

HEBER PIMENTEL GOMES
Organizador

SISTEMAS DE BOMBEAMENTO
Eficiência Energética

Editora Universitária – UFPB
João Pessoa, 2009

1ª Edição: 2009 Editora Universitária da UFPB

Capa:
Moisés Menezes Salvino

Diagramação:
Equipe do LENHS UFPB

Impresso no Brasil

Esta publicação foi viabilizada com recursos da Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS, no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL.

FICHA CATALOGRÁFICA

G 633 d Gomes, Heber Pimentel

Sistemas de Bombeamento - Eficiência Energética
1ª Edição. 460p.
ISBN

Heber Pimentel Gomes (organizador) - João Pessoa
Editora Universitária/UFPB, 2009

1. Eficiência Energética 2. Eficiência Hidráulica 3. Bombeamento

UFPB/BC

DU 628.1

Este livro está dedicado à memória do professor Milton Tomoyuki Tsutiya pelo seu pioneirismo e contribuição aos estudos e práticas de eficiência energética no setor de saneamento.

PREFÁCIO

O uso racional da água e da energia no setor produtivo é um requisito indispensável para o desenvolvimento econômico e social no mundo contemporâneo, pela necessidade imperativa da preservação do meio ambiente. Estes insumos são cada vez mais escassos e, por conseguinte, mais caros, onerando, significativamente, os custos de produção no setor industrial. O setor de saneamento, que engloba a indústria de produção de água potável é, talvez, o mais estratégico no que diz respeito ao uso conjunto de água e energia e, portanto, merecedor de uma atenção especial, no tocante à racionalidade da utilização destes insumos.

O mundo tem vivido, desde as últimas décadas do século passado, alternadas crises, derivadas de limitações no fornecimento de energia, principalmente, das fontes advindas de combustíveis fósseis. Neste princípio do século vinte e um, as limitações das disponibilidades de energia, frente aos aumentos de demanda, provocados, principalmente, pelo desenvolvimento dos países emergentes, onde se incluem Brasil, Rússia, Índia, China México, África do Sul, dentre outros, vem tornado permanente a preocupação pelo fornecimento e pelo aumento do custo da energia.

Os sistemas de abastecimento e de esgotamento sanitário, são responsáveis por, aproximadamente, 3% da energia consumida no mundo. No Brasil a situação não é diferente e, de acordo com dados de 2008 do Programa Nacional de Conservação de Energia para o setor de Saneamento – PROCEL SANEAR –, entre 2 e 3% do consumo total de energia elétrica no nosso país, o equivalente a cerca de 10 bilhões de kWh/ano, são consumidos por prestadoras de serviços de água e esgotamento sanitário. Este consumo refere-se aos diversos usos nos processos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, com destaque para os equipamentos motor-bomba das estações elevatórias, que são responsáveis por 90% da energia consumida.

Parte significativa da energia gasta nos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário se deve à ineficiência destes sistemas. Atualmente, no mundo, em média, 25% da energia gasta nestes sistemas se deve à ineficiência energética. Esta ineficiência é derivada do emprego de equipamentos de bombeamento de baixo rendimento (obsoletos, antigos ou mal dimensionados), do excesso de perda de carga hidráulica nas linhas adutoras e nas tubulações das redes de abastecimento, da ausência de manutenção, das perdas reais de água, dentre outros fatores.

Nos últimos anos, em virtude, principalmente, da repercussão do custo energético na operação dos sistemas de abastecimento, as empresas prestadoras de serviços de saneamento estão buscando adotar medidas para aumentar a eficiência energética e, conseqüentemente, diminuir seus custos operacionais. O combate à diminuição do excesso do consumo de energia, provocado pela ineficiência energética, sem que haja comprometimento da qualidade do serviço de abastecimento, depende de um conjunto de ações nas áreas das engenharias hidráulica, mecânica e elétrica.

De uma maneira geral, os diagnósticos e as ações de engenharia voltadas para solucionar os problemas da ineficiência energética em sistemas de bombeamento não são realizados por uma equipe multidisciplinar, que envolva profissionais com domínios técnicos nos campos da hidráulica, da mecânica e da elétrica. A falta de uma inter-relação entre os ramos das engenharias, antes apontados, tem dificultado, consideravelmente, os

diagnósticos e as ações de combate às perdas de energia em sistemas de bombeamento, voltados para o abastecimento de água e esgotamento sanitário.

O objetivo do presente livro é proporcionar aos profissionais da área de saneamento e afins, as diversas matérias concernentes à engenharia de sistemas de bombeamento, com vistas à adoção de medidas necessárias ao aumento da eficiência energética dos sistemas de abastecimento e de esgotamento sanitário. O livro aborda, de forma integrada, os diversos assuntos da mecânica dos fluidos, da hidráulica pressurizada, das bombas e elementos de controle, dos motores elétricos e seus acionamentos, dos processos de automação, da otimização de projetos de redes e estações elevatórias, dos processos de manutenção de sistemas etc.

O livro foi escrito por vários autores com larga experiência, acadêmica e prática, na área de sistemas de bombeamento. Está organizado de maneira que os capítulos relacionam-se entre si, em uma sequência lógica, abordando os diversos temas relativos ao diagnóstico e às soluções de problemas de sistemas de bombeamento.

Esta edição foi elaborada com apoio financeiro da ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.), no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica para o setor de saneamento (PROCEL SANEAR - Eficiência Energética no Saneamento Ambiental).

Heber Pimentel Gomes

AUTORES DO LIVRO

Airton Sampaio Gomes - Engenheiro civil e especialista em perícia ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Atua na área de saneamento desde 1983, com foco em gestão operacional, controle e redução de perdas de água e gerenciamento energético. Ex Diretor Técnico da Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul, têm atuado para diversas instituições, como o PMSS – Programa de Modernização do Setor Saneamento, onde foi coordenador técnico do Projeto “Com+Água” e coordenou a produção de Guias Práticos e outras publicações; CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, em apoio ao PROCEL SANEAR da Eletrobrás e; Banco Mundial, como consultor independente, além de diversas empresas do setor.

Heber Pimentel Gomes - Engenheiro civil e mestre na área de Recursos Hídricos pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Especialista em Gestão de Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP) e em Engenharia de Irrigação pelo Centro de Estudos Hidrográficos do Ministério de Obras Públicas da Espanha. Concluiu o seu doutorado na Universidade Politécnica de Madrid, no ano de 1992. É autor de quatro livros e possui dezenas de trabalhos científicos, publicados no Brasil e no exterior. É, atualmente, professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do Centro de Tecnologia da UFPB, em João Pessoa, coordenador do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS) da mesma universidade e consultor técnico de instituições nacionais e internacionais.

Luiz Simão de Andrade Filho - Engenheiro mecânico, especialista, mestre e doutor em Engenharia mecânica pela Universidade Federal da Paraíba. Foi coordenador do Laboratório de Mecânica dos Fluidos e Hidráulica e professor das disciplinas Mecânica dos Fluidos, Hidráulica e Máquinas Hidráulicas, do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do Centro de Tecnologia da UFPB, em João Pessoa. Atualmente, é professor voluntário do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da mesma universidade.

Oswaldo Luiz Cramer de Otero - Engenheiro eletricitista pela Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), com especialização na Section Spéciale d'Électrotechnique de l'Institut Polytechnique de Grenoble (França). Vem se dedicando nos últimos anos à área de eficiência energética industrial, especialmente no Setor Saneamento. Participou, como consultor do PNUD, da elaboração do diagnóstico de eficiência e gestão energética em 10 operadoras municipais selecionadas em Chamada Pública pelo PMSS e, posteriormente, como consultor de empresas privadas, na implantação do Projeto “Com+Água” do PMSS nas mesmas operadoras. Participou também dos trabalhos de elaboração do Manual de Utilização da RGR, para apresentação de projetos de eficiência energética com vistas à obtenção de recursos daquela fonte. É autor de vários trabalhos apresentados no Brasil e no exterior.

Ronildo Inácio Soares de Alencar - Engenheiro mecânico pela UFPB e mestre em Engenharia mecânica pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). É, atualmente, professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do Centro de

Tecnologia da UFPB e coordenador do Laboratório de Mecânica dos Fluidos e Hidráulica da mesma universidade.

Saulo de Tarso Marques Bezerra - Engenheiro Civil pela UFPB e mestre em Engenharia Hidráulica pela Universidade Federal de Campina Grande. Concluiu o doutorado na área de automação na UFPB. Nos últimos anos, vem se dedicando à área de eficiência hidroenergética no setor de saneamento. Participou, como engenheiro responsável pelos projetos e comissionamento dos equipamentos, da implantação do LENHS/UFPB. Atualmente é professor substituto do IFPB, pesquisador e consultor do LENHS UFPB e instrutor do curso da ABES “Controle de Sistemas Automatizados para Redução do Consumo de Água e Energia”. É autor de artigos em periódicos e capítulos de livros no Brasil e no exterior.

Sebastião de Paula Coura - Engenheiro elétrico formado pela Universidade Federal de Itajubá em 1973 e em Mecânica de precisão pela Escola Industrial do Ministério do Exército. Foi gerente de manutenção em empresas dos setores de transportes ferroviários e mineração. Atuou por mais de 25 anos na Sabesp tendo sido gerente dos Departamentos de Engenharia para as áreas de Planejamento, Manutenção Preventiva, Energia e Automação, e Segurança em Barragens. Desenvolveu vários trabalhos para aproveitamento energético de fontes alternativas existentes em sistemas do setor Saneamento Básicas. É autor de diversos artigos científicos publicados no Brasil e no exterior. É, atualmente, consultor na área de eficiência energética e manutenção com foco na melhoria da eficiência hidroenergética em sistemas de bombeamento.

Simplício Arnaud da Silva - Engenheiro eletricitista e mestre em Engenharia Elétrica na área de Eletrônica de Potência pela UFPB. Concluiu o seu doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba, na Área de Controle de Vibrações no ano de 1998. Possui diversos trabalhos científicos publicados em congressos nacionais e internacionais. É atualmente, professor dos Cursos de Graduação e Pós-graduação em Engenharia Mecânica do Centro de Tecnologia da UFPB, com vários trabalhos de dissertação e tese defendidas sob sua orientação.

SUMÁRIO

Prefácio

Capítulo 1 – Aspectos Hidráulicos e Elétricos Básicos

- 1.1 - Introdução
- 1.2 - Quantidade de Água Requerida
- 1.3 - Viscosidade e Outras Propriedades
 - 1.3.1 - Viscosidade
 - 1.3.2 - Outras Propriedades
 - 1.3.3 - O Fluido Água
- 1.4 - Estática dos Fluidos
 - 1.4.1 - Equação Fundamental da Estática dos Fluidos
 - 1.4.2 - Unidades Para Medidas de Pressão
 - 1.4.3 - Escalas e Medidores de Pressão
- 1.5 - Escoamentos de Fluidos - Conceitos e Equações Fundamentais
 - 1.5.1 - Conservação da Massa
 - 1.5.2 - Equação de Bernoulli
 - 1.5.3 - Equação da Energia
- 1.6 - Perdas de Carga
 - 1.6.1 - Perdas de Carga Lineares
 - 1.6.2 - Perdas de Carga Singulares
- 1.7 - Eletrotécnica
 - 1.7.1 - Leis e Conceitos Básicos
 - 1.7.2 - Circuitos Trifásicos e Monofásicos
 - 1.7.3 - Distribuição de Energia Elétrica
 - 1.7.4 - Potências em Corrente Alternada
- 1.8 - Bibliografia

Capítulo 2 – Bombas e Estações Elevatórias

- 2.1 - Introdução
- 2.2 - Classificação e Descrição
 - 2.2.1 - Classificação das Turbobombas
 - 2.2.2 - Classificação das Bombas Centrífugas
- 2.3 - Altura Geométrica e Manométrica, Perdas e Potências
 - 2.3.1 - Alturas Geométrica e Manométrica
 - 2.3.2 - Potências e Rendimentos
 - 2.3.3 - Perdas de Energia na Bomba
- 2.4 - Curvas Características - Ensaio de Bombas
 - 2.4.1 - Curvas Característica de Uma Bomba
 - 2.4.2 - Ensaio de Bombas
- 2.5 - Curvas do Sistema e Ponto de Trabalho

- 2.6 - Relações Entre as Grandezas Características de Bombas
 - 2.6.1 - Leis de Similaridade Para Bombas
 - 2.6.2 - Leis de Afinidade
 - 2.6.3 - Parábolas de Iso-Rendimento
 - 2.6.4 - Corte nos Rotores
- 2.7 - Velocidade Específica
 - 2.7.1 - Rotação Específica
 - 2.7.2 - Velocidade Específica
 - 2.7.3 - Velocidade Específica em Casos Especiais
- 2.8 - Altura de Aspiração, Cavitação e Npsh
 - 2.8.1 - Altura de Aspiração
 - 2.8.2 - Cavitação
 - 2.8.3 - Npsh
 - 2.8.4 - O Coeficiente de Thoma
- 2.9 - Associação de Bombas
 - 2.9.1 - Associação em Paralelo
 - 2.9.2 - Associação em Série
- 2.10 - Acionamento Elétrico
 - 2.10.1 - Motores de Corrente Contínua (Dc)
 - 2.10.2 - Motores de Corrente Alternada (Ac)
 - 2.10.3 - Variação da Velocidade de Rotação
 - 2.10.4 - Grandezas Elétricas Relacionadas com Motores Elétricos Trifásicos
- 2.11 - Bibliografia

Capítulo 3 – Acionamentos de Motores Elétricos

- 3.1 - Introdução
- 3.2 - Família de Motores Elétricos
- 3.3 - Motor de Indução Trifásico
 - 3.3.1 - Princípio de Operação
 - 3.3.2 - Dados Construtivos
 - 3.3.3 - Características de Operação do Motor de Indução Trifásico
 - 3.3.4 - Perdas nas Máquinas Elétricas
 - 3.3.5 - Carcaça como Invólucro de Proteção
 - 3.3.6 - Utilização de Motores em Áreas Perigosas
- 3.4 - Métodos de Partida de Motores de Indução Trifásicos
 - 3.4.1 - Partida Direta
 - 3.4.2 - Partida com Chave Estrela-Triângulo
 - 3.4.3 - Partida com Autotransformador
 - 3.4.4 - Partida por Meio de Dispositivos Estáticos
 - 3.4.5 - Chave Soft-Starter
 - 3.4.6 - Conversor de Frequência
 - 3.4.7 - Fator de Potência
- 3.5 - Cálculo da Potência do Motor Elétrico
- 3.6 - Operação do Motor com Rotações Abaixo da Nominal
- 3.7 - Bibliografia

Capítulo 4 – Válvulas de Controle

- 4.1 - Introdução
- 4.2 - Classificação das Válvulas
- 4.3 - Elementos Constitutivos das Válvulas
 - 4.3.1 - Elementos Fixos
 - 4.3.2 - Elementos Móveis
 - 4.3.3 - Caracterização das Válvulas
 - 4.3.4 - Parâmetros para o Dimensionamento das Válvulas
- 4.4 - Dimensionamento da Válvula
 - 4.4.1 - Coeficiente de Vazão
 - 4.4.2 - Cavitação em Válvulas
 - 4.4.3 - Seleção, Dimensionamento e Especificação
- 4.5 - Válvulas de Controle Mais Utilizadas nos Sistemas de Produção e Distribuição de Água
 - 4.5.1 - Princípio de Funcionamento
 - 4.5.2 - Válvula Redutora de Pressão Pilotada
 - 4.5.3 - Válvulas Redutora de Pressão (VRP)
 - 4.5.4 - Válvula de Alívio ou Sustentadora de Pressão
 - 4.5.5 - Válvula Redutora de Pressão e Retenção Pilotada
 - 4.5.6 - Válvula Redutora e Sustentadora de Pressão Pilotada
 - 4.5.7 - Válvula Antecipadora de Onda Pilotada
 - 4.5.8 - Válvula Controladora de Bomba Pilotada
- 4.6 - Instalação de Válvulas de Controle
 - 4.6.1 - Válvulas Redutora de Pressão
 - 4.6.2 - Válvulas de Alívio ou Sustentadora de Pressão
 - 4.6.3 - Válvula Redutora e Sustentadora de Montante
 - 4.6.4 - Válvula Antecipadora de Onda
 - 4.6.5 - Válvula Controladora de Bomba
- 4.7 - Operação e Manutenção
- 4.8 - Válvulas Tipo Ventosa
 - 4.8.1 - Ventosas Simples
 - 4.8.2 - Ventosa de Duplo Efeito
 - 4.8.3 - Dimensionamento das Ventosas
- 4.9 - Exemplos
- 4.10 - Bibliografia

Capítulo 5 – Automação e Controle

- 5.1 - Introdução
- 5.2 - Sistema SCADA
- 5.3 - Instrumentação
- 5.4 - Estações Remotas
- 5.5 - Rede de Comunicação
 - 5.5.1 - Topologia de Redes
 - 5.5.2 - Protocolos
- 5.6 - Sistema de Supervisão e Controle

- 5.7 - Sistema de Controle
- 5.8 - Automação Local e Aquisição de Dados
 - 5.8.1 - Controlador Lógico Programável
 - 5.8.2 - Controle de Sistemas através de PC
 - 5.8.3 - Aquisição de Dados
 - 5.8.4 - Requisitos de Controle
- 5.9 - Aplicações de Automação em Sistemas de Bombeamento
 - 5.9.1 - Sistema de Bombeamento Típico com Medição de Vazão e Pressão
 - 5.9.2 - Sistema de Bombeamento com Controle Liga/Desliga
 - 5.9.3 - Sistema de Bombeamento com Acionamento por meio de Conversores de Frequência
 - 5.9.4 - Acionamento Múltiplo de Conjuntos Motor-Bomba
 - 5.9.5 - Captação em Barragem de Nível Variado
 - 5.9.6 - CMB do Tipo Flutuante com Conversor de Frequência
 - 5.9.7 - Controle de Pressão do Ponto mais Desfavorável
 - 5.9.8 - Controle Liga/Desliga em Função da Qualidade do Manancial
- 5.10 - Aplicação de Conversores de Frequência em Sistemas de Bombeamento
 - 5.10.1 - Sistemas de Bombeamento
 - 5.10.2 - Região de operação dos equipamentos do sistema de bombeamento
 - 5.10.3 - Conversor de Frequência
- 5.11 - Bibliografia

Capítulo 6 – Diagnóstico de Sistemas

- 6.1 - Introdução
- 6.2 - Lista de Verificação no Diagnóstico Hidroenergético
 - 6.2.1 - Levantamento do Diagrama Simplificado Eletro-Hidráulico do Sistema
 - 6.2.2 - Levantamento das Contas de Energia das Unidades Consumidoras e Análise Tarifária
 - 6.2.3 - Levantamento do Diagrama Unifilar Elétrico das Unidades Consumidoras
 - 6.2.4 - Levantamento do Cadastro dos Equipamentos das Unidades Consumidoras, Incluindo as Características Técnicas das Adutoras, Acessórios e Perfil Topográfico
 - 6.2.5 - Levantamento dos Equipamentos de Medições Elétricas e Hidráulicas
 - 6.2.6 - Levantamento dos Recursos Auxiliares de Gestão
 - 6.2.7 - Levantamento dos Procedimentos de Operação e Manutenção
 - 6.2.8 - Medições no Campo
 - 6.2.9 - Cálculos e Simulações para Estabelecimento de Alternativas de Intervenções
 - 6.2.10 - Estimativa de Custo Inicial das Alternativas
- 6.3 - Medições de Campo
 - 6.3.1 - Condições Fundamentais para Realização de Medições para Projetos de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água
 - 6.3.2 - Variáveis de Acompanhamento Permanente
 - 6.3.3 - Verificações Anuais ou Eventuais
 - 6.3.4 - Recomendações para Procedimentos nas Campanhas de Medições
- 6.4 - Indicadores de Desempenho em Sistemas de Bombeamento
 - 6.4.1 - Indicadores de Desempenho Operacional

- 6.4.2 - Indicadores de Desempenho Financeiro
- 6.5 - Bibliografia

Capítulo 7 – Ações de Eficiência Energética

- 7.1 - Introdução
- 7.2 - Projetos de Eficiência Energética
 - 7.2.1 - Reduzindo a Altura Manométrica de Bombeamento
 - 7.2.2 - Melhorando o Rendimento de Equipamentos
 - 7.2.3 - Modulando a Carga com Conversores de Frequência
 - 7.2.4 - Otimizando a Reservação com Aumento do Bombeamento Fora do Horário de Ponta
- 7.3 - Bibliografia

Capítulo 8 – Manutenção em Sistemas de Bombeamento

- 8.1 - Introdução
- 8.2 - Engenharia de Manutenção
- 8.3 - Falhas Comuns em Instalações de Bombeamento
 - 8.3.1 - Vibração Excessiva em Conjuntos Motor-bomba por Causas Relacionadas aos Eixos ou as Carcaças
 - 8.3.2 - Sobreaquecimento em Mancais de Conjuntos Motor-Bomba
 - 8.3.3 - Sobreaquecimento nos Enrolamentos de Motores
 - 8.3.4 - Motores Operando com Correntes ou Tensões Desequilibradas
 - 8.3.5 - Bombas Operando em Condições Anormais
 - 8.3.6 - Falhas em Equipamentos Diversos de uma Instalação de Bombeamento
 - 8.3.7 - Causas de “Queimas” Prematuras de Equipamentos Elétricos por Falhas de Manutenção
- 8.4 - Sistemas para “Partida” de Motores Elétricos
 - 8.4.1 - Partida Direta
 - 8.4.2 - Partida Estrela-Triângulo
 - 8.4.3 - Soft-Starter
 - 8.4.4 - Partida Compensada
 - 8.4.5 - Conversor de Frequência
- 8.5 - Métodos Utilizados em Manutenção
- 8.6 - Técnicas Utilizadas em Manutenção Preditiva
 - 8.6.1 - Inspeção Termográfica
 - 8.6.2 - Medição e Análise de Vibração em Mancais de Máquinas Rotativas
 - 8.6.3 - Manutenção da Qualidade da Lubrificação em Mancais
 - 8.6.4 - Inspeções e Medições Sistemáticas Eletromecânicas e Hidráulicas
 - 8.6.5 - Óleo Isolante e Refrigerante dos Transformadores
 - 8.6.6 - Manutenção da Confiabilidade dos Instrumentos de Medição Calibração
- 8.7 - Recomendações de Manutenção por Família de Equipamentos
 - 8.7.1 - Principais Equipamentos Mantidos em Sistemas de Bombeamento
 - 8.7.2 - Planos Típicos de Manutenção
- 8.8 - Recomendações Gerais

- 8.9 - Qualificação da Mão de Obra
- 8.10 - Indicadores de Desempenho para a Manutenção em Sistemas de Bombeamento
 - 8.10.1 - Disponibilidade
 - 8.10.2 - Tempo Médio entre Falhas
 - 8.10.3 - Tempo Médio para Reparos
- 8.11 - Indicadores para Gestão do Uso da Energia Elétrica
 - 8.11.1 - Fator de Carga
 - 8.11.2 - Custo Médio
 - 8.11.3 - Eficiência
- 8.12 - O Dilema: Reparar ou Substituir?
- 8.13 – Bibliografia

Capítulo 9 – Modelagem Hidráulica - Projetos Otimizados

- 9.1 - Introdução
- 9.2 – Modelagem Hidráulica – O Modelo EPANET
 - 9.2.1 - Exemplo Demonstrativo do EPANET
- 9.3 - Projetos Otimizados de Eficiência Energética
 - 9.3.1 - Introdução
 - 9.3.2 - Dimensionamento Econômico de Estações Elevatórias - Método das Tentativas
 - 9.3.3 - Dimensionamento Econômico de Redes de Abastecimento Método LENHSNET
- 9.4 - Bibliografia

Anexo I – Análise tarifária e Gestão das Contas de Energia

Anexo II – Metodologia de Custos Evitados da ANELL: Resumo