

# RESENHA CRÍTICA DO ARTIGO USO DE TURBINAS A GÁS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PLATAFORMAS

RODRIGUES, Jhonata Oliveira.<sup>1</sup>  
SILVA, Lucas Henrique de Sousa.<sup>2</sup>

## RESUMO

O Artigo “Uso de Turbinas a Gás para Geração de Energia Elétrica em Plataformas” tem como objetivo apresentar a participação dessa tecnologia utilizada para geração de eletricidade em plataformas e em outras áreas de trabalho como indústrias, construção aeronaval e construção de usinas para geração de energia elétrica, além mostrar a sua participação no mercado nacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Turbinas. Eletricidade. Projetos. Plataformas.

## ABSTRACT

The article " Use of Gas Turbines for Power Generation Platforms " aims to present the share of this technology used for electricity generation in platforms and other areas of work such as industry , naval construction and construction of plants for power generation electric as well show their national market share .

**KEYWORDS :** Turbines . Electricity. Projects. Platforms.

---

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Elétrica pela Faculdade Pitágoras de Ipatinga/MG,2014.Email: jhonata-oliveira1991@bol.com.br

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Elétrica pela Faculdade Pitágoras de Ipatinga/MG,2014.Email: lucashenry\_bh@hotmail.com

## **1. INTRODUÇÃO**

MENESES, Ernani do Livramento, graduou-se em Tecnologia da Construção Naval, com ênfase em sistemas de geração de eletricidade em plataformas e embarcações, no ano de 2011, pelo Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (Rio de Janeiro) e apresentou esse trabalho de conclusão de curso orientado pelo professor Dr. Bruno Sampaio Andrade. Atualmente trabalha na elaboração de projetos de geração elétrica em plataformas petrolíferas e ministra cursos na área de construção naval, além de atuar como professor da Fundação de Apoio a Escola Técnica do Estado do Rio de Janeiro.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

Para melhor compreensão dos processos envolvidos na utilização de turbinas para geração de energia elétrica é importante conhecer conceitos como calor, definido como energia transferida entre os corpos envolvidos em um determinado processo, seja ele qual for; energia, que é a demanda de trabalho que um sistema é capaz de fornecer em um determinado período de tempo, podendo ser transformada ou transmitida em diferentes processos; geração, que é a transformação de diferentes tipos de energia em energia elétrica e cogeração, processo de produção combinado de calor e energia elétrica ou mecânica a partir de um mesmo combustível.

Existem ainda fatores como a termodinâmica que estuda a troca de calor e o trabalho realizado em um processo físico qualquer; o sistema que compreende uma parte do universo a se estudar, e pode ser dividido em fechado, entendido por massa de controle, que consiste em uma quantidade fixa de massa no sistema, ou seja, pode haver troca de energia e o volume não é necessariamente fixo; e sistema aberto, onde pode haver troca de energia e massa entre o sistema, sendo sua localidade escolhida de acordo com a conveniência técnica do problema;

O estado termodinâmico é o processo que um sistema passa ao ir de um estado inicial ao estado final, usualmente classificados em isovolumétricos ou isocóricos, isotérmicos, isobáricos e adiabáticos e, finalmente, devido a uma força que age entre corpos, a energia é transferida de um para o outro.

A geração de energia elétrica ocorre através da transformação de diferentes tipos de energia em duas etapas, sendo primeiramente a transformação de energia em energia cinética de rotação e, em seguida, a transformação de energia cinética de rotação em energia elétrica, através de um gerador elétrico.

Registros históricos mostram que os primeiros estudos e utilização de turbinas datam de 130 anos antes de Cristo. O filósofo e matemático Hero de Alexandria inventou, na época, uma espécie de brinquedo que tinha como princípio de funcionamento uma pequena caldeira de água que rodava sobre um eixo um pequeno globo de metal, ao qual deu o nome de “Aeolipile”.

Com a invenção do brinquedo, observou-se a ação que o vapor quente poderia fazer, ou seja, gerar um movimento sobre uma pequena roda montada sobre a parte interior do brinquedo. A história das turbinas a gás e a vapor remontam a mesma época e apresentam o mesmo princípio de estudo e conhecimento. Em 1232, na China, é descoberta a pólvora e sua utilização na construção de foguetes, usando os conhecimentos do princípio da ação e reação. Leonardo da Vinci, por volta de 1550 depois de Cristo, inventou um dispositivo que girava por efeito dos gases quentes que subiam de uma chaminé, ao qual chamou “Macaco de chaminé”.

Na Itália, por volta de 1629, o engenheiro Giovanni Branca, construiu um conjunto de máquinas que eram utilizadas em sua oficina para trabalho, onde os acionamentos eram feitos através de jatos a vapor, provenientes de uma caldeira. Em 1687 Isaac Newton começava a projetar um veículo movido através de jatos a vapor, o estudo do funcionamento do veículo junto com as leis anunciada por Newton, formaram a base para a teoria da propulsão moderna.

Em 1791, o inglês John Barber inventou um motor movido por uma turbina a gás, porém nunca foi fabricado. Em seu projeto, o aparelho empregava geradores de gases através de compressores, câmaras de combustão e rodas de turbinas. Em 1808 Jon Dumball projetou uma turbina multi-estágio que consistia em mover lâminas sem aerofólios. Em 1837 o Frances Bresson utilizou ventilador para movimentação de ar misturado com gás combustível que seriam utilizados para conduzir lâminas de uma turbina, porém não existe provas da construção desse projeto. Apesar dos estudos de Dumball e Bresson considerarem os componentes

das turbinas a gás, as primeiras construídas forma por volta de 1900 a 1904 pelo cientista J.F.Stolze, que utilizou-se estudos de Dumball e Bresson para construir a turbina, porem ela nunca funcionou efetivamente conforme o planejado.

Com o desenvolvimento dos estudos da termodinâmica, foram surgindo protótipos de turbinas mais elaborados e com maior aerodinâmica de funcionamento, fator que os demais protótipos construídos anteriormente não levavam em consideração.

As turbinas só tiveram uma considerável evolução em seus projetos quando foram realizados testes para o uso no ramo aeronáutico, em períodos anteriores a segunda guerra mundial. Para serem empregadas na construção aeronáutica, as turbinas deveriam ser de baixo peso e pequeno volume, Frank Whittle produziu o primeiro motor com essas finalidades em 1937.

Considerando o sucesso dessa aplicação nos ramos aeronáuticos, já nos anos 70 cerca de 100% dos aviões eram impulsionados por turbinas, expandindo sua aplicação para outros ramos e setores, como industrial, geração de eletricidade, naval, acionamentos de equipamentos e ciclos combinados desses processos. As mais modernas utilizações das turbinas se encontram na aplicação de geração de eletricidade em plataformas, sendo muito usada pela Petróleo Brasileiro S.A (Petrobras), principalmente nas ultimas plataformas construídas, P-51, P-52 e P-5.

As turbinas possuem ciclos de operação, divididos em ciclo de Brayton, o mais utilizado para a lógica de operação das turbinas. Esse ciclo se constrói em quatro etapas de funcionamento, sendo a: Admissão; onde o ar atmosférico é captado e passa pelos processos de filtragem inercial, manta de filtro sintético e finalmente a caixa do recipiente onde e realizada a filtragem final das partículas captadas na atmosfera, com o objetivo de garantir que o ar que será adicionado no sistema de funcionamento seja o mais puro possível, o que ocorre graças aos mecanismos de filtragem embutidos. Na segunda etapa desse ciclo tem-se a Compressão; onde ao sair da etapa de admissão e passar pelos processos de filtragem o ar é comprimido, ganha velocidade e recebe trabalho em forma de calor pelo aumento significativo da pressão sobre a massa de ar na câmara de compressão e energia.

Segundo (Martinelli Junior, 2002, 2p) "As turbinas são usadas em locais remotos e de difícil acesso e instalação, pois sua alta confiabilidade e simplicidade de operação permitem".

As turbinas são equipamentos rotativos que operam na maioria das vezes em regimes permanentes, utilizadas para fornecer trabalho ou potência ao elemento de máquina acoplado na ponta de um eixo central. São agrupadas em duas classes, as turbinas de propulsão a gás e as turbinas de propulsão a vapor, O foco desse artigo são as turbinas de propulsão a gás, utilizadas na geração de eletricidade em plataformas e embarcações.

Na etapa de Combustão do ciclo de Brayton, o ar chega já comprimido e com maior velocidade e energia, e misturado ao combustível injetado a alta pressão e queimados a uma pressão constante. Finalmente a Exaustão, etapa que os gases fluem para dutos, onde sua energia é aproveitada em um sistema de recuperação de calor, convertida em potência e transmitida através de elementos de máquinas para eixos e turbinas.

Outro ciclo utilizado na operação das turbinas e o *Rankine*, ciclo termodinâmico que descreve a obtenção de trabalho em turbinas a vapor e a gases, porem sua aplicação e encontrada com maior freqüência em sistemas de operação para turbinas a vapor. " Existem quatro processos num ciclo Rankine, cada um alterando as propriedades do fluído de trabalho." (PANOSSO,2003,16p)

No Bombeamento, o fluído utilizado no sistema vai ser transportado de uma pressão baixa para outra de alta pressão, o que é possível utilizando uma bomba para realizar o transporte do fluído. Na Pressurização, o fluído de trabalho é alojado em uma caldeira, onde será altamente pressurizado. Já no processo de Superaquecimento, o fluído de trabalho se expande através de uma turbina para gerar trabalho no sistema em que ele está inserido. Finalmente, no sistema de Condensação, o fluído é resfriado até a condição de líquido saturado, retornando ao ciclo inicial através da ação de uma bomba.

Em relação ao arranjo de funcionamento das turbinas existem os ciclos simples, onde a caldeira e a turbina operam separadamente e têm seus funcionamentos independentes. Nos ciclos combinados, o uso do vapor liberado pelas turbinas em baixas temperaturas e pressão são utilizados para aumentar a eficiência do processo, diminuir a emissão de gases com alto teor de carbono e reduzir os custos da geração de eletricidade nas plataformas.

Também fazem parte do arranjo de funcionamento das turbinas os ciclos abertos e fechados. No ciclo aberto o fluido de trabalho não retorna ao início do processo, pois ao final da etapa de combustão os gases saem pelo bocal de exaustão. No ciclo fechado o fluido de trabalho é retornado ao início do processo, permanecendo no sistema. A câmara de combustão é feita fora do sistema, utilizando um trocador de calor para fornecer a energia da combustão para o fluido de trabalho, porém, o seu alto custo de investimentos, devido o sistema de aquecimento do fluido de trabalho ter que ser montado externamente do processo, é uma grande desvantagem.

Turbinas a vapor e a gás, possuem maior utilização em plataformas de extração de petróleo, onde parte do combustível é queimado nas turbinas para transformar o calor gerado em rotação mecânica no eixo das turbinas.

O sistema de geração de energia elétrica é composto por componentes que realizam a transformação da rotação mecânica fornecida pelas máquinas primárias em energia elétrica, sendo necessário para definir o tipo de máquina primária, que primeiro se especifique o tipo de gerador, pois deve existir uma equivalência entre as potências do gerador e máquina primária.

Máquinas primárias; equipamentos que fazem a transformação de um tipo de energia, seja ela qual for, em rotação mecânica de um eixo conectado a um gerador de eletricidade. Na atualidade utilizam-se combustíveis fósseis para proporcionar a queima e gerar esse movimento na ponta de um eixo, sendo um dos o motor a diesel, muito utilizado em indústrias siderúrgicas em sistemas paralelos de alimentação de energia elétrica, turbinas hidráulicas utilizadas em instalações hidrelétricas ou barragens de geração de energia elétrica, onde ficam em contato direto com a água corrente dos dutos.

Para definir a estrutura de construção dos geradores, além da potência entre o gerador e máquina primária, e definido também a velocidade de rotação que irá ser transmitida para o gerador, o que permitirá a quantidade de pólos elétricos que o gerador possuirá. Para casos especiais onde a velocidade transmitida ao gerador for superior a 3600 RPM, devera ainda ser construído um sistema de redução de velocidade, utilizando polias e engrenagens.

Compondo o sistema de geração elétrica tem-se os transformadores, equipamentos que possuem a função de compatibilizar a tensão gerada com a tensão de linha em operação nas redes, sendo utilizados para elevar a tensão para serem transmitidas nas linhas de alta tensão, ou como abaixadores para atender o consumo residencial e comercial.

Outro aspecto importante são as características que fazem das turbinas um dos meios mais indicados para o processo de geração.

Outro aspecto positivo e a baixa inércia térmica que permite a obtenção da plena carga em tempo reduzido, o que torna as turbinas a gás indicadas para sistema de geração elétrica de ponta, onde o processo de partida e a necessidade de carga plena no menor tempo possível são essenciais.

(MARTNELLI JUNIOR , 2002 , 1p )

Para realizar a interligação dos grupos de geradores em um sistema de transmissão ou distribuição são necessários alguns cuidados a serem observados, como a tensão de saída dos geradores, que não podem variar mais que 10%, o que é garantido através do controle na excitatriz.

A energia elétrica nas plataformas passa por vários processos antes de chegar às unidades consumidoras internas, sendo o de transformação um dos mais delicados para efetuar a operação. As máquinas de um mesmo sistema de turbogeração não necessitam ser iguais, entretanto, ao realizar a distribuição da energia elétrica gerada, é necessário agrupar as cargas que possuem maior semelhança em suas características elétricas.

O sistema de turbogeração é de vital importância nas plataformas, motivo pelo qual ele deve ser monitorado com freqüência e serem realizados as manutenções

preventivas, conforme planejados.

O sistema é composto por três turbinas a gás acoplado em serie a geradores de corrente alternada, porém a conexão desse sistema é feita em paralelo, onde para atender a potência da carga são utilizados dois dos três turbogeradores, assim o terceiro fica como reserva para situações de emergência. Dependendo da aplicação e necessidades que o processo solicite, o sistema reserva pode ser utilizando com motores a diesel ao invés de turbinas a gás.

Em plataformas de exploração de petróleo em alto mar, a eletricidade é produzida no próprio local ou é fornecida do excedente de outras plataformas, transmitida por cabos submarinos. Os geradores utilizados nos sistemas elétricos das plataformas são acoplados a turbinas por meio de caixas de redução de velocidade mecânica, com objetivo de compatibilizar a rotação das turbinas, que são de 5 a 10 vezes maiores que as dos geradores.

Segundo AVELINO (2008,25p), “Como a geração é trifásica em 13,8KV, a saída de potência elétrica passa por um transformador abaixador para tensão de consumo, que é de 440 Volts.”

Devido ao fato de que os processos relativos ao projeto da instalação, especificação e aquisição dos equipamentos serem na prática realizada apenas em uma etapa, as máquinas resultam idênticas na maioria das vezes. ( AVELINO,2000, 26p)

Com o aprimoramento dos arranjos dos sistemas de geração que utilizam os turbogeradores, várias empresas, em toda parte do mundo, tem utilizado cada vez mais esse arranjo. No Brasil a Petrobras e a empresa que mais utiliza as turbinas a gás em seu processo de geração elétrica.

Já naquela época a Rolls-Royce contava com total de 23 conjuntos geradores de energia em sua carteira de pedidos da Petrobras, o que garantia uma receita superior a US\$ 280 milhões. (JORNAL DO COMERCIO,2006,PÁG 26)

No mercado internacional varias empresas estão em destaque na produção das turbinas geradoras; entre elas destacam-se a empresa Rolls-Royce, que tem mais



de 530 turbinas industriais a gás operando em alto mar em 32 países. Para continuar garantindo o crescimento no mercado a Rolls-Royce lançou mais um modelo de turbina, a H63, com potência de 44 MW, mais eficiente que os outros da mesma família dos RB211, possibilitando menor consumo de combustível, aumento dos lucros para as plataformas e redução da poluição atmosférica.

Com versões do RB211 agora disponíveis numa faixa de potência de 29 MW a possíveis 50 MW e modelos industriais do trent gerando de 51 MW a 64 MW em ciclo simples e até 107 MW em ciclos combinado, a Roll-Royce dispõe de uma ampla linha de turbinas a gás de alta eficiência para atender requisitos operacionais de clientes em situações de pico ou de carga básica normal. (BIDDART, 2010, 28p)

Outro fator de grande importância, que os analistas de projetos de turbinas estão levando em consideração, é a crescente produção e consumo do gás natural, que apresenta benefícios em relação aos demais combustíveis fósseis, pois emitem menos dióxido de carbono e possui um alto poder calorífico, o que indica que os próximos avanços de modernização das turbinas geradoras poderão ser voltados para esse cenário.

A geração de eletricidade nas plataformas é de vital importância, seja para a vida embarcada ou para o funcionamento industrial das plataformas. Os sistemas de geração a turbinas são responsáveis por alimentar e manter funcionando equipamentos da exploração de petróleo, bombas, sistemas de alarme contra incêndio, motores, máquinas de convés, equipamentos submarinos, além dos sistemas de produção de água potável, sistemas de luzes, ventilação, frigoríficos e sistemas de emergências hospitalares.

Nas plataformas Floating Production, Storage and Offloading (FPSO), as instalações são projetadas para atender uma tripulação de 20 pessoas, sendo necessário manter os padrões de normas que garantem a segurança dentro das embarcações. Os sistemas de turbogeradores das embarcações FPSO são organizados com: Circuitos principais compostos por motores principais de geração, sendo pelo menos dois conjuntos geradores de serviço e outros em *stand by*.

Os sistemas são projetados para suportar pelo menos 125% da carga total de pico. Essas máquinas motrizes são duas turbinas a gás e, devido à grande disponibilidade de gás natural advindo da produção de petróleo, são utilizadas nesse arranjo de funcionamento por muitas embarcações. O sistema de geração possui ainda os geradores auxiliares que entram em funcionamento em casos de falha dos geradores principais, sendo projetados para alimentar os sistemas essenciais da plataforma e o hotel onde a tripulação fica alojada, porém não alimentam os equipamentos que estão ligados ao processo de produção.

Os geradores, tanto auxiliares quanto os principais são projetados para terem uma autonomia de funcionamento durante um período de 18 horas. O uso das turbinas a gás tem se consolidado não só nas plataformas de petróleo da Petrobrás, mas em quase todas as empresas do ramo. Com a disputa entre as empresas fabricantes das turbinas, tais como General Electric, Siemens e Rolls-Royce, a evolução da tecnologia no uso naval, tanto na propulsão como na geração, tem-se desenvolvido em uma velocidade surpreendente, isso devido à grande capacidade de gerar potência elétrica e o baixo peso das turbinas que traz vantagens lucrativas para as empresas que fazem uso delas em seus processos de produção.

### **3. CONCLUSÃO**

A abordagem do trabalho se dá através de uma linguagem simples, de fácil interpretação para alguém que não seja da área, apresentado de forma clara.

O texto fiel ao tema, com coerência, linguagem objetiva, sem ambiguidades, porém poderia ter explorado mais o assunto, ter valorizado mais dados físicos da turbina, em um trecho da introdução ele afirma que as principais vantagens da turbina são os seus pequenos peso e volume.

O trabalho mostra a importância da energia em uma plataforma de petróleo, inclusive cita que as turbinas podem ser utilizadas em outros setores. Relata todo o histórico das turbinas, de forma extensa.

A utilização das turbinas na plataforma foi bem explicado e exemplificado, mas poderia ser apresentado juntamente com resultados de algum setor que já utilizou essa tecnologia, ou alguma fonte de energia semelhante.

#### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

MENESES, E. L. O uso de turbinas gás para geração de energia elétrica em plataformas. 2011. 37p. Dissertação (Graduação Tecnologia da Construção Naval), Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, Rio de Janeiro, 2011.