



MATERIAL DIDÁTICO SOBRE GERAÇÃO EÓLICA

Paulo C. M. Carvalho – carvalho@dee.ufc.br
Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará
Campus do Pici – Caixa Postal 6001
CEP 60455-760 – Fortaleza – Ceará

***Resumo:** O presente artigo apresenta projeto de elaboração de livro sobre geração de eletricidade via conversores eólicos. O livro tem como motivações o crescimento destacado do setor eólico a nível mundial e a ausência de literatura sobre o tema escrita no Brasil em português. O projeto está sendo realizado com o apoio financeiro do CNPq, com a cooperação internacional do Departamento de Conversão Racional de Energia (Rationelle Energiewandlung) da Universidade de Kassel, Alemanha.*

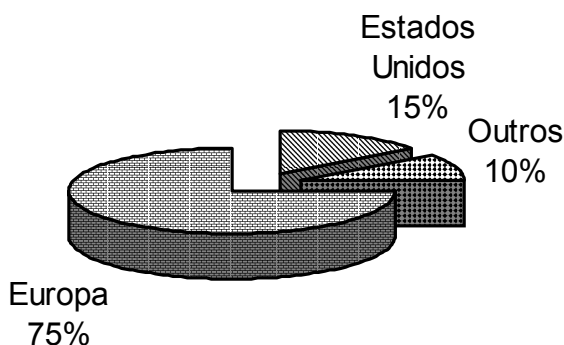
***Palavras-chave:** Fontes alternativas de energia, Energia eólica*

1. INTRODUÇÃO

Nenhuma outra forma de geração de energia elétrica cresce a nível mundial num ritmo igual ao ritmo apresentado pela geração eólica. Apenas no ano de 2002 a capacidade instalada de geração eólica no mundo foi de 6.868 MW. Com esse crescimento a atual capacidade instalada no mundo passou a marca dos 31.000 MW, valor que por sua vez quadruplicou nos últimos cinco anos. Cresceu de 7.600 MW no fim de 1997 para mais de 31.000 MW ao fim de 2002 implicando um crescimento médio anual de 32% no período (EWEA, 2003). Desta nova capacidade instalada, 93% deveu-se aos Estados Unidos e à Europa. Mundialmente, 90% da capacidade instalada encontra-se nestas duas regiões.

Três quartos da eletricidade de origem eólica mundial são produzidos na Europa. O continente é responsável pelo grande crescimento do ano de 2002 a nível mundial, somando um total de 5.871 MW. Neste mesmo ano, a capacidade total instalada passou a ser de 23.056 MW. Os Estados Unidos acrescentaram 410 MW em 2002, o que representou um aumento de 10%. Os países com maior capacidade de geração são a Alemanha, com pouco mais de 12.000 MW, a Espanha, com 4.830 MW, e os Estados Unidos com 4.685 MW. A figura 1 mostra a distribuição da geração de energia eólica mundial em 2002 segundo dados da *European Wind Energy Association*.

Figura 1 – Distribuição da geração de energia eólica mundial em 2002 (EWEA, 2003)



A nível de Brasil, historicamente, a matriz energética para geração de eletricidade foi construída através do uso de hidroelétricas. A crise ocorrida no abastecimento de energia elétrica no país deixou explícito o esgotamento do uso desta opção, notadamente em regiões carentes de recursos hídricos como o Nordeste do Brasil. Como uma das primeiras saídas para a crise, coloca-se em evidência a necessidade de uma diversificação na geração de energia elétrica. Dentre as alternativas destaca-se o uso do gás natural, da energia solar e da energia eólica; em relação a estas duas últimas fontes de energia, o Nordeste do Brasil possui um dos maiores potenciais a nível mundial. O uso deste potencial pode constituir importante ferramenta visando a superação do quadro de subdesenvolvimento da região e, por consequência, levar o país a melhores índices de crescimento econômico e social.

As iniciativas tomadas a nível nacional no campo da geração eólica têm sido tomadas principalmente por companhias de energia estaduais e empresas privadas. Apesar do potencial das universidades brasileiras, observa-se que a participação das mesmas nos projetos eólicos é ainda tímida.

As causas desta ausência podem ser encontradas na própria formação do engenheiro eletricista, onde são poucos os cursos de graduação que oferecem disciplinas abordando a geração eólica. Para superação desta barreira torna-se necessário, como primeiro passo, inserir

o estudo desta tecnologia no ensino de graduação de engenharia elétrica. Esta inserção, logicamente, só pode ser realizada com a formação, via mestrado e/ou doutorado, de docentes universitários nestas áreas de pesquisa. No entanto, o problema verificado a nível de graduação é constatado também na pós-graduação, ou seja, o número reduzido de universidades que oferecem disciplinas de mestrado e/ou doutorado nas citadas áreas.

Caso o curso de graduação ou pós-graduação seja encontrado, o estudante é defrontado com uma segunda barreira, qual seja, a não existência no idioma português de literatura abordando o tema geração eólica que tenha sido escrita no Brasil. Logicamente a literatura é farta em outros idiomas, principalmente inglês e alemão, mas esta realidade não torna desnecessário o desenvolvimento de livros sobre o tema no idioma nacional.

2. DESENVOLVIMENTO DE MATERIAL DIDÁTICO SOBRE GERAÇÃO EÓLICA

Visando preencher a lacuna existente de literatura em português sobre geração eólica, livro vem sendo escrito na área voltado principalmente para alunos de graduação e pós-graduação que estejam realizando estudos nesta fonte de energia. O presente trabalho está sendo realizado com o apoio financeiro do CNPq.

Os objetivos gerais e específicos estão estabelecidos da seguinte forma:

Objetivo geral:

- Elaboração de livro sobre geração eólica;
- Objetivos específicos:
- Difusão de conceitos sobre energia eólica;
 - Difusão da tecnologia de geradores eólicos;
 - Difusão dos aspectos técnicos de geradores eólicos autônomos e ligados à rede;
 - Difusão dos aspectos econômicos da geração eólica;
 - Difusão dos aspectos ambientais da geração eólica;
 - Difusão das experiências acumuladas no campo eólico no Brasil, em especial no Ceará;
 - Difusão das experiências acumuladas no campo eólico no exterior, notadamente na Alemanha;
 - Capacitação de recursos humanos na área de geração eólica.

A metodologia está estruturada da seguinte forma:

Metodologia:

- Pesquisa bibliográfica sobre o tema geração eólica;
- Levantamento das experiências adquiridas com os primeiros parques eólicos no Brasil, em especial no Ceará;
- Levantamento das experiências adquiridas na Alemanha, país com a maior capacidade instalada de geração eólica a nível mundial;
- Elaboração de livro sobre geração eólica.

Os capítulos do livro abordam os seguintes temas:

1. Energia eólica e desenvolvimento;

Busca explicitar a importância da diversificação da geração de eletricidade através de fontes sustentáveis de energia para o desenvolvimento de países como o Brasil e, de forma mais detalhada, o papel da geração eólica.

2. O vento;

Apresenta conceitos básicos relacionados com o vento, tais como origem, energia, potência, forças aerodinâmicas.

3. Avaliação da produção de energia elétrica;

Apresenta os procedimentos básicos para o cálculo da geração de eletricidade a partir de geradores eólicos com o uso de curvas de potência e distribuições de frequência do vento

4. Histórico do uso da energia eólica.

A análise é feita em duas etapas: antes e depois da descoberta da eletricidade; especial atenção é dada ao desenvolvimento do setor no Brasil.

5. Instalações eólicas para geração de energia elétrica;

São descritas as principais partes componentes de unidades eólicas para geração de energia elétrica e as possíveis classificações existentes a nível mundial.

6. Conceitos básicos de eletrônica de potência e máquinas elétricas;

Visando uma melhor compreensão dos conceitos a serem utilizados nos capítulos seguintes, uma revisão das noções fundamentais de eletrônica de potência e máquinas elétricas é apresentada.

7. Geradores eólicos no modo autônomo;

A abordagem descreve os potenciais e limites do uso de geradores eólicos síncronos e assíncronos no abastecimento de cargas não conectadas à rede elétrica.

8. Geradores eólicos interligados à rede elétrica;

A abordagem descreve as principais características técnicas da operação de geradores eólicos síncronos e assíncronos conectadas à rede elétrica.

9. Geração eólica e qualidade de energia;

A conexão de geradores e parques eólicos à rede elétrica traz perturbações sobre a qualidade da energia; o capítulo resgata os principais fenômenos observados neste tipo de conexão, em especial as experiências observadas no Brasil.

10. Geração eólica e água potável;

Considerada por especialistas a crise número 1 do mundo no século 21, o problema do abastecimento de água potável está sendo enfrentado com o emprego de técnicas de dessalinização. O acionamento de unidades de dessalinização, em especial de osmose reversa, através de geradores eólicos é apresentada e detalhada.

11. Legislação no setor eólico;

Um importante ingrediente para o sucesso da energia eólica no mundo é a construção de um conjunto de leis que promovam o estímulo do uso do recurso eólico, tanto por parte de fabricantes, concessionárias e proprietários; o capítulo descreve as principais leis do setor, em especial a experiência alemã e brasileira.

12. Padronização no setor eólico;

A forte competição entre fabricantes de turbinas eólicas levou à necessidade do estabelecimento de padrões e normas a serem seguidos por todos os envolvidos no setor; devido ao grande acúmulo do país no setor, mais uma vez atenção especial é dada à experiência alemã.

13. Aspectos econômicos da geração eólica;

É apresentada uma descrição dos custos envolvidos no projeto eólico, assim como histórico e tendências.

14. Geração eólica e meio ambiente;

Talvez o aspecto mais positivo do uso da energia eólica é o impacto ambiental da tecnologia, que pode ser considerado mínimo; a contribuição da tecnologia para a redução de emissões de CO₂ é analisada, com ênfase para o potencial brasileiro.

Anexos:

Práticas de laboratório;

Como parte da disciplina de Fontes Alternativas de Energia do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, um conjunto de práticas laboratoriais foi



desenvolvido visando a compreensão dos processos ocorridos em geradores eólicos operando conectados ou não à rede elétrica; neste primeiro anexo, estas práticas são apresentadas.

Dicionário técnico português – inglês – alemão;

Considerando a importância da literatura no setor eólico escrita em inglês e em alemão, o segundo anexo apresenta uma relação dos principais termos técnicos usados no setor nos dois idiomas, com a respectiva tradução para o português.

Simbologia;

O terceiro anexo apresenta os símbolos usados ao longo do livro; esforço foi feito buscando o uso de símbolos que estejam relacionados às palavras em português.

Bibliografia;

Relação de todas as fontes bibliográficas empregadas para a realização do trabalho.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração de um livro com fins didáticos requer uma série de cuidados. No presente projeto as atenções devem ser especiais considerando a elaboração de um livro sobre o tema da geração de eletricidade via conversores eólicos para o público brasileiro, tradicionalmente esclarecido apenas para a geração via hidroelétricas. Apesar da não existência no Brasil de outros livros sobre o tema, está sendo buscado no projeto um resgate de terminologias, conceitos e experiências registradas em artigos, monografias, dissertações e teses divulgadas no país. A nível internacional, as atenções estão voltadas para o processo alemão, país líder mundial no uso do recurso eólico; visando um resgate preciso deste processo, cooperação é desenvolvida com o Departamento de Conversão Racional de Energia (*Rationelle Energiewandlung*) da Universidade de Kassel, Alemanha. O lançamento do livro está previsto para o último trimestre do ano de 2003.

Agradecimentos

O presente trabalho está sendo realizado com o apoio do CNPq, uma entidade do Governo Brasileiro voltada ao desenvolvimento científico e tecnológico.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, P.; MONTENEGRO, F. **Tecnologia eólica no ensino de engenharia elétrica**. VIII Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro, 1999.

CARVALHO, P.; MONTENEGRO, F. **Tecnologia eólica e fotovoltaica no ensino de engenharia elétrica**. XXVII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Natal, 1999.

EWEA. **European Wind Energy Association**. Disponível em: <<http://www.ewea.org>>. Acesso em: mai. 2003

DIDACTIC BOOK ABOUT WINDPOWER GENERATION

Abstract: *The present article presents a project of book elaboration about electricity generation through windpower converters. The book has as motivations the growth outstanding of the worldwide windpower and the absence of literature written in Brazil about the theme in Portuguese. The project is being accomplished with the financial support of CNPq, with the international cooperation of the Rational Conversion Department of Energy (Rationelle Energiewandlung) in Kassel University, Germany.*

Key-words: *renewable energy sources, wind energy.*