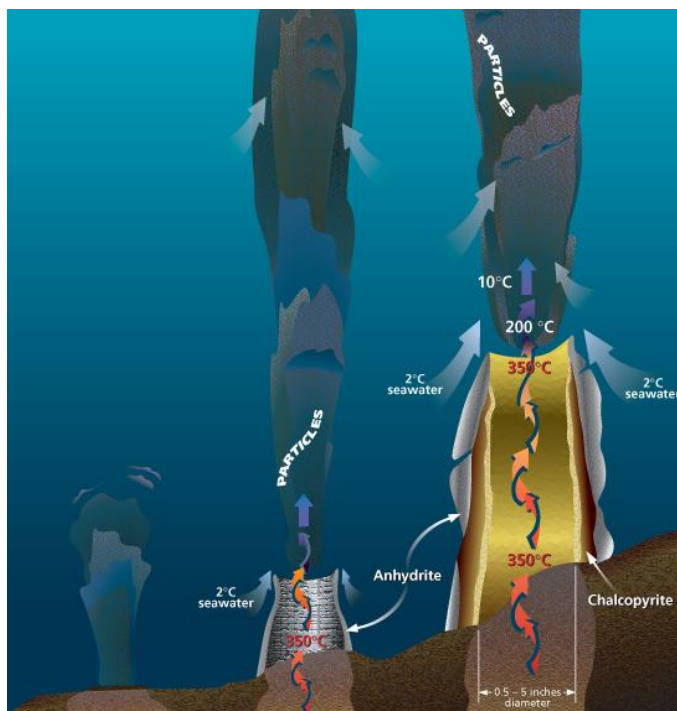
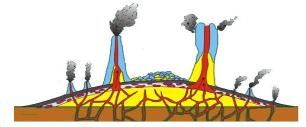


Figura 10 – Esquema de formação de uma chaminé hidrotermal.



Chaminés, Flanges e Cortiços

Chaminés

As chaminés podem ser ornamentadas com flanges (campânulas) geradas por precipitação mineral lateral, cobrindo assim fugas laterais do fluido. As flanges contêm fluido quente, menos denso que a água do mar, e por isso tende a subir, que é o que acontece nos bordos nas fissuras das flanges. Aí verifica-se uma mistura de água do mar e precipitação de minerais o que faz com que a flange já existente cresça.

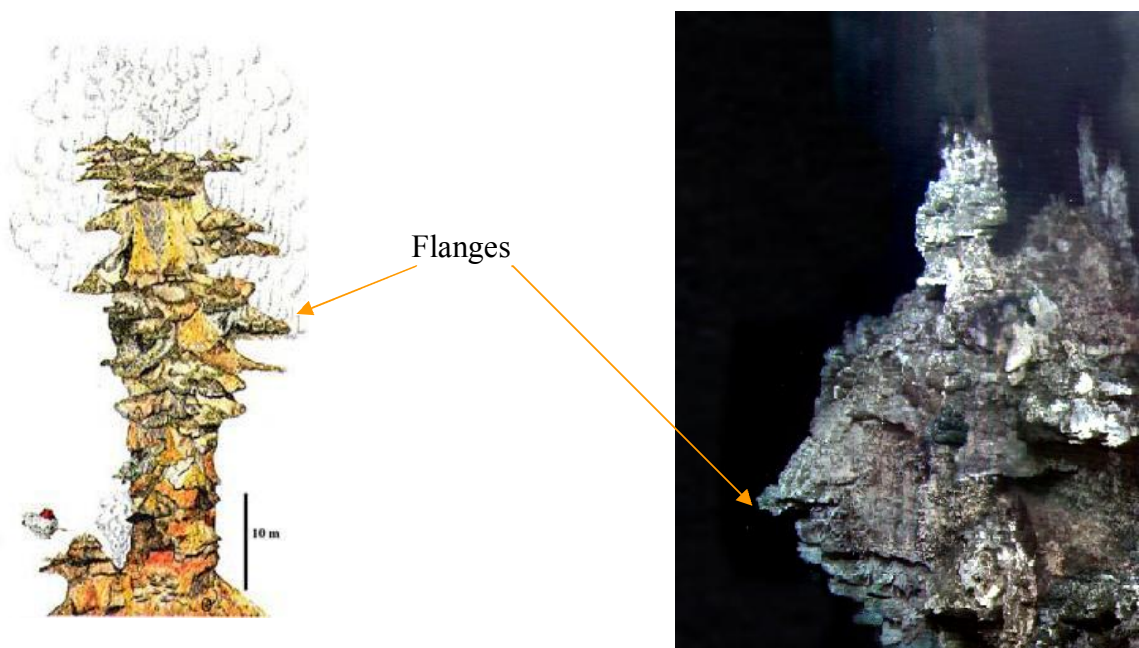
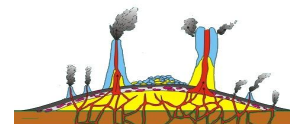


Figura 11 - Edifício hidrotermal (chaminé complexa) do tipo Endeavour. O submarino *Alvin* tem 3 metros e a estrutura tem cerca de 45 metros. A figura do lado esquerdo representa um edifício termal numa zona de rift.



Cortiços

Foram descobertos em 1991 em Snake Pit, no *Rift* da Crista Média Atlântica. Neste os fluidos escapa-lhes de forma semidifusa, através de cavidades planares horizontais. No núcleo destas estruturas as temperaturas são altíssimas, na ordem dos 350°C sendo que na sua periferia rondam os 70°C, sugerindo que a mistura com a água do mar se dá no interior do cortiço.

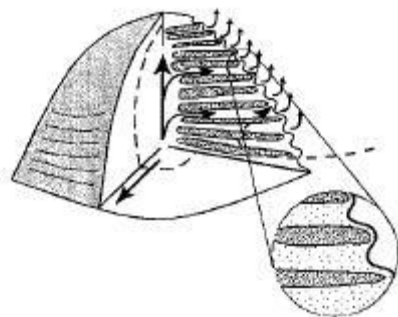
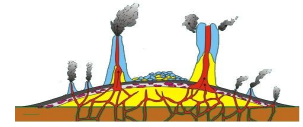


Figura 12 – Representação esquemática de um cortiço (Fouquet e tal, 1993) e imagem real de um cortiço



Geoquímica

A circulação do fluido hidrotermal acontece por dois factores determinantes para a sua existência, a fracturação e permeabilidade da crosta oceânica e a presença de uma fonte calor. No processo é retirado do fluido para a rocha, diversos elementos por exemplo o magnésio, gerando um fluido ácido. A acidez do fluido confere a aptidão de lixiviar os elementos maiores e os metais de transição da rocha circundante ao longo do seu decurso. O sulfato da água do mar é removido por precipitação, gerando anidrites, e por redução a ácido sulfídrico.

A água gelada do mar, ao entrar na crosta oceânica, aumenta gradualmente de temperatura ao longo do percurso onde a termodinâmica é intensa. Primeiramente o oxigénio e o potássio são retirados do fluido; na continuidade da profundidade, o fluido perde total ou quase a totalidade do cálcio, sulfato e magnésio para mais tarde incorporar cálcio, sódio e potássio da rocha circundante.

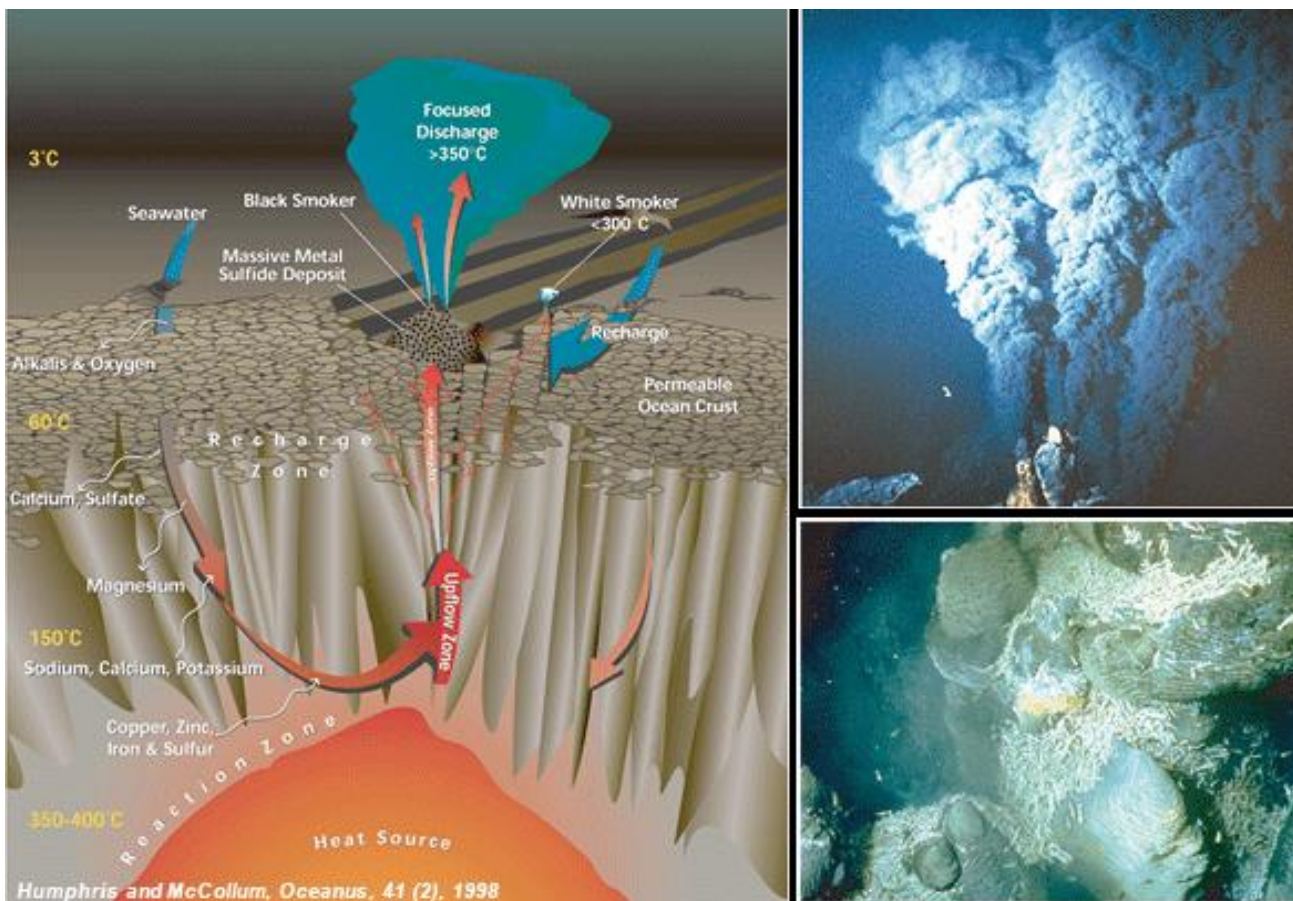
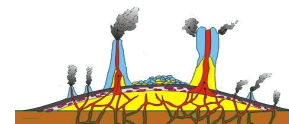


Figura 13 – Esquema da formação do fluido hidrotermal. Figuras representativas das fontes hidrotermais.



Na zona de maior temperatura nas mediações da fonte de calor, profundidade máxima, onde os parâmetros de pressão, temperatura, relação fluido/rocha, composição da rocha, composição do fluido e o tempo de reacção (tempo de residência) são fundamentais para a composição do fluido hidrotermal ascendente. As reacções são rápidas nas altas temperaturas e os líquidos podem aproximar-se de um equilíbrio. Neste local o fluido é enriquecido principalmente com zinco, cobre, ferro, sílica e enxofre, entre outros minerais característicos da rocha circundante, resultando num fluido ácido com abundância de sílica, metais e ácido sulfídrico, hidrogénio e metano.

O fluido hidrotermal quente ascende pelas as fracturas da crosta oceânica, o tempo de residência no interior deverá ser curto, daí continuaram as reacções com a rocha no percurso de ascensão. Existe uma ligeira perda de calor por descompressão (arrefecimento adiabático) mas principalmente por perda de calor para rocha circundante ou a mistura com a água fria do mar na crosta oceânica. O arrefecimento do fluido pode levar a uma sobresaturação e precipitarem-se minerais secundários (sulfitos metálicos, quartzo, etc.) que altera assim o fluido hidrotermal desde da zona de maior temperatura até à saída do fundo do mar.

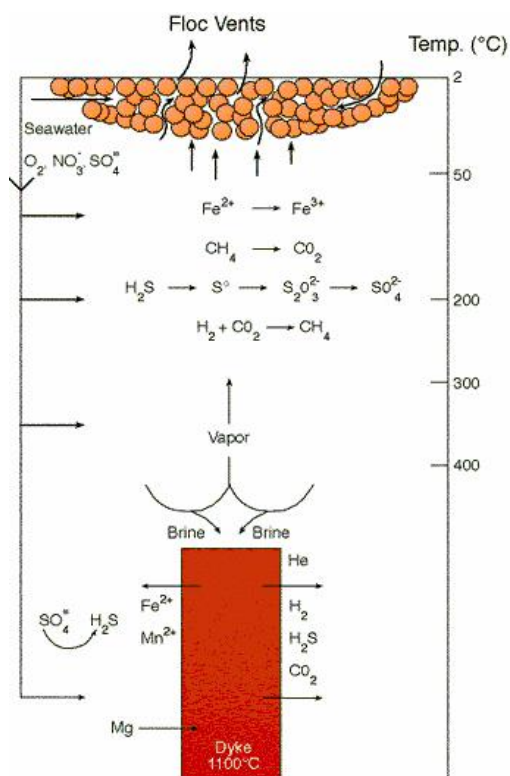
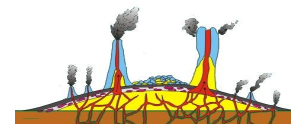


Figura 14 – Esquematisação de algumas reacções químicas na formação das fontes hidrotermais



A chegada do fluido hidrotermal à superfície da crosta oceânica encontra um fluido corrosivo, a água do mar. Esta apresenta abundante oxigénio e sulfato, atribuído ao meio características oxidantes. Os sulfuretos em contacto com este meio tornam-se bastante instáveis, oxidam-se rapidamente formando óxidos e hidróxidos de ferro (Limonites) e solubilizando os metais menos oxidáveis, tais como cobre e zinco (sob a forma de sulfatos solúveis).

A formação de fumo, nas fontes hidrotermais advém da rápida precipitação dos minerais assim como de gases em altas temperaturas que condensam em contacto com a gélida água do mar. As partículas são predominantemente mistura de sulfetos (pirrotite FeS, pirite FeS₂, marcassite FeS₂, esfalerite ZnS, wurtzite (Fe,Zn)S, calcopirite CuFeS₂, isocubanite CuFe₂S₂) e sulfatos (CaSO₄ de anidrite, barite BaSO₄). A precipitação das partículas vai formar as estruturas das fontes hidrotermais, por assentamento dessas mesmas partículas. Para além da formação das variadas partículas à libertação do isótopo He³ um gás extremamente instável, característico das fontes hidrotermais.

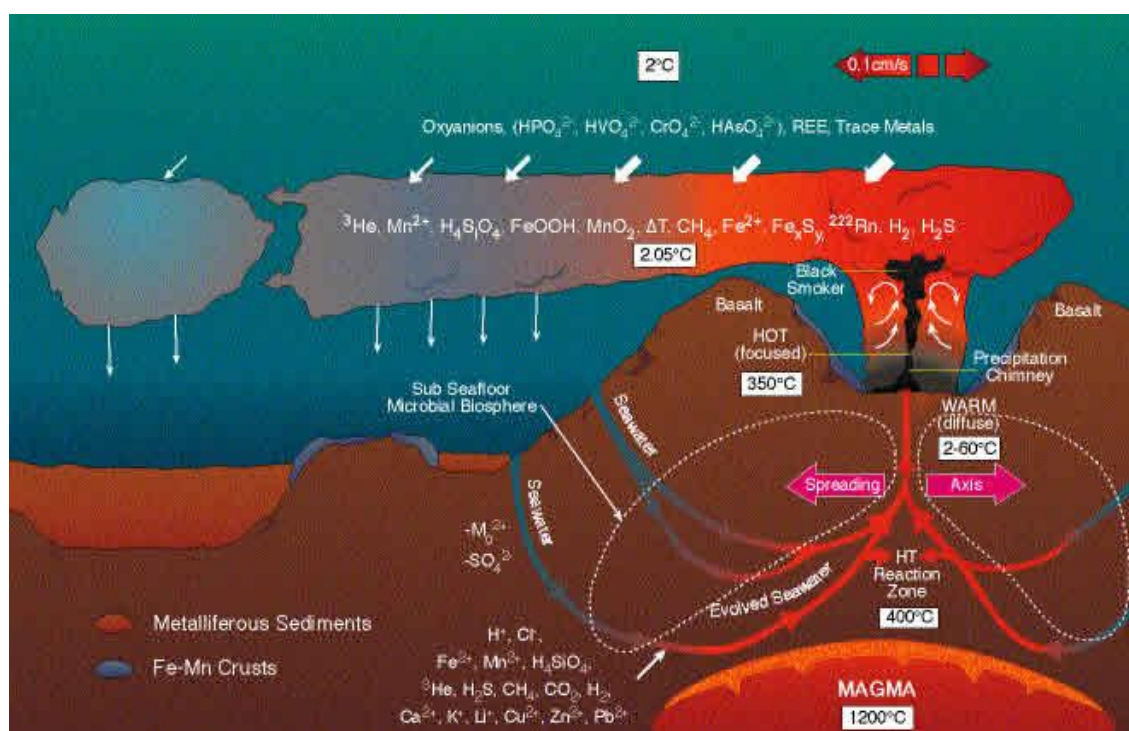
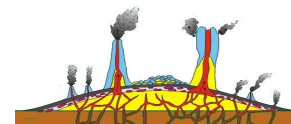


Figura 15 – Esquema geral da formação das fontes hidrotermais.



Em redor das chaminés, no fundo do mar encontram-se os óxidos de ferro. As chaminés, mesmo as activas, apresentam invariavelmente uma película externa de oxidação, por vezes espessa, principalmente óxidos de ferro, responsáveis pela a sua característica cor de ferrugem.

Após a cessação da actividade, as chaminés são ainda mais rapidamente oxidadas, visto que se deixam de formar novos sulfuretos, a oxidação progride para o interior, sendo possível observar a degradação inicial dos sulfuretos primários em sulfuretos secundários e posteriormente em óxidos.

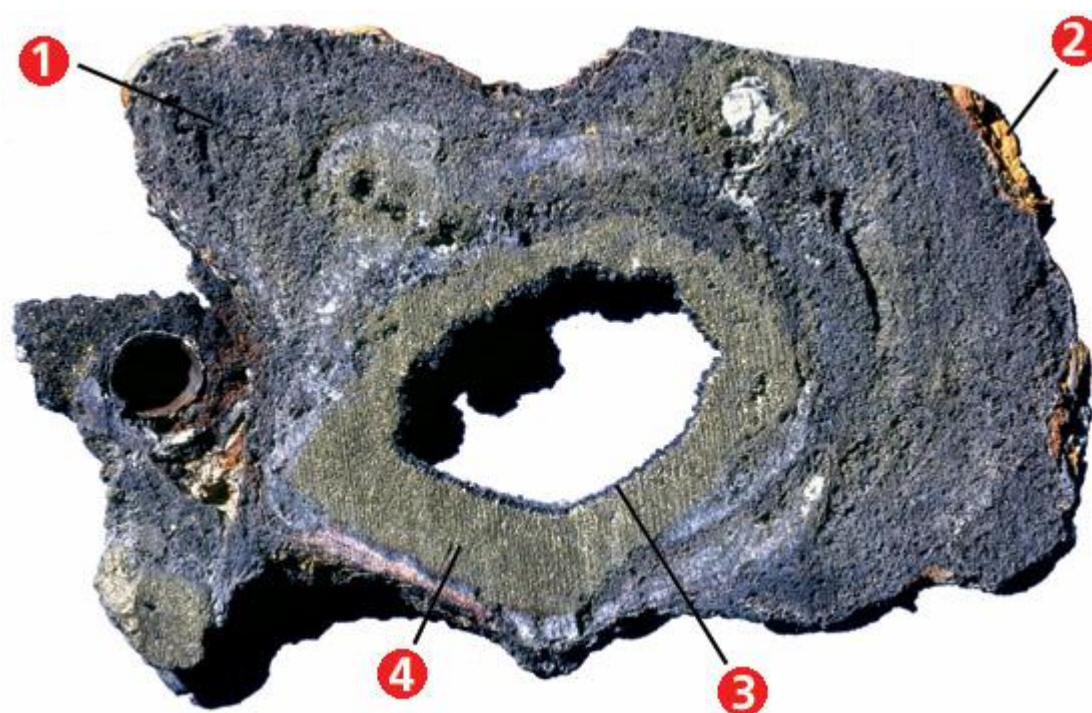
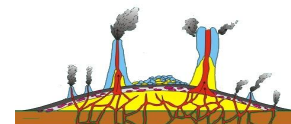


Figura 16 – Corte de uma chaminé hidrotermal: 1- Anidrite, 2- Limonite, 3- Quartzo ou Opala e 4- Calcopirites

Consequentemente as chaminés perdem a sua resistência, quebram-se devido ao meio corrosivo em que se encontram, os sulfuretos desaparecem restando resíduos de óxidos de ferro e manganês, sulfatos (de cálcio e de bário), sílica (opala, quartzo), e anomalias geoquímicas várias, a menos que o processo de oxidação seja interrompido através da cobertura rápida do campo hidrotermal por sedimentos, com o passar tempo formam-se grandes jazigos minerais no fundo do mar.

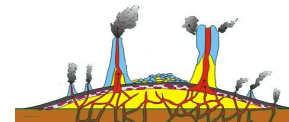


Resumidamente

“A descarga difusa precipita em grande parte óxidos e hidróxidos de ferro e de manganês, argilas e sílica, não produzem fumo. As chaminés a temperaturas mais baixas (até 150°C) produzem principalmente partículas brancas de sílica (opala), anidrite e barite, pelo que são conhecidas por «chaminés brancas» (white smokers). As chaminés a temperaturas mais elevadas (chaminés negras, 150-400°C) produzem grandes quantidades de sulfuretos, de ferro (marcassite, pirite, pirrotite), de zinco (esfalerite, wurtzite) e de cobre (calcopirite, isocubanite).” (Fernando Barriga)



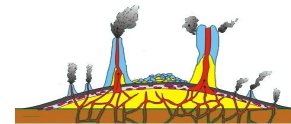
Figura 17 – Representação das formas de fontes hidrotermais.



Como fora referido anteriormente existem diversas influências para constituírem os fluidos hidrotermais que por sua vez vão constituírem os campos hidrotermais. A tabela abaixo indica-nos a diferenças mineralógicas de campos hidrotermais mais conhecidos.

		Água do Mar	Lucky Strike		TAG		10°N RLP		Middle Valley		Bacia de Lau	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
T	°C	2	170	320	360	366	-	<403	264	276	-	334
pH		7.8	3.8	4.5	3.3	-	>2.5	-	5.13	5.5	2	-
H ₂ S	mmol/kg	0	-	<2.5	2.5	3.5	-	<110	3	-	-	-
Si	mmol/kg	0.04	12	18	22	-	2.7	20	9.7	10.6	14	-
Cl	mmol/kg	541	420	550	659	-	32	330	412	578	650	800
Ba	μmol/kg	0.14	15	80	-	-	-	-	15	-	20	60
Fe	μmol/kg	<0.001	100	700	1640	-	723	5900	10	20	12	29
Mn	μmol/kg	<0.001	50	450	1000	-	109	283	63	78	58	71
Cu	μmol/kg	0.007	5	60	150	-	-	-	0.3	1.3	15	35
Zn	μmol/kg	0.01	5	30	46	-	-	-	0.7	1.7	1200	3100

Tabela 1 – Composição da água do mar e de alguns fluidos hidrotermais submarinos (RLP, rift Leste Pacífico)



Ecologia das fontes hidrotermais

Tendo em conta as condições existentes nas imediações de uma fonte hidrotermal, seria improvável de encontrar algum tipo de vida, no entanto ela existe. E existe de diversas formas e com mecanismos muito próprios que inclusive já levou cientistas a especular, se não teriam sido esses as formas de vida primordiais das quais todas as outras evoluíram.

Se examinarmos as condições próximas de uma fonte hidrotermal verificamos o seguinte:

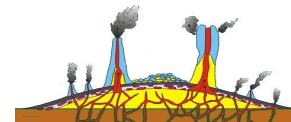
- Níveis de pressão elevados (até cerca de 250 atm)
- Temperaturas elevadas (até cerca de 400 °C)
- Escuridão total

Como poderá existir vida sem as plantas e respectiva fotossíntese que é a base da maior parte de cadeias/teias alimentares?

Assim como as plantas são a base da maior parte dos ecossistemas, produzindo o seu próprio alimento (autotróficos) a partir da luz solar, também neste ecossistema tão único existem seres que formam a base desta cadeia alimentar.

Esses seres são os Archaea – que significa antigo, e são seres semelhantes a bactérias daí serem chamados por vezes de “Ancient bacteria”mas ainda assim são diferentes o suficiente para que lhes seja conferido um reino próprio.

Apesar de existirem inúmeras espécies neste ecossistema, inclusive ainda muitos por identificar, vamos referir apenas aos mais importantes e comuns de encontrar perto de fontes hidrotermais.

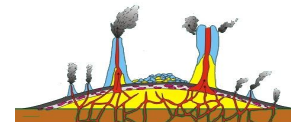


Archaea

Ao contrário dos outros seres que iremos referir, estes dizem respeito a todo um reino invés de apenas famílias ou espécies.

Os seres deste reino são a base de todo o ecossistema, sendo autotróficos necessitam de uma fonte de energia, e visto que nos fundos oceânicos não existe luz como nos seres autotróficos fotossintéticos eles utilizam outra fonte.

Nas fontes hidrotermais existe muitas vezes dois compostos que reagem entre si, sulfureto de hidrogénio (H_2S) e sulfureto de ferro (FeS), eles reagem formando dissulfureto de ferro ou pirite, e libertando hidrogénio. Hidrogénio esse que é a fonte de energia destes seres, sendo por isso denominados quimiossintéticos.



Tubeworms (Riftia pachyptila)

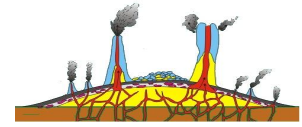
“Tubeworm” são seres semelhantes a vermes, que podem atingir até 3 metros de comprimentos. O seu exoesqueleto é composto por quitina o que de alguma forma explica a sua resistência às altas temperaturas e pressão onde vivem.

Estes seres não possuem olhos, boca nem estômago, e a sua sobrevivência depende da relação simbiótica que estabelecem com milhões de bactérias que vivem no seu interior. Uma vez que os tubeworms não possuem boca, como é possível existirem bactérias no seu interior? Foi estudado que os tubeworms possuem boca no início do seu desenvolvimento, vindo este depois a fechar, é durante esse período as bactérias se estabelecem no seu interior.

Esta relação é uma simbiose pois nenhum dos seres sobreviveria sem o outro, os tubeworms filtram alguns compostos lançados pelos black smokers e outros existentes na própria água do mar, esses compostos irão ser utilizados pelas bactérias para produzir hidratos de carbono que o tubeworm irá absorver para se alimentar.



Imagem 1 - TubeWorm



*Vent Crab (*Bythograea thermydron*)*

Este ser vive nas imediações das fontes hidrotermais, sendo inclusive utilizados como indicadores da proximidade de fontes hidrotermais.

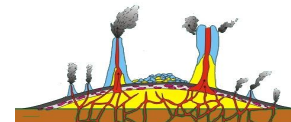
Estes crustáceos são os predadores de topo destes ecossistemas, e conseguem sobreviver em uma gama de temperaturas que vai desde os 25 °C mais longe da fonte hidrotermal, até perto dos 80 °C na proximidade das chaminés onde habitam as tube worms das quais se alimenta.

Durante a fase larval estes crustáceos são muito semelhantes aos crustáceos de águas menos profundas, mas ao longo do seu desenvolvimento, vão perdendo a sua pigmentação devido à ausência de luz, e os seus olhos vão degenerando até ficarem praticamente retinas vazias. Mas desenvolvem outras capacidades, segundo um [estudo da universidade de Delaware](#), as chaminés emitem alguma luz na frequência do infravermelho, donde estes seres possuem algo semelhante a uma visão noturna, sendo essa a razão da degeneração dos olhos da fase larval.

Estes seres para serem criados em laboratório são necessários cuidados muito específicos, como se sabe eles vivem em grandes profundidades e próximo de fontes hidrotermais o que implica temperaturas relativamente altas. Logo os tanques onde são criados estão sujeitos a uma pressão de perto de 250 atmosferas.



Imagem 2- *Bythograea thermydron*



Pompeii Worms (Alvinella pompejana)

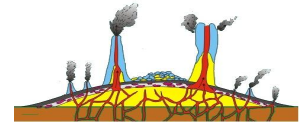
Estes pequenos vermes são considerados o animal superior (não bactéria) que suporta temperaturas mais altas de todo o planeta.

Até a descoberta destes vermes esse título pertencia a um género de formigas encontradas no deserto do Sahara, as *Cataglyphis* e que conseguiam viver em temperaturas até perto dos 55 °C, pois as Pompeii Worms foram documentadas a sobreviver em temperaturas de 105 °C, quase o dobro do anterior.

Esta descoberta vem abrir grandes expectativas no campo da sua bioquímica, pois é muito raro encontrar enzimas que consigam funcionar nessa gama de temperaturas (termófilas), e são de extrema utilidade como por exemplo para PCR (auto replicação de ADN).



Imagem 3 - Pompeii Worm



*Giant vent mussel (*Bathymodiolus elongatus*)*

Mussel é o termo em inglês que engloba vários tipos de bivalves, e estes bivalves que crescem perto das fontes hidrotermais atingem tamanhos gigantesco a quando comparados com os seus equivalentes de profundidades menores.

O tamanho parece ser uma adaptação à alta pressão pois os fenómenos de gigantismo são usuais neste tipo de ecossistema. Assim como a falta de pigmentação parece ser uma adaptação à escuridão.

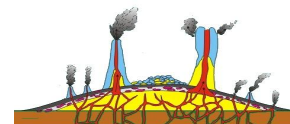
Mais uma vez parte da sobrevivência destes seres depende da relação simbiótica com as bactérias quimiosintéticas que vivem nas suas guelras. Ao contrário do que se poderia esperar esta relação simbiótica é bastante eficaz, uma vez que as necessidades energéticas para um ser que atinge essas dimensões são bastante exigentes.



Figura 18 Giant Mussel



Figura 19 – Colónia de mussels



Vent Shrimp (*Rimicaris exoculata*)

Estes crustáceos como todas as espécies destes ecossistemas tão particulares mostra também características únicas. Além da falta da pigmentação devido à escuridão estes seres têm outra característica muito particular, a ausência de olhos.

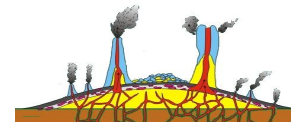
A ausência de olhos é compensada por uma estrutura no seu dorso, muito semelhante às fibras ópticas dos seres da superfície, mais do que isso estas estruturas são sensíveis ao espectro emitido pelas fontes hidrotermais. Estas estruturas gigantes (cerca de 0,5% do tamanho da estrutura do ser), são então uma adaptação evolutiva destes seres para melhor se orientarem, e a necessidade de uma estrutura maior levou a uma provável migração do local onde os órgãos sensores normalmente na zona encefálica, para o dorso, criando uma série de rede de fibras ópticas para o efeito.



Figura 20 - Vent Shrimp



Figura 21 - Vent shrimp



Recursos

Do ponto de vista da exploração existem dois tipos de jazigos associados a este tipo de ocorrência.

- Nódulos de manganês
- Sulfuretos vulcanogénicos

Como podemos verificar na figura X os depósitos de sulfuretos tendem a acumular se próximo das chaminés das fontes em si, enquanto os nódulos de manganês podem ter ocorrências mais distantes. Existem muitos obstáculos há exploração destes jazigos, mas acima de tudo principalmente nos sulfuretos, existem jazigos em terra que tem chegado para a procura, mas com a diminuição destes é provável que num futuro próximo esses sulfuretos venham a ser explorados.

Quanto aos nódulos de manganês ainda é mais desejável pois apresentam valores de cobre, níquel e cobalto, bastante interessantes do ponto de vista de exploração mineira.

Se existe toda esta riqueza no fundo do mar, então qual o porque de ainda não estar a ser explorado? As respostas são muitas, a principal é que provavelmente estarão num futuro muito próximo.

A primeira justificação, passa por apesar de existirem a milhões de anos, estas fontes hidrotermais conseguiram passar relativamente despercebidas pelo Homem. O facto de estarem no fundo dos mares e em zonas de limites de placas tectónicas logo de acesso difícil e delicado, fez com que só acerca de 30 anos é que foram descobertas. O seu local normalmente em águas internacionais também tem sido um factor, pois em termos de concessão é complicado determinar direitos de posse. E por fim em termos logísticos como pode explorar de uma forma rentável, por vezes a 4000 metros de profundidade?

Aparentemente essas respostas estão mais próximas do que nunca, assim como a especulação da necessidade da sua exploração.

Actualmente já foi concedido [concessão de exploração](#) pelos Estados Confederados da Micronésia, a exploração de sulfuretos vulcanogénicos, pela empresa Neptune Minerals Plc.

Esta empresa já tem feito bastante prospecção, especialmente nos mares da Nova Zelândia, e tem inclusive um programa de exploração mineira submarina capaz de explorar depósitos submarinos até 4000 metros de profundidade, o [kermadec](#).

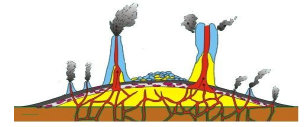


Figura 22 – DP Hunter



Figura 23 – Sonda de perfuração

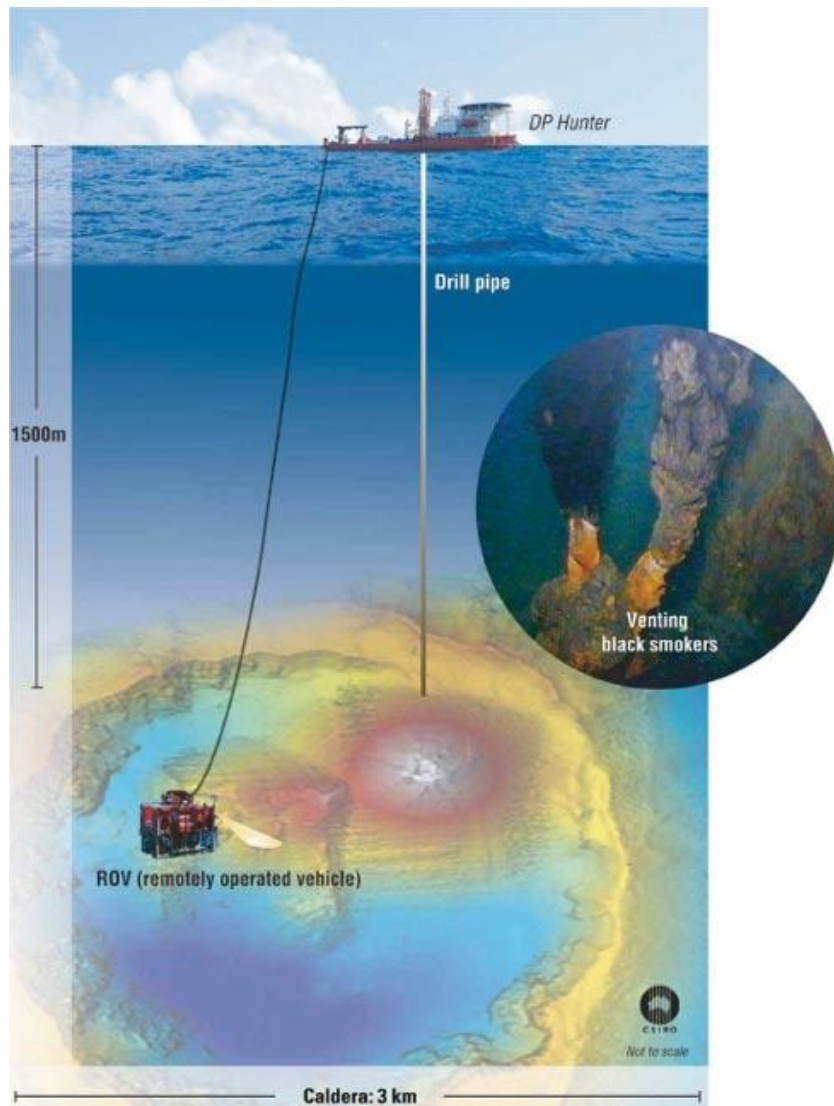
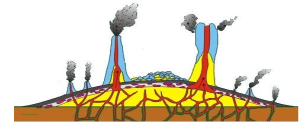
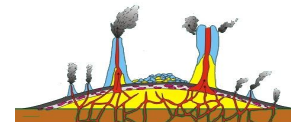


Figura 24 – Esquema do método de extração

O kermadec05 fez em 2005 cerca de 23 perfurações num local perto da costa da Nova Zelândia, e apesar dos resultados terem sido fracos em termos comerciais para as zonas exploradas, os valores da concentração de ouro, prata, cobre zinco e chumbo foram bastante promissores, e estão cada vez mais a ser melhorados de modo a otimizar a exploração.

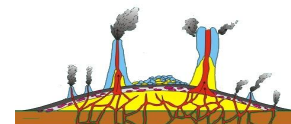


Elemento	Concentração
Ouro	11,2 g/ton
Prata	122 g/ton
Cobre	8,1 %
Zinco	5%
Chumbo	0,5 %

Tabela 1 - Concentrações encontradas pelo kermadec05

Apesar dos valores promissores, e dos obstáculos logísticos e políticos ultrapassados, ainda existe um risco ainda maior, e que é os riscos ambientais. Estas explorações colocam em risco não só todo o ecossistema próprio das fontes hidrotermais mas pelo seu impacto toda uma cadeia alimentar de grande parte do oceano. E tendo em conta a fragilidade e potencial destes ecossistemas será um risco enorme a eliminação destes ecossistemas antes de os pudermos entender e potenciar as suas aplicações em vários níveis.

Tendo isto em conta é de lembrar que só a empresa Neptune Minerals Plc. já tem concessão para [4 explorações](#) nos mares da Nova Zelândia e mais 1 na Micronésia, e mais [8 candidaturas](#) para locais como Nova Guiné, Itália e Japão.



Conclusões

É verdade que as fontes hidrotermais especialmente os “Black smokers” são um grande potencial para a extração de minerais?

Sim

É verdade que com a exaustão desses minerais em terra cada vez mais temos de nos virar para alternativas para manter o nosso estilo de vida?

Sim

Apesar dessas duas afirmações temos de pensar também os efeitos nefastos que tais explorações poderão ter.

O primeiro efeito imprevisível de uma possível exploração, é que influência poderá ter na mecânica delicada da Terra. São locais que estão em equilíbrio há milhões de anos, locais que nunca antes foram tocados, que influência poderá ter na própria geodinâmica da Terra? Poderão as possíveis consequências valer a pena?

É difícil responder quando nem se consegue prever quais poderão ser essas consequências, que poderão ser nenhuma mas que podem ser catastróficas.

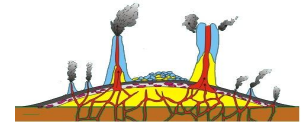
Por outro lado, temos um ecossistema novo para a ciência, ecossistemas delicados, e complexos, ecossistemas únicos, e ainda muito pouco estudados.

Como migram os seres entre fontes hidrotermais?

Poderão eles sobreviver há nossa influência?

Achamos que até ser possível responder a essas perguntas não deveria ser permitido, a exploração das fontes hidrotermais, pois corremos o risco de destruir e até levar à extinção de um ecossistema único, da qual até poderá ter surgido a vida na Terra, já para não mencionar a importância da biodiversidade da Terra que deve ser preservada, o potencial para a ciência destes seres é enorme, seres capazes de sobreviver nessas condições quer em termos evolutivos quer em termos bioquímicos são preciosíssimos. Desde da descoberta da Taq DNA Polimerase (*Thermus aquaticus*) que permite o processo de PCR, a genética tem evoluído muito rapidamente.

Logo a bioquímica de um todo ecossistema de um ambiente termófilo, as potencialidades são enormes e talvez a longo prazo tão rentável como a exploração mineira.



Por último os direitos de concessão; estamos a falar de locais onde é muito complicado definir direitos de propriedade, que foi pelas Nações Unidas determinado que as riquezas dos fundos oceânicos pertenceriam há humanidade.

Mas o que vemos actualmente são países a fornecerem direitos de concessão a empresas mineiras, vemos tecnologia a evoluir no sentido de conseguir explorar locais que permaneceram protegidos do Homem por milhões de anos, vemos serem efectuados testes de prospecção já com valores e estudos de viabilidade.

A exploração das fontes hidrotermais já começou, e se os resultados forem tão promissores como parecem, a sua massificação será uma questão de anos.

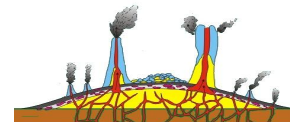
Se entendemos a necessidade de matérias-primas para o nosso estilo de vida e até da nossa sobrevivência, temos também de questionar até onde podemos ir para manter esse estatuto.

Não será muito mais rentável e seguro, apostar em materiais alternativos? Até quando poderemos manter este ritmo de exaustão dos recursos do planeta? Até quando conseguiremos aguentar este crescimento exponencial de consumo do planeta?

Será que devemos apostar na mesma postura com a qual enfrentamos os outros problemas globais, ou seja apostar no imediato e lidar com as consequências quando elas surgirem?

Essas são as questões que deixamos para pensar.

De modo algum estamos contra o progresso e a manutenção do nosso estilo de vida, mas questionamos até que preço estaremos dispostos a pagar para tal, e acreditamos que é possível uma exploração sustentável dos recursos do planeta de uma forma mais moderada, atingindo o ponto de equilíbrio entre a regeneração dos mesmos e o nosso consumo, levando então para um estilo de vida muito mais saudável e duradouro do que a política consumista que se vive actualmente.



Bibliografia

<http://www.pmel.noaa.gov> – consultado 17/5/07

<http://www.neptuneminerals.com/> – consultado 17/5/07

<http://www.udel.edu> – consultado 17/5/07

<http://www.ocean.udel.edu> – consultado 17/5/07

<http://www.ocean.udel.edu/> – consultado 17/5/07

<http://correio.cc.fc.ul.pt/~fbarriga/Barriga1998-ExpoPort.pdf> – consultado 17/5/07

<http://zircon.dcsa.fct.unl.pt/dspace/bitstream/123456789/201/1/14-4.PDF>

– Consultado 17/5/07

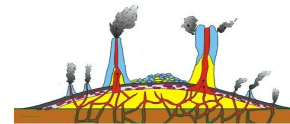
<http://www.amnh.org/> – Consultado 17/5/07

<http://www.cdr.isa.org.jm/> – Consultado 17/5/07

<http://www.nio.org/> – Consultado 17/5/07

<http://www.ifremer.fr/> – Consultado 17/5/07

<http://iodp.tamu.edu/> – Consultado 17/5/07



Anexos

Cronologia de eventos relacionados com os fundos oceânicos

1818

Sir John Ross baixa uma linha a mais de 1 milha de profundidade no oceano atlântico norte, e trás um monte de vermes e uma estrela do mar gigante.

1843

Edward Forbes sugere que não pode existir vida abaixo dos 540 metros de profundidade (300 fathoms).

1858

É criado o primeiro telégrafo transatlântico, a sua colocação é precedida por exploração dos fundos oceânicos.

1859

Darwin origem das espécies, sugere que os fundos oceânicos são um santuário de fósseis vivos.

1864

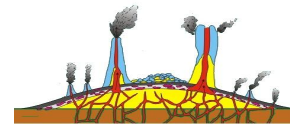
Nórdicos trazem à superfície um fóssil vivo apenas encontrado anteriormente em rochas com 120 milhões de anos.

1870

As 20.000 léguas submarinas de Júlio Verne sugerem a inexistência de vida nos fundos oceânicos.

1872-76

O navio inglês Challenger navega o globo, encontrando cadeias montanhosas e uma série de seres até então desconhecidos.



1892

O príncipe Alberto do Mónaco inicia a busca das regiões mais profundas do oceano, encontrando novas espécies de enguias, peixes e polvos.

1920

Alexander Behm navega os mares do norte e testa um novo método de medição de profundidade, denominado “echo sounding” (primórdio do sonar).

1925

Fritz Haber inicia a expedição “German Meteor” com o intuito de explorar ouro dos fundos oceânicos.

1934

William Beebe e Otis Barton descendem até meia milha de profundidade em uma esfera e observam pela primeira vez um mundo de luzes vivas e peixes bizarros.

1938

Pescadores do sul de Africa puxam um peixe gigantesco identificado como o celacanto, um fóssil vivo que se pensava extinto desde do tempo dos dinossauros.

1950-52

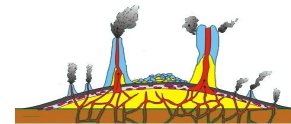
O navio dinamarquês Galathea arrega ancoras na zona mais profunda do oceano e trás ao de cima aglomerados de invertebrados.

1951

O navio inglês Challenger II lança som para o fundo do mar perto de Guam e descobre o que parece ser um abismo submarino, sendo o ponto mais profundo aproximadamente 7 milhas, sendo por isso dado o nome de Challenger Deep.

1952

Marie Tharp, ao estudar os ecos descobre que a crista media oceânica contem uma série de vales, o que vem a ser parte da rede vulcânica que compõe os fundos oceânicos.



1953

Auguste Piccard e o seu filho Jacques conseguem mergulhar até uma profundidade de aproximadamente 2 milhas.

1960

Jacques Piccard e Don Walsh mergulham na Challenger Deep, até 7 milhas de profundidade.

1961

São feitas as primeiras perfurações nos fundos oceanicos a mais de 2 milhas.

Robert Dietz, estuda os ecos e sugere que os rifts são cicatrizes invisíveis do interior da Terra que expandem lateralmente formando nova crosta oceânica.

1963

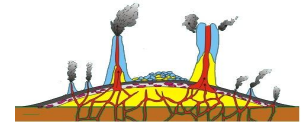
Thresher, o submarino mais avançado da América, naufraga a 1 milha e meia de profundidade, causando 129 mortes.

1964

A marinha America funda o Deep Submergence Systems Project para desenvolver melhor equipamento, para explorar os fundos oceânicos. É criado o submersível Alvin, o primeiro veículo pilotado, capaz de explorar os fundos oceânicos, com relativa facilidade.

1965

A marinha testa o primeiro robot submarino.



1966

Alvin e uma sonda robótica sondam o fundo do mediterrâneo para capturar uma bomba de nuclear perdida.

1967

Geólogos, concordam que o afastamento dos fundos oceânicos envolve cerca de uma dúzia de placas, que formam a crosta terrestre, e que se movem lentamente, mudando a forma do planeta.

1974

Uma equipa francesa-americana, mergulha na crista media atlântica, e descobre surpreendentemente que está coberto por lava.

1977

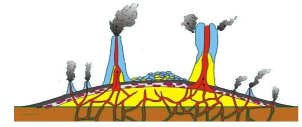
Uma equipa Americana mergulha no Alvin, até um rift no pacífico e descobre um aglomerado de fontes vulcânicas, com uma série de seres até agora nunca vistos, um ecossistema novo para a ciência.

1979

Uma equipa Americana ao explorar o golfo da Califórnia com o Alvin descobre uma série de chaminés minerais, que exalam nuvens de fumo negro, e que aquecem a água ao ponto de derreter chumbo.

1980

Cientistas propõem que os fundos oceânicos poderão ter sido o local originário de toda a vida do planeta.

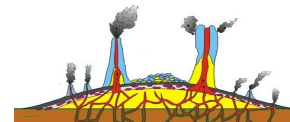


1982

É descoberto que várias cadeias vulcânicas do pacífico estão cobertas por vários metais raros, como cobalto. As nações unidas das leis dos oceanos propõem uma declaração na qual os minerais pertencem ao povo do mundo.

1992

Após longo estudo cientistas, concluem que os fundos oceânicos albergam cerca de 10 milhões de espécies, muito mais do que alguma vez encontrado em terra.



Lost City

Em Dezembro de 2000 foi descoberta mais uma pequena “cidade” ao largo dos Açores na crista média oceânica, descobriram uma nova chaminé da cor da neve onde água borbulhava com o calor. Descobriam então uma “redwoodforest” de espiras apenas a 60 metros de profundidade à qual chamaram “A Cidade Perdida” (Lost City). Lost City é uma nova variedade de chaminés que emitem água quente em que a temperatura anda por volta dos 40°C a 80°C. Este calor emitido resulta de uma reacção química entre a água aquecida e a peridotite. Quando uma solução alcalina emerge, o carbonato de cálcio cristaliza e depositam-se formas parecidas com as estalagmites.

Na figura seguinte encontramos a localização exacta da cidade Lost City assim como uma das estruturas que podemos encontrar a chamadas chaminés cor de neve.

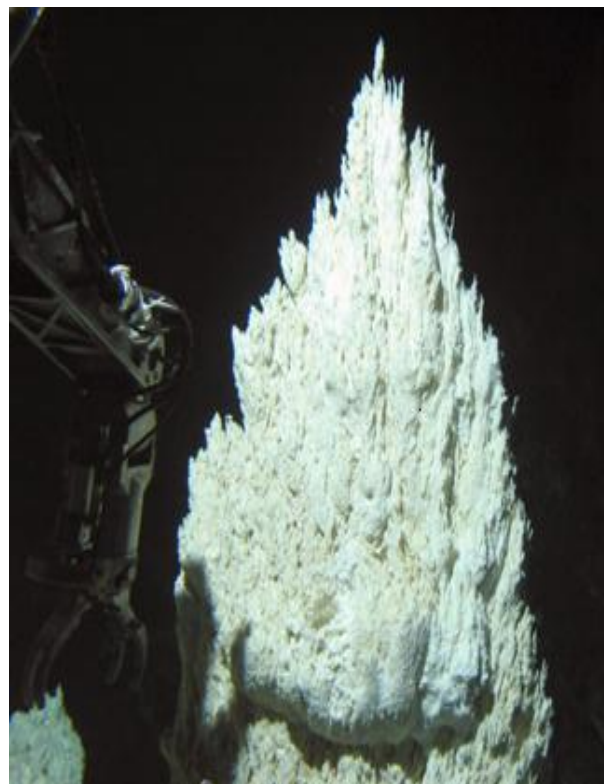
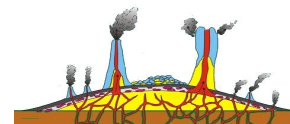




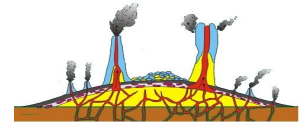






Figura 1 – Localização exacta de Lost City na na imagem da esquerda e na imagem da direita uma das estruturas encontradas as chaminés cor de neve.

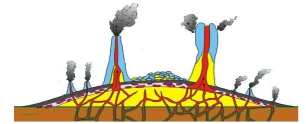


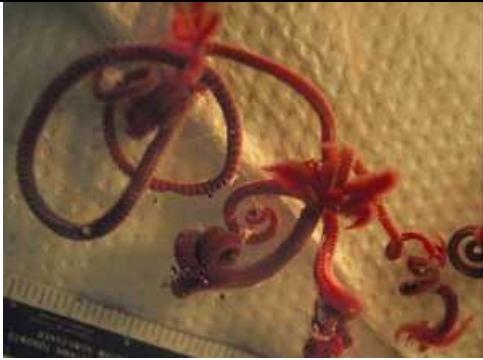



Mais seres encontrados nas fontes hidrotermais

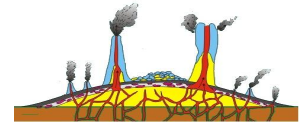
<p>Spire Snail (<i>Provanna variabilis</i>)</p>	
<p>Vent Fish (<i>Pachycara gymminium</i>)</p>	
<p>Polvo (<i>Graneldone sp</i>)</p>	
<p>Squat Lobster (<i>Munidopsis alvisca</i>)</p>	



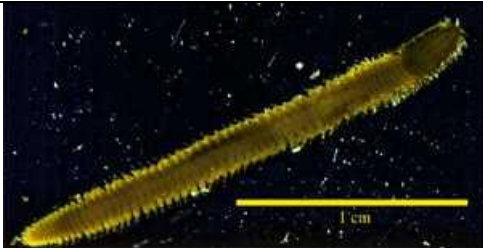



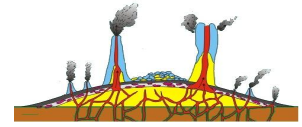
<p>Ostracod <i>(Euphilomedes climax)</i></p>	
<p>Fathead Sculpin <i>(Psychrolutes phrictus)</i></p>	
<p>Rattail Fish <i>(Coryphaenoides acrolepis)</i></p>	
<p>Red Scaleworm <i>(Levensteiniella kincaidi)</i></p>	



<p>Dela Worm (<i>Paralvinella dela</i>)</p>	
<p>Palm Worm (<i>Paralvinella palmiformis</i>)</p>	
<p>Scale Worm (<i>Branchinotogluma grasslei</i>)</p>	
<p>Dorvellid Worm (<i>Parougia wolffi</i>)</p>	



<p>Bamboo Worm (<i>Nicomache venticola</i>)</p>	
<p>Nereid Worm (<i>Nereis piscesae</i>)</p>	
<p>Verena Worm (<i>Protomystides verenae</i>)</p>	
<p>Vent Spider (<i>Ammothea verenae</i>)</p>	



Este trabalho foi realizado por:

Catarina Pereira N° 12943

João Mouro N° 14804

Vera Gomes N° 16019