

**POTENCIALIDADE DE APROVEITAMENTO DAS MINAS ABANDONADAS PARA
A GERAÇÃO DE ENERGIA GEOTÉRMICA NO BRASIL SOBRE O PRISMA
GERENCIAL DE SUSTENTABILIDADE.**

**POTENTIAL FOR THE USE OF ABANDONED MINES FOR THE GENERATION OF
GEOHERMAL ENERGY IN BRAZIL ON THE PRISM OF MANAGERIAL
SUSTAINABILITY**

Livia Maria Cruz Gonçalves de Souza¹

Resumo

Este trabalho busca demonstrar a possibilidade de aproveitamento de energia geotérmicas no Brasil a partir da utilização das minas abandonadas numa perspectiva sustentável. O estudo foi motivado pela indagação de como a energia geotérmica poderia ser utilizada como auxiliar da matriz energética em prol da diminuição dos gases de efeito estufa no Brasil e para aproveitamento das áreas pós mineração. Para tanto faz-se uma breve análise, por meio do método indutivo, do contexto do setor minerário brasileiro e das minas subterrâneas do país, como também sua implicação com a energia geotérmica. Além disso, o artigo visa demonstrar o gerenciamento das minas no que tange o plano de recuperação de áreas degradadas e aponta a possibilidade de implantação de a energia geotérmica como forma de utilização dessas áreas. Nesse sentido considera o potencial energético para geração de energia direta por meio de bombas de calor e o número de minas encontrado na região. De modo a contribuir com a proteção ambiental, o desenvolvimento social e econômico pós fechamento da mina.

Palavras-Chave

Energia geotérmica; Minas subterrâneas; Sustentabilidade.

Abstract

This paper seeks to demonstrate the possibility of using geothermal energy in Brazil from the use of abandoned mines in a sustainable perspective. The study was motivated by the question of how geothermal energy could be used as auxiliary energy matrix towards the reduction of

¹ Advogada. Mestranda em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pela Escola Superior

greenhouse gases in Brazil and utilization of post mining areas. For both it is a brief analysis by the inductive method, the context of the Brazilian mining industry and the underground mines of the country, as well as its implication to geothermal energy. Furthermore, the article seeks to demonstrate the management of mines in terms of the plan the recovery of degraded areas and addresses the possibility of deployment of geothermal energy as a way to use these areas. Accordingly considers the energy potential for generating energy through direct heat pumps and the number of mines found in the region. To contribute to environmental protection, social and economic development after mine closure.

Key-Word

Geothermal Energy; underground Mines; Sustainability.

1 Introdução

O consumo de energia vem aumentando cada vez mais, tanto o é que o Brasil embora tenha várias hidroelétricas, vem utilizando termoelétricas e outras fontes de energia renováveis como a eólica e a solar para abastecer esse mercado.

Ocorre que a produção de energia depende de combustível fóssil, no caso o carvão, fruto da mineração. A queima desse combustível, causa alterações climáticas, pois é poluente ao meio ambiente o que levanta questionamentos sobre sua utilização.

Este trabalho tem por objeto analisar a possibilidade de aproveitamento de bocas de minas abandonadas, decorrentes da extração do carvão, para a geração de energia geotérmica no Brasil.

Diante das discussões travadas entre os defensores do desenvolvimento econômico e os ambientalistas iniciadas desde a Convenção de Estocolmo em 1972 e na Convenção do Rio de 1992, faz-se necessário buscar novas formas de gestão dos recursos naturais, minimizando os gastos e dando enfoque para alternativas mais sustentáveis.

Neste contexto encontra-se a atividade minerária de um lado e a proteção ao meio ambiente do outro.

A mineração é responsável por grande parte do desenvolvimento econômico do país, no entanto carrega consigo o encargo de ser também uma atividade consideravelmente poluidora (RIBEIRO, 2013).

Diante desse fato a proteção ambiental se torna cada vez mais necessária para minimizar os efeitos das atividades degradantes ao meio ambiente.

O intuito desse trabalho não é incentivar a paralisação da atividade minerária, mas sim avaliar a possibilidade de implementação de uma fonte de energia renovável como a energia geotérmica, aproveitando a cavidade das minas subterrâneas como parte do plano de recuperação de área no fechamento de mina. Tal processo poderia contribuir para a minimização de novos impactos ambientais além de propiciar a geração energia mais limpa.

O artigo inicia uma análise sobre o setor minerário brasileiro e a situação das minas subterrâneas ativas e ou abandonadas, como também aquelas com previsão de fechamento.

Em seguida, há um esclarecimento sobre energia geotérmica e sua implicação com o setor minerário, principalmente no que tange a utilização das bocas de minas. Além disso, aponta essa forma de geração de energia como um auxiliar da matriz energética atual.

Após os pontos antecedentes passa-se a análise do gerenciamento dessas minas abandonadas ou próximo do seu fechamento, demonstrando a real situação e o que poderia ser feito de modo a contribuir com o desenvolvimento do Brasil de forma sustentável menos impactante ao meio ambiente.

Ao final aponta quais fatores potenciais contribuiriam para que essa forma de energia renovável fosse utilizada com o aproveitamento das minas subterrâneas, ajudando não só a matriz energética do país, mas contribuindo com a proteção ambiental, social e econômica da região.

2 Mineração no Brasil e as bocas de minas abandonadas

A atividade minerária no Brasil vem crescendo cada vez mais, dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) apontam que desde 1999 até 2006 houve um aumento de 1704 minas para 2641.

Bom frisar que no ano 2000 um ano após o primeiro levantamento do DNPM o país já contava com 1862 minas. Estas tinham o valor de produção mineral entorno de R\$ 33,849 bilhões. Sendo que mais de cinquenta por cento desse total é equivalente a produção de minério energético como carvão, gás natural e petróleo (CDEM, 2000).

Em 2004 a mineração era responsável por 4,5% do PIB brasileiro, nesta época 2370 minas estavam em atividade (KOPPE, 2006. p. 5)

No ano de 2006 como já mencionado o Brasil contava com 2.641 minas, das quais, grande parte era destinada a exploração de minerais não metálicos, como se observa do estudo feito pelo economista Carlos Augusto Neves.

Do total das minas no País em 2006, 86,1% são de minerais destinados à cadeia produtiva da indústria de construção civil (amianto, areias, argilas, calcário, gipsita,

rochas britadas e ornamentais). Destes, a areia está representada por 745 minas, rochas britadas e cascalho com 654 e argilas por 462. Ao longo dos últimos seis anos esses sete bens minerais vêm preservando sua importância no número total de minas. (NEVES, 2007. p. 10)

Por outro lado a extração de minerais metálicos e energéticos, nesse mesmo ano, embora não tivessem o mesmo quantitativo de minas, contribuíram de certo modo para o crescimento do país.

Isto se justifica pelo fato do ferro (mineral metálico) ter gerado até então valor de produção maior que qualquer outro minério. O carvão entretanto, destacava-se como o minério responsável pelo maior número de minas dentre os minerais energéticos (NEVES, 2007). Além de ser uma grande fonte de energia para as termoelétricas. Embora, sua extração seja poluente ao meio ambiente.

Faz-se necessário esclarecer que a extração mineral pode ser feita por mineração de superfície ou subterrânea. A primeira é desempenha por maquinário que fará a retirada do rejeito para poder atingir o minério. Ela pode ser feita pelo método à céu aberto ou em tiras. (MILLER, 2007)

Quando se remete à lavra em tiras, significa dizer que a extração está ocorrendo em terrenos planos. Nesse método o rejeito é retirado, o minério extraído e a vala preenchida com o estéril e faz-se nova escavação ao lado (MILLER, 2007). O nome talvez se justifique, pois, com o passar do tempo é possível perceber uma sequência de canteiros paralelos, formando verdadeiras tiras extensas de estéril remexido.

Rejeito e estéril, aqui mencionados são entendidos como dispõe a resolução 29 do Conselho Nacional de Recursos hídricos,

Art. 1º Para efeito desta Resolução consideram-se:

VI - estéril: qualquer material não aproveitável como minério e descartado pela operação de lavra antes do beneficiamento, em caráter definitivo ou temporário;

VII - rejeito: material descartado proveniente de plantas de beneficiamento de minério; (BRASIL, 2002)

Já a lavra a céu aberto é a mais utilizada, seja pela extração de ouro, cobre, areia, cascalho e ou pedras. É feita por meio de bancos em cava ou em encostas, o que determinará se uma ou outra será o estudo do terreno segundo o Ministério de minas e Energia.

A mineração subterrânea no entanto, é aquela responsável pela extração de minério que está localizado mais distante da superfície (MILLER, 2007). Significa dizer que é necessário cavar poços profundos com tecnologia adequada para se chegar ao depósito mineral.

Este tipo de mineração, ainda é pouco utilizado no Brasil, segundo o Plano Nacional de Mineração 2030, em 2007 existiam 47 minas por meio de lavra subterrânea, corrobora esse pensamento o texto de Jair Carlos Koppe (2006 p. 12):

a atividade de lavra subterrânea no Brasil é muito pouco desenvolvida existindo um número restrito de minas subterrâneas, cerca de 30 minas que representam menos de 2% das minas existentes no país (não foram consideradas as atividades de garimpo em subsolo), situação essa que deverá mudar no futuro à medida que novos depósitos de metálicos em profundidade forem descobertos. Os métodos de lavra mais empregados no Brasil são: câmeras e pilares, sub-níveis, corte e enchimento (cut-and-fill), VCR (vertical crater retreat) e sublevel caving.

Estudos apontam que a extração subterrânea tende a ser o método mais indicado para proteção ambiental. Pois, “prejudicam a terra menos de um décimo do que as minerações de superfície e, em geral, produzem menos resíduos” (MILLER, 2007. p. 313).

Ocorre que, embora haja tal expectativa, não se pode deixar de considerar os pontos negativos de tal escolha. Por ser necessário escavação de poços profundos pode ocorrer subsidência do solo. Explosões no interior da mina, como no caso do Chile e mais recentemente na Turquia, noticiado pela mídia, causando a morte de várias pessoas. Além da contaminação do solo, há prejuízo à saúde dos trabalhadores que atuam no interior da mina, por inalarem pó de minério por tempo prolongado. (MILLER, 2007).

A atividade extrativa de carvão no Brasil se concentra na região Sul do país, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Coincidência ou não a mesma região que se encontra grande parte das minas subterrâneas do país.

Metade das minas subterrâneas do Brasil está concentrada na produção de carvão nos estados de Santa Catarina (12) e Paraná (1), onde o método dominante é o de câmeras e pilares. As profundidades das minas variam de 40 a 200 metros, sendo que a Carbonífera Metropolitana está estudando a possibilidade de desenvolver a lavra em profundidades maiores (300 metros). Para evitar subsidência o DNPM restringiu a recuperação de pilares. A lavra é desenvolvida a partir do desmonte de rocha com emprego de explosivos, prática distante da lavra mecanizada em atividade nos USA. Algumas tentativas de utilização de mineradores contínuos foram feitas sem muito sucesso. No Rio Grande do Sul chegou a ser empregado o método de longwall, posteriormente abandonado devido essencialmente a característica inapropriada daquele depósito de carvão para aplicação desse método. (KOPPE, 2006. p. 12)

No Estado de Santa Catarina a atividade minerária do carvão, contribuiu significativamente com a degradação ambiental. De tal modo que o Ministério Público Federal ajuizou uma Ação Civil Pública nº 93.8000533-4, em 1993, contra a União, Estado de Santa Catarina e empresas carboníferas da região, para que o dano fosse reparado e os responsáveis penalizados.

Em 2000 o Juiz Federal Paulo Afonso Brum Vaz, proferiu sentença condenando solidariamente os réus, à recuperação do dano ambiental. Foi a primeira sentença na história do país, que condenou a União e as mineradoras a repararem o dano ambiental.

julgo procedente pedido principal para condenar os réus a apresentar dentro de seis meses cronograma mensal de etapas a serem executadas e executa um projeto de recuperação no prazo de 3 anos, da região que compõe a Bacia Carbonífera do Sul do Estado” contemplando “as áreas de depósitos de rejeitos, áreas mineradas a céu aberto e minas abandonadas, bem como o desassoreamento, fixação de barrancas, descontaminação e retificação dos cursos d’água, além de outras obras que visem amenizar os danos sofridos principalmente pela população dos municípios-sede da extração e do beneficiamento (VAZ, 2000)

No ano de 2007 o acórdão prolatado pelo ministro João Otávio Noronha manteve parte da sentença em prol do meio ambiente e condenando a União e as mineradoras.

Após esse julgado foi determinado a criação de um plano de recuperação ambiental que envolvesse a fauna, a flora, o solo e os recursos hídricos da bacia carbonífera da região.

Necessário se faz, apontar que o Estado Catarinense apresentava 809 bocas de minas abandonadas, das quais 109 estavam gerando acidez. Desse montante 49% estavam fechadas e 51 % abertas. (KREBS, 2010).

Ao analisar os dados até agora apresentados percebe-se um crescimento abrupto de minas do período de 2006 a 2010. Ou seja, saiu de 49 minas (dados do Plano Nacional de Mineração) para 809 (dados do Grupo Técnico de assessoramento do cumprimento de sentença). Sendo que este montante, refere-se à minas abandonadas só no Estado de Santa Catarina, sem mencionar aquelas em atividade. Distorcidamente as 49 minas apontadas se referem as existentes no país.

Tal proposição leva a crer que não era feito monitoramento e fiscalização adequados pelo órgão responsável, no caso o DNPM.

O Decreto lei 227 de 1967 estabelece no artigo primeiro que a União deve administrar os recursos minerais, a indústria de produção mineral e a distribuição, o comércio e o consumo de produtos minerais. Logo é notório que o ente federado assumo o papel de gestor do bem ambiental mineral.

Ainda nessa seara o artigo terceiro do mesmo diploma legal, deixa clara a competência fiscalizatória no que tange a mineração.

Art 3º Este Código regula:

I - os direitos sobre as massas individualizadas de substâncias minerais ou fósseis, encontradas na superfície ou no interior da terra formando os recursos minerais do País;

II - o regime de seu aproveitamento, e

III - a fiscalização pelo Governo Federal, da pesquisa, da lavra e de outros aspectos da indústria mineral.

§ 1º. Não estão sujeitos aos preceitos deste Código os trabalhos de movimentação

de terras e de desmonte de materiais *in natura*, que se fizerem necessários à abertura de vias de transporte, obras gerais de terraplenagem e de edificações, desde que não haja comercialização das terras e dos materiais resultantes dos referidos trabalhos e ficando o seu aproveitamento restrito à utilização na própria obra.

§ 2º. Compete ao Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM a execução deste Código e dos diplomas legais complementares. (BRASIL, 1967)

Curiosamente, os dados apresentados do quantitativo de minas abandonadas, somente foi possível após sentença mencionada anteriormente pela degradação ambiental em Criciúma no Estado de Santa Catarina.

Com os planos integrados para fechamento de boca de minas, foi possível fazer uma análise mais efetiva da área permitindo a contabilidade real do número de minas abandonadas na região. Além, de promover as medidas necessárias no que tange a diminuição da acidez e contaminação dos rios.

Quando se fala em uma boca de mina significa dizer que se está referindo a entrada da mina subterrânea, como se observa,

“boca de mina” é usado neste trabalho para designar as aberturas construídas para acesso à camada de carvão nas minas subterrâneas e incluem: plano inclinado, galerias de encosta, poço de ventilação e poço de serviço. Além das obras de acesso, também, foram mapeados os caimentos de mina, furos de sondagem e poços de pesquisa. (KREBS, 2010)

Para esse trabalho não foi encontrado dado que apontasse o número de minas em fase de encerramento, exceto as catarinenses, nem as atuais em atividade. Documentos do órgão responsável pela fiscalização das minas subterrâneas no que tange a existência, apontam que é um método pouco utilizado e nada informa quantitativamente no contexto atual.

3 Produção de energia geotérmica

O planeta Terra é composto de três camadas quais sejam, o núcleo, o manto e a crosta. O primeiro é a parte mais interna por isso a mais quente podendo chegar a uma temperatura de 4.000 °C. (HINRICHS, 2010)

O manto ou magma é uma estrutura líquida densa formada de rocha semifundida e superaquecida, ele está entre o núcleo e a crosta. É o responsável pelo aquecimento da litosfera. Sua temperatura pode atingir de 300 °C a 350 °C (DICKSON, 2004).

A Crosta nada mais é que a parte superficial da Terra, podendo atingir, dependendo da sua posição geográfica, de 30 a 90 km de espessura (HINRICHS, 2010). Também podem ser classificadas como crosta continental ou crosta oceânica.

A união de qualquer das crostas à parte externa do manto, formam as placas tectônicas ou litosféricas, que estão em constante movimentação graças à convecção do manto. (MILLER, 2007).

Quando se fala em energia geotérmica, significa dizer que está se falando da energia renovável que advém do interior do Planeta. Ou seja, aproveita-se esse calor constante do magma para gerar energia direta ou indireta.

Vale frisar que a energia geotérmica está intimamente ligada à estrutura e localização das placas tectônicas, pois a borda dessas placas são mais finas e irregulares, permitindo que o magma se aproxime mais da superfície.

Estudos apontam que regiões vulcânicas possuem mais abalos sísmicos, o que evidencia a proximidade do magma à superfície (MILLER, 2007). Corrobora esse pensamento a análise de energia geotérmica nos Açores.

A energia geotérmica entre as renováveis é aquela que apresenta um maior potencial em consequência do processo de formação do arquipélago e da sua localização junto da Crista Médio Atlântica, na confluência de três placas tectônicas: Americana, Africana e Euroasiática, região com um enquadramento geoestrutural que proporciona uma intensa atividade vulcânica, bem como de outras manifestações superficiais indicadoras da enorme quantidade de energia endógena existente no subsolo em muitos locais do arquipélago. (BICUDO, 2010)

Nesse sentido poder-se-ia utilizar essa forma de energia constante para gerar energia mais limpa que aquela originada dos processos convencionais por queima de combustíveis fósseis.

Considerando que a combustão de gás libera 600g/khe de CO₂ na atmosfera, a do petróleo 890 g/khe e do carvão 950 g/Khe, a energia geotérmica pode ser um substituto de peso pois libera apenas 120 g/Khe. (DICKSON, 2004)

A busca por alternativas de energia mais limpa pode talvez justificar o crescimento da utilização de energia geotérmica. Mundialmente o uso direto da energia geotérmica é entorno de 76 TWh /ano, ao que tudo indica ocorreu um crescimento anual de 7,5% durante o período de 1999-2004. Só o continente europeu em 2004 produzia 42,9 TWh / ano (RODRIGUES, 2009).

A primeira vez que se utilizou energia geotérmica para geração de energia elétrica foi em 1904 em Larderello, na Itália. Após essa data vários países começaram as pesquisas e

posterior implementação e aperfeiçoamento dessa técnica de geração de energia. Entre eles pode-se citar Japão, Nova Zelândia e Estados Unidos. (DICKSON, 2004)

Este último possui um dos maiores campos de gêiseres do mundo, denominado de The Geysers, na Califórnia, trabalham com o sistema de geração de energia por vapor seco (HINRICHS, 2010).

O sistema de geração de energia pode ser iniciado por meio de baixa entalpia ou alta entalpia. Significa que, temperaturas de 20 °C a 150 °C podem gerar energia direta mas não eletricidade. Esta é originada por meio de altas temperaturas, ou seja, acima de 150 °C (DICKSON, 2004).

Todo calor encontrado na Terra acima de 15 °C até 15 Km de profundidade, pode ser considerado um recurso geotérmico. Para utilização desse recurso existem quatro sistemas aqui considerados, os hidrotermais, os sistemas de rochas quentes, os reservatórios geopressurizados e os sistemas de baixa temperatura (HINRICHS, 2010).

Os sistemas hidrotermais, podem ser secos ou úmido, dependerá do que estará sendo aquecido no interior da superfície, vapor ou água. No caso dos sistemas úmidos, a água fica armazenada em reservatórios de rochas superaquecidas que elevam a pressão e a temperatura da água a aproximadamente 370 °C. Quando atinge o ponto de ebulição o montante é expulso para fora da superfície por meio dos gêiseres.

Assim ao utilizar esse sistema para energia geotérmica há o aproveitamento da água e do vapor separadamente ou em conjunto, também chamados de sistema *single flash* ou *double flash*.

single flash (1F) é o segundo método, utilizado em casos onde os recursos geotérmicos produzem, água com temperaturas elevadas ou uma combinação de vapor e água aquecida. O vapor deve ser separado do restante do fluido para ser utilizado como propulsão dos geradores elétricos. Quando o processo de separação é realizado duplamente dá-se a esse método o nome de double flash (2F), (RABELO, 2002).

Em um ou noutro sistema, o responsável pela geração de eletricidade será o vapor, que girará as turbinas. Pode ocorrer que ao separar a água do vapor essa seja utilizada para gerar energia direta ou retorne para o depósito subterrâneo após seu resfriamento.

Nos sistemas hidrotermais secos os reservatórios possuem apenas vapor, ou seja, a água entrou em ebulição no subsolo. O aproveitamento do vapor para geração de eletricidade é direto não necessitando de separá-lo da água como no outro sistema.

conhecido como dry steam (DS), é utilizado quando a fonte geotérmica produz diretamente vapor através do poço. Possuindo sempre temperaturas elevadas, essas fontes produtoras essencialmente de vapor são, infelizmente, as mais raras fontes geotérmicas, estando na sua maioria disponíveis em algumas formações de geysers. (RABELO,2006)

Por esse método a Usina The Geysers na Califórnia conseguiu atingir mais de 2.000 MW na década de oitenta (HINRICHS, 2010).

Já a energia gerada por meio de rochas secas quentes é um sistema que utiliza um reservatório artificial de água para o aproveitamento do calor das rochas subterrâneas. Para tanto, é necessário criar um mecanismo para que a água desça até o reservatório e depois seja bombeada para fora para o aproveitamento do vapor.

Essa fonte pode ser explorada por meio da circulação de água através de fendas para extrair a energia calorífica. Reservatórios artificiais podem ser construídos pela fratura hidráulica dessas rochas e, então, circular a água por meio das fendas. (HINRICHS, 2010).

Esse sistema pode ser mais utilizado que os sistemas hidrotermais, pois não há necessidade de encontrar um aquífero nas condições ideais para ser utilizado. Tal circunstância pode ser criada pelos empreendedores, o que torna uma fonte de energia geotérmica mais acessível. Contudo é indispensável encontrar a zona rochosa aquecida no interior da Terra.

Os reservatórios geopressurizados são aqueles que possuem águas profundas em altas temperaturas e pressões, conforme expõe Roger Hinrichs, 2010, p.681)

Reservatórios geopressurizados consistem em água salobra quente localizada em áreas grandes (não em pontos quentes pequenos e localizados, próximos à superfície), profundas (3.000m a 6.000m) e normalmente submetidas a pressões de até 10.000psi.

É o sistema menos utilizado pois não existe ainda tecnologia suficiente para alcançar tal profundidade.

Até agora procurou-se demonstrar a utilização da energia geotérmica para geração de energia elétrica, restou falar dos sistemas de baixa entalpia que utilizam temperaturas menores que 150 °C.

Essa forma de geração de energia é muito utilizada em alguns países, por ela o calor do subsolo é transferido por meio de uma bomba de calor com um fluido que elevará a temperatura, gerando calor. Este será aproveitado para aquecimento de residência, piscinas, escritórios, estufas. Estima-se que existem 550 mil bombas de calor em funcionamento no mundo, a cada ano 66 mil são instaladas (RODRIGUES, 2009).

A partir desse sistema de transferência de calor do subsolo para outro local com o intermédio da bomba de calor, é possível adquirir energia mais superficialmente, não necessitando de escavações profundas, evitando subsidências e degradação ambiental.

Nesse sentido é que surge a viabilidade de aproveitamento de minas subterrâneas para a geração de energia. Pois a perfuração do solo já foi feita, o que se fará é o aproveitamento dessa cava para outra finalidade, qual seja aquecimento.

A exemplo disso, a Universidade de Oviedo, Astúria, Espanha vem pesquisando a utilização de energia geotérmica a partir de minas subterrâneas abandonadas. O projeto propõe a utilização da água colocada nas minas subterrâneas para geração de energia, aproveitando o calor profundo existente nas próprias minas. (RODRIGUES, 2009).

A primeira experiência sobre utilização de minas abandonadas para potencial geotérmico iniciou em Springhill, no Canadá em 1989. Na verdade as cidades que hoje se encontram próximo das minas abandonadas não conseguem deslocar energia a baixo custo, pois geralmente estão distantes dos grandes centros. (MICHEL, 2009)

Assim a necessidade de utilizar novas fontes de energias renováveis se fez presente, a tal ponto que outras cidades começaram a adotar esse modelo como Nova Scotia, Quebec e YellowKnife no Canadá.

Um dos requisitos para o sucesso do empreendimento, é que a mina esteja em funcionamento para instalação da estrutura da usina de energia geotérmica. Faz-se necessário frisar que a utilização da mina antes de seu encerramento está ligada à diminuição dos custos para implantação de toda estrutura geotérmica.

É sabido que dentro de uma mina subterrânea o calor tende a aumentar. Geologicamente a crosta terrestre aumenta sua temperatura 30 °C a cada quilômetro que aprofunda em direção ao manto (HINRICHS, 2010).

Assim os estudos demonstram que é possível utilizar esse calor para o aquecimento da água que entra com uma temperatura de 10 °C percorre as galerias subterrâneas e sai com oito ou nove graus a mais (RODRIGUES, 2009).

Na verdade aproveita-se a cavidade profunda da mina para instalar um sistema de bomba de calor, mencionado anteriormente. Assim a água é bombeada para o interior da mina, aquecida pelas paredes rochosas e a energia é retirada por um sistema de troca de calor por meio dessa bomba. Em seguida a água é reinjetada no poço da mina para ser novamente aquecida.

Este sistema pode gerar 215 KW utilizando 20m³ de água se a mina escolhida tiver 500 m de profundidade. Este valor seria suficiente para abastecer 35 casas ou 150 apartamentos. (RODRIGUES, 2009).

Logo se vê que a energia geotérmica não deve ser encarada como uma matriz energética mas como uma auxiliar da matriz. Diminuindo a queima de combustíveis fósseis e consequente aumento dos gases de efeito estufa que corroboram com o aquecimento global.

Além disso, bom lembrar que, tal empreendimento ajudaria a cumprir a meta estabelecida no Protocolo de Quioto criado em 1997, internalizado no ordenamento jurídico brasileiro pelo Decreto 5.445 de 2005, no que tange a implantação de formas de energias renováveis nos países partes do tratado.

O aproveitamento de minas subterrâneas para energia geotérmica traz consigo algumas vantagens. Além da diminuição dos custos de implantação do projeto, da menor eliminação de CO₂ da atmosfera e consequentemente ser uma energia mais limpa que as convencionais ela não necessita queimar combustível fóssil. Além de ser um recurso energético constante se comparado com outras fontes renováveis como solar e eólica que são intermitentes.

Do mesmo modo é um recurso existente em todos os países, alguns com zonas mais aquecidas que outros mas todos banhados pelo magma. Nesse sentido, basta incentivo às pesquisas e tecnologia para alcançarem essa fonte de calor. O que favoreceria a política energética de cada Estado, diminuindo a dependência dos recursos energéticos dos países fornecedores (RODRIGUES, 2009).

Outro ponto favorável no que tange a energia geotérmica e as minas subterrâneas, é que a área de instalação pode ser feita em terrenos pequenos próximo às cidades, ou em campos pastoris sem prejudicar o ambiente.

4 Fechamento de mina e probabilidade de implantação de energia geotérmica, uma perspectiva sustentável .

Desde 1972 com a Convenção de Estocolmo, as questões ambientais vem sendo pauta de vários debates, principalmente no que tange a qualidade de vida das pessoas.

A degradação ambiental nos últimos tempos chamou atenção de vários países, para que providências fossem tomadas com a finalidade de proteger o meio ambiente ou minimizar os efeitos das atividades antrópicas.

Nesse sentido expõe Norma Sueli Padilha,

A alteração radical do comportamento humano, nos dois últimos séculos, na sua relação com a natureza, não produziu apenas riqueza e conforto mas também muito desequilíbrio ambiental, pois o uso predatório dos recursos da Terra, principalmente pelas nações mais desenvolvidas do planeta, gerou uma alta taxa de poluição do ar,

das águas, do solo e a completa destruição de ecossistemas naturais, afetando o complexo equilíbrio planetário e, inclusive a própria expectativa de continuidade dos níveis de consumo de bens essenciais à qualidade de vida da espécie humana. (PADILHA,2010.p.4)

Em 1992 na Cúpula da Terra a discussão era pautada entre desenvolvimento econômico e proteção ambiental. Nesse sentido surgia o termo desenvolvimento sustentável, que em um primeiro momento era visto como a possibilidade de um país se desenvolver utilizando os recursos naturais de forma racional, garantindo às gerações vindouras a mesma oportunidade.

Interessante frisar que, em momento posterior viu-se a necessidade de incluir as questões sociais no contexto do desenvolvimento sustentável. Com isso, o foco da sustentabilidade se tornou mais amplo, passando a considerar não só os recursos naturais e crescimento econômico como também o desenvolvimento social. (Fiorillo, 2007)

O relatório “nosso futuro Comum” feito pela comissão Brundtland, responsável pela introjeção do termo sustentabilidade no contexto mundial, deixa claro que na atual conjuntura de degradação ambiental, era necessário desenvolver sem comprometer a necessidade das gerações futuras.

“O desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades.

Na sua essência, o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, o direcionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão em harmonia e reforçam o atual e futuro potencial para satisfazer as aspirações e necessidades humanas.” (ONU, 1987. Disponível em <http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-e-o-meio-ambiente/>)

Nesse sentido, é possível perceber que, no Brasil a base triangular do desenvolvimento sustentável está descrita na Constituição da República de 1988, que considera ao mesmo tempo a proteção ao meio ambiente no art. 225 e a ordem econômica art. 170 e seus incisos. Por uma interpretação sistemática nota-se que, tanto o meio ambiente como o desenvolvimento devem conviver harmonicamente, de tal modo que um não seja o limitador do outro e juntos objetivem a justiça social.

Art. 170. A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios:

- I - soberania nacional;
- II - propriedade privada;
- III - função social da propriedade;
- IV - livre concorrência;
- V - defesa do consumidor;

VI - defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação;

VII - redução das desigualdades regionais e sociais;

VIII - busca do pleno emprego;

IX - tratamento favorecido para as empresas de pequeno porte constituídas sob as leis brasileiras e que tenham sua sede e administração no País.

Parágrafo único. É assegurado a todos o livre exercício de qualquer atividade econômica, independentemente de autorização de órgãos públicos, salvo nos casos previstos em lei.

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Diante de tal perspectiva o fechamento de mina entendido como a cessação definitiva das operações mineiras, conforme a norma 20.4.1,1 de regulação mineira (NRM-20) do DNPM, deve ser encarado não como uma etapa final de utilização da área mas, um procedimento que propiciará o desenvolvimento da região mesmo após o término dos trabalhos minerários. Corrobora desse pensamento José Cláudio Junqueira Ribeiro,

O fechamento de mina deve ser planejado desde a concepção do empreendimento, visando, sobretudo, garantir que no pós-mina os impactos ambientais, sociais e econômicos sejam mitigados e que a área impactada tenha condições seguras e estáveis, a partir das melhores técnicas de controle e monitoramento. Outro elemento importante é proporcionar à área impactada um uso futuro que respeite os aspectos socioambientais e econômicos da área de influência do empreendimento. (RIBEIRO, 2013.p.31)

Interessante salientar que a NRM-21 esclarece que o uso futuro de uma área é a sua utilização considerando a capacidade e o planejamento de uso pós-operacional.

Pensando desta forma seria possível acreditar que as bocas de minas abandonadas poderiam ser recuperadas para aproveitamento de outras finalidades, no caso desse trabalho o de geração de energia geotérmica.

O fechamento de mina não deve estar focado apenas na recuperação ambiental mas sim nos aspectos sociais e econômicos da região. Isto porque é necessário continuar o desenvolvimento daquele local, que não mais estará voltados para o minério. (RIBEIRO, 2013)

Assim os empreendimentos minerários deveriam e devem apresentar junto com o estudo de impacto ambiental (EIA) e o relatório de impacto ambiental (RIMA) o plano de recuperação da área degradada denominado de PRAD, conforme dispõe o artigo 1º do Decreto 97.632/89.

Entende-se como degradação e recuperação o que dispões o mesmo diploma legal.

Art. 2º Para efeito deste Decreto são considerados como degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem

algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais.

Art. 3º A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente. (BRASIL, 1989)

Bom frisar que a responsabilidade da recuperação é do empreendedor, pois ele é quem apresenta o PRAD logo ele deve arcar com os custos. Tanto o é que, quem decidirá se a medida recuperatória será voltada mais para recuperação do ambiente ou para o desenvolvimento econômico será ele. (RIBEIRO, 2013)

No mesmo sentido a Lei 6.938/81, que trata da política Nacional do Meio Ambiente, em seu artigo 4º impõe ao poluidor ou predador a obrigação de recuperar ou indenizar o dano.

O Conselho Estadual de Política ambiental (COPAM) do Estado de Minas Gerais, foi mais além, reconheceu que a atividade minerária é importante para o desenvolvimento, mas que deve atuar voltada para função ambiental.

Do mesmo modo, o COPAM considera ainda ser necessário o estabelecimento de instrumentos que garantam a execução da reabilitação das áreas mineradas e a proteção do meio ambiente, objetivando o uso futuro dessas áreas. Além de valorar o bem-estar da sociedade local, levando em conta os moldes da sustentabilidade.

Art. 3º O fechamento da mina deve ser planejado desde a concepção do empreendimento, tendo como objetivos primordiais:

I - garantir que após o fechamento da mina os impactos ambientais, sociais e econômicos sejam mitigados;

II - manter a área após o fechamento da mina em condições seguras e estáveis, com a aplicação das melhores técnicas de controle e monitoramento;

III - proporcionar à área impactada pela atividade minerária um uso futuro que respeite os aspectos sócio-ambientais e econômicos da área de influência do empreendimento. (COPAM, 2008)

Neste diapasão o Conselho de Política Ambiental determina que seja apresentado dois anos antes do fechamento da mina, o Plano Ambiental de Fechamento de Mina (PAFEM). Este nada mais é que um instrumento de gestão ambiental composto por todas as informações necessárias, visando à manutenção não só da segurança, como do monitoramento e da reabilitação da área impactada pela atividade extrativista.

Art. 5º Com antecedência mínima de dois anos do fechamento da mina, o empreendedor deverá protocolizar na unidade do órgão ambiental responsável pelo licenciamento do empreendimento o Plano Ambiental de Fechamento de Mina - Pafem, contemplando:

V - a apresentação de proposta de alternativas para uso futuro da área minerada, considerando os aspectos sociais, econômicos e ambientais da área de influência direta do empreendimento; (COPAM, 2008)

É sabido que dentre as etapas do fechamento de mina tem-se o descomissionamento, a reabilitação, monitoramento e manutenção e o pós fechamento da mina.

Significa dizer que o primeiro seria o momento de tomar medidas necessárias visando a desativação segura da mina para que aquele local seja utilizado para outros fins.

Na reparação ou reabilitação, os impactos originados da mineração seriam sanados ou minimizados. Minimizados pois, se for considerado que o ambiente uma vez degradado não retorna ao estado que era antes, seria possível chegar próximo do que era e não exatamente retornar ao estado originário.

No monitoramento o responsável fará o acompanhamento dos efeitos desse fechamento ao ambiente. Após o fechamento da mina a área passa a ser utilizada então para outros fins.

Como a lei dá abertura para o futuro aproveitamento da área, nada mais justo que esta seja utilizada de modo a contribuir com o meio ambiente, com o desenvolvimento econômico e com a sociedade que ao final é quem suporta o ônus da mineração e seus efeitos.

Nessa perspectiva entra a energia geotérmica como uma possibilidade de contribuir com o aproveitamento da área corroborando com o desenvolvimento socioeconômico ambiental além de auxiliar a matriz energética atual.

Estudos indicam que no Brasil existe potencial para energia geotérmica com baixa entalpia (menor que 90°) nas regiões de Santa Catarina, Mato Grosso, Ceará, e Rio Grande do Norte (HAMZA, 2010). Mas, também de alta entalpia nas regiões Sudeste e Sul com valores de 150 °C a 180 °C (ARBOIT, 2013).

No Paraná já se estuda a possibilidade de investimentos em bombas de calor para aquecimento direto por meio do sistema de transferência de calor. Contudo os trabalhos ainda estão na segunda fase, que é a de ensaios em reservatórios térmicos, *boilers*, e bombas de calor para serem desenvolvidos nas regiões específicas.

Estima-se que a utilização de bombas de calor podem reduzir a eliminação de CO₂ na atmosfera além de diminuir os custos de aquecimento por meio das termelétricas.

Nessa perspectiva, pode-se considerar interessante o investimento na geração de energia por esse sistema, se considerar que a matriz energética no Brasil pode não conseguir suprir o consumo de energia no futuro.

O Plano Matriz Energética 2030, criado pelo Ministério de Minas e Energia, aponta que seria necessário criar um número expressivo de hidrelétricas, para utilizar 80% do potencial hídrico. Mesmo assim não supriria o consumo de energia em 2030 que seria entorno de 950 a 1250 TW/ano. (MME, 2007)

Logo a energia geotérmica como uma alternativa auxiliar da matriz energética brasileira poderia ser uma boa opção, além da eólica e da solar.

Uma das desvantagens desse sistema é a onerosidade da implementação da estrutura, no tocante a perfuração (HINRICHS,2010). O que desanima os empreendedores e os fazem optar por outras formas de energia renováveis. Ao passo que, caso se consiga efetivamente energia geotérmica das minas brasileiras a perfuração seria uma etapa superada, pois o poço já estará perfurado.

5 Considerações finais

As atividade antrópicas tem contribuído cada vez mais para a degradação ambiental. De tal modo que as alterações climáticas decorrentes dos gases de efeito estufa são hoje a pauta de vários governos.

Desde a Convenção sobre meio ambiente em Estocolmo e a Convenção sobre Desenvolvimento econômico e proteção ambiental no Rio de Janeiro. As atividades econômicas, empreendedoras, confrontam com os princípios do meio ambiente.

A mineração dentre as atividades empreendedoras é uma que causa impacto ambiental, não há dúvida. Até porque o próprio ato de extrair minério não tem como acontecer se não alterar aquele ambiente originário. Contudo, a atividade minerária também é a responsável pelo crescimento do país, gerando não só empregos mas renda, além de ser essencial ao modo de vida atual dos indivíduos.

Nesse sentido a mineração não deve ser vista como um entrave à proteção ambiental. Nem esta ser um óbice àquela. Ambas devem caminhar juntas para buscar a tão falada sustentabilidade surgida em 1992, e darem efetividade aos artigos 225 e 170 da CR/88.

O Brasil embora possua bom potencial para recursos minerais, deveria ficar atento aos estudos de outros países no que tange o aproveitamento de recursos energéticos. Como por exemplo o Canadá que aproveita as minas abandonadas para geração de energia geotérmica de baixa temperatura.

No contexto brasileiro, no que tange as minas subterrâneas, é preciso uma fiscalização mais efetiva para se conhecer os dados concretamente. Isto porque, foi possível detectar uma discrepância entre os dados do órgão oficial DNPM e os dados apresentados após o julgamento da Ação Civil Pública no Estado de Santa Catarina.

O que de certa forma leva a crer que a atuação fiscalizatória do órgão não estava sendo efetiva. Tanto que o número de minas abandonadas aumentou consideravelmente de 2006 a 2010.

Interessante frisar que, se não se conhecer os fatos reais a propositura do projeto de energia geotérmica, se tornará inviável do ponto de vista econômico, pois um número

reduzido de minas não justificaria os custos do empreendimento e dificilmente entraria na pauta de alternativas renováveis.

Por outro lado, no prisma da sustentabilidade, o plano de recuperação de área degradada deve buscar a solução mais viável do ponto de vista ambiental, econômico e social no que diz respeito a recuperação da área das minas abandonadas. Neste caso o estudo apontou que estas minas estão sob monitoramento do grupo de assessoramento do cumprimento de sentença visando o fechamento das mesmas. Não indicando a reutilização da área para outro empreendimento.

O processo de fechamento de mina no ordenamento jurídico do Brasil permite que a área seja reaproveitada para outros fins. Nesse sentido seria possível utilizar legalmente a energia geotérmica para aproveitamento dessa área.

Tal atitude contribuiria não só para a diminuição dos gases de efeito estufa, mas para a proteção ambiental e conseqüentemente melhora da qualidade de vida das pessoas.

De tal sorte que o aproveitamento das cavas subterrâneas minimizariam os custos de implantação além de promover o gerenciamento da área para outra finalidade econômica propiciando benefícios para toda a região.

Ao analisar os estudos é possível perceber que a região Sul do país, Santa Catarina por exemplo, embora tenha sofrido com a exploração desenfreada de carvão. É a região mais indicada para instalação da energia geotérmica, no que tange o aproveitamento de minas, por ser o local até agora com maior número de minas abandonadas.

Outro ponto a ser destacado é que, para gerar energia direta é necessário baixas temperaturas o que ficou demonstrado que nesta região pode ser encontrado temperaturas abaixo de 90°C.

Considerando que apenas uma boca de mina com 500 metros de profundidade pode gerar energia direta para trinta casas ou mais, a probabilidade das minas abandonadas do Estado catarinense produzir calor é considerável, uma vez que a região possui potenciais energéticos de geotermia positivos. Contudo é preciso estudo técnico especializado nas minas abandonadas brasileiras para verificar se essa possibilidade é realmente plausível, viável ambiental, econômica e socialmente. Isto porque, os estudos sobre energia geotérmica no Brasil são incipientes, o foco ainda está em outras fontes de energia renováveis.

Logo, embora haja indícios favoráveis para o aproveitamento de minas subterrâneas para energia geotérmica no Brasil, há muito o que ser estudado e pesquisado. No entanto, por ser uma alternativa mais limpa não pode ser descartada uma vez que os avanços tecnológicos podem tornar tal perspectiva concreta.

6 Referências

ARBOIT, Nathana Karina Swarowski; DECEZARO, Samara Terezinha; AMARAL, Gilneia Mello do; LIBERALESSO, Tiago; MAYER, Vinicio; Michael ,Pedro Daniel da Cunha Kemerich. **Potencialidade de utilização de energia geotérmica no Brasil uma revisão de literatura**. In: Revista do Departamento de Geografia – USP, Volume 26 (2013), p. 155-168.

BRASIL, Decreto nº 97632 de 10 de abril de 1989. **Dispõe sobre a regulamentação do Art. 2º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências**. Disponível em :

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97632.htm acesso em 08/05/2014

BRASIL, LEI Nº 9.478, DE 6 DE AGOSTO DE 1997. **Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências**. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9478.htm acesso em : 14/04/2014

BRASIL. LEI Nº 12.490, DE 16 DE SETEMBRO DE 2011. **Altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 9.847, de 26 de outubro de 1999, que dispõem sobre a política e a fiscalização das atividades relativas ao abastecimento nacional de combustíveis; o § 1º do art. 9º da Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, que dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores; as Leis nºs 10.336, de 19 de dezembro de 2001, e 12.249, de 11 de junho de 2010; o Decreto-Lei nº 509, de 20 de março de 1969, que dispõe sobre a transformação do Departamento dos Correios e Telégrafos em empresa pública; a Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003, que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios; revoga a Lei nº 7.029, de 13 de setembro de 1982; e dá outras providências**. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12490.htm#art1 acesso em 14/04/2014

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Mineração 2030**. Brasília, 2010. In: Ministério de Minas e Energia. Disponível em:

http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/Plano_Nacional_de_Minerao_2030___Consulta_Publica_10_NOV.pdf acesso em 14/04/2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Métodos de lavra**. In: PORMIN, Portal de apoio ao pequeno produtor mineral. Disponível em:

http://www.pormin.gov.br/biblioteca/arquivo/metodos_de_lavra.pdf

acesso 07/05/2014

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Resolução Número 29 DE 11 DE DEZEMBRO DE 2002 - **Define diretrizes para a outorga de uso dos recursos hídricos para o aproveitamento dos recursos minerais**. In: Conselho Nacional de Recursos hídricos, Conjunto de normas legais: recursos hídricos: / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. – 7. ed. – Brasília: MMA, 2011. 640 p. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br> acesso 07/12/2014.

BICUDO, Carlos. **Aproveitamentos geotérmicos nos Açores**. In: Energia Geotérmica. Setembro de 2010. Disponível em: <http://siaram.azores.gov.pt> . acesso em 02/04/2014

BULLIS, Kevin. **Empresa Transforma CO2 em Combustível Líquido, Com a Ajuda de um Vulcão**. Uma empresa islandesa descobre como fazer metanol a partir de CO2 residual, mas a economia disso pode não funcionar sem um vulcão por perto. In: MIT technology review, energia, artigos. 29/11/2013. Disponível em:

http://www.technologyreview.com.br/read_article.aspx?id=44301 12/03/2014

CARVÃO. In: Ministério do Meio ambiente. Disponível em <http://www.mma.gov.br/clima/energia/fontes-convencionais-de-energia/carvao> acesso em 12/03/2014

COSTA, Beatriz Souza. **Meio ambiente como direito à vida**. O Lutador. Belo Horizonte. 2010. 128 p.

CDEM. **O Universo da Mineração Brasileira – 1999**. In: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Economia Mineral. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=71> acesso em 07/05/2014

CDEM. **O Universo da Mineração Brasileira – 2000**. In: Departamento Nacional de

Produção Mineral (DNPM), Economia Mineral. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=71> acesso em 07/05/2014

COPAM, Conselho Estadual de Política ambiental. Deliberação Normativa Nº 127, de 27 de Novembro de 2008. **Estabelece diretrizes e procedimentos para avaliação ambiental da fase de fechamento de mina.** In: Secretaria de Estado de meio ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), legislação ambiental.

Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8732> acesso em 07/05/2014

DICKSON, Mary H.; FANELLI Mario. **Cos'è l'Energia Geotermica?.** In: Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, Italy. Febbraio 2004. Disponível em: <http://iga.igg.cnr.it/index.php> acesso em 12/05/2014

Energia e Mudança do Clima Global. Fontes Alternativas de Energia: Geotérmica. In: SEED- Schlumberg Excellence in educational Development. Disponível em: <http://www.planetseed.com/pt-br/relatedarticle/fontes-alternativas-de-energia-geotermica> 20/03/2014

Explore lugares que foram moldados e coloridos por forças vulcânicas e geotérmicas por milhares de anos. In: Nova Zelândia, Vulcânico e geotérmico. Disponível em: <http://www.newzealand.com/br/geothermal/> acesso em 14/04/2014

GEOTERMIA, Notiziario dell'Unione Geotérmica Italiana. Anno VII- Agosto 2010; n. 27. Disponível em: <http://www.unionegeotermica.it/notiziari/UgiNotiziario27.pdf> acesso em: 20/03/2014

HAMZA, Cardoso, R.R; C, Alfaro. **Geothermal Resource Base for South America: A Continental Perspective.** In: Proceedings World Geothermal Congress, Bali, Indonesia, April 2010. p. 25-29 . Disponível em: <http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2005/0149.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013.

HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin; REIS, Lineu Belico dos. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Cengage. 2010. 708 p.

IL GEOTERMICO. In: ENEL disponível em:

<http://www.enelsi.it/it-IT/offerta/geotermico/scopri/autorizzazioni/> acesso em: 20/03/2014

KOPPE, Jair Carlos. **Setor Mineral: Tendências Tecnológicas**. 2006. In: Departamento de produção mineral, arquivo Disponível em:

http://www.dnpm.gov.br/mostra_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=865 acesso em 12/05/2014 P. 1-24

KREBS, Antônio Silvio Jornadas; AMBONI, Tiago Meis; NETO, Roberto Romano; ZANUZ, Marcio. **Monitoramento das bocas de minas abandonadas com drenagens ácidas, na área correspondente à bacia carbonífera de Santa Catarina**. In: Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Congresso Brasileiro de águas subterrâneas. 2010, São Luís, MA. **Anais**. São Paulo: ABAS, 2010. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/evento_PAP003018.pdf acesso em: 06/12/2014

LAURSEN, Lucas. **Islândia Exporta Energia na Forma de Dados** Uma nação do ártico olha para a computação em larga escala para um impulso econômico. In: MIT technology review, negócios, artigos. 12/04/2012. Disponível em:

http://www.technologyreview.com.br/read_article.aspx?id=40179 acesso em: 08/04/2014

LOBO, Jamilton Watanabe; AOKI, Alexandre Rasi; TEIXEIRA, Matheus Duarte; PAULILLO, Gilson. **Determinação da eficiência e da aplicabilidade de bombas de calor em clima temperado subtropical típico da região sul do país primeira fase**. In: Espaço e energia, nº1. Outubro de 2004.

Disponível em: <http://www.espacoenergia.com.br/edicoes/1/001-04.pdf> acesso em 03/05/2014

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito Ambiental Brasileiro**. Malheiros., 15^a. São Paulo. 2007. 1111 p.

MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL 2030. In: Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético Empresa de Pesquisa energética. Disponível em:

http://www.mme.gov.br/spe/galerias/arquivos/Publicacoes/matriz_energetica_nacional_2030/MatrizEnergeticaNacional2030.pdf acesso em 14/04/2014

MILLER JR., G. Tyler. **Ciência Ambiental.** Cengage 11^a. São Paulo. 2013. 501 p.

NEVES, Carlos Augusto Ramo; SILVA, Luciano Ribeiro da. **O Universo da Mineração Brasileira – 2006.** Brasília. 2007. In: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Economia Mineral. Disponível em:

<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=71> acesso em 07/05/2014

NOVA ZELÂNDIA abre a maior central geotérmica do mundo. In: Greensavers, Energias Alternativas. 11/10/2013. Disponível em:

<http://greensavers.sapo.pt/2013/10/11/nova-zelandia-abre-a-maior-central-geotermica-do-mundo/> acesso em 05/04/2014

ONU, Organização das nações Unidas. **ONU e meio ambiente.** In: Organizações Unidas no Brasil, ONU em ação. Disponível em <http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-e-o-meio-ambiente/> acesso 05/05/2014

PADILHA, Norma Sueli. **Fundamentos Constitucionais do Direito Ambiental Brasileiro.** Elsevier. Rio de Janeiro, 2010. 452 p.

RABELO, Jorge L.; OLIVEIRA, Jefferson N. de; REZENDE, Rosemiro J. de; WENDLAND, **Aproveitamento da energia geotérmica do sistema Aquífero Guarani- Estudo de caso.** XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2002. Disponível em:

<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/issue/view/1187> 12/03/2014

RIBEIRO, José Claudio Junqueira; MENDES, Samuel Felisbino. **A participação no**

fechamento de Mina no Direito Comparado. In: Veredas do Direito, v.10 n.20. Belo Horizonte, Julho/Dezembro de 2013. p.23-54

RODRIGUES, Rafael; DÍAZ, Maria B. **Analysis of the utilization of mine galleries as geothermal heat exchangers by means a semi-empirical prediction method.** In: Renewable Energy 34 (2009) p. 1716-1725. Disponível em: www.elsevier.com/locate/renene acesso em: 12/05/2014.

SAMPAIO, José Adércio Leite; WOLD, Chris; NARDY, Afrânio. **Princípios de Direito Ambiental na Dimensão internacional e comparada.** Del Rey. Belo Horizonte. 2003. 284 p.

SHEIDET, Paula. **Islândia dá exemplo de energia limpa explorando o potencial geotérmico.** Artigos. 11/02/2008. Disponível em: <http://www.cmqv.org/website/artigo.asp?cod=1461&idi=%201&id=6821> acesso 14/04/2014.