



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

Gerenciamento Energético: Estudo de Caso no Parque Tecnológico Itaipu - PTI

Juarez A. de Souza Junior¹, C. Rocha¹, Roberto C. Lotero¹, José Paulo Nunes², Marcelo Miguel³

¹Centro de Engenharia e Ciências Exatas – Universidade Estadual do Oeste do Paraná Caixa Postal 39, 85856-970 – Foz do Iguaçu – PR – Brasil

²LABEE – Laboratório de Eficiência Energética – Parque Tecnológico Itaipu – Foz do Iguaçu, PR – Brasil

³ENEE.DT – Divisão de Engenharia Eletromecânica – Itaipu Binacional – Foz do Iguaçu, PR - Brasil

Juarez_eng@yahoo.com.br

RESUMEN

O termo conservação de energia está associado ao uso eficiente da energia, ou seja, à eliminação dos desperdícios e à melhoria dos processos, a fim de se conseguir obter um mesmo produto utilizando-se menos energia do que seria necessário antes deste processo.

Nunca se ouviu tanto falar em conservação de energia no Brasil como logo após o racionamento de 2001. Na ocasião, a falta de planejamento e investimentos no setor elétrico, associado a um ano hidrológico particularmente desfavorável, levou o Brasil a uma situação de emergência, tornando inevitável o racionamento do consumo de energia elétrica. O racionamento foi instituído em maio de 2001 e extinto em fevereiro de 2002.

Durante o período de racionamento, o governo foi obrigado a impor metas de redução de consumo, com aplicação de multas punitivas para aqueles que não as cumprissem.

Após o racionamento, foi observado que a energia não era tão abundante como se pensava, sendo necessários altos investimentos para a criação de novas plantas geradoras e novas linhas de transmissão e distribuição, elevando assim o preço da energia.

Outro problema que vem de encontro com a expansão do sistema elétrico é a questão ambiental. O esgotamento dos recursos naturais associado aos impactos ambientais que a implantação de novas plantas geradoras causam e as crescentes e cada vez mais rigorosas restrições ambientais, dificultam ainda mais os aproveitamentos de geração.

Considerando-se todos estes fatos e acontecimentos, e levando-se em conta ainda o custo da energia no preço final dos produtos, a conservação de energia tornou-se um importante instrumento para diminuir os custos de produção e aumentar as chances de uma empresa sobreviver num mercado cada vez mais competitivo, além de contribuir para a preservação do meio ambiente, uma vez que, economizando-se energia, estamos adiando a necessidade de ampliação do sistema elétrico.

A busca pela eficiência induz as organizações ao combate das perdas, trazendo, como consequência, a melhoria da produtividade e qualidade da energia elétrica, contribuindo,



também, para a redução dos custos. Assim, as empresas começam a ver a eficiência energética como um grande potencial de ganho.

Nesse contexto, temos que as formas tecnológicas usuais para identificação das perdas e desperdícios de energia em instalações elétricas são as auditorias energéticas.

Dentre as práticas padronizadas que podem ser utilizadas para realizar uma auditoria energética temos o Diagnóstico Energético, que consiste em fazer um levantamento do perfil de consumo de uma instalação elétrica industrial ou comercial e comparar com o perfil de consumo dos principais setores de produção desta instalação.

Esta prática requer levantamento de dados em campo, que podem ser processados com auxílio de um aplicativo computacional, permitindo assim identificar qualitativamente os pontos críticos da instalação. Com base nas informações obtidas no diagnóstico energético, pode-se analisar e indicar se há necessidade de realizar atuações em equipamentos específicos ou de mudança de rotinas de produção.

O objetivo deste trabalho é apresentar os dados preliminares obtidos de um diagnóstico energético realizado no Parque Tecnológico de Itaipu – PTI, no qual foi utilizado um transdutor digital para fazer o levantamento de dados de consumo de energia.

PALABRAS CLAVES

Eficiência energética, conservação de energia, auditoria energética, gerenciamento energético.

1. GERENCIAMENTO DA ENERGIA NO PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPU - PTI

O Parque Tecnológico Itaipu – PTI é um pólo tecnológico cujas instalações se encontram dentro da Usina Hidrelétrica de Itaipu em uma área de 116 hectares e com mais de 50 mil metros quadrados de área construída, localizada nos antigos alojamentos dos funcionários que construíram a usina.

Atualmente, o PTI conta com aproximadamente 12 blocos que dispõem de uma moderna infra-estrutura que abriga salas de aula, laboratórios de pesquisa, espaço empresarial, biblioteca, auditórios, salas de videoconferência e restaurante, oferecendo também a possibilidade de sediar congressos e convenções.

No PTI, não existe tarifação de energia elétrica, pois está localizado dentro da Usina Hidrelétrica de Itaipu e é alimentado pelo próprio sistema de serviço auxiliar da Usina. Este fato faz com que o PTI não tenha preocupações em relação ao seu consumo de energia, não possuindo assim nenhum sistema de medição em suas instalações.

Por outro lado, a implantação do LABEE no PTI, com o desenvolvimento de trabalhos e projetos na área de eficiência energética, traz para dentro do Parque os conceitos de conservação de energia do PROCEL, aumentando-se a importância em se conhecer o consumo de energia elétrica no Parque e a maneira de como esta energia está sendo utilizada, com a finalidade de se melhorar a eficiência de suas instalações.

Dentro de todo esse contexto, por o PTI ser alimentado pelo sistema de serviço auxiliar da Usina, a própria Itaipu tem interesse em conhecer o consumo de energia elétrica do Parque, com a finalidade de verificar o carregamento de seu sistema de serviço auxiliar e das



linhas e religadores que alimentam o PTI, podendo assim prever e solucionar problemas que possam vir a colocar em risco o abastecimento de energia elétrica do Parque.

Levando-se em conta os fatos citados acima, a implantação de um programa de conservação de energia, com a implementação de um sistema de gerenciamento energético no PTI, é necessária, na medida que, se economizando energia, diminui-se o risco de falta de eletricidade no Parque, e ainda transforma o PTI em um grande laboratório de eficiência energética.

Um outro fator que pode ser considerado a respeito da implementação de um sistema de gerenciamento energético no PTI é que, economizando energia, o PTI está permitindo que a Usina Hidrelétrica de Itaipu utilize esta energia economizada para atender outras demandas, podendo até mesmo vendê-la e aumentar o seu lucro.

2. METODOLOGIA PARA MEDIÇÕES DE CONSUMO DE ENERGIA

Para se conhecer quanto, onde e como se consome energia em uma determinada instalação elétrica é necessário medir, monitorar e gerenciar essa instalação.

Através do gerenciamento, monitoramento e análise de grandezas elétricas em uma instalação pode-se determinar uma série de ações tais como adequações tarifárias, melhorias na curva de carga, verificação do carregamento dos transformadores, verificação da necessidade de utilização de sistemas de compensação de reativos, dentre outras, que promovam o uso mais eficiente da energia elétrica, com conseqüente redução de custos.

Neste Capítulo é descrito a metodologia utilizada para realização das medições e análise de consumo de energia nas instalações do PTI, seguindo as recomendações do Protocolo Internacional de Medição e Verificação.

A importância em se definir uma boa metodologia para medição e verificação de dados de eficiência energética consiste no fato de que o sucesso de um sistema de gerenciamento de energia elétrica está intimamente ligado ao plano de medição adotado, sendo este, um dos principais responsáveis pelos resultados que podem ser alcançados.

A implementação de um plano de medição e verificação bem sucedido pode ajudar a se conseguir melhores resultados como uma maior economia de energia, e como consequência uma maior redução de custos.

O primeiro passo a se tomar para definir um plano de medição e verificação é analisar as plantas do sistema elétrico da instalação na qual se deseja implantar um sistema de gerenciamento energético e estipular os melhores pontos a serem medidos.

Definido os pontos de medição, o próximo passo é escolher quais variáveis devem ser medidas (corrente, tensão, potência, fator de potência, consumo de energia elétrica, frequência, etc.). A escolha dessas variáveis depende fundamentalmente dos resultados que se esperam para o plano de gerenciamento energético e do grau de investimento que se pretende fazer, uma vez que, para realização das medições dessas variáveis é necessário a compra de equipamentos de medição.



Com o conhecimento do que medir e onde medir, pode-se agora traçar um plano de medição e verificação, determinando os equipamentos que serão utilizados e como serão feitas as medições e aquisições de dados.

Uma das formas mais comum de se medir corrente elétrica alternada é com auxílio de transformadores de corrente (TCs). Os TCs são conectados nas cargas que se pretende medir, permitindo que medidores de corrente ou de potência possam ser ligados a ele, e assim medir as correntes ou potências das referidas cargas.

Para medição de tensão elétrica alternada, alguns voltímetros ou medidores de potência podem ser ligados diretamente a fonte de potência, enquanto que outros necessitam de auxílio de dispositivos intermediários, como transformadores de potencial (TPs), para abaixar a tensão a níveis aceitáveis pelo equipamento.

Para se obter melhores resultados, é recomendada a utilização de medidores digitais de potência, uma vez que estes possuem a habilidade de medir mais precisamente formas de onda distorcidas, fornecendo assim informações com maior grau de confiabilidade.

O gerenciamento de energia também pode ser feito em tempo real, utilizando-se multimedidores digitais de grandezas elétricas, que devem ser instalados em cada setor que se deseja monitorar, e interligados por meio de uma rede de comunicação a um software específico.

Os passos apresentados acima são apenas princípios básicos para definição de um bom plano de medição e verificação, sendo que alguns passos podem ser modificados, ou mesmo excluídos ou ainda outros passos adicionados, dependendo-se do projeto de gerenciamento energético que se deseja implantar.

2.1. Medição de Consumo de Energia no Parque Tecnológico Itaipu – PTI

2.1.1. Sistema elétrico do Parque Tecnológico Itaipu – PTI

O Parque Tecnológico Itaipu-PTI é alimentado pelo sistema de serviço auxiliar da Usina Hidrelétrica de Itaipu, não contribuindo assim com o custeio da energia elétrica. Atualmente o PTI dispõe de 12 blocos (prédios) que são alimentados por 7 transformadores trifásicos, 4 de 500 KVA e 3 de 300 KVA, distribuídos pelas instalações do Parque, somando uma capacidade total instalada de 2,9 MVA. A relação de transformação de cada transformador é da ordem de 13.8 kV / 220 v.

A entrada de serviço do sistema elétrico do PTI é trifásica em 13,8 KV, realizada por meio de uma rede aérea de distribuição de energia elétrica da própria Usina de Itaipu, e é distribuída para cada transformador através de uma rede subterrânea.

2.1.2. Sistema de medição utilizado

Para realização das medições nos transformadores do Parque Tecnológico Itaipu foi utilizado a Unidade de Processamento Digital para grandezas elétricas UPD600 YOKOGAWA 2480E, que é um transdutor digital multivariável capaz de medir, simultaneamente, 33 variáveis elétricas.

O UPD600 foi instalado dentro dos Quadros de Distribuição Geral (QDG) de cada transformador, configurado para medir um sistema trifásico com 4 fios (3 fases e 1 neutro) e 3 elementos. Para realizar a instalação do transdutor nos quadros foram utilizados como dispositivos intermediários, transformadores de corrente de núcleo toroidal, modelo MES-100 tipo janela, classe de precisão de 1% e relação de transformação de 1500/5 A. Não houve necessidade de utilização de transformadores de potencial, sendo os terminais de entrada de tensão ligados direto na fonte de potência.

A aquisição de dados foi realizada em tempo real, com o transdutor se comunicando com um computador através do software demonstrativo de gerenciamento de energia UPDViewer. A conexão entre o UPD600 e o computador foi feita via Protocolo RS485, com auxílio de um conversor RS485/RS232 e utilizando-se, como meio físico de transporte de dados, um cabo par trançado blindado.

Feita a correta instalação dos equipamentos de medição, conectados e comunicando com o computador, a aquisição de dados foi realizada em tempo real por um período de 24 horas, considerando-se o período para análise de dados das 0:00 horas de um dia até as 23:59 horas do mesmo dia.

O tempo de amostragem para aquisição de dados foi configurado para fazer uma aquisição a cada 15 minutos (900 segundos), mesmo tempo de amostragem utilizado pela concessionária local de energia elétrica para calcular o faturamento de energia, totalizando-se 96 aquisições em um período de 24 horas.

Os dados foram registrados no disco rígido do computador em um arquivo na extensão de banco de dados do MS Access e analisados com auxílio do aplicativo computacional MS Excel.

As variáveis fundamentais escolhidas para análise foram as potências ativa, reativa e aparente, o fator de potência, os consumo de energia ativa e o consumo e/ou geração de energia reativa durante o período de tempo considerado do transformador em questão.

Para análise de dados foram considerados os valores máximos, mínimos e médios das variáveis citadas anteriormente, e gerados gráficos de demanda de potência ativa, reativa e aparente.

Com base nesses dados, pode-se analisar como a energia esta sendo utilizada ao longo do dia pelos blocos alimentados pelo transformador em questão, determinando os horários onde se consome mais e os horários onde se consome menos energia, além de possibilitar calcular o fator de carga diário, verificar o carregamento do transformador em questão e verificar se o fator de potência está de acordo com o Artigo nº64 da Resolução ANEEL nº456 de 20 de novembro de 2000, que estipula o valor limite de fator de potência de 0,92 indutivo durante o dia e de 0,92 capacitivo para madrugada.

Com base nessas informações, é possível definir um programa de conservação de energia, aumentando a eficiência das instalações do PTI, e conseqüentemente diminuindo o carregamento do sistema de serviço auxiliar da Itaipu.

3. AVALIAÇÃO PRÁTICA: MEDIÇÃO NO TRANSFORMADOR 1

Com base na metodologia descrita na seção anterior foi realizado um trabalho prático de medição e análise de dados relativos ao consumo de energia elétrica nos transformadores do Parque Tecnológico Itaipu – PTI.

Nesta Seção são apresentados os procedimentos de medição, aquisição e análise de dados referentes ao transformador 1 do PTI. A tabela a seguir ilustra os dados técnicos das medições no transformador 1.

Tabela 1: Dados relativos às medições realizadas no transformador 1

Ficha Técnica do Procedimento de Medição do Transformador 1	
Identificação do transformador	Transformador 1 - 500KVA - 13,8 KV / 220 v – 60 Hz
Identificação do QDG do transformador	QDG 5 – B10, B05 e B06 - 220 v e 127 v
Localização do QGD do transformador	Atrás do Bloco 10 (Administração do PTI)
Blocos alimentados pelo transformador	Bloco 10, Bloco 05 (Incubadora Empresarial) e Bloco 06 (ITAI – Instituto de Tecnologia em Automação e Informática)
Tipo de carga básica alimentada	Aparelhos de ar condicionado, sistemas de iluminação e força, computadores, dentre outros equipamentos eletrônicos.
Equipamento utilizado para medição	UPD600 YOKOGAWA 2480E V.114
Configuração de ligação do equipamento	3 ϕ com 4 fios e 3 elementos
Relação de transformação de corrente	300 (TC de 1500/5 A)
Relação de transformação de potencial	1 (Ligação direta sem uso de TP)
Tipo de medição	Digital em tempo real via RS485
Intervalo de aquisição	900 Segundos (15 Minutos)
Data e horário de início das aquisições	07/05/2008 as 10:55 Horas
Data e horário de fim das aquisições	09/05/2008 as 15:45 Horas
Numero de aquisições consideradas	96
Temperatura no dia 08/05/2008	Em torno de 18° C

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

A partir dos dados adquiridos foram plotados os seguintes gráficos:

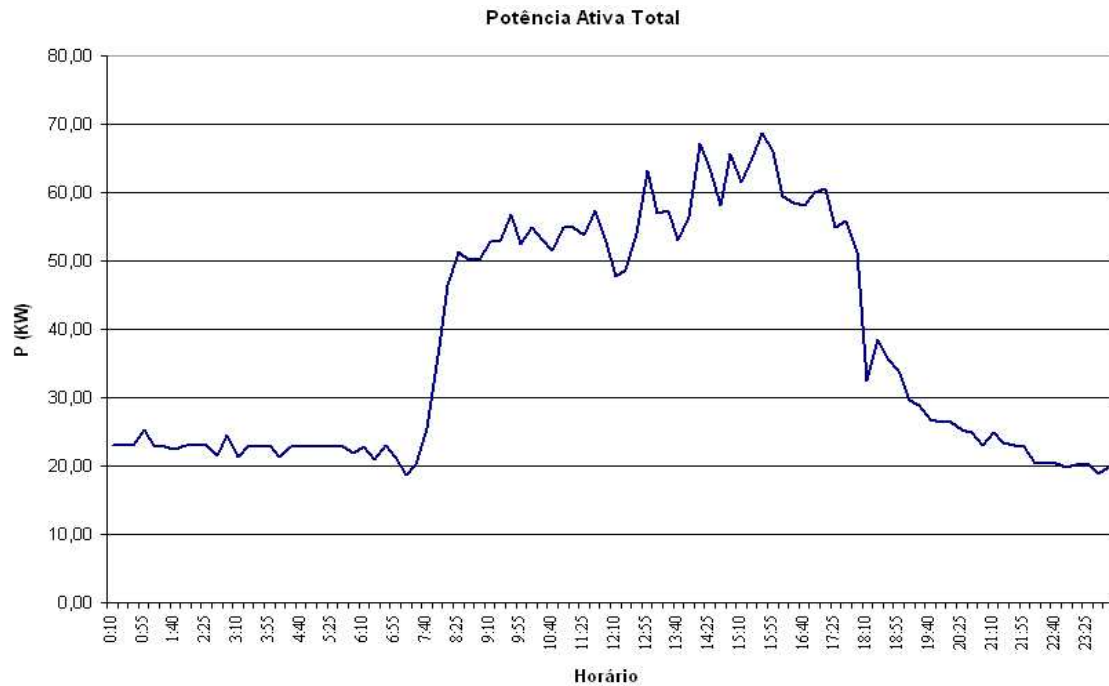


Figura 1: Demanda de potência ativa no transformador 1

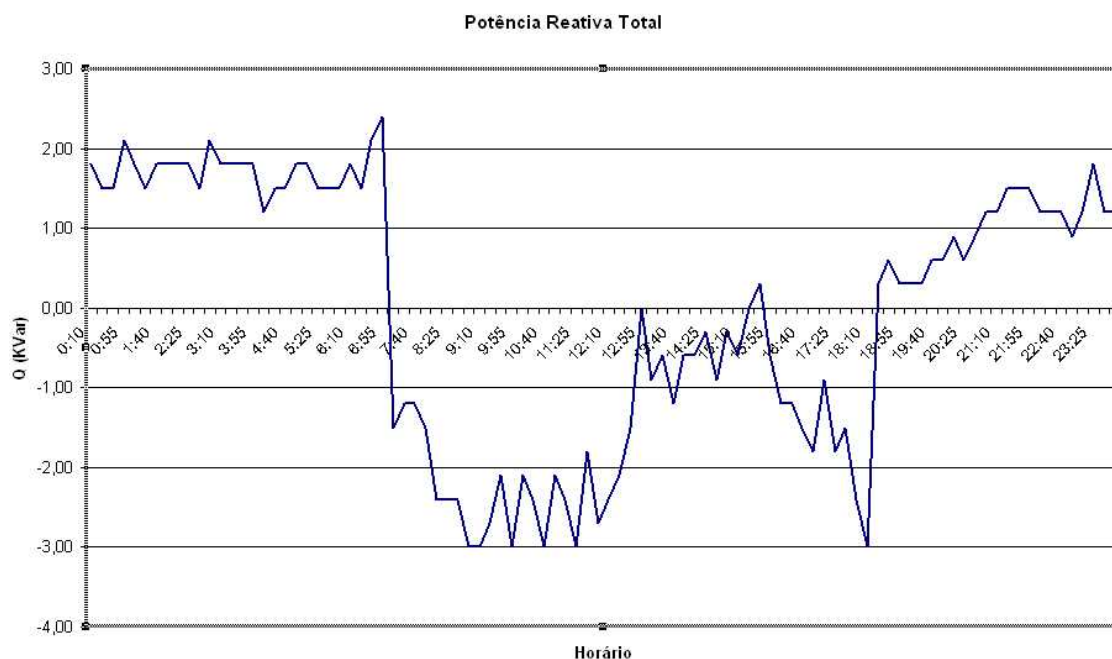


Figura 2: Demanda de potência reativa no transformador 1

Com base nestes dois gráficos, e de alguns outros dados referentes às medições realizadas no transformador 1, não referenciados neste trabalho, foram feitas as seguintes tabelas:

Tabela 2. Dados de demanda do transformador 1

Valores Medidos	Potência Ativa (KW)	Potência Reativa (Kvar)	Potência Total (KVA)	Fator de Potência (FP)
Máximo	68,70	2,40	68,70	1
Mínimo	18,60	-3,00	18,60	1
Médio	37,52	-0,03	37,51	1

Tabela 3. Dados de consumo de energia elétrica do transformador 1

Consumo de Energia Ativa (KWh +)	Consumo de Energia Reativa (KVar +)	Geração de Energia Reativa (KVar -)
896,7	17,43	18,06

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos gráficos e tabelas apresentadas acima, é possível fazer uma análise qualitativa a respeito do consumo de energia elétrica do transformador 1 do PTI. Podemos verificar que:

Com base nos dados obtidos, verificou-se que o fator de potência variou muito pouco, sendo predominantemente unitário, porém observa-se também que o fator de potência, mesmo que predominantemente unitário, teve caráter capacitivo em horário comercial e indutivo durante a madrugada, desrespeitando assim o Artigo nº64 da Resolução ANEEL nº456 de 29 de novembro de 2000.

O fator de carga diário é a razão entre a demanda média de potência ativa pela demanda máxima de potência ativa, sendo que o fator de carga mostra se a energia esta sendo utilizada de forma racional por parte de uma determinada instalação. O fator de carga para o transformador 1 é:

$$Fc_{diário} = \frac{D_{méd}}{D_{máx}} = \frac{37,52}{68,70} = 0,55$$

Observa-se que o fator de carga diária do transformador 1 é bastante baixo, uma vez que, quanto mais próximo da unidade, melhor utilizada está sendo a energia.

Considerando ainda que a potência nominal do transformador é de 500 KVA e a potência máxima registrada pelas medições é de 68,70 KVA, ou seja, aproximadamente 14% da capacidade nominal do transformador, observa-se que o transformador 1 esta bastante superdimensionado.

A partir das análises feitas, e de mais algumas outras que podem ser feitas, é possível definir medidas para melhorar a eficiência nas instalações alimentadas pelo transformador 1,



tais como, acoplamento de mais cargas ao transformador com finalidade de melhorar seu carregamento e conseqüentemente diminuir as perdas.

5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Os resultados obtidos neste trabalho para medição, aquisição e análise de consumo de energia elétrica no transformador 1 do Parque Tecnológico Itaipu – PTI podem ser considerados satisfatórios, uma vez que, são resultados preliminares.

Como a temperatura no dia das medições estava baixa, em torno de 18°C, e a grosso modo pode-se dizer que a maior parcela de consumo de energia no PTI provém da utilização de aparelhos de ar condicionados, os dados de consumo de energia elétrica obtidos nessa análise não são da maior confiança.

Para uma melhor análise de dados é aconselhável que se repita todas as medições durante o verão, onde as temperaturas são mais elevadas, mostrando assim como é o consumo de energia elétrica do PTI no calor, com a maioria de seus aparelhos de ar condicionados ligados.

Trabalhos futuros incluem a implementação de um programa de conservação de energia no PTI, com a implantação de um sistema de gerenciamento energético composto por um sistema fixo de medição setorial de consumo de energia elétrica em tempo real e de dispositivos de controle de demanda.

BIBLIOGRAFIA

- [1] CAPELLI, Alexandre. Energia Elétrica para Sistemas Automáticos da Produção: 1ª Edição. São Paulo: Editora Érica Ltda. 2007.
- [2] CREDER, Hélio. Instalações Elétricas: 14ª Edição. Rio de Janeiro: LTC. 2002.
- [3] KATS, G.; et al. Protocolo Internacional para Medição e Verificação de Performance: Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Eficiência Energética. 2001. Disponível em <http://www.inee.org.br/down_loads/escos/PIMVP_2001_Portugues.pdf>. Acesso em: 15 de julho de 2008
- [4] MAMEDE, João. Instalações Elétricas Industriais: 6ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
- [5] MIGUEL, Marcelo. Modelo de gestão de auditoria energética para usinas hidrelétricas: estudo de caso na Itaipu. 2003. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, UFSC, Florianópolis.
- [6] MOREIRA SANTOS, Afonso H.; et al. Conservação de Energia – Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos: 2ª Edição. Itajubá/MG: EE-Editora da Efei. 2006.
- [7] ANEEL. Resolução N°456 de 29 de novembro de 2000.