

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

**Especificação funcional para um sistema de
gestão energética em plataforma PIMS**

Luiz Eduardo Ferreira Barbosa

Belo Horizonte – MG
12 de dezembro de 2011

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Curso de Especialização em Automação Industrial

**Especificação funcional para um sistema de gestão energética
em plataforma PIMS**

Luiz Eduardo Ferreira Barbosa

Monografia submetida à banca examinadora designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Automação Industrial, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Certificado de ***Especialista em Automação Industrial***.

Orientadora: Prof.^a Carmela Maria Polito Braga

Belo Horizonte – MG
Dezembro de 2011

Aos meus pais, Oswaldo e Marilda, e irmãos,

Flávio Henrique e João Otávio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Oswaldo e Marilda pelo apoio incondicional.

Ao meu irmão Flávio Henrique por todo apoio e pelo exemplo acadêmico.

Ao meu irmão João Otávio por toda ajuda e suporte à distância, a quem deixo este trabalho como exemplo a ser seguido.

À professora Carmela Maria Polito Braga pela orientação no trabalho.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para este trabalho.

RESUMO

A gestão energética de uma instalação compreende conhecer o consumo de energia, acompanhar os índices de controle e atuar no sentido de garantir os índices nos patamares esperados. Este trabalho trata da especificação funcional de um sistema de gestão energética a ser implementado em uma plataforma PIMS (*Process Information Management System*) e orientado ao consumo de energia elétrica. O desenvolvimento de uma aplicação em um sistema PIMS se apresenta como uma opção simples e barata para se definir o perfil de consumo de uma instalação industrial, sendo capaz de auxiliar os gestores na busca da melhoria contínua e do melhor desempenho energético. Elaborado segundo a norma ABNT NBR ISO 50001:2011, este trabalho aborda os sistemas de gerenciamento de energia disponíveis na atualidade, suas funcionalidades e ferramentas e visa, com base nestas informações, definir as etapas para o desenvolvimento de uma ferramenta de gestão que venha facilitar o acompanhamento dos ambientes monitorados. Neste contexto, é apresentada a especificação funcional do sistema, seus módulos, requisitos e funcionalidades e o retorno esperado com a utilização do mesmo, culminando em uma análise que envolve desde as características de um sistema PIMS até o sistema de tarifação energética brasileiro.

Palavras-chave: Gestão Energética, PIMS, Eficiência Energética, Conservação, Sistemas de Informação.

ABSTRACT

The energy management of a facility consists of knowing the energy consumption, monitor the control indicators and act to ensure the indicators are in the expected levels. This work deals with the functional specification of an energy management system guided to the consumption of electricity and to be implemented in a PIMS (*Process Information Management System*). The development of an application in a PIMS system is presented as a simple and inexpensive option to set the consumption profile of an industrial facility, being able to assist managers in pursuit of continuous improvement and improved energy performance. Prepared according to ABNT NBR ISO 50001:2011, this text focuses on energy management systems available today, its functionality and features and aims, based on this information, to define the steps for developing a management tool that will facilitate monitoring of environments. In this context, we present the functional specification of the system, its modules, and functionality requirements and the expected return using it, culminating in an analysis that involves from the characteristics of a PIMS to the Brazilian energy pricing system.

Keywords: Energy Management, PIMS, Energy Efficiency, Conservation, Information Technology Systems.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BLOBS – *Binary Large Objects*

CLP – Controlador Lógico Programável

ISO – *International Organization for Standardization*

MES – *Manufacturing Execution Systems*

NBR – Normas Brasileiras

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

PIMS – *Process Information Management System*

SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition*

SGE – Sistema de Gestão da Energia

TI – Tecnologia da Informação

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo de Energia Elétrica Total no Brasil. Dados contabilizados até março de 2011. Considerado o consumo em todas as classes e as perdas na transmissão e distribuição (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2011)..	11
Figura 2 - Modelo de Sistema de Gestão da Energia (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011).	20
Figura 3 - Diagrama conceitual de processo de planejamento energético segundo a norma ABNT NBR ISO 50001. (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011).	24
Figura 4 - Modelo simplificado para o SGE.	25
Figura 5 - Arquitetura proposta para a implementação em PIMS do sistema de gerenciamento de energia elétrica.	26
Figura 6 - Protótipo da tela de operação principal do SGE.	34
Figura 7 - Exemplo de <i>faceplate</i> para visualização de valores monitorados disponível na biblioteca do Siemens SIMATIC WinCC Powerrate v.3.0 (SIEMENS AG, 2009).	36
Figura 8 - Protótipo da tela de operação principal do SGE.	37
Figura 9 - Tabela extraída do Guia Técnico de Gestão Energética apresentando um modelo de apresentação para controle dos índices (MONTEIRO e ROCHA, 2005).	45
Figura 10 - Exemplo de aplicação utilizando <i>WebParts</i> (OSISOFT, LLC).	47

SUMÁRIO

1	Introdução.....	10
1.1	A motivação.....	12
1.2	Gestão energética.....	13
1.3	Escopo da monografia.....	14
2	Revisão bibliográfica.....	15
2.1	Sistemas de gerenciamento de energia elétrica.....	15
2.1.1	Aquisição de dados.....	16
2.1.2	Armazenamento dos dados.....	18
2.1.3	Visualização da informação.....	18
2.1.4	A norma brasileira ABNT NBR ISO 50001:2011.....	19
2.2	PIMS.....	20
2.2.1	Os dados e sua forma de manipulação.....	21
2.2.2	Recuperação e visualização dos dados.....	22
2.2.3	Aplicações complementares.....	23
3	Especificação funcional de um SGE em plataforma PIMS.....	23
3.1	Arquitetura de <i>hardware</i>	25
3.2	Arquitetura de <i>software</i> proposta.....	27
3.3	A aquisição de dados.....	28
3.3.1	Grandezas elétricas medidas ou calculadas.....	28
3.4	Telas sinópticas.....	32
3.5	Alarmes e notificações.....	38
3.6	Relatórios.....	44
3.7	Acessos.....	46
4	Conclusão e sugestão de trabalhos futuros.....	48
4.1	Comentários finais.....	48
	BIBLIOGRAFIA.....	50

1 INTRODUÇÃO

Uma das grandes preocupações da sociedade moderna, representada por seus estados e governantes, é a evolução do consumo energético. Evolução esta atrelada a vários aspectos ambientais relativos à transformação da energia e seu custo, intensamente discutidos e, na maioria das vezes, definidos como negativos.

Esta é uma realidade global, expressa pela Agência Internacional de Energia no sumário de um de seus boletins: “O mundo da energia é confrontado com um quadro de incerteza sem precedente. A crise econômica mundial de 2008-2009 mergulhou os mercados mundiais de energia na tormenta e o ritmo a que a economia mundial recuperar será determinante para as perspectivas energéticas dos próximos anos. Contudo, serão os governos e a forma como responderão aos desafios paralelos da mudança climática e da segurança energética que modelarão o futuro da energia a longo prazo”(INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2010).

A demanda por energia na atualidade se faz mais presente nos países emergentes e, neste panorama, está inserido o Brasil (HERZOG e GIANINI, 2011). Segundo o boletim de monitoramento do sistema elétrico de abril de 2011(MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2011) o consumo de energia elétrica no Brasil nos três primeiros meses de 2011 apresenta crescimento em relação aos anos anteriores, o que não é um fato isolado, visto que o Brasil é um país em pleno desenvolvimento, e que, para todo crescimento econômico, pode-se associar um aumento no consumo energético.

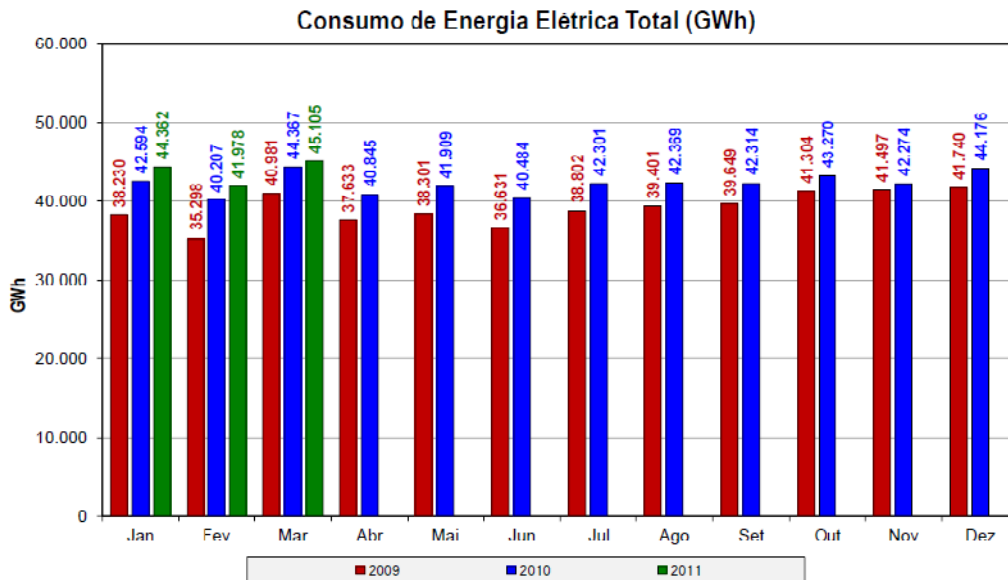


Figura 1 - Consumo de Energia Elétrica Total no Brasil. Dados contabilizados até março de 2011. Considerado o consumo em todas as classes e as perdas na transmissão e distribuição(MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2011).

Além do crescimento da demanda por energia elétrica, vale ressaltar toda a problemática envolvendo os insumos atribuídos a geração da energia, pois a matriz energética mundial permanece dependente de combustíveis fósseis cada vez mais questionados devido ao impacto ambiental associado, dentre eles o “efeito estufa”.

Os desafios, então, passam a ser o uso racional da energia, fazer mais com menos, ser eficiente sem inibir o desenvolvimento, permitindo ao país e a sua economia um crescimento sustentável. Esta tendência se confirma ao se avaliar a visão Institucional do PROCEL:

“Economizar energia elétrica traz inúmeras vantagens, como o adiamento da necessidade de construção de novas usinas geradoras e sistemas associados, liberando recursos para outras áreas e contribuindo para a preservação do meio ambiente.”(BAJAY e DE MELLO SANT ANA, 2010).

Outro fator não tão abordado, mas com extrema relevância, diz respeito ao custo da energia. A energia, em especial no Brasil, foi tratada durante muito tempo como um insumo barato(DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SÓCIOECONÔMICOS - DIEESE, 2007). A realidade atual já não é mais a mesma (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO

ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2011) e a eficiência energética passa a ser não só parceira daqueles que desejam reduzir os impactos ambientais, mas também, daqueles que querem reduzir seus custos.

1.1 A motivação

A importância da energia no âmbito industrial é bastante conhecida:

“A energia é um dos principais insumos da indústria. Sua disponibilidade, custo e qualidade são determinantes fundamentais da capacidade competitiva do setor produtivo”. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2007)

Pode-se afirmar que todo bem industrializado tem um custo energético associado. Sem o consumo energético não há produto.

O setor industrial responde por 43,7% do consumo total de energia elétrica no Brasil (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2010) e a busca pelo crescimento econômico alavancado por grandes empreendimentos, como o Pré-Sal, esbarra no custo da eletricidade e na emissão de gases causadores do efeito estufa. A garantia do abastecimento, então, deve se pautar no uso da razão tanto na oferta quanto no uso da energia.

“As fontes primárias da competitividade industrial são a produtividade e a eficiência” (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2005), e desta afirmação faz parte a eficiência no uso da energia.

É do conhecimento de todos a existência de perdas no processo produtivo e a existência de processos cuja eficiência é baixa, onde qualquer melhoria no rendimento representa vantagens econômicas e, porque não dizer, ambientais. Nos dias atuais, aquele que conhece seu consumo, conhece seu custo e, sobretudo, o controla, larga em vantagem no mercado. Produzir mais com menos é o desejo de todos, e a eficiência, assim como a gestão energética, passou a ser uma questão estratégica.

Desta forma, os gestores de energia cada vez mais reconhecem a necessidade de ferramentas que os auxiliem nas tomadas de decisão,

provendo informações relevantes sobre o consumo de uma unidade e facilitando suas escolhas, afirmação esta confirmada pelo recente lançamento da norma ABNT NBR ISO 50001, que aborda os sistemas de gestão de energia. É neste cenário que se inserem os sistemas de informação, alvo deste estudo, podendo ser utilizados como ferramentas gerenciais de extrema relevância para um gestor de energia.

1.2 Gestão energética

A gestão energética de uma instalação, segundo o PROCEL, compreende medidas que proporcionam o conhecimento sobre o fluxo de energia, regras, contratos e ações que afetam o fluxo; processos e atividades que usam energia, gerando um produto ou serviço mensurável. A gestão energética por si só é um recurso dependente de informação. Não se controla aquilo que não se conhece.

“Por isso o primeiro passo consiste em conhecer como a energia elétrica é consumida na sua instalação e em acompanhar o custo e o consumo de energia elétrica por produto/serviço produzido, mantendo um registro cuidadoso.” (MONTEIRO e ROCHA, 2005)

Para sua correta aplicação em um ambiente industrial é necessário o pleno conhecimento da instalação, dos seus recursos energéticos, dos sistemas existentes e do seu respectivo consumo, além de detalhes de como este se desenvolve.

Segundo (ROSA, 2007), a gestão energética é pautada por decisões técnicas bem fundamentadas e contribui para a utilização racional da energia, poupando recursos financeiros para o consumidor e, de forma mais ampla, contribuindo para a utilização sustentável dos recursos naturais e energéticos.

Para que uma decisão técnica seja bem fundamentada, ela deve ter sua base em fatos consolidados e informações que correspondam à realidade do meio em que se pretende atuar, e é neste momento que se destaca a importância dos sistemas de automação de nível 3, PIMS e afins. Os mesmos

surgem como ferramentas computacionais de grande valor e detentoras das informações necessárias ao processo de gestão, visto que a gestão energética é realizada por meio de procedimentos resultantes de um diagnóstico energético capaz de caracterizar o consumo de uma instalação. Além disso, os sistemas de automação de nível 3 são capazes de fornecer informações importantes para o controle e acompanhamento do desempenho da instalação quando da implementação dos planos de ação definidos pelos gestores da energia.

Desta maneira, vê-se um grande potencial na utilização do PIMS como uma ferramenta computacional para implementação de sistemas de gestão energética capaz de agregar valor aos procedimentos de conservação de energia difundidos nas indústrias sem que seja necessária a aquisição de novos sistemas ou tecnologias adicionais além daquelas disponíveis em uma planta automatizada.

1.3 Escopo da monografia

Apresenta-se a especificação funcional de um sistema de gestão energética em um sistema PIMS, orientado ao consumo de energia elétrica, para, assim como definido pela norma (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011), habilitar uma organização a seguir uma abordagem sistemática para atendimento da melhoria contínua de seu desempenho energético.

Um sistema de gestão energética deve ser capaz de prover informações suficientes para o controle e manutenção das ações de eficiência energética, visando a redução do consumo energético, a redução de custos e de desperdícios com energia dentro de uma instalação industrial. A utilização do PIMS é interessante pela difusão do mesmo em plantas industriais automatizadas.

Inicialmente são discutidos no capítulo 2 os sistemas utilizados na gestão energética, seus módulos, funcionalidades típicas e interfaces. Além

disso, há uma abordagem geral sobre os motivos que levaram ao desenvolvimento de tais ferramentas.

No capítulo 3, são analisadas as principais características das ferramentas PIMS que são aqui empregadas como sistemas de apoio à decisão. Entender o seu funcionamento nos permite avaliar melhor os benefícios e vantagens de sua aplicação como um sistema de gestão de energia, dentro dos requisitos definidos pela norma ABNT NBR ISO 50001, em especial àqueles relacionados às atividades de revisão energética, linha de base energética e indicadores de desempenho energético.

No capítulo 4, é definida a especificação funcional proposta para o sistema de gerenciamento de energia. São abordadas questões relativas à arquitetura de *hardware* necessária, os módulos que deverão compor o sistema proposto e os motivos de sua existência. Além disso, são abordados, também, os cálculos necessários à gestão energética e a forma de apresentação das informações, ponto importante no processo de análise e posterior decisão.

O capítulo 5 traz as considerações finais a respeito deste trabalho, apresentando-se as discussões e as conclusões sobre o estudo realizado, suas contribuições e os próximos passos após o resultado obtido.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemas de gerenciamento de energia elétrica

A gestão energética de uma instalação compreende conhecer o consumo de energia, acompanhar os índices de controle e atuar no sentido de garantir os índices nos patamares esperados ou alterá-los conforme se faça necessário.

Segundo (ROSA, 2007), um sistema de gerenciamento de energia elétrica é composto no mínimo por 3 módulos: o primeiro é responsável pela coleta de dados junto aos medidores de energia, o segundo é responsável pelo

armazenamento da informação obtida e o terceiro é responsável pela visualização da informação obtida. Alguns sistemas podem apresentar mais que isso, mas não menos que isso.

Estes sistemas tiveram sua origem no passado com a instituição da portaria nº. 046, de 14 de janeiro de 1982, que determinava a implantação de tarifas de energia elétrica diferenciadas conforme o período e horários de utilização da energia. Estava instituído o Sistema de Tarifação Diferenciada Horossazonal, que proporcionou um novo nicho de mercado e abriu as portas para o controle de demanda em tempo real e para o posterior gerenciamento de energia.

2.1.1 Aquisição de dados

Um sistema de gerenciamento de energia elétrica deve ser capaz de caracterizar uma planta em relação ao seu consumo energético e, para isto, o primeiro passo é a coleta de dados.

Muitas são as soluções disponíveis no mercado atualmente e estas não são detalhadas aqui por não serem o foco deste trabalho. Sabe-se que muito se evoluiu na automação de subestações e cada vez mais são ofertados produtos capazes de realizar medições. Muitas vezes os dados são provenientes dos próprios equipamentos envolvidos no processo de distribuição e controle de energia, como ocorre com os relés digitais. Em outros casos, são utilizados dispositivos exclusivos para a medição, denominados por alguns fabricantes como medidores de grandezas elétricas.

De qualquer forma, um sistema de gerenciamento de energia elétrica deve ser capaz, no mínimo, de obter o consumo de energia elétrica junto aos medidores da concessionária ou demais dispositivos responsáveis pela medição.

Embora as tecnologias envolvidas no processo também não pertençam ao escopo deste trabalho, é importante salientar que os transdutores de energia modernos utilizam em sua maioria comunicação serial RS-232, RS-485 e Ethernet, sendo que esta última vem ganhando bastante mercado nos

últimos anos devido a sua intensa difusão nos ambientes não industriais, o que favoreceu o seu desenvolvimento e estudo.

Desta forma, um sistema de gerenciamento de energia elétrica deve ser capaz de obter informações relativas às grandezas elétricas envolvidas, assim como o consumo energético propriamente dito seja por meio da conexão direta a dispositivos de medição ou de forma indireta por meio de outros sistemas. Caso o consumo não seja obtido de forma direta, o sistema de gerenciamento de energia deve ser capaz de obtê-lo por meio de cálculos.

Devido à origem diversa dos dados, desde os instrumentos até os níveis mais altos dos sistemas de automação, após a aquisição faz-se necessário o tratamento da informação para uso no SGE. Segundo (FILHO, 2011), os dados provenientes de um sistema de automação sem tratamento prévio podem ocasionar erros no cálculo de indicadores, acarretando em prejuízos proporcionados por uma decisão tomada com base neste indicador.

Mesmo não sendo parte do sistema de gerenciamento de energia elétrica, é importante salientar que a definição dos pontos de medição de energia tem grande influência no processo de gestão energética e deve ser tratada com extremo cuidado por aqueles envolvidos no processo de gestão da energia. Os pontos de medição estão diretamente relacionados ao nível de compreensão do consumo e fluxo de energia da planta industrial.

O que se vê como tendência é a existência de soluções proprietárias que compreendem medidores, concentradores e analisadores que, em conjunto com *softwares*, compõem o sistema de gerenciamento de energia. Como exemplos podem ser citadas as soluções da Siemens e da CCK Automação denominadas “Simatic Wincc Powerrate” e “Sistema CCK de gerenciamento de energia elétrica e utilidades”, respectivamente.

Pensando um pouco à frente, na análise tarifária, é interessante para um sistema de gestão de energia elétrica que a aquisição de dados seja realizada nos moldes daquela realizada pela concessionária, sendo permitido maior detalhamento da informação por meio de intervalos menores de medição, mas não maiores que aqueles utilizados como referência para aferição do uso.

2.1.2 Armazenamento dos dados

Um sistema de gestão energética deve ser capaz de trabalhar com dados atuais e dados passados. Desta forma, faz-se necessário o armazenamento dos valores medidos. A quantidade de dados a serem armazenados e o período devem ser definidos durante a etapa de implementação do sistema, mas é certo que o período de armazenamento deve ser superior a um ano, com o intuito de garantir dados suficientes para uma avaliação consistente sobre o consumo da unidade.

Em um sistema ideal, todas as medições deveriam ser armazenadas e no maior período possível, o que demanda um elevado custo computacional e inviabiliza sua aplicação.

Logo, o armazenamento de informações deve ser realizado de maneira capaz de garantir dados suficientes para análises de curto, médio e longo prazo, contemplando períodos que podem ir de horas a anos, levando em consideração o menor custo envolvido na manutenção dos dados.

2.1.3 Visualização da informação

O módulo de visualização da informação merece destaque, pois é a partir dele que serão tomadas decisões, com base em informações que podem ser apresentadas na forma de gráficos ou relatórios ou ainda na forma de telas sinópticas, quando é desejado o monitoramento em tempo real.

A pesquisa realizada e consequente análise dos programas desenvolvidos por respeitadas fabricantes de soluções nesta área evidenciam que as informações tipicamente disponibilizadas em um sistema de gerenciamento de energia elétrica são:

- gráficos:
 - demanda de energia ativa e reativa;
 - fator de potência da instalação;

- perfil de demanda;
- perfil de consumo;
- metas de consumo;
- rateios de custo.
- relatórios
 - emissão de contas de energia para a contabilidade;
 - consumo ativo;
 - consumo reativo;
 - fator de potência.

2.1.4 A norma brasileira ABNT NBR ISO 50001:2011

A norma *ABNT NBR ISO 50001 – Sistemas de gestão da energia – Requisitos com orientações para uso* teve sua primeira versão lançada em 07 de julho de 2011 e é uma adoção idêntica à ISO 50001:2011 elaborada pelo *Project Committee Energy Management* e fruto de um esforço internacional conjunto com o propósito de habilitar organizações a estabelecerem sistemas e processos necessários para a melhoria do desempenho energético.

Em outras palavras, esta norma, aplicável a todos os tipos e tamanhos de organizações, especifica os requisitos necessários para um sistema de gestão da energia (SGE), sobre os quais a organização pode desenvolver e implementar a sua política energética, estabelecendo objetivos, metas e planos de ação que resultem em um uso eficiente da energia.

Referência para este trabalho, a norma aborda a gestão da energia do ponto de vista da estrutura de melhoria contínua *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) apresentada na Figura 2. Em uma visão resumida, uma organização que busque uma melhor forma de utilizar energia deve se planejar estabelecendo metas e objetivos que levem à melhoria do desempenho energético, implementando planos de ação, verificando e divulgando os resultados e tomando as ações necessárias para manutenção da melhoria contínua.

Logo, a especificação funcional apresentada no capítulo 3 foi elaborada segundo as orientações da norma ABNT NBR ISO 50001, com maior foco para os itens relacionados à *Monitoração, medição e análises*.

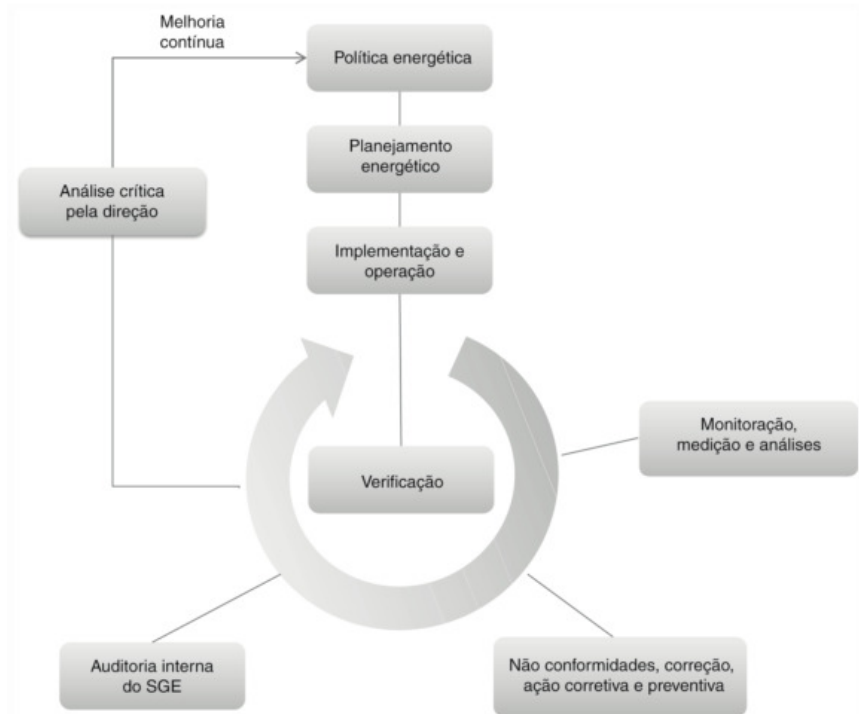


Figura 2 - Modelo de Sistema de Gestão da Energia (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011).

2.2 PIMS

Os sistemas PIMS (*Process Information Management Systems*), conforme a própria sigla indica, são aplicações responsáveis pelo gerenciamento das informações de processo de uma unidade industrial. Estes sistemas adquirem os dados de processo por meio de fontes variadas, armazenam os mesmos em um banco de dados histórico e os disponibilizam por meio de variadas formas de representação. Os sistemas PIMS foram responsáveis por unificar as informações sobre uma unidade industrial em uma única base de dados, constituindo uma ferramenta fundamental para o acompanhamento dos processos.

O PIMS foi concebido para ser um sistema capaz de gerenciar informações, e a forma como realiza a tarefa é o que faz sua escolha interessante para o trabalho aqui proposto. A seguir, são abordadas as características que fazem o sistema ser uma opção interessante a ser aplicada no gerenciamento de energia elétrica.

2.2.1 Os dados e sua forma de manipulação

Os sistemas PIMS na atualidade trabalham com diversos tipos de dados: variáveis analógicas e discretas, texto na forma de *strings* e BLOBS (*binary large objects*).

O historiador de processos, um dos módulos do PIMS, é responsável por colher os dados de diversas fontes e armazená-los em um banco de dados. A informação é armazenada como um registro temporal segundo o formato básico:

Time stamp – Identificação do dado (*tag*) – Valor – Qualidade do dado.

O *time stamp* pode ter precisão de até 1 ms. Precisão suficiente para a aplicação no gerenciamento de energia elétrica, visto que os medidores eletrônicos, utilizados pelas concessionárias para registrar a demanda, integralizam as medições instantâneas a cada 15 minutos, resultando em um único valor que representa a média das demandas instantâneas desse intervalo. Assim, a cada 15 minutos tem-se um registro do valor de demanda. Para informações adicionais, como o fator de potência, o valor a ser integralizado tende a ser maior, o que confirma a afirmação anterior a respeito da precisão.

Outro fator importante e relacionado ao trabalho proposto é a compressão de dados. Uma das características destes sistemas é a sua capacidade de trabalhar com uma base de dados histórica extensa, graças a sua capacidade de compressão de dados que pode ser em razões de 1:10, típicas, ou até razões de 1:20. Um bom algoritmo de compressão deve ser capaz de realizar a compressão em alta velocidade, assim como a descompressão. Além disso, a taxa de compressão deve ser alta e os dados descompactados devem ser o mais próximo possível dos dados originais. Por último, devem ser capazes de garantir a integridade dos dados armazenados. Estas características são atendidas pelos algoritmos dos sistemas PIMS atuais.

Um dos benefícios de um PIMS é permitir ao gestor da informação compreender as situações operacionais que são apresentadas, compará-las

com as informações disponíveis em seu banco de dados temporal e, a partir daí, planejar e atuar de forma contínua no desenvolvimento da unidade. Esta funcionalidade atende ao item 4.4.3 da norma ABNT NBR ISO 50001, que prevê a análise do uso e consumo de energia com base em medições e outros dados. Segundo a (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011), é necessário identificar as fontes de energia atuais e avaliar os usos e consumos de energia atuais e passados. Da avaliação resulta a identificação das áreas de uso significativo de energia e, conseqüentemente, a identificação, priorização e registro de oportunidades de melhoria de desempenho energético. Todos estes passos podem ser realizados com o auxílio de um sistema PIMS que tenha acesso a medições de grandezas elétricas.

2.2.2 Recuperação e visualização dos dados

Assim como exposto no capítulo 2, o trabalho de gestão de informação depende de uma interface de visualização para os dados armazenados. No PIMS não é diferente, e estes sistemas apresentam funcionalidades que vão desde a manipulação dos dados armazenados por meio de *queries* SQL até a elaboração de relatórios através de ferramentas proprietárias ou de terceiros.

Algumas funcionalidades merecem atenção por serem importantes para um sistema de gerenciamento de energia. São elas:

- exibição de gráficos de tendência;
- exibição de informações em tempo real por meio de telas sinópticas com animações gráficas, se desejável;
- capacidade de exportar os dados para outras ferramentas computacionais como planilhas eletrônicas;
- capacidade de exportar dados para aplicações *Web*, permitindo o acompanhamento do sistema através de *browsers*.

Estas funcionalidades justificam, em parte, a aplicação do PIMS como ferramenta de gerenciamento de energia.

2.2.3 Aplicações complementares

Os sistemas PIMS, na atualidade, têm sua capacidade ampliada por meio de aplicações complementares. Estas aplicações, cada vez mais, aproximam os sistemas PIMS dos sistemas MES (*Manufacturing Execution Systems*), ao realizar funções básicas deste último. Algumas destas funcionalidades podem ter aplicação no gerenciamento de energia, merecendo destaque o controle estatístico de processos. Este módulo permite acompanhar o comportamento estatístico de um determinado processo e pode ser orientado para a avaliação de áreas onde o uso de energia é significativo. Seus relatórios e cartas de controle podem ser úteis na definição e acompanhamento do índice de desempenho energético de uma unidade industrial, itens relevantes para a definição da linha de base energética.

3 ESPECIFICAÇÃO FUNCIONAL DE UM SGE EM PLATAFORMA PIMS

Este capítulo trata da especificação do Sistema de Gerenciamento de Energia Elétrica. O sistema proposto pretende auxiliar seus usuários na tarefa de conhecer o perfil de consumo energético do ambiente industrial monitorado e prover informações suficientes para os gestores, concretizando a gestão energética dentro do planejamento energético apresentado na (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011) e retratado na Figura 3.

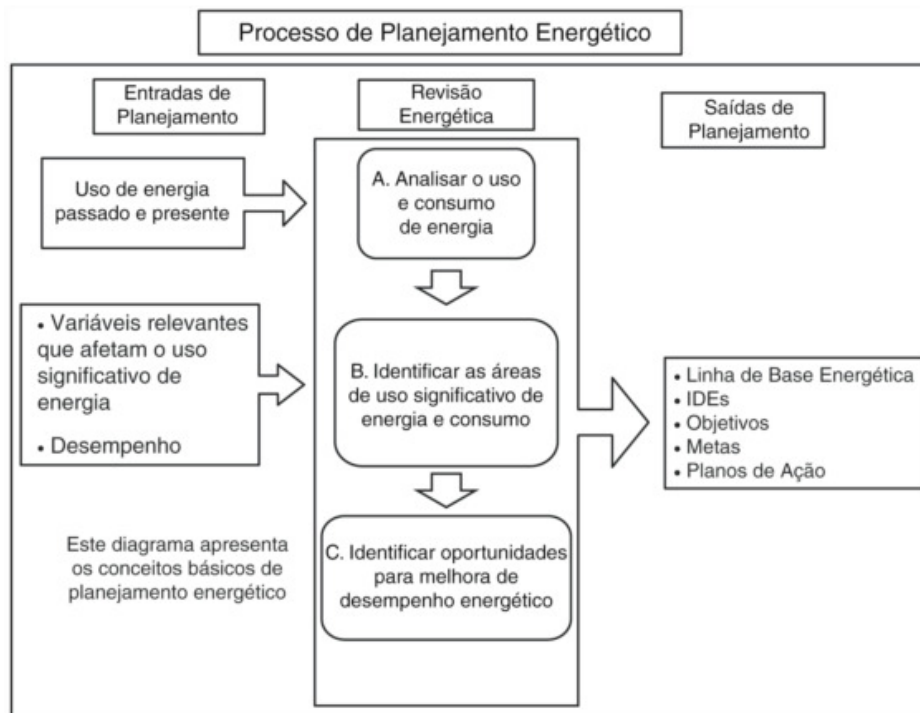


Figura 3 - Diagrama conceitual de processo de planejamento energético segundo a norma ABNT NBR ISO 50001. (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011).

O sistema proposto deve ser capaz de:

- definir o perfil de consumo de energia elétrica de forma geral ou modular (por áreas ou unidades operacionais);
- prover informações de demandas passadas, atuais e futuras para auxílio nas decisões que envolvam a adequação de contratos de fornecimento de energia elétrica;
- monitorar o consumo individual de cargas com o intuito de verificar a eficiência energética em equipamentos e/ou sistemas apontando oportunidades de melhorias com consequente conservação de energia;
- permitir o acompanhamento dos IDEs (indicadores de desempenho energético) e das metas estabelecidas pela gestão energética, auxiliando na tomada de decisões para que a conservação de energia esperada seja alcançada;
- permitir a elaboração de gráficos e relatórios gerenciais para utilização dos gestores.

A Figura 4 apresenta um modelo simplificado para o sistema proposto:

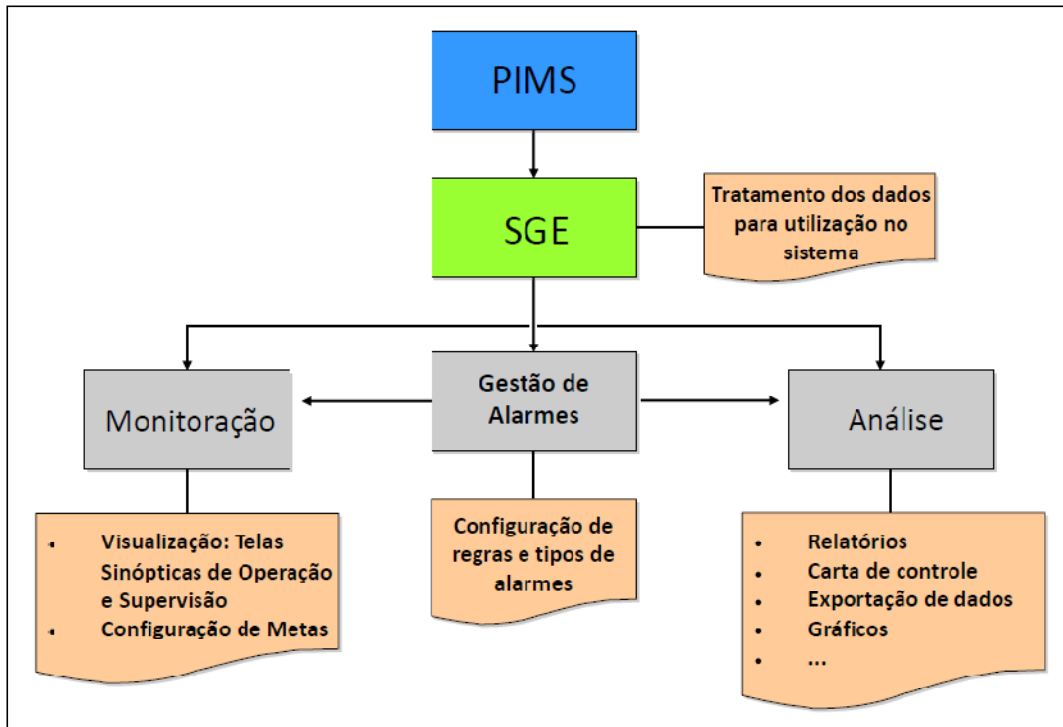


Figura 4 - Modelo simplificado para o SGE.

3.1 Arquitetura de *hardware*

Conforme discutido no capítulo 1, a especificação do sistema em uma plataforma PIMS traz vantagens, dentre elas o menor custo relacionado ao *hardware* necessário. É importante ressaltar que o sistema especificado deve ser capaz de trabalhar com as informações disponíveis no PIMS, não sendo de sua responsabilidade a forma de aquisição dos dados e muito menos a especificação do *hardware* necessário para tal.

Desta forma a arquitetura de *hardware* necessária se restringe à apresentada na Figura 5. Esta arquitetura consiste nos seguintes elementos:

- Servidor: computador responsável por centralizar as informações e o acesso às fontes de dados. Pode ser auxiliado por computadores em níveis intermediários.

- Estações-cliente: computadores utilizados para acesso ao sistema e suas funcionalidades. É o ponto de acesso dos gestores do sistema de energia, onde todos os itens são monitorados e relatórios de acompanhamento são gerados.

- Banco de dados: é o repositório das informações coletadas. Pode estar fisicamente alocado em *hardware* compartilhado com outras aplicações do ambiente industrial e de responsabilidade da TI.

- Infraestrutura de rede e de automação: Conjunto de *softwares* básicos, *plug-ins*, protocolos e funcionalidades necessários à comunicação entre vários sistemas envolvidos no processo.

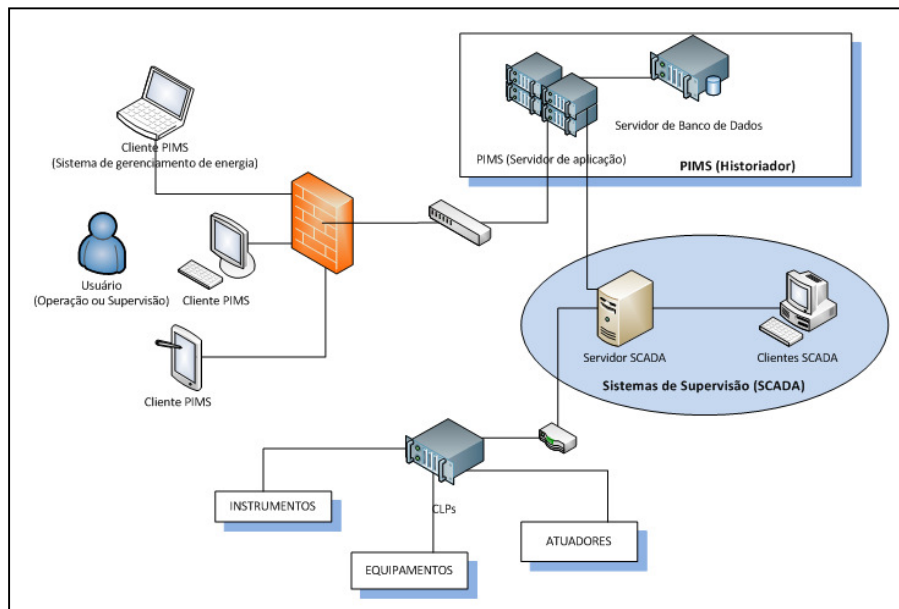


Figura 5 - Arquitetura proposta para a implementação em PIMS do sistema de gerenciamento de energia elétrica.

O requisito básico para o sistema de gerenciamento de energia aqui proposto é a existência de um sistema PIMS implementado no ambiente industrial a ser monitorado, pois uma das vantagens relacionadas é justamente o fato de se aproveitar a infraestrutura existente e consolidada de forma a diminuir os custos de implantação do sistema. O custo passa a ser unicamente atribuído às horas de programação e customização do sistema PIMS, enquanto uma abordagem diferente passaria pela aquisição e configuração de *hardware* e se encerraria na aquisição e configuração do *software* necessário, situação

fácil de se perceber como mais onerosa. Dito isto, pode-se dizer que para o acompanhamento esperado seria necessário, no máximo, a aquisição de novas estações-cliente para uso exclusivo do sistema de gestão e as licenças relacionadas a essas aquisições.

A configuração mínima das estações-cliente e até mesmo do servidor são determinadas pelo fabricante do sistema PIMS. Não cabe ao sistema de gerenciamento de energia elétrica definir qual o melhor *hardware* a ser utilizado, visto que sua implementação depende de uma infraestrutura já consolidada que deverá ser capaz de absorver a nova demanda.

Do ponto de vista do sistema de gerenciamento de energia elétrica é desejável uma infraestrutura de *hardware* e *software* capaz de: realizar a coleta de dados relevantes ao processo de forma confiável; realizar o tratamento dos dados; garantir o armazenamento e integridade das informações coletadas; garantir a exibição em tempo real dos dados amostrados; garantir a exibição correta de alarmes ou notificações; permitir análises e tratamento de informação em tempo real; permitir acessos múltiplos.

3.2 Arquitetura de *software* proposta

A arquitetura de *software* de um sistema consiste na definição dos componentes de *software*, suas propriedades externas, e seus relacionamentos com outros *softwares*.

O sistema de gerenciamento de energia elétrica, foco deste trabalho, se resume a uma aplicação implementada em um sistema PIMS e, desta forma, desfruta da mesma arquitetura de *software* do sistema principal.

Para os sistemas PIMS disponíveis no mercado, a arquitetura mais comum é a cliente-servidor, modelo computacional que segrega clientes e servidores, onde o servidor é responsável por fornecer um serviço a um ou muitos clientes.

Logo, o sistema de gerenciamento de energia deve ser uma aplicação cliente do sistema PIMS, requisitando dados a este para posterior análise e visualização dos próprios dados. O sistema não deve possuir banco de dados

próprio, devendo ser capaz de compartilhar as informações disponíveis no banco de dados do PIMS. De forma resumida, o sistema de gerenciamento de energia deve ser um módulo do sistema PIMS existente, agregando novas funcionalidades ao historiador da planta, tendo como vantagem a integração das ferramentas em um sistema único. Esta integração garante a observabilidade dos dados ao reunir as medições e demais informações de um empreendimento em um único banco de dados acessível ao sistema e seus gestores.

3.3 A aquisição de dados

A aquisição de dados deve se resumir a um simples acesso do sistema a base de dados do PIMS. Sendo implementado como um módulo PIMS, não são esperadas dificuldades na obtenção das informações. Devido à disponibilidade de vários sistemas de informação (PIMS) no mercado e conseqüentemente várias peculiaridades, não cabe a este estudo abordar em detalhes as formas de conexão entre os sistemas envolvidos, sendo esta dependente do sistema PIMS encontrado ou escolhido para aplicação.

3.3.1 Grandezas elétricas medidas ou calculadas

As grandezas elétricas medidas são itens importantes no diagnóstico energético de uma instalação industrial. O sistema de gerenciamento de energia não deve ser responsável pela aquisição dos dados como informado anteriormente, mas deve ser capaz de trabalhar com a base de dados disponível no PIMS.

Para que o resultado obtido seja o esperado, as seguintes informações devem estar disponíveis para o sistema de gerenciamento de energia elétrica:

- Tensão (V): a tensão é basicamente a diferença de potencial entre dois pontos capaz de realizar trabalho ao forçar os elétrons a se

deslocarem. No caso do sistema de gerenciamento de energia elétrica, é a tensão elétrica utilizada na alimentação dos equipamentos e é desejável que o seu valor seja medido. Em casos onde a medição da grandeza não está disponível pode-se utilizar o valor da tensão nominal fornecido pelos fabricantes dos equipamentos envolvidos.

- Corrente (I): ao movimento ou fluxo de elétrons gerado pelo efeito de uma diferença de potencial é dado o nome de corrente. Para o sistema de gerenciamento de energia elétrica é imprescindível que esta grandeza tenha o seu valor medido, pois por meio dela é possível traçar o perfil de comportamento de uma carga elétrica.
- Fator de potência: em uma de suas possíveis definições é a relação existente entre a energia ativa (útil) e a energia reativa, ou seja, indica o quanto da energia aparente ou total é transformada em energia que realizada trabalho. Assim como ocorre para o valor da tensão, quando a medição da grandeza não estiver disponível mesmo que por meio de cálculos pode-se utilizar valores definidos pelos fabricantes dos equipamentos envolvidos.

$$FP = \frac{(kWh)}{\sqrt{(kWh)^2 + (kvarh)^2}} = \frac{Energia_{ativa}}{Energia_{aparente}} = \frac{Potência_{ativa}}{Potência_{aparente}}$$

Estes são os itens mínimos a serem medidos para que não seja necessário qualquer tipo de estimativa. Os demais itens podem ser medidos ou calculados obtendo resultados dentro das especificações necessárias para sua aplicação no gerenciamento de energia elétrica. Sendo o escopo do sistema o gerenciamento do consumo de energia elétrica e não a qualidade da mesma, quando houver a necessidade poderão ser realizadas medidas ou estimativas monofásicas que deverão ser extrapoladas para obtenção dos valores para um sistema trifásico. Além dos itens apresentados, são importantes ao sistema de gerenciamento de energia elétrica as seguintes grandezas e conceitos:

- Energia ativa: é a energia capaz de produzir trabalho. A unidade de medida usada é o quilowatt-hora (kWh).(MONTEIRO e ROCHA, 2005).
- Energia reativa: é a energia solicitada por alguns equipamentos elétricos, necessária à manutenção dos fluxos magnéticos e que não

produz trabalho. A unidade de medida usada é o quilovar-hora (kVAh). (MONTEIRO e ROCHA, 2005).

- Energia aparente: é a energia resultante da soma vetorial das energias ativa e reativa. É aquela que a concessionária realmente fornece para o Consumidor (kVA). (MONTEIRO e ROCHA, 2005).
- Potência ativa: a potência ativa é a capacidade do circuito de produzir trabalho em um determinado período de tempo. Devido aos elementos reativos da carga, a potência aparente, que é o produto da tensão pela corrente do circuito, será igual ou maior do que a potência ativa.
- Potência reativa: a potência reativa é a medida da energia armazenada que é devolvida para a fonte durante cada ciclo de corrente alternada. É a energia que é utilizada para produzir os campos elétrico e magnético necessários para o funcionamento de certos tipos de cargas como, por exemplo, retificadores industriais e motores elétricos.
- Consumo: o consumo de energia elétrica é igual à potência em watts (W) vezes o tempo em horas (h), expressa em watt-hora (Wh). Portanto, depende das potências (em watts) dos equipamentos e do tempo de funcionamento (em horas) desses (MONTEIRO e ROCHA, 2005).
- Demanda: maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada em intervalos de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento.
- Demanda contratada: demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados no contrato, e que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em kilowatts (kW).
- Fator de carga: relação entre a demanda média e a demanda máxima ocorrida no período de tempo definido (MONTEIRO e ROCHA, 2005).
- Carga instalada: soma da potência de todos os aparelhos instalados nas dependências da unidade consumidora que, em qualquer

momento, podem utilizar energia elétrica da concessionária(MONTEIRO e ROCHA, 2005).

- IDEs: os indicadores de desempenho energético, IDEs, conforme (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011), podem ser um simples parâmetro, razão ou até mesmo um modelo simples ou complexo que resultem numa informação referente ao desempenho energético da instalação. Exemplos de IDEs incluem consumo de energia por tempo ou por unidade de produção e modelos multivariáveis que envolvam clima, estações, ciclo de atividades etc. Cabe aos gestores do sistema definirem os índices que melhor se adequam ao sistema esperado restando ao desenvolvedor implementá-los no sistema por meio de cálculos utilizando as variáveis medidas.

Em casos, onde nem todas as informações estão disponíveis os seguintes cálculos são necessários e podem ser implementados diretamente nos CLPs ou no sistema proposto, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Grandezas elétricas e fórmulas para cálculo no sistema de gerenciamento de energia elétrica.

Grandeza elétrica	Fórmula	Observação
Potência Ativa (Monofásica e Trifásica)	$P_f = V_f \times I_f \times FP_{carga}$ $P_{3\phi} = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times FP_{carga}$	Para se calcular a potência reativa basta substituir o $FP_{carga} (\cos \varphi)$ por $\sin \varphi$. No caso das medidas serem estimadas os valores da tensão e do fator de potência serão aqueles informados pelos fabricantes das cargas envolvidas. Por exemplo, no caso de cargas motóricas, conhecendo-se os dados dos motores, como potência e número de pólos, é possível verificar junto ao fabricante os valores variáveis do fator de potência em função da corrente que determina a carga aplicada ao motor.
Fator de Potência Nominal	$\cos \varphi = \frac{P_{3\phi}(kW)}{\sqrt{3} \times V_n \times I_n}$	Calculado a partir das informações de tensão nominal, corrente nominal e potência nominal disponíveis nos documentos de referência dos fabricantes.
Consumo	$Consumo(Wh) = Potência(W) \times t(h)$	

Grandeza elétrica	Fórmula	Observação
Fator de carga médio	$FC_{médio} = \frac{\text{Consumo Total (kWh)}}{\text{Demanda (kW)} \times \text{tempo(h)}}$	O fator de carga é a relação entre o consumo de energia elétrica e a demanda de potência máxima em determinado espaço de tempo (período de medição).
Demanda	$\text{Demanda} = \text{Potência}_{média}$	Apurada durante qualquer intervalo de 15 (quinze) minutos pelo aparelho integrador.

Conforme abordado anteriormente, após a etapa de aquisição dos dados deve ser realizado o tratamento das informações, preparando a mesma para a utilização em cálculos posteriores, relatórios ou visualização. A simples apresentação de uma determinada variável em unidades convencionais e na devida ordem de grandeza já proporciona maior agilidade ao processo de acompanhamento e gestão do sistema.

Além disso, segundo (FILHO, 2011), o cálculo correto dos indicadores depende de uma série de cuidados a serem tomados com o intuito de gerar uma informação confiável que possibilite ao gestor avaliar o planejamento e a execução do processo de forma mais eficiente.

Desta forma, o sistema proposto deve utilizar as metodologias que forem necessárias para garantir o tratamento dos dados e a aplicabilidade da informação obtida. Com isto, espera-se que mesmo que não seja possível a adequação de um dado, o seu erro será conhecido assim como sua influência nas etapas posteriores.

3.4 Telas sinópticas

As ferramentas de visualização merecem atenção em um sistema de gerenciamento de energia, pois, quando aplicadas corretamente, são capazes de resumir uma grande base de dados em gráficos simples e objetivos.

Para o sistema de gerenciamento de energia ser uma ferramenta útil o mesmo deve ser capaz de apresentar informações que permitam o acompanhamento em tempo real da instalação monitorada. Neste caso, as

seguintes medições instantâneas devem ser apresentadas propiciando o acompanhamento e operação esperado para o sistema:

- tensão (V);
- corrente (A);
- fator de potência;
- consumo instantâneo (MWh);
- demanda instantânea;
- custo instantâneo.

Além das informações apresentadas, o sistema deve ser capaz de prover seus usuários com informações sobre o consumo futuro da instalação, com base nas informações presentes e nos dados do passado:

- demanda estimada para o fim do período de avaliação;
- consumo estimado para o fim do período de avaliação;
- custo (R\$).

Estas informações são importantes para o gestor de energia, pois com base nelas o mesmo é capaz de replanejar suas ações com o intuito de garantir as metas traçadas no fim do período avaliado.

Para que o sistema de gerenciamento atinja seu objetivo recomendam-se telas simples e objetivas, com as informações apresentadas de forma clara e direta. Os sistemas PIMS, atualmente, fornecem aos programadores ferramentas suficientes para o desenvolvimento de telas sinópticas com as características informadas. Desta forma é possível alcançar telas sinópticas de qualidade equiparáveis àquelas encontradas em sistemas supervisórios. Telas com animações são bem vindas e propiciam um ambiente mais amigável ao utilizador.

Os sistemas proprietários disponíveis no mercado trabalham em sua grande maioria configurados para disponibilizar em uma tela principal as informações gerais e, por meio de *hiperlinks* ou botões, se tem acesso a informações mais específicas, em outras telas ou modos de exibição.

Para o sistema de gerenciamento de energia elétrica proposto, dois modos de visualização devem ser desenvolvidos, sendo um para operação e outro para supervisão (gestores). Estes modos não devem exceder três níveis de visualização com o intuito de manter a simplicidade do sistema. O primeiro

nível deve ser capaz de apresentar informações gerais da instalação até o limite das unidades operacionais, conforme protótipo apresentado na Figura 6. O segundo se limitará a detalhar a unidade operacional selecionada enquanto o terceiro se limitará a apresentar informações por equipamentos ou consumidores.

A tela de operação deve apresentar em seu primeiro nível:

- um diagrama esquemático com as unidades operacionais e o fluxo de potência nas mesmas;
- potência ativa e reativa da instalação;
- fator de potência da instalação;
- consumo total da instalação;
- consumo por unidade operacional;
- demanda medida e demanda contratada;
- custo.

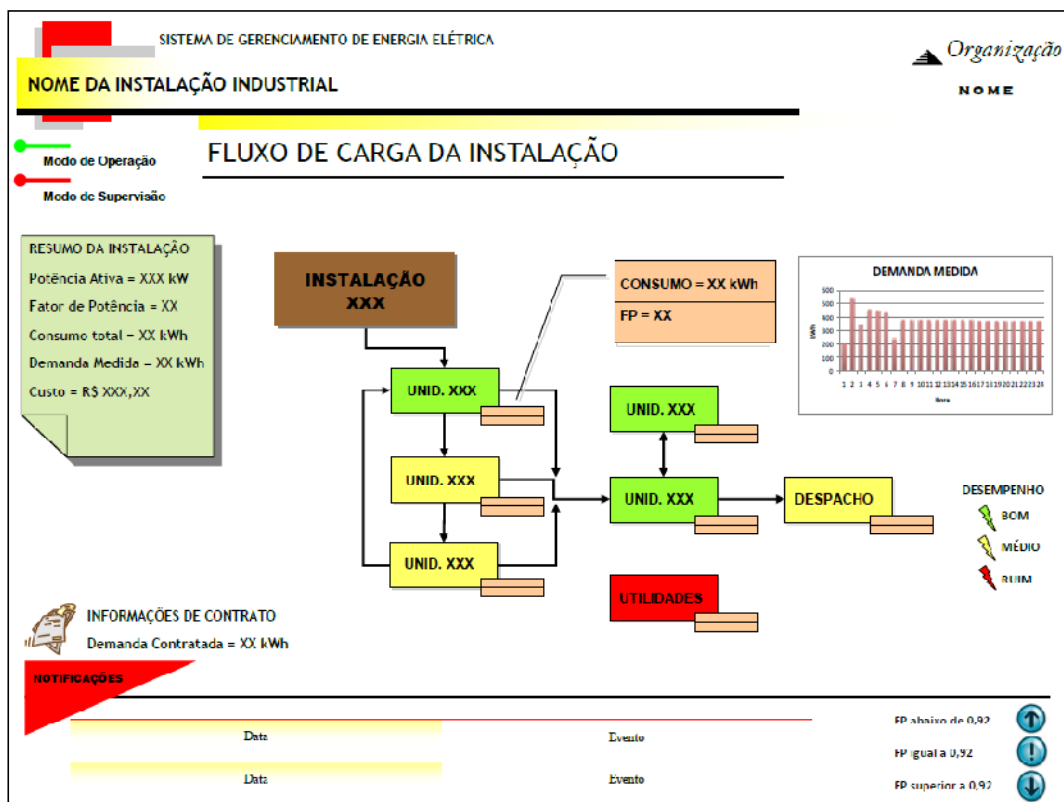


Figura 6 - Protótipo da tela de operação principal do SGE.

No segundo nível, as informações anteriores devem ser apresentadas, mas desta vez, limitadas a unidade operacional e complementadas por mais algumas informações:

- tensão e corrente nos alimentadores da unidade operacional;
- fator de potência da unidade operacional;
- consumo da unidade operacional;
- demanda;
- maiores consumidores;
- custo da unidade operacional.

No terceiro e último nível espera-se informações tão específicas quanto possível no âmbito dos equipamentos e consumidores:

- tensão e corrente nos equipamentos;
- fator de potência do equipamento, valores instantâneos e registrados na última hora;
- consumo do equipamento;
- demanda instantânea do equipamento;
- custo imposto pela utilização do equipamento.

Pensando um pouco no conceito de indicadores de desempenho, podem ser apresentados também, em complemento as informações supracitadas, indicadores como consumo específico (kWh/produção) e produção ou qualquer outro indicador de desempenho que venha a ser definido pelos gestores.

Neste momento, é interessante ressaltar que o sistema deve ser capaz de prover estas informações, o que não garante que ele o fará, pois depende da existência de uma infraestrutura que disponibilize as informações na especificidade esperada.

A programação visual fica a caráter do desenvolvedor, mas é recomendável que as variáveis monitoradas apresentem no mínimo os seus valores instantâneos na forma numérica, podendo ser complementados por *displays* analógicos ou digitais, conforme soluções proprietárias apresentadas na Figura 7.

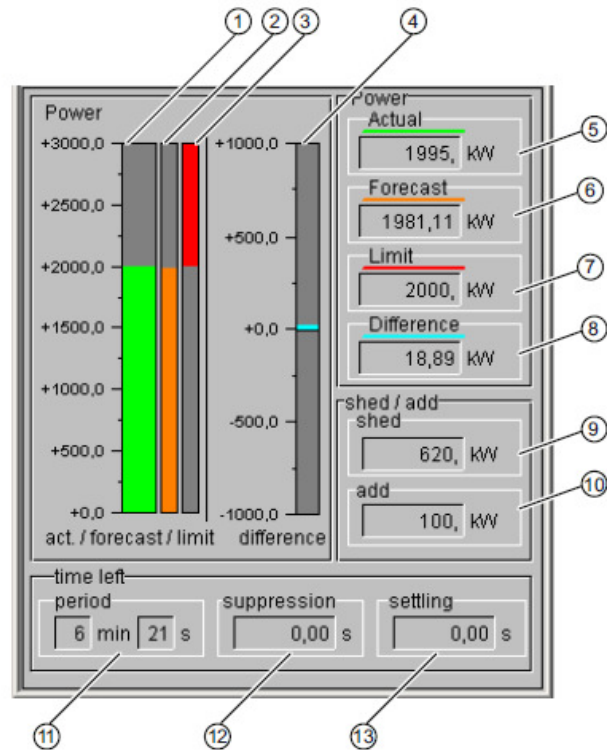


Figura 7 - Exemplo de *faceplate* para visualização de valores monitorados disponível na biblioteca do Siemens SIMATIC WinCC Powerrate v.3.0 (SIEMENS AG, 2009).

As variáveis monitoradas que possuem relação com o tempo devem ser apresentadas em gráficos de linhas ou colunas capazes de representar a tendência da variável ou processo avaliado. A Figura 8 apresenta um protótipo para a tela de operação no nível das unidades operacionais.

Os modos de operação e supervisão se diferem simplesmente nas informações apresentadas. Funções de operação e supervisão podem ser implementadas em trabalhos futuros objetivando maior atuação e controle dos parâmetros monitorados. Em sistemas proprietários cuja integração entre componentes é elevada é possível o desligamento de consumidores segundo regras de consumo pré-definidas, automatizando parte do processo de gestão da instalação e com isso evitando surpresas no ato da cobrança pela energia utilizada.

3.5 Alarmes e notificações

Antes de abordar os alarmes e notificações desejáveis em um sistema de gerenciamento de energia elétrica deve-se rever um pouco da estrutura de tarifação da energia elétrica no Brasil.

A resolução n^o. 414 da ANEEL, que vigora desde 15 de setembro de 2010, em substituição a resolução 456 criada em 2000, estabelece os direitos e deveres dos consumidores e das distribuidoras de energia elétrica, apresentando a definição de todos os termos e parâmetros envolvidos nas faturas de energia, as modalidades de faturamento, a divisão dos consumidores em classes e faixas em função da tensão de fornecimento, entre outros.

A estrutura tarifária definida pela ANEEL divide os consumidores em dois grupos:

- Grupo A: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômica e subdividido nos seguintes subgrupos:
 - subgrupo A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
 - subgrupo A2 – tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
 - subgrupo A3 – tensão de fornecimento de 69 kV;

- subgrupo A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- subgrupo A4 – tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;
- subgrupo AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

- Grupo B: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômnia e subdividido nos seguintes subgrupos:

- subgrupo B1 – residencial;
- subgrupo B2 – rural;
- subgrupo B3 – demais classes;
- subgrupo B4 – Iluminação Pública.

Algumas definições da resolução nº. 414 são importantes e devem ser conhecidas para melhor compreensão de suas regras. Algumas foram apresentadas no item 3.3.1 e são complementadas aqui pelas seguintes definições:

- Demanda faturável: valor da demanda de potência ativa, considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatts (kW).
- Modalidade tarifária: conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativas:

a) Tarifa convencional: modalidade caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano.

b) Tarifa horossazonal: modalidade caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com os postos horários, horas de utilização do dia, e os períodos do ano, observando-se:

1. Horário de ponta: período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi, e os seguintes feriados: Confraternização Universal, Tiradentes, Dia do

Trabalho, Independência, Nossa Senhora Aparecida, Finados, Proclamação da República e Natal.

2. Horário fora de ponta: período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta.
3. Período úmido: período de 5 (cinco) ciclos de faturamento consecutivos, referente aos meses de dezembro de um ano a abril do ano seguinte.
4. Período seco: período de 7 (sete) ciclos de faturamentos consecutivos, referente aos meses de maio a novembro.
5. Tarifa azul: modalidade caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, assim como de tarifas diferenciadas de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia.
6. Tarifa verde: modalidade caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, assim como de uma única tarifa de demanda de potência.

As indústrias, foco deste trabalho, fazem parte do grupo A e todas as informações apresentadas adiante são relativas a este grupo. Uma característica importante do sistema de tarifação aplicado ao grupo A refere-se à aplicação da tarifa binômica, que implica na cobrança não somente da energia elétrica, mas também da demanda.

Nestas instalações a energia é cobrada pelo valor efetivamente consumido enquanto a demanda é cobrada de forma diferenciada. O consumidor deve contratar um valor de demanda, referência para cobrança, que deverá ser fornecido pela distribuidora em qualquer horário. Desta forma, o pagamento pela demanda contratada pode ser descrito como um pagamento pela garantia de disponibilidade de energia.

A medição da demanda é caracterizada pelo maior valor médio registrado dentro do período de faturamento, mesmo que ele tenha ocorrido uma única vez. Para melhor entendimento, um medidor de energia elétrica faz

uma média da demanda requerida da rede a cada intervalo de 15 minutos, portanto a cada hora são quatro valores médios registrados, totalizando 96 valores médios ao dia e 2.880 valores médios dentro de um mês composto de 30 dias.

De acordo com a (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2010), caso a demanda máxima registrada no período de faturamento seja inferior à demanda contratada será faturada a demanda contratada multiplicada pela tarifa, porém caso a demanda registrada seja superior à demanda contratada, será faturado o valor registrado multiplicado pela tarifa, desde que não ultrapasse o limite de 10% para fornecimento abaixo de 69 kV e 5% para fornecimento igual ou superior a 69 kV.

Ainda de acordo com a (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2010), capítulo VIII, intitulado “DA COBRANÇA E DO PAGAMENTO”, quando os montantes de demanda de potência ativa ou de uso do sistema de distribuição – MUSD medidos excederem em mais de 5% (cinco por cento) os valores contratados, deve ser adicionada ao faturamento regular a cobrança pela ultrapassagem. Em resumo, caso a demanda máxima registrada no período de faturamento seja inferior à demanda contratada será faturada a demanda contratada multiplicada pela tarifa, porém caso a demanda registrada seja superior à demanda contratada, será faturado o valor registrado multiplicado pela tarifa, desde que não ultrapasse o limite de 5%. Para casos onde a demanda medida excede os 5% acima do valor contratado, aplica-se a seguinte regra para faturamento:

$$D_{ULTRAPASSAGEM}(p) = [PAM(p) - PAC(p)] \times 2 \times VR_{DULT}(p)$$

Onde:

- $D_{ULTRAPASSAGEM}(p)$ = valor correspondente à demanda de potência ativa ou MUSD excedente, por posto horário “p”, quando cabível, em Reais (R\$);

- $PAM(p)$ = demanda de potência ativa ou MUSD medidos, em cada posto horário “p” no período de faturamento, quando cabível, em quilowatt (kW);

- $PAC(p)$ = demanda de potência ativa ou MUSD contratados, por posto horário “p” no período de faturamento, quando cabível, em quilowatt (kW);

- VRDULT(p) = valor de referência equivalente às tarifas de demanda de potência aplicáveis aos subgrupos do grupo A ou as TUSD-Consumidores-Livres;

- p = indica posto horário, ponta ou fora de ponta para as tarifas horossazonais ou período de faturamento para a tarifa convencional.

Assim como ocorre ao se exceder a demanda contratada, a energia reativa consumida que exceder o fator de potência limite de 0,92 levará a cobrança adicional. O consumidor do grupo A obrigatoriamente possui fator de potência medido de forma permanente e apurado pela média dos registros de cada hora. Esses valores médios são comparados com o fator de potência limite e em cada hora em que houver ultrapassagem do valor de referência será efetuada uma cobrança proporcional à ultrapassagem segundo o seguinte cálculo:

$$E_{RE} = \sum_{T=1}^{n1} \left[EEAM_T \times \left(\frac{f_R}{f_T} - 1 \right) \right] \times VR_{ERE}$$

$$D_{RE}(p) = \left[\text{MAX}_{T=1}^{n2} \left(PAM_T \times \frac{f_R}{f_T} \right) - PAF_{(p)} \right] \times VR_{DRE}$$

Onde:

- E_{RE} = valor correspondente à energia elétrica reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência "fR", no período de faturamento, em Reais (R\$);

- $EEAM_T$ = montante de energia elétrica ativa medida em cada intervalo "T" de 1 (uma) hora, durante o período de faturamento, em megawatt-hora (MWh);

- f_R = fator de potência de referência igual a 0,92;

- f_T = fator de potência da unidade consumidora, calculado em cada intervalo "T" de 1 (uma) hora, durante o período de faturamento, observadas as definições dispostas nos incisos I e II do § 1o deste artigo;

- VR_{ERE} = valor de referência equivalente à tarifa de energia "TE" aplicável ao subgrupo B1, em Reais por megawatt-hora (R\$/MWh);

- $D_{RE}(p)$ = valor, por posto horário “p”, correspondente à demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência “fR” no período de faturamento, em Reais (R\$);

- PAM_T = demanda de potência ativa medida no intervalo de integralização de 1 (uma) hora “T”, durante o período de faturamento, em quilowatt (kW);

- $PAF(p)$ = demanda de potência ativa faturável, em cada posto horário “p” no período de faturamento, em quilowatt (kW);

- VR_{DRE} = valor de referência, em Reais por quilowatt (R\$/kW), equivalente às tarifas de demanda de potência - para o posto horário fora de ponta - das tarifas de fornecimento aplicáveis aos subgrupos do grupo A para a modalidade tarifária horossazonal azul e das TUSD-Consumidores-Livres, conforme esteja em vigor o Contrato de Fornecimento ou o CUSD, respectivamente;

- MAX = função que identifica o valor máximo da equação, dentro dos parênteses correspondentes, em cada posto horário “p”, onde T indica intervalo de 1 (uma) hora, no período de faturamento e p indica posto horário, ponta ou fora de ponta, para as tarifas horossazonais ou período de faturamento para a tarifa convencional;

- $n1$ = número de intervalos de integralização “T” do período de faturamento, para o posto horário de ponta e fora de ponta;

- $n2$ = número de intervalos de integralização “T”, por posto horário “p”, no período de faturamento.

Ambos os casos relatados merecem atenção, pois sua penalidade é imediata. A tarifa de ultrapassagem de demanda corresponde ao dobro da tarifa normal e deve ser encarada como uma multa que ao longo do ano pode elevar consideravelmente os custos de produção de uma instalação industrial. Desta forma, alarmes e notificações devem ser configurados para alertar sobre mudanças significativas no perfil de consumo.

O sistema de gerenciamento de energia elétrica deve sempre observar o fator de potência da instalação para que o valor limite não venha a ser ultrapassado. O mesmo vale para a demanda contratada. Logo, os alarmes devem ser configurados de tal forma que a ultrapassagem não venha a ocorrer,

pois uma vez ultrapassado o valor contratado é garantido o pagamento de valor adicional. Além disso, os alarmes e notificações devem ser apresentados nos dois ambientes de visualização em local visível e com o merecido destaque, para que a mensagem seja realmente entregue ao usuário e as medidas cabíveis sejam adotadas. Nestes casos as medidas cabíveis seriam o desligamento de cargas não críticas no caso da possibilidade de ultrapassagem de demanda e a utilização (partida ou desligamento) de bancos de capacitores, quando se tratar do fator de potência. Sendo o SGE implementado em um PIMS, uma camada de um sistema de automação, é viável a implementação de regras de acionamento ou desligamento de cargas automaticamente, além de permitir melhores estimativas da demanda real a ser contratada da concessionária.

Além dos alarmes que envolvem penalidade imediata, devem ser configurados alarmes e/ou notificações que informem o usuário sobre a possibilidade de vir a não atingir alguma meta estabelecida. O alarme deve ser configurado de tal forma a permitir uma ação corretiva e não somente para caráter informativo.

Por fim todos os alarmes devem ser registrados/historiados com o intuito de avaliar o desenvolvimento da instalação e auxiliar no estabelecimento de novas metas e revisão das existentes.

3.6 Relatórios

O sistema de gerenciamento de energia elétrica deve apresentar um relatório gráfico em formato de carta de controle, contendo o consumo energético atual e o previsto, para que o usuário consiga perceber desvios nessa variável, tanto para melhora quanto para piora. A carta de controle, além de conter os limites máximo e mínimo de controle, deve conter os limites toleráveis pelo usuário, e indicadores de desempenho, fora do gráfico, que indiquem ao usuário a mudança de comportamento.

Além disso, o desempenho de cada unidade operacional deverá ser comparado com o seu melhor desempenho histórico (consumo específico kWh/produção) e com base nesta comparação devem ser indicadas as áreas com desempenho superior, normal e ruim.

O relatório deverá apresentar informações suficientes para identificar o consumo de energia elétrica e demanda por áreas possibilitando o rateio das despesas. Caso a estratificação dos dados por unidade operacional não seja suficiente, deverão ser criados centros de custos para a correta divisão dos custos e responsabilidades. É interessante que os centros de custo reflitam etapas do processo e que cargas comuns como sistemas de iluminação sejam definidas como um centro de custo à parte. Esta divisão é importante para que o gestor possa conhecer a contribuição de cada unidade operacional no desempenho energético da instalação industrial. A Figura 9 apresenta um modelo para apresentação dos dados dentro do que foi exposto até aqui.

CONTROLE DO CONSUMO E DOS CUSTOS ESPECIFICOS								ECONOMIAS		
MÊS DE REF.	CICLO DE FATURAMENTO	CONSUMO (KWH)	TOTAL FATURA (R\$)	PRODUÇÃO (*)	PREÇOMÉDIO (R\$/KWH)	CONS. ESPEC (KWH/*)	CUSTO (R\$/*)	ECONOMIA NO MÊS (KWH)	ECONOMIA NO MÊS (R\$)	ACUMULADO ATUALIZADO (R\$)
jan/04		1000	190,00	205	0,1900	4,88	0,93	25	15,00	15,00
fev/04		700	140,00	157	0,2000	4,46	0,89	33	11,77	26,77
mar/04		900	175,00	175	0,1944	5,14	1,00	-25	-9,72	17,04
abr/04		800	158,00	174	0,1975	4,60	0,91	19	5,76	22,81
mai/04		1000	190,00	203	0,1900	4,93	0,94	15	13,00	35,81
jun/04		1000	190,00	207	0,1900	4,83	0,92	35	17,00	52,81
jul/04		900	175,00	175	0,1944	5,14	1,00	-25	-9,72	43,09
ago/04		800	158,00	180	0,1975	4,44	0,88	47	11,41	54,50
set/04		1000	190,00	203	0,1900	4,93	0,94	15	13,00	67,50
out/04		600	125,00	152	0,2083	3,95	0,82	8	21,93	89,43
nov/04		1100	200,00	223	0,1818	4,93	0,90	15	12,86	102,30
dez/04		900	175,00	185	0,1944	4,86	0,95	-24	-9,47	92,82

* colocar a unidade de produção (t, peças, dias ou horas trabalhadas, etc)

Figura 9 - Tabela extraída do Guia Técnico de Gestão Energética apresentando um modelo de apresentação para controle dos índices(MONTEIRO e ROCHA, 2005).

Os relatórios sejam talvez a parte mais interessante do sistema de gerenciamento de energia tendo em vista a gama de opções de controle possíveis de ser implementadas. Estas podem considerar unidades

operacionais, sazonalidade, turnos e qualquer outra particularidade que houver no ambiente avaliado. Cabe aos gestores definir as opções que melhor lhe atendem.

Uma vez analisados os resultados deve-se agir proativamente, identificando as oportunidades de melhoria, revisando as metas e linhas de base energética anteriormente estabelecidas e detalhando os meios para alcançá-las. As metas devem ser desafiadoras, mas factíveis, enquanto as linhas de base energética devem ser ajustadas sempre que ocorrerem mudanças expressivas em processos, padrões operacionais ou sistemas de energia ou quando os IDEs não refletirem mais o uso e consumo de energia da instalação. Neste caso, o sistema proposto ajuda na busca pela melhoria contínua, pois a realimentação do SGE proporciona informação e suporte necessário ao gestor na revisão do planejamento energético.

Do ponto de vista da (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011), os relatórios estão inseridos na revisão energética auxiliando no registro e manutenção da mesma, visto que para desenvolver a revisão energética uma organização deve:

1. Analisar o uso e consumo de energia com base em medições e outros dados.
2. Com base na análise do uso e consumo de energia, identificar áreas de uso significativo, detalhando as instalações, equipamentos, processos e pessoal envolvido e demais variáveis relevantes ao uso identificado determinando o desempenho energético atual e estimando o uso e consumo futuro.
3. Identificar, priorizar e registrar oportunidades de melhoria de desempenho energético.

3.7 Acessos

O acesso ao sistema de gerenciamento de energia elétrica deve ser limitado. Devem ser criados perfis de usuários distintos, com permissões diferenciadas para operação e supervisão do sistema. O acesso ao sistema

deve ser realizado por estações-cliente disponibilizadas para a atividade, não sendo descartada a opção de acesso pela *Web* ou intranet já que estas opções são uma realidade nos dias atuais.

Uma opção interessante e já difundida se trata do desenvolvimento do portal em um servidor *Microsoft Sharepoint* com o auxílio de componentes denominados *WebParts*. Essa funcionalidade já é fornecida por fabricantes de sistemas PIMS (Figura 10) e permite o rápido desenvolvimento de aplicações *Web* combinando dados provenientes de fontes distintas em um ambiente altamente flexível. A flexibilidade permite a criação de diferentes ambientes de visualização sem ignorar os fatores relacionados à segurança, desta forma cada usuário só tem acesso à informação pertinente ao seu perfil. Outro ponto positivo desta implementação é o fato da funcionalidade ter como base o ambiente *Web*, familiar a praticamente todo usuário de microcomputador.

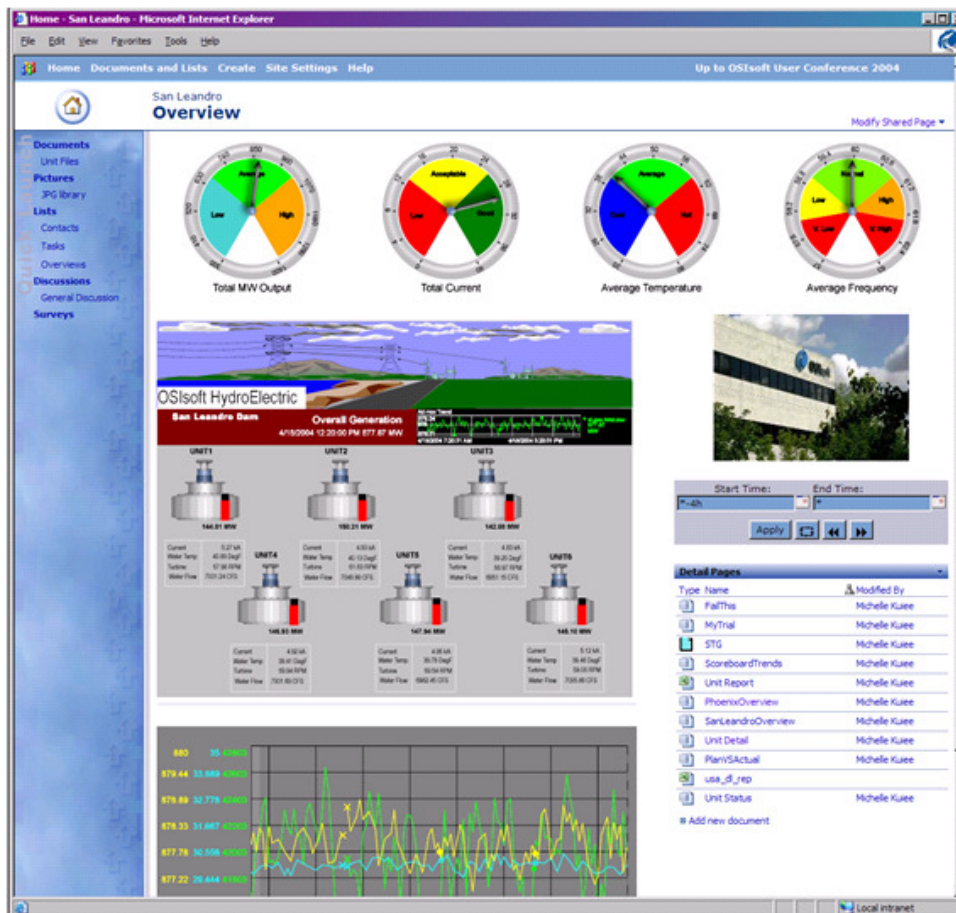


Figura 10 - Exemplo de aplicação utilizando *WebParts*(OSISOFT, LLC).

4 CONCLUSÃO E SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

A palavra “gestão” assim como sua própria definição é o ato de gerir, administrar, que nada mais é do que manter sob controle uma determinada situação. Este trabalho abordou um pouco do universo da gestão ao propor um sistema de gerenciamento de energia elétrica fundamentado no fato de que não se controla aquilo que não se conhece. Logo, se uma das bases do sistema é o conhecimento ou informação, nada mais oportuno do que utilizar uma ferramenta como o PIMS, um sistema de informação difundido nos ambientes industriais.

O capítulo 2.1.4 apontou as vantagens e facilidades na utilização de sistemas PIMS para o trabalho proposto enquanto o capítulo 2 elucidou sobre sistemas de gerenciamento de energia elétrica, suas características e principais funcionalidades.

A proposta deste trabalho foi finalmente alcançada no capítulo 3 que aborda a especificação funcional de um sistema de gestão de energia elétrica em um sistema PIMS. Vale destacar a integração das informações em um sistema único, originado de uma das possíveis utilizações para um sistema de informação como o PIMS, facilitando a sua implementação em vários aspectos, assim como a sua utilização e aceitação. As informações apresentadas não devem ser consideradas únicas e imutáveis, ao invés disso, devem ser tratadas como uma referência no desenvolvimento de um sistema de gestão de energia elétrica com foco na eficiência da utilização dos recursos energéticos, pois para a implementação efetiva deste ainda é necessário o detalhamento das etapas de desenvolvimento do sistema e de cada módulo que o compõem, ações de controle e atuação.

4.1 Comentários finais

Os temas eficiência energética e sistemas de gerenciamento de energia são bem amplos e foram abordados por este trabalho de forma geral, mas ao

mesmo tempo sucinta, o que permite vislumbrar novas possibilidades. O desenvolvimento do sistema proposto e um posterior estudo de sua aplicação são ideias futuras que viriam a agregar valor a esta etapa já concluída. Acredita-se que o desenvolvimento da aplicação, mesmo em caráter experimental, levaria ao melhor desenvolvimento das ideias relacionadas à definição dos índices de desempenho energético, assim como abriria novos horizontes na busca por correlações entre grandezas e sua aplicação na gestão não só da energia, mas também dos ativos envolvidos.

Além disso, novas abordagens podem ser realizadas compreendendo não só a gestão da energia elétrica, mas de todos os recursos energéticos disponíveis em uma instalação, focando na eficiência do conjunto e não somente na redução dos custos proporcionados pela redução do consumo de energia elétrica, inserindo o termo sustentável no ambiente industrial. A gestão poderia abordar tanto o consumo quanto a geração, a integração com o sistema elétrico de potência através de *smart grids*, avaliando inclusive a possibilidade de venda da energia excedente gerada.

Desta forma, espera-se que este trabalho sirva para fomentar novas ideias que propiciem melhor utilização dos recursos energéticos, que a reação seja substituída pela ação sem que isto signifique cortes de produção ou qualquer outra atitude mais drástica e que a eficiência seja uma busca contínua dentro das instalações industriais.

BIBLIOGRAFIA

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 50001: Sistemas de gestão da energia — Requisitos com orientações para uso.** [S.l.]: [s.n.], 2011. 24 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Resolução Normativa Nº 414. **ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica**, Brasília, 9 Setembro 2010. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 14 Agosto 2011.
- BAJAY, S. V.; DE MELLO SANT ANA, P. H. **Experiências internacionais em eficiência energética para a indústria: sumário executivo.** Confederação Nacional da Indústria. Brasília, p. 28. 2010.
- BARROS, B. F. D.; BORELLI, R.; GEDRA, R. L. **Gerenciamento de Energia: ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica.** 1a. ed. São Paulo: Érica, 2010. 176 p.
- CCK AUTOMAÇÃO LTDA. CCK Automação LTDA. (Gerenciamento de energia). **CCK Automação LTDA.** Disponível em: <<http://www.cck.com.br/>>. Acesso em: 15 Agosto 2011.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Mapa Estratégico da Indústria: 2007 – 20015.** Brasília. 2005.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Matriz energética: cenários, oportunidades e desafios.** Conselho Temático de Infra-estrutura. Brasília, p. 82. 2007.
- DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SÓCIOECONÔMICOS - DIEESE. **As tarifas de energia elétrica no Brasil: sistemática de correção e evolução dos valores.** São Paulo. 2007.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2010: Ano base 2009.** Rio de Janeiro, p. 276. 2010.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Quanto custa a energia elétrica para a indústria no Brasil?** Rio de Janeiro, p. 31. 2011.
- FILHO, C. S. PIMS - Process Information Management System – Uma introdução. **Notas de Aula.** Disponível em: <<http://www.delt.ufmg.br/~seixas/Paginall/Download/DownloadFiles/Pims.PDF>>. Acesso em: 1 Agosto 2011. Notas de Aula.
- FILHO, J. E. D. C. **Tratamento de dados em sistemas de automação de nível superior para cálculo de indicadores.** Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2011.
- HERZOG, A. L.; GIANINI, T. O futuro da energia. **Revista Exame**, 2011.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. World Energy Outlook de 2010 - International Energy Agency (IEA). **International Energy Agency (IEA)**, 2010. Disponível em: <www.iea.org/weo/docs/weo2010/weo2010_es_portuguese.pdf>. Acesso em: 23 Junho 2011.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Boletim de Monitoramento do Sistema Elétrico - Abril - 2011. **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - GOVERNO FEDERAL**, 30 Abril 2011. Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/see/galerias/arquivos/Publicacoes/Boletim_mensalDMSE/Boletim_de_Monitoramento_do_Sistema_Eltrico_-ABRIL-2011.pdf>. Acesso em: 23 Junho 2011.

MONTEIRO, M. A. G.; ROCHA, L. R. R. **Gestão Energética**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005. 188 p.

OSISOFT, LLC. PI WebParts. **Osisoft - The PI System**: Empowering business in real-time. Disponível em: <http://www.osisoft.com/software-support/products/PI_WebParts.aspx>. Acesso em: 16 Novembro 2011.

ROSA, L. H. L. **Sistema de apoio à gestão de utilidades e energia: aplicação de conceitos de sistemas de informação e de apoio à tomada de decisão**. Universidade de São Paulo - Escola Politécnica. São Paulo, p. 115. 2007. Dissertação de Mestrado.

SIEMENS AG. SIMATIC WinCC Powerrate Programming and Operating Manual. **Siemens Global Website**, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.automation.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/visualization-software/scada/simatic-wincc/wincc-openness/Pages/Default.aspx>>. Acesso em: 19 Novembro 2011.

SIEMENS AG. SIMATIC WinCC Powerrate - Building Technologies - Siemens. **Siemens Brasil**, 2011. Disponível em: <<http://www.industry.siemens.com.br/buildingtechnologies/br/pt/produtos-baixa-tensao/gerenciamento-de-energia/software/Powerrate/Pages/powerrate.aspx>>. Acesso em: 15 Agosto 2011.