



UNIVERSIDADE

EDUARDO MONDLANE



FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

FÍSICA ENERGÉTICA (OPÇÃO 2)

TECNOLOGIAS DE ENERGIA TÉRMICA PARA GERAR DE
ELECTRICIDADE

Docente:

Prof. Doutor Cuamba

Discente:

Mapande, Inocêncio Júlio

I.	Resumo-----	01
1.1.	Definições E Significado de algumas Abreviaturas-----	01
II.	Introdução-----	02
III.	Objectivo geral-----	03
3.1.	Objectivos específicos-----	03
IV.	Revisão Bibliográfica-----	04
4.1.	Fontes de energia-----	04
4.1.1.	Classificação da energia conforme as suas fontes de produção-----	04
4.1.2.	Formas de energia renováveis-----	04
4.1.2.1.	Formas de energia não renováveis-----	04
4.2.	Para obtenção de energia eléctrica podemos usar vários métodos-----	05
4.2.1.	Efeitos termoeléctricos-----	05
4.2.1.1.	Efeito Seebeck (1823)-----	05/6
4.2.1.2.	Efeito Peltier (1834) e Bridgman-----	06/7
4.2.1.3.	Efeito Thomson (1857)-----	07
4.2.1.4.	Efeito Joule (1844)-----	07
4.3.	Tecnologia De Geração Termoeléctrica-----	07
4.3.1.	Temogeneradores – TEGS-----	08
4.3.2.	Geração de Electricidades partir de Combustível-----	09
4.3.3.	Sistema de geração térmica utilizando gás como combustível- -----	09
4.4.	Nuclear-----	10
4.4.1.	Descrição de uma central termonuclear existente em Angra (Brasil)-----	11
4.4.1.1.	Varetas de Combustível-----	11
4.4.1.2.	Barras de Controlo-----	12
4.4.1.3.	Vaso de Pressão e circuito primário-----	12
4.4.1.4.	Circuito Secundário-----	13
4.4.2.	Etapas Term nucleares-----	13
4.5.	Sistema Termogenerador à Gás-----	13
V.	Conclusões-----	15
VI.	Referencias Bibliográficas-----	16

Tecnologia de energia térmica para gerar electricidade

1. Resumo

O desenvolvimento tecnológico e económico de um país cresce na mesma proporção da energia eléctrica produzida, como o Brasil é um país em desenvolvido, a sempre a necessidade do aumento da demanda de energia Eléctrica. No nosso país quase 99 % de energia eléctrica produzida é através de barragens hidroeléctricas, factor que contribui para haja problemas sérios de abastecimento de energia

Este trabalho apresenta algumas tecnologias de produção de energia eléctrica a partir de geradores térmicos.

Os geradores termoeléctricos radioisótopos produzem energia eléctrica a partir do calor liberado de decaimentos radioactivos.

Na geração de electricidade a partir de combustíveis fósseis no caso particular de gás natural as turbinas a gás precisam da injeção de ar comprimido a alta pressão na câmara de combustão, obtido através de um tubo compressor accionado pelo próprio eixo da turbina.

1.1. Definições E Significado de algumas Abreviaturas.

ddp- diferença de potenciais

TEGs- Termogeneradores

CC- corrente continua

PWR- Reactor a Água Pressurizada (Pressurized Water Reactor)

A **Vareta** de Combustível é a primeira barreira que serve para impedir a saída de material radioactivo para o meio ambiente.

Reactor Nuclear é um equipamento onde se processa uma reacção de fissão nuclear.

Cissão nuclear é a divisão do núcleo de um átomo pesado em outros mais leves.

Tecnologia de energia térmica para gerar electricidade

II. Introdução.

Para falar de energia importa nos primeiro saber o que é energia, e as suas formas. De um modo geral, a energia é capacidade de realizar trabalho ou como o resultado da realização de um trabalho. Existem várias formas ou modalidades de energia: Energia cinética: associada ao movimento dos corpos. Energia potencial: armazenada num corpo material ou numa posição no espaço e que pode ser convertida em energia “sensível” a partir de uma modificação de seu estado, podendo ser citadas, por exemplo, a energia potencial gravitacional, energia química, energia de combustíveis e a energia existente nos átomos. Luz e Calor são duas outras modalidades de energia: energia luminosa e energia térmica, fáceis de serem (sentidas).

Outras formas de energia, como a energia magnética (Imã). Esta só pode ser percebida por meio de sua atracção sobre alguns materiais, como o ferro.

Dado que a energia eléctrica é muito importante para as indústrias, porque torna possível a iluminação dos locais de trabalho, o accionar de motores, equipamentos e instrumentos de medição. Para todas as pessoas, entre outras aplicações, serve para iluminar as ruas e as casas, para fazer funcionar os aparelhos de televisão, os electrodomésticos e os elevadores. Por isso torna - se interessante converter outras formas de energia em energia eléctrica. Para este trabalho limitaremos tratar da geração da electricidade a partir de energia térmica. Descrevendo da tecnologia para gerar esta forma de energia partindo da energia térmica.

Tecnologia de energia térmica para gerar electricidade

III. Objectivo geral.

Descrever os dispositivos usados na geração de electricidade a partir de energia térmica.

3.1. Objectivos específicos.

3.2. Descrever as tecnologias dos dispositivos termoeléctricos para geração de energia eléctrica.

3.3. Princípio físico funcionamento das máquinas termoeléctricas, enunciar alguns efeitos que regem o funcionamento dos geradores termoeléctricos.

IV. Revisão Bibliográfica

4.1. Fontes de energia

4.1.1. Classificação da energia conforme as suas fontes de produção.

As fontes de energia podem ser classificadas em duas: Fontes primárias e fontes secundárias conforme a sua origem. Fontes de energia Primárias – quando ocorrem livremente na natureza. Tal como: Sol, água, vento, gás natural, petróleo bruto.

Fontes de energia secundárias – quando são obtidas a partir de outras. (electricidade, gasolina, petróleo). As fontes de energia primárias podem ser: Fontes de energia renováveis, Fontes de energia não renováveis.

Fontes de energia renováveis são aquelas que se renovam continuamente na natureza, sendo, por isso inesgotáveis. Fazem parte deste grupo o solar, o vento, água, marés, biomassa, e outras.

4.1.2. Formas de energia renováveis

Existem várias formas de energia renováveis de acordo com a sua fonte têm exemplo de alguns: solar, eólica, hídrica e geotérmica.

4.1.2.1. Formas de energia não renováveis

Nesta forma de energia podemos encontrar diversas formas de energia que são: energia nuclear, energia que provem de combustíveis fósseis, e outras formas de energia todas aquelas que a sua reposição dura muito tempo.

Dentre varia forma de energia destaca-se energia térmica que será o nosso objecto de estudo.

Fontes de energia não renováveis são aquelas cujas reservas se esgotam, pois o seu processo de formação é muito lento comparado com o ritmo de consumo que o ser humano faz delas. [1]

Tecnologia de energia térmica para gerar electricidade

A energia termoelétrica é um tipo de energia que resulta da variação de temperatura num dado material. Para obtenção desta energia existem dispositivos capazes de transformar outras formas de energia para térmica e uma posterior transformação em eléctrica estes dispositivos são chamados geradores termoelétricos. Que são dispositivos que têm como função a conversão directa de calor em energia eléctrica com aquecimento do sistema.

4.2. Para obtenção de energia eléctrica podemos usar vários métodos

A geração de energia eléctrica consiste no processo de transformação de diferentes fontes de energia primárias em energia eléctrica.

Existe várias formas de obtenção de electricidade a partir de outras formas de energia. Vamos descrever algumas destas formas de gerar electricidade. Antes de mais nada vamos descrever alguns efeitos que regem os processos de transformação de energia térmica em electricidade.

4.2.1. Efeitos termoelétricos

Os efeitos termoelétricos existentes nos metais e ligas de modo geral, e alguns deles chamados *efeitos de junção* só aparecem em junções de diferentes metais. Nos metais, estes efeitos tem a sua máxima eficiência nos semicondutores e pode chegar a 20%.nos metais não chega a ultrapassar 3%, conforme resultados apresentados pelo Jet Propulsion Laboratory (JPL) da NASA (Goebel 1978). [1]

Os efeitos termoelétricos até hoje conhecidos são: para materiais homogéneos:

Efeito Joule, Efeito Thomson, Efeito Bridgman para junção de materiais: Efeito Peltier, Efeito Seebeck.

4.2.1.1. Efeito Seebeck (1823)

Quando dois condutores diferentes são submetidos a um gradiente de temperatura, ocorre o aparecimento de uma diferença de potencial eléctrica (ddp) entre as

Tecnologia de energia térmica para gerar electricidade

extremidades fria e quente, e uma corrente eléctrica I percorrerá os condutores (se o circuito é fechado). A ddp e a corrente dependem do sentido do gradiente térmico em relação a junção.

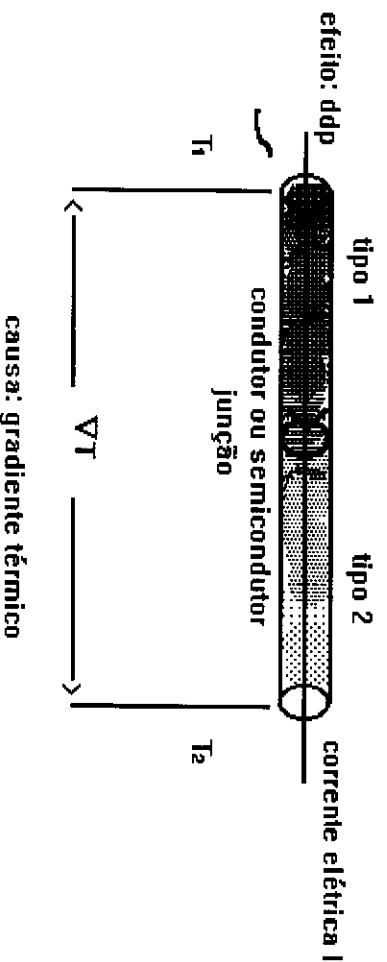
$$V = S12(T1 - T2)$$

Onde:

V : é a diferença de potencial (ddp).

$S12$: é o coeficiente Seebeck entre as junções 1 e 2.

Ti : é a temperatura nas extremidades, $i = 1, 2$.



Tirada em [4]

4.2.1.2. Efeito Peltier (1834) e Bridgman

Quando um fluxo de corrente \vec{J} atravessa um corpo formado por uma junção de dois materiais diferentes, 1 e 2, uma quantidade de calor $J P$ é libertada ou absorvida nas vizinhanças da fronteira entre estes dois materiais. Este calor depende do sentido do fluxo de corrente eléctrica J em relação à junção. [4]

$$\frac{1}{A} * \frac{dQ}{dt} \hat{n} = \Pi_{12} J$$

Onde:

Π_{12} : é o coeficiente de Peltier entre as junções 1 e 2

Se houver uma variação na direcção ou no módulo do fluxo de corrente eléctrica J com a posição em qualquer trecho do material, então aparecerá um "efeito Peltier

Tecnologia de energia térmica para gerar electricidade

Secundário" interno, produzindo uma absorção ou liberação de calor Q nesse trecho. Sendo chamado a este fenómeno efeito Bridgman

$$\frac{1}{A} \frac{dQ}{dt} \hat{n} = \Pi_{1,2} \Delta J$$

Onde:

$\Pi_{1,2}$ é o coeficiente de Peltier dos materiais 1 ou 2.

ΔJ é a variação do vector fluxo de corrente.

4.2.1.3. Efeito Thomson (1857)

Uma quantidade extra de calor JT é emitida ou absorvida por um condutor homogéneo, quando submetido a um gradiente térmico ou diferenças de temperatura e atravessado por um fluxo de corrente eléctrica J . Este calor depende do sentido do fluxo de corrente eléctrica em relação ao sentido do gradiente térmico aplicado. [4]

$$\frac{1}{A} \frac{dQ}{dt} \hat{n} = \tau * \Delta T J$$

Onde:

ΔT : diferença de temperatura

τ é o coeficiente Thomson

4.2.1.4. Efeito Joule (1844)

A potência eléctrica P_J dissipada por um material que apresenta resistência ôhmica é proporcional ao quadrado do fluxo de intensidade da corrente eléctrica J que o atravessa, independentemente do sentido que este fluxo de corrente possua no material.

$$\frac{1}{A} \frac{dQ}{dt} \hat{n} = \rho \vec{r} * J^2$$

Onde:

ρ : é a resistividade eléctrica do material.

4.3. Tecnologia De Geração Termoeléctrica.

Existe diferentes tecnologias e formas de gerar electricidade quer usando fontes renováveis ou fontes não renováveis. Importa diferenciar estas fontes.

4.3.1. **Termogeneradores – TEGs**

Os geradores termoelétricos (TEG) são dispositivos termoelétricos que produzem uma quantidade de potência à partir de muitos termopares acoplados. A constituição básica dos (TEGs) consiste de três pares: Fonte de calor – queimador; conjunto de termopares – termopilha; e receptor de calor e o calor não aproveitado.

A termogeração é um processo sólido de conversão de calor em electricidade, sem a presença de partes móveis. Isto confere um alto grau de confiança aos (TEGs) e requer poucos requisitos de manutenção e reposição.

Nos termogeneradores, o termopar é formado pela junção de elementos semicondutores do tipo N e P ligados dois a dois. Quando se aplica calor na junção destes elementos, cria-se uma diferença de temperatura, e parte da energia térmica é transformada em energia eléctrica.

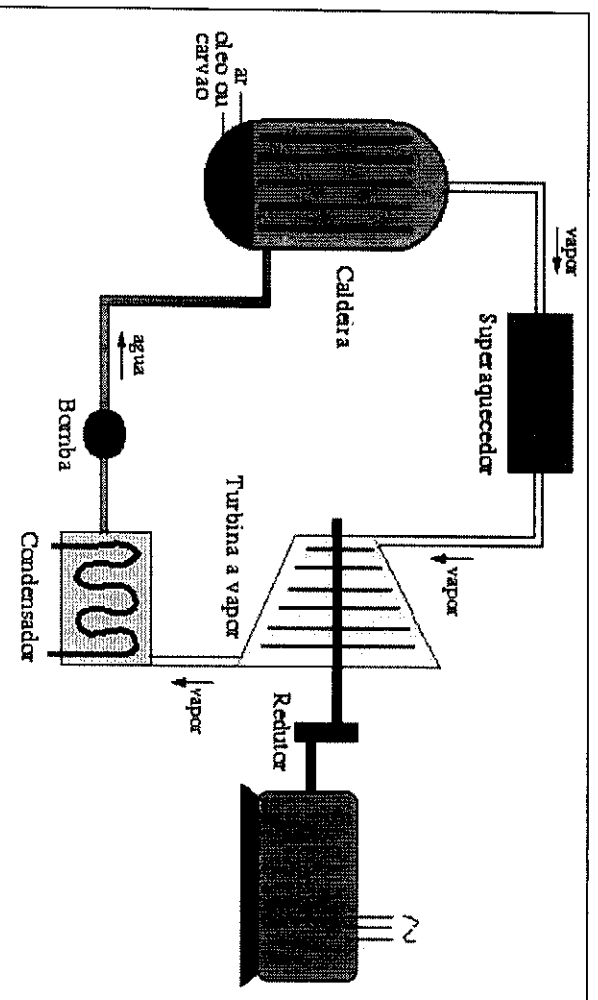
A fonte de calor tipicamente usa da nos TEG's é proveniente de um queimador de gás natural, propano ou através sódio líquido para transferência térmica. O queimador actua directamente sobre a termopilha, que converte parte desta energia térmica (calor) em electricidade (CC). O calor rejeitado durante a geração de electricidade é direccionado para um trocador de calor que então é expelido para o meio ambiente.

Os TEGs usam o módulo termoelétrico selado, termopilha. Dentro da Termopilha múltiplos termopares são conectados em série. Uma diferença de temperatura é mantida entre a parte quente (540 o C) e a parte fria (140 o C) da termopilha. Todo o sistema é sólido, não contendo nenhuma parte móvel, o que garante sua operação contínua em qualquer condição de temperatura e clima pelo período de 20 anos de vida útil. Mesmo que a potência de saída sofra pequenas variações com a temperatura (cerca de 20% no caso extremo de variação temperatura de -30° a +50° para potências elevadas), os TEG's irão operar de forma contínua em qualquer condição climática possível na terra. Uma unidade de termogenerador pode produzir uma potência de cerca de 15 a 550 Watts configuração destes dispositivos e semelhante a de uma bateria então vários termogeneradores podem ser associados em serie ou em paralelo com vista a aumentar sua potencia podendo nalgunmas vezes alcançar 8000 Watts.

4.3.2. Geração de Electricidades partir de Combustíveis Fósseis

A geração de electricidade a partir desses combustíveis passa necessariamente por um processo de geração de calor, e por isso o conjunto de instalações e equipamentos envolvidos na operação é chamado de sistema termoelectrico. Nos sistemas termoelectricos a carvão ou a óleo, combustível (derivado de petróleo) realiza-se a combustão das respectivas substâncias em uma caldeira apropriada para a produção de vapor de água. Esse vapor é canalizado para uma turbina a vapor (também chamada de turbina de condensação) que gera energia mecânica em um eixo que, por sua vez, acciona um alternador que produz energia eléctrica. O rendimento total de um sistema a vapor é de 40- 46 %.

A figura abaixo mostra os principais componentes de um sistema termoelectrico a vapor.



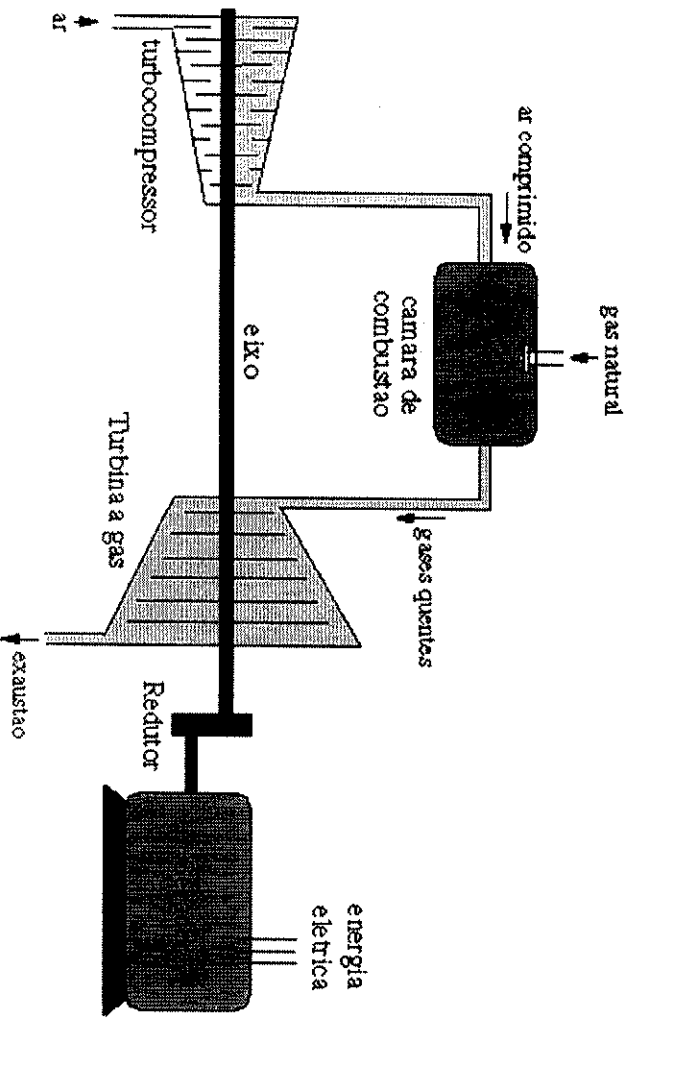
Afigura tirou se em [2]

O alternador de um sistema termoelectrico é, em geral, do tipo *turbo gerador*, com poucos pólos (2 ou 4), accionado em altas velocidades (3600 ou 1800 rpm) e com eixo posicionado horizontalmente.

4.3.3. Sistema de geração térmica utilizando gás como combustível

Tecnologia de energia térmica para gerar electricidade

Se o combustível for gás natural usa-se uma turbina a gás em vez da turbina a vapor, neste contexto não se usa a caldeira. As turbinas a gás precisam da injeção de ar comprimido a alta pressão na câmara de combustão, obtido através de um tubo compressor accionado pelo próprio eixo da turbina. Os gases com alta temperatura e velocidade provenientes da combustão são dirigidos para a turbina que produz energia mecânica no eixo. Como a velocidade de rotação da turbina é alta, geralmente usam-se caixas reductoras de velocidade para conectá-la ao alternador. O rendimento global de um sistema a gás é de 35-40 %.



Afigura foi tirada em [2]

4.4. Nuclear

Não há diferença entre a energia gerada por uma fonte convencional (hidroeléctrica ou térmica) e a energia eléctrica gerada por um Reactor Nuclear, (ELIEZER DE MOURA CARDOSO).

Um Reactor Nuclear, para gerar energia eléctrica, deve ser construído de forma segura (ser impossível explodir como uma bomba atómica). Pois, a concentração de urânio-235 é muito baixa (cerca de 3,2%), não permitindo que a reacção em cadeia se realize com velocidade suficiente para resultar numa explosão. Outro ponto é que dentro do Reactor Nuclear devem existir materiais absorvedores de neutrões, que controlam e até acabam com a reacção em cadeia.

Tecnologia de energia térmica para gerar electricidade

Os sistemas termoelectricas nucleares utilizam geralmente urânio enriquecido como combustível, que é fraccionado dentro do reactor nuclear produzindo grandes quantidades de calor. Usa o calor gerado pela cissão dos elementos Urânio (235) e plutónio (239).

O calor, ao sair do reactor para resfriá-lo, é utilizado para produzir vapor de água em uma caldeira apropriada. Em seguida, o vapor é canalizado para accionar uma turbina a vapor que, por sua vez, acciona um alternador acoplado no mesmo eixo. Portanto, um sistema nuclear assemelha-se muito a um sistema a vapor, sendo que a grande diferença está na forma como o calor é gerado.

4.4.1. Discrição de uma central termonuclear existente em Angra (Brasil)

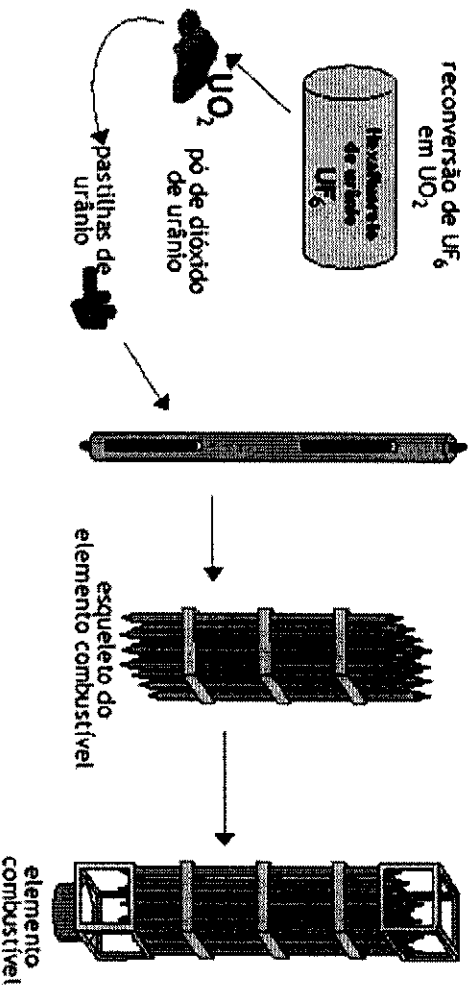
Segundo ELIEZER DE MOURA CARDOSO o reactor existente é conhecido como PWR. O urânio, enriquecido a cerca de 3,2% em urânio-235, é colocado, em forma de pastilhas de 1 cm de diâmetro, dentro de tubos (“varetas”) de 4m de comprimento, feitos de uma liga especial de zircónio.

4.4.1.1. Varetas de Combustível

As varetas, com o urânio, conhecidas como varetas de combustível, são montadas em feixes, numa estrutura denominado elemento combustível. As varetas são fechadas, para não deixar escapar o material nelas contido (o urânio e os elementos resultantes da cissão) e podem suportar altas temperaturas.

Os elementos resultantes da cissão nuclear (produtos de cissão ou fragmentos da cissão) são radioactivos, por isso, devem ficar retidos no interior do reactor.

Afigura ilustra as varetas de combustível.



Afigura foi retirado em(2)

4.4.1.2. Barras de Controle

São tubos condutores, por onde podem passar as barras de controlo, geralmente feitas de cádmio, e outros materiais que absorvem neutrões, com fins de controlar a reacção de cissão nuclear em cadeia.

Quando as barras de controlo estão totalmente para fora, o Reactor está trabalhando no máximo de sua capacidade de gerar energia térmica. Quando elas estão totalmente dentro da estrutura do Elemento combustível, o reactor está "parado" (não há reacção de cissão em cadeia).

4.4.1.3. Vaso de Pressão e circuito primário

O Vaso de Pressão do Reactor é a segunda barreira física que serve para impedir a saída de material radioactivo para o meio ambiente.

O Vaso de Pressão contém a água de refrigeração do núcleo do reactor (os elementos

Tecnologia de energia térmica para gerar electricidade

combustíveis). Essa água fica circulando quente pelo Gerador de Vapor, em circuito, isto é, não sai desse Sistema, chamado de Circuito Primário.

A água que circula no circuito primário é usada para aquecer uma outra corrente de água, que passa pelo Gerador de Vapor.

4.4.1.4. Circuito Secundário

A outra corrente de água, que passa pelo Gerador de Vapor para ser aquecida e transformada em vapor, passa também pela turbina, em forma de vapor, accionando-a. É, a seguir, condensada e bombeada de volta para o Gerador de Vapor, constituindo um outro Sistema de Refrigeração, independente do primeiro. O sistema de geração de vapor é chamado de Circuito Secundário.

4.4.2. Etapas Term nucleares

Ação Nuclear

Turbina

Gerador

Energia Nuclear → Energia Térmica → Energia Mecânica → Energia Eléctrica

4.5. Sistema Termogerador à Gás.

Neste sistema térmico a gás o ar é misturado ao combustível e a combustão da mistura (gás e ar) produz gases quentes, que escoam através da turbina, onde se expandem, movendo turbinas e produzindo potência mecânica para accionar o gerador eléctrico.

O projecto mais eficiente de sistema termoelectrico está baseado na extracção de energia do gás em dois estágios:

O gás é misturado com ar comprimido e queimado em uma câmara de combustão. O gás quente é expandido em turbinas que giram um gerador eléctrico – ciclo simples.

Aproveitando a alta temperatura dos gases de exaustão, são direccionados a uma caldeira que contém tubos com água, convertendo-a em vapor. A expansão do vapor em uma turbina produz a rotação do conjunto turbina - gerador, gerando electricidade – ciclo combinado. O sistema de resfriamento do ciclo de vapor é em geral em circuito fechado, diminuindo assim o consumo de água bruta.

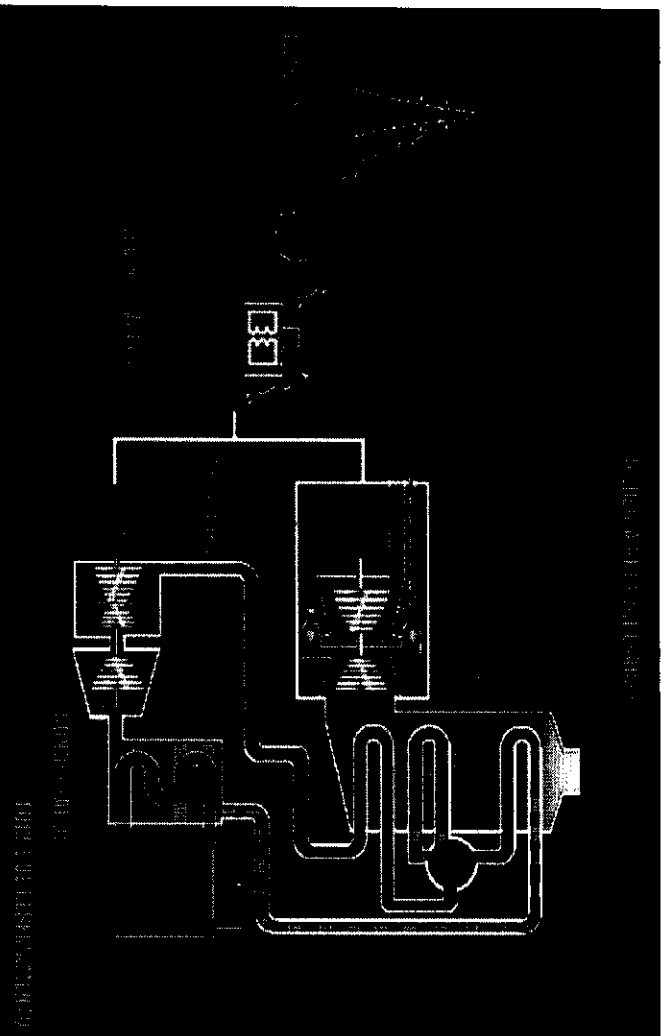


Figura 4. Sistema Termelétrica a Gás em Ciclo Combinado foi tirado em [2]

Tecnologia de energia térmica para gerar electricidade

V. Conclusões.

Visto a importância da energia térmica tema se necessária a introdução desta tecnologia de produção de electricidade no nosso País, tendo em conta que energia eléctrica ainda é escassa. Este trabalho apresenta algumas as tecnologias de geração de electricidade partindo da produção de calor e a seguir produção de vapor para um posterior accionamento de turbinas para uma geração de energia eléctrica. Salientar que este trabalho limitou se apenas no tratamento de vapor produzido através de aquecimento da água partindo da queima de várias formas de combustível e reacção nuclear.

Tecnologia de energia térmica para gerar electricidade

VI. Referências Bibliográficas

- [1][\[1\]\[http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:bislXh3nJP4J:www.fisica.net/nuclear/energia_nuclear_por_cnen.pdf+Detum+modo+geral,+a+energia+pode+ser+definida+como+capacidade+de+realizar+trabalho+ou+como+o+resultado+da+realiza%C3%A7%C3%A3o+de+um+trabalho.&hl=ptPT&gl=mz&pid=b&srcid=ADGEEFSj9eRmPZAsItOREvZ2ippoA8Paq4iYBeQ33OoFGt2zvwHnzDDTNn9v_vgOOq90EX1b-ahIDUW5gaJpIR6vumtYIjGeliMpiy-KIO2mvYGSQUUGnUT17eXSaT6pQFbwjbyYnuYu&sig=AHIEtbRwQeEcY92DixHs6z089foAhfV8Ng.\]\(http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:bislXh3nJP4J:www.fisica.net/nuclear/energia_nuclear_por_cnen.pdf+Detum+modo+geral,+a+energia+pode+ser+definida+como+capacidade+de+realizar+trabalho+ou+como+o+resultado+da+realiza%C3%A7%C3%A3o+de+um+trabalho.&hl=ptPT&gl=mz&pid=b&srcid=ADGEEFSj9eRmPZAsItOREvZ2ippoA8Paq4iYBeQ33OoFGt2zvwHnzDDTNn9v_vgOOq90EX1b-ahIDUW5gaJpIR6vumtYIjGeliMpiy-KIO2mvYGSQUUGnUT17eXSaT6pQFbwjbyYnuYu&sig=AHIEtbRwQeEcY92DixHs6z089foAhfV8Ng.\)](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:bislXh3nJP4J:www.fisica.net/nuclear/energia_nuclear_por_cnen.pdf+Detum+modo+geral,+a+energia+pode+ser+definida+como+capacidade+de+realizar+trabalho+ou+como+o+resultado+da+realiza%C3%A7%C3%A3o+de+um+trabalho.&hl=ptPT&gl=mz&pid=b&srcid=ADGEEFSj9eRmPZAsItOREvZ2ippoA8Paq4iYBeQ33OoFGt2zvwHnzDDTNn9v_vgOOq90EX1b-ahIDUW5gaJpIR6vumtYIjGeliMpiy-KIO2mvYGSQUUGnUT17eXSaT6pQFbwjbyYnuYu&sig=AHIEtbRwQeEcY92DixHs6z089foAhfV8Ng.)
- [2][\[2\]<http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:blpcey5ZYA6wJ:www.biblioteca.bvixiencita/Artigos/Fund15.pdf+GERADORES+TERMOEL%C3%89TRICOS+RADIOISOT%C3%93PICOS&hl=ptPT&gl=mz&pid=bl&srcid=ADGEEFSiFNSPFRhgnOK7vFhNM8E7FG9KhRT14OpThM5VwZE1vY22z6ieEvIUGtHTnzPKO77D2KVAKsIL-YBIJW009-MeSFw6CgRTTrphMNS5GkzPQag-bka58vEj7ozHqtrhuul3wGv6mCVhh&sig=AHIEtbTcGoJPCkPmmbnM3ofdH-VVQe2mwA.>](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:blpcey5ZYA6wJ:www.biblioteca.bvixiencita/Artigos/Fund15.pdf+GERADORES+TERMOEL%C3%89TRICOS+RADIOISOT%C3%93PICOS&hl=ptPT&gl=mz&pid=bl&srcid=ADGEEFSiFNSPFRhgnOK7vFhNM8E7FG9KhRT14OpThM5VwZE1vY22z6ieEvIUGtHTnzPKO77D2KVAKsIL-YBIJW009-MeSFw6CgRTTrphMNS5GkzPQag-bka58vEj7ozHqtrhuul3wGv6mCVhh&sig=AHIEtbTcGoJPCkPmmbnM3ofdH-VVQe2mwA.)
- <http://cache:2zdlwcoagbj:www.ee.pucrs.br/~fdosreis/ftp/elobasicem/aulas%20http://docs.2006%20ii/cap3.pdf> esta aula trata da produção de energia eléctrica
- [3] Thermolectric Generator, Operating Manual 23658 Rev. 4, COPYRIGHT (C) 1991 GLOBAL THERMOELECTRIC
- [4] George D. Freier. University Physics, experiment and Theory, Series in physics, Richard M. Sutton Editor