



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE ESTÁGIOS E PROJETOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA

PROJETO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**“Implantação do Novo Sistema de Supervisão, Controle e Gerenciamento
de Energia e Utilidades da Unidade Coteminas - CG”.**

Aluno: Arthur Tôrres Paiva
Matrícula: 20121121

Campina Grande – Paraíba
31 de outubro de 2005



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
CAMPINA GRANDE**

Arthur Tôrres Paiva

**Implantação do Novo Sistema de
Supervisão, Controle e Gerenciamento de
Energia e Utilidades da Unidade
Coteminas – CG.**

Projeto em Engenharia Elétrica

Projeto de final de curso como requisito para
conclusão do Curso de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande.

Orientador: Edson Guedes da Costa, Doutor.

Campina Grande – Paraíba
31 de outubro de 2005



P149i Paiva, Arthur Torres.

Implantação do novo sistema de supervisão, controle e gerenciamento de energia e utilidades da Unidade Coteminas - CG. / Arthur Tôrres Paiva. - Campina Grande - PB: [s.n], 2005.

43 f.

Orientador: Professor Dr. Edson Guedes da Costa.

Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia; (Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Ciências e Tecnologia.

1. Tarifação - energia elétrica. 2. Coteminas - Campina Grande - PB. 3. Controle de consumo de energia. 4. Energia elétrica - controle de consumo. 5. Controladores de demanda - energia elétrica. 6. Estrutura tarifária - energia. 7. ANEEL - Resolução N° 456. 8. Software Smart 32. 9. Gerenciamento de energia elétrica e utilidades. I. Costa, Edson Guedes da. II. Título.

CDU:621.3(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

Dedicatória

À minha esposa, Ana Laura, por está sempre ao meu lado em toda a minha caminhada nestes últimos 13 anos, sempre me dando amor, atenção, força e me apoiando em todas as decisões. A meu filho ou filha que está a caminho e virá para trazer ainda mais amor a nossa família.

À meus pais, Heidimir e Luzinete, por terem me dado amor e carinho e por terem me ajudado a construir o alicerce do que sou hoje.

Agradecimentos

À Deus, por estar sempre iluminando meu caminho.

À COTEMINAS – CG por me propiciar a oportunidade de acompanhar a implantação deste novo sistema de gerenciamento de energia elétrica.

Ao Eng. Sérgio Fernandes T. Pereira pela oportunidade e inestimável contribuição na elevação do meu conhecimento.

Aos amigos que ganhei na Coteminas – CG, em especial a Fábio, Cícero, Alana, Janemere, Jose, Andresa e Fairuz, que me ajudaram bastante no acompanhamento e execução deste e de outros projetos.

Ao professor Edson Guedes da Costa pela competência, seriedade e contribuição decisiva na realização deste projeto.

A todos os companheiros da família Coteminas que direta ou indiretamente contribuíram nesta nova conquista.

Sumário

Lista de Tabela	01
Lista de Figuras	02
1. Introdução	03
2. Caracterização do Problema e Solução Escolhida	04
3. Classificação dos Tipos de Consumidores e Formas de Tarifação	06
3.1. Tipos de Consumidores	06
3.2. Estrutura Tarifária	07
3.2.1. Tarifação Convencional	07
3.2.2. Tarifação Horo-sazonal Verde	08
3.2.3. Tarifação Horo-sazonal Azul	09
3.3. Energia Reativa e Fator de Potência	10
3.3.1. Conceito de Fator de Potência	10
3.3.2. Causas do Baixo Fator de Potência	11
3.3.3. Legislação do Fator de Potência	11
4. Demanda	13
4.1. Demanda versus Consumo	14
4.2. O Controlador de Demanda	14
4.3. A comunicação entre o Controlador e o Medidor da Concessionária	15
4.3.1. Comunicação Serial	15
4.4. Métodos de Controle	16
4.4.1. Janela móvel	16
4.4.2. Retas de Carga ou Retas Inclinadas	17
4.4.3. Preditivo Adaptativo	18
5. Planta Fabril da Unidade Coteminas de Campina Grande	21
6. Sistema de Supervisão, Controle e Gerenciamento de Energia Elétrica	24
6.1. Instalação do Equipamento	25
6.2. Software de Supervisão	31
7. Considerações Finais e Análise dos Resultados Alcançados	36
8. Conclusão	38
9. Bibliografia	39

Lista de Figuras:

Figura 01 - Diagrama de Potência	11
Figura 02 - Gráfico de Fator de Potência	12
Figura 03 - Método de controle por Janela Móvel	16
Figura 04 - Método de Controle por Reta de Carga	18
Figura 05 - Foto Aérea da Unidade Coteminas - CG	21
Figura 06 - Visão esquemática da Coteminas - CG	23
Figura 07 - Instalação Genérica	24
Figura 08 - Vista Frontal do Controlador	25
Figura 09 - Painel de Comando	26
Figura 10 - Contatores de Comando das Cargas	27
Figura 11 - Medidor de Energia	28
Figura 12 - Esquema de Ligação do Controlador	29
Figura 13 - Módulo SM-OUT	30
Figura 14 - Módulo SM-ETHERNET	31
Figura 15 - Configurações Básicas de Comunicação	31
Figura 16 - Software Smart	32
Figura 17 - Configuração da Medição	33
Figura 18 - Janela de Supervisão	34

Lista de Tabelas:

Tabela 01 - Subgrupos dos Consumidores do Grupo B	06
Tabela 02 - Subgrupos dos Consumidores do Grupo A	06
Tabela 03 - Transformadores Existentes	22
Tabela 04 - Cargas Passíveis de Controle pelo Controlador de Demanda	22

1. Introdução

Os altos custos financeiros envolvidos no processo industrial, devido aos gastos com energia elétrica, estimulam a adoção de medidas de controle de consumo de energia. Neste contexto a procura de soluções que sejam viáveis, técnica e economicamente, requerem proposições criativas e inovadoras as quais podem ser particularizadas à determinada situação. Este trabalho apresenta a pesquisa que realizei sobre as formas de tarifação, classificação dos consumidores, alguns conceitos importantes, a definição de demanda e a solução encontrada para a redução e controle do consumo de energia elétrica e da demanda contratada da planta industrial da COTEMINAS – CG. A solução escolhida foi a utilização de um equipamento denominado de controlador de demanda.

Segundo Moura (2001), nos Estados Unidos e Europa os controladores de demanda são largamente utilizados, tanto na indústria como em qualquer outro estabelecimento, onde a demanda entra na composição do custo da energia elétrica. Já no Brasil, o controlador de demanda de fabricação nacional foi apresentado oficialmente na feira do Brasil EXPORT 80, em meados de 1980 e, a partir deste lançamento, as indústrias brasileiras começaram a instalar, com mais rapidez, controladores de demanda, já que antes, a falta de informação, o investimento inicial, as taxas de importação e a falta de assistência técnica dificultavam a aquisição do referido equipamento.

Este trabalho de conclusão de curso se constitui dos seguintes tópicos: no capítulo 2, caracteriza-se a situação que motivou a instalação do controlador de demanda; já no capítulo 3 explana-se sobre a estrutura tarifária e os tipos de consumidores, conforme a Resolução N° 456 da ANEEL; no capítulo 4 disserta-se sobre a demanda, sua importância e formas de controle. No capítulo 5, apresenta-se resumidamente as instalações elétricas da unidade Coteminas de Campina Grande. O Capítulo 6 descreve os passos da instalação e configuração do Controlador de Demanda escolhido, bem como suas funções básicas. No Capítulo 7 são dados as considerações finais e os resultados alcançados até agora. Por fim, no Capítulo 8 tem-se a conclusão final do trabalho.

2. Caracterização do Problema e Solução Escolhida

No início do ano de 2005, numa visita para aferição periódica dos transformadores de potência (TPs) e transformadores de corrente (TCs) de medição realizada pela CELB/SAELPA, foi passado para a Coteminas, representada na ocasião por mim, a informação, vista em relatório detalhado do medidor, que havia uma tendência de ultrapassagem da demanda contratada para aquele mês.

Sabendo-se que quando ocorre uma ultrapassagem da demanda contratada, o contrato de energia estipula o pagamento de multa (tipicamente bem maior do que a tarifa normal) proporcional ao valor ultrapassado. Para evitar estas multas foi feita a escolha de desligar algumas cargas, a exemplo de parte da iluminação, que não influenciariam diretamente o processo produtivo, como forma de reduzir de maneira excepcional a demanda do referido mês.

Um outro ponto que já estava preocupando era o fator de potência, pois este estava muito perto de ficar abaixo de 0,92 indutivo e as expansões programadas das cargas instaladas poderiam piorar o fator de potência geral.

Como a medida adotada para reduzir a demanda contratada era provisória e pouco viável, havia a necessidade de controlar de maneira mais precisa a demanda. Optou-se, então, por instalar um equipamento para controle da demanda de energia. Da mesma forma, havia a necessidade de controlar o fator de potência e acompanhar de maneira mais precisa os consumos de ar comprimido, água e futuramente o gás natural e a produção de vapor das caldeiras que serão instaladas.

Foi então decidido selecionar um equipamento, preferencialmente nacional, que pudesse controlar a demanda de energia contratada, o fator de potência e também, o consumo de outros insumos já mencionados.

Após algumas pesquisas, em que participei em parceria com o setor de compra, levando-se em conta a descrição das necessidades do sistema, a cotação de preço e a assistência técnica prestada, foi escolhido o *Sistema de Supervisão, Controle e*

Gerenciamento de Energia Elétrica e Utilidades, Smart Energy, da empresa GESTAL, representada pela **RF-Eleto-Eletrônica LTDA**, localizada em Olinda-PE, cujo diretor executivo é o Eng. Ricardo Figueiredo.

No capítulo que se segue são descritas as formas de classificação dos consumidores e as formas de tarifação existentes.

3. Classificação dos Tipos de Consumidores e Formas de Tarificação

3.1. Tipos de Consumidores

A resolução nº 456 da ANEEL classifica os consumidores, também chamados de unidades consumidoras, de acordo com o nível de tensão pelo qual são supridos. Geralmente os consumidores residenciais, lojas, agências bancárias, pequenas oficinas, pequenos edifícios residenciais e comerciais são alimentados em 110 ou 220 V, fase-terra, e são classificados como consumidores do Grupo B.

Ainda segundo a resolução nº 456, os consumidores do Grupo B são alimentados com tensão inferior a 2,3 kV, este é subdividido em diversas categorias, como pode ser visto na Tabela 01.

Tabela 01 – Subgrupos dos Consumidores do Grupo B

B1	• residencial e residencial de baixa renda;
B2	• rural, cooperativas de eletrificação rural e serviço público de irrigação;
B3	• demais classes; e
B4	• iluminação pública.

(LUCIANO, 2003)

Já os consumidores ou unidades consumidoras do Grupo A são aqueles cujo fornecimento de energia é feito em níveis de tensão igual ou superior a 2,3 kV e também os consumidores alimentados por sistemas de distribuição subterrâneos, mesmo que em baixa tensão e caracterizados pela estrutura tarifária binômica. Na Tabela 02, abaixo, pode-se ver as subdivisões dos consumidores deste grupo.

Tabela 02 – Subgrupos dos Consumidores do Grupo A

A1	• tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
A2	• tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
A3	• tensão de fornecimento de 69 kV;
A3a	• tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
A4	• tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV; e
AS	• tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição e faturadas neste grupo em caráter opcional.

(LUCIANO, 2003)

A COTEMINAS – CG, atualmente, está enquadrada como consumidora do Grupo A, mas precisamente, do subgrupo A3, por ser atendida por fornecimento em tensão de 69 kV, mas está prevista a construção de uma nova subestação que será suprida em 230 kV.

3.2. Estrutura Tarifária

Segundo Luciano (2003), *“até 1981, o único sistema utilizado, denominado Convencional, não permitia que o consumidor percebesse os reflexos decorrentes da forma de utilizar a eletricidade, já que não havia diferenciação de preços segundo sua utilização durante as horas do dia e períodos do ano”*.

Atualmente, devido ao comportamento das cargas ao longo do dia, e ao longo do ano em função da disponibilidade de água, foram criadas, além da tarifação convencional (monômia) para o grupo B, as tarifas horo-zonais para as unidades consumidoras do grupo A.

No grupo A, as unidades consumidoras são cobradas pela energia que consomem e pela demanda contratada. Neste caso a tarifação é chamado de tarifação binômia e os consumidores podem ser enquadrados, segundo a resolução nº 456 da ANEEL, em três modalidades de tarifação, são elas:

- tarifação convencional;
- tarifação horo-sazonal verde, ou
- tarifação horo-sazonal azul (compulsória para aqueles atendidos em tensão igual ou superior a 69 kV).

3.2.1. Tarifação Convencional

A modalidade de tarifação convencional exige um contrato específico de fornecimento entre a concessionária e o consumidor, no qual se pactua um valor único de demanda pretendida, independente do horário do dia, seja ponta ou fora de ponta, e independente do período do ano, seco ou úmido. Os consumidores do Grupo A podem optar pela tarifa convencional se sua potência for inferior a 300 kW desde que nos últimos

11 meses não tenha ocorrido três registros consecutivos, ou seis intercalados de demanda superior a 300 kW.

Segundo o PROCEL (2001), na tarifação convencional a fatura de energia elétrica é calculada pela soma das parcelas de consumo, demanda contratada e demanda de ultrapassagem. Abaixo se pode ver a equação do cálculo:

$$Fatura_de_Energia_Elet. = P_{consumo} + P_{demanda} + P_{ultrapassagem}$$

em que:

$$P_{consumo} = TarifaDeConsumo * ConsumoMédio$$

$$P_{demanda} = TarifaDeDemanda * DemandaContratada$$

$$P_{ultrapassagem} = TarifaDeUltrapassagem * (Deman.Medida - Deman.Contratada)$$

3.2.2. Tarifação Horo-sazonal Verde

Os consumidores do subgrupo A3a, A4 e AS podem optar pela tarifação horo-sazonal verde, nesta modalidade, a tarifa de energia elétrica é diferenciada de acordo com as horas de utilização do dia (horário de ponta e fora de ponta) e os períodos do ano (seco ou úmido), mas a tarifa de demanda de potência possui um único valor, independente do horário.

Segundo o PROCEL (2001), na tarifação horo-sazonal verde a fatura de energia elétrica é calculada pela soma das parcelas de consumo, demanda e ultrapassagem, mas a parcela referente ao consumo varia, considerando o período de ponta e fora de ponta. Abaixo, pode-se ver a equação que resume o cálculo:

$$Fatura_de_Energia_Elet. = P_{consumo} + P_{demanda} + P_{ultrapassagem}$$

sendo:

$$P_{consumo} = \left[\begin{array}{l} \text{TarifadeConsumonaPonta} * \text{ConsumoMédionPonta} + \\ \text{TarifadeConsumoforadePonta} * \text{ConsumoMédioforadePonta} \end{array} \right]$$

$$P_{demanda} = \text{TarifadeDemanda} * \text{DemandaContratada}$$

$$P_{ultrapassagem} = \text{TarifadeUltrapassagem} * (\text{Deman.Medida} - \text{Deman.Contratada})$$

3.2.3. Tarifação Horo-sazonal Azul

Para as unidades consumidoras do subgrupo A1, A2 ou A3, a tarifação horo-sazonal azul é obrigatória e exige um contrato específico na qual se pactua tanto o valor da demanda pretendida pelo consumidor no horário de ponta, como, no horário fora de ponta. Nesta modalidade de tarifação são aplicadas tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia (horários de ponta e fora de ponta) e os períodos do ano (seco ou úmido).

Segundo o PROCEL (2001), a conta de energia é calculada observando em todas as parcelas a diferença entre os horários de ponta e fora de ponta, abaixo, pode-se ver a equação que resume o cálculo da conta.

$$\text{Fatura_de_Energia_Elet.} = P_{consumo} + P_{demanda} + P_{ultrapassagem}$$

em que:

$$P_{consumo} = \left[\begin{array}{l} \text{TarifadeConsumonaPonta} * \text{ConsumoMédionPonta} + \\ \text{TarifadeConsumoforadePonta} * \text{ConsumoMédioforadePonta} \end{array} \right]$$

$$P_{demanda} = \left[\begin{array}{l} \text{TarifadeDemandanaPonta} * \text{DemandaContratadanaPonta} + \\ \text{TarifadeDemandaforadePonta} * \text{DemandaContratadaforadePonta} \end{array} \right]$$

$$P_{ultrapassagem} = \left[\begin{array}{l} \text{TarifadeUltrapassagemnaPonta} * (\text{DemandaMedidanaPonta} \\ - \text{DemandaContratadanaPonta}) + \text{TarifadeUltrapassagemforadePonta} * \\ (\text{DemandaMedidaforadePonta} - \text{DemandaContratadaforadePonta}) \end{array} \right]$$

3.3. Energia Reativa e Fator de Potência

Além da energia ativa, existe um outro “tipo” de energia elétrica, denominada de energia reativa, embora não se possa classificá-la de inútil, não realiza trabalho útil e produz perdas por provocar aquecimento nos condutores.

Para os consumidores do grupo A, quando o consumo de energia reativa ultrapassa um certo limite, este é passível de cobrança. O limite é indicado de forma indireta, através de um parâmetro denominado “fator de potência” que reflete a relação entre a energia ativa e reativa consumida. Atualmente se exige dos consumidores do Grupo A um fator de potência de no mínimo 0,92.

3.3.1. Conceito de Fator de Potência

Mamede (2002) define matematicamente o fator de potência como a relação entre o componente ativo da potência e o valor total desta mesma potência, ou seja:

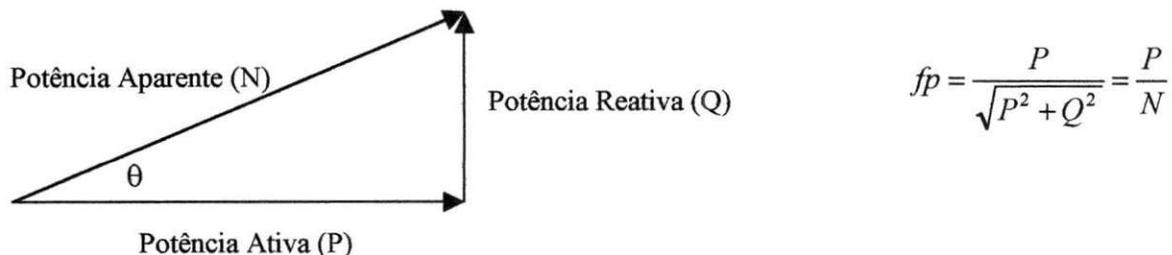


Figura 01 – Diagrama de Potência

Mamede (2002), também afirma que o fator de potência é a relação entre duas quantidades de mesma unidade (potência), portanto é uma grandeza adimensional e pode ser definido como o co-seno do ângulo formado entre o componente de potência ativa e a potência total.

Ainda segundo Mamede (2002), fisicamente, o fator de potência representa o co-seno do ângulo de defasagem entre a onda senoidal da tensão e a onda senoidal da corrente. Quando a onda de corrente está atrasada em relação à onda de tensão, o fator de potência é dito indutivo, e quando a onda de tensão está atrasada em relação à onda de corrente, este é

dito capacitivo. Quando as ondas de tensão e corrente passam pelo mesmo ponto, ou seja, não há defasagem, o fator de potência é dito unitário.

3.3.2. Causas do Baixo Fator de Potência

Segundo Mamede (2002), entre as principais causas de fator de potência baixo numa instalação industrial estão relacionadas a:

- motores de indução trabalhando a vazio ou superdimensionados para a sua função;
- transformadores operando a vazio ou com pouca carga;
- grande número de reatores de baixo fator de potência suprindo lâmpadas de descarga (lâmpadas fluorescentes, a vapor de mercúrio, a vapor de sódio, etc.);
- fornos a arco;
- fornos de indução eletromagnética;
- máquinas de solda;
- equipamentos eletrônicos;
- grande número de motores de potência pequena em operação durante um longo período.

3.3.3. Legislação do Fator de Potência

De acordo com a legislação nº 456, tanto a energia reativa indutiva como a energia reativa capacitiva serão medidas e faturadas. O ajuste por baixo fator de potência será realizado através do faturamento do excedente de energia reativa indutiva consumida pela instalação e do excedente de energia reativa capacitiva fornecida à rede da concessionária pela unidade consumidora.

Segundo Mamede (2002), o fator de potência deve ser controlado de forma que permaneça dentro do limite de 0,92 indutivo e 0,92 capacitivo, sua avaliação é horária durante as 24 horas e em tempos definidos. A energia reativa indutiva será medida no horário das 06:00 às 00:00 horas a intervalos de uma hora, e a energia reativa capacitiva será medida no período de 00:00 às 06:00, também em intervalos de uma hora.

No caso da Coteminas – CG, o período estabelecido para o controle da energia reativa capacitiva compreende o horário de 23:30 até as 05:30 do dia seguinte, já o de energia reativa indutiva é medido das 05:30 às 23:30. A Figura 02 representa o fator de potência de um dia típico da unidade de Campina Grande, nele se pode observar que no período 23:30 à 05:30 do dia seguinte o fator de potência não é registrado.

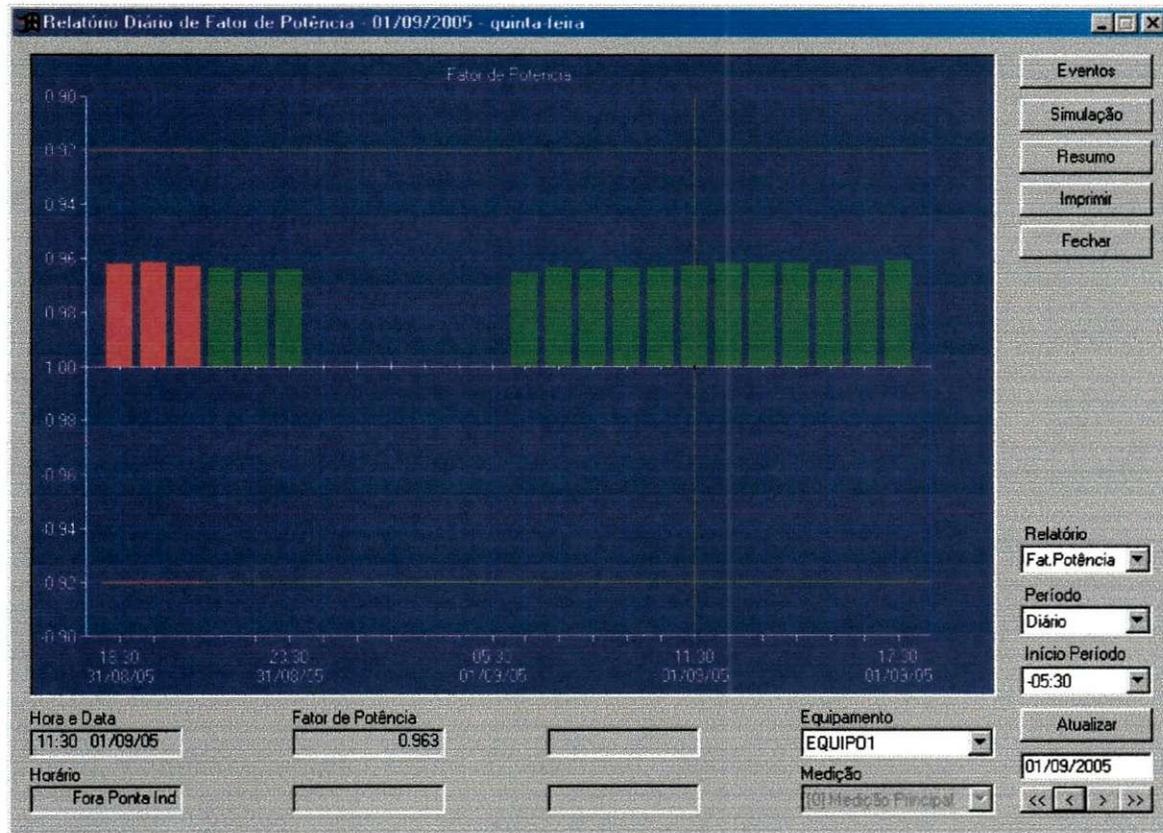


Figura 02 – Gráfico de Fator de Potência

4. Demanda

De acordo com a resolução nº 456 de 29 de novembro de 2000, Art. 2º, § VIII: “Demanda: média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado”.

No Brasil o intervalo de tempo (período de integração) é de 15 minutos, portanto, em um mês se tem: 30 dias x 24 horas / 15 minutos = 2880 intervalos.

“Em termos de medição temos os métodos de medição síncrona e assíncrona. O método de medição síncrona é aquele utilizado por todas as concessionárias brasileiras e pela maioria dos países medindo a energia ativa num determinado intervalo de tempo que pode variar de 15 a 60 minutos na maioria dos casos”.

... Na prática o que se faz é integrar os pulsos de energia dentro deste intervalo, por isso chamado de intervalo de integração, obtendo o que chamamos de demanda de energia ativa, ou seja, a demanda é a energia média consumida em cada intervalo de 15 minutos não existindo plenamente antes do fechamento do intervalo. Na maioria dos casos a concessionária fatura pelos maiores valores registrados nos períodos de fora-ponta e ponta ou pelos valores contratados, os que forem maiores. A cada início do intervalo de integração o consumo é zerado dando início a uma nova contagem. Se ao final do intervalo o valor médio de fechamento for superior ao limite permitido o usuário arcará com pesadas multas por ultrapassagem. Neste ponto é interessante frisar que poderão ocorrer picos de potência dentro do intervalo de integração desde que os mesmos não levem à ultrapassagem da demanda. Ao contrário do que muitos apregoam são os picos de demanda (média das potências) que não podemos permitir e não os picos de potência instantânea, normais para a produção, principalmente em processos onde existem grandes variações de carga durante curtos períodos de tempo.” (Suppa e Terada, 2003)

4.1. Demanda versus Consumo

Muitas vezes os consumidores confundem os valores de demanda e consumo numa tarifa de energia elétrica, prejudicando seus custos e ressaltando o importante papel conscientizador que o Engenheiro Eletricista deve exercer.

A demanda, como dito anteriormente, representa a estrutura de geração e transmissão da energia elétrica que a concessionária disponibiliza ao consumidor. Ela é disponibilizada perante contrato com a concessionária, onde ela se responsabiliza em manter a estrutura de fornecimento e o consumidor, por sua vez, compromete-se a pagar pela estrutura, usando-a ou não, e ele também não deve ultrapassar os valores contratados podendo ser cobradas multas pesadas, caso isso ocorra. Já o consumo representa a quantidade de energia ativa consumida. Comparando com um sistema mecânico, a demanda representa o quão rápido um trabalho foi executado (potência) e o consumo representa o trabalho executado. Portanto, para um mesmo consumo, podem se ter diversos valores de demanda.

4.2. O Controlador de Demanda

O controlador de demanda é o equipamento destinado a monitorar e controlar a variável demanda de forma precisa e, de preferência, com a menor interferência no processo produtivo, já que para que ele realize o controle é necessário que este faça a retirada de alguma carga, com intuito de manter a demanda daquele intervalo dentro de valores aceitáveis.

“Um Controlador de Demanda necessita medir corretamente para poder controlar. Em termos globais a informação para controle deverá vir do medidor da concessionária pois lá estão os sinais de controle além das variáveis a serem controladas, liberadas pela mesma através de solicitação padrão.

Logo o Controlador de Demanda deverá estar conectado a este medidor recebendo as mesmas informações da concessionária e baseado nestas realizar suas ações sobre as cargas passíveis de serem

controladas. Uma vez recebendo os sinais da concessionária o Controlador de Demanda passará a verificar dentro de cada período de integração a necessidade de se retirar ou não alguma carga elétrica da instalação afim de que a demanda global se mantenha, dentro deste intervalo, abaixo dos limites de controle pré-estabelecidos (os quais na maioria das vezes são os valores de contrato com a concessionária com ou sem as tolerâncias permitidas).

Voltando à atuação do Controlador de Demanda não havendo tendência de ultrapassagem da demanda ele não atuará. Caso contrário ele poderá atuar e quando a demanda diminuir ele terá que repor (ou pelo menos liberar para uso) de forma automática as cargas antes retiradas...”(www.gestal.com)

4.3. A comunicação entre o Controlador e o Medidor da Concessionária

O controlador de demanda se comunica com os medidores das concessionárias, através da saída serial do usuário, disponível em todos os medidores eletrônicos. Sua comunicação é padronizada pela NBR 14522 “Intercâmbio de informações para sistemas de medição de energia elétrica – Padronização”

4.3.1. Comunicação Serial

A maioria das mensagens digitais são mais longas que alguns poucos bits. Por não ser prático nem econômico transferir todos os bits de uma mensagem simultaneamente, a mensagem é quebrada em partes menores e transmitida seqüencialmente. A transmissão bit-serial converte a mensagem em um bit por vez através de um canal. Cada bit representa uma parte da mensagem. Os bits individuais são então rearranjados no destino para compor a mensagem original. Em geral, um canal irá passar apenas um bit por vez. A transmissão bit-serial é normalmente chamada de transmissão serial, e é o método de comunicação escolhido por diversos periféricos de computadores.

No capítulo 11 da NBR 14522 está a normalização para saída do usuário, descrita abaixo: “A cada segundo cheio, o Registrador de Energia deve enviar um bloco pela saída

serial de usuário. A cada fim de intervalo de demanda, um bloco correspondente a este momento deve ser enviado três vezes consecutivas, repetindo os mesmos dados, uma vez a cada segundo cheio”.

4.4. Métodos de Controle

O método de controle do controlador de demanda define a estratégia que este irá utilizar para monitorar e controlar a demanda. É, portanto, sua componente mais importante, afinal é o método de controle quem determina a maior ou menor precisão do controlador e o grau de interferência que o controlador irá imprimir ao processo produtivo.

4.4.1. Janela móvel

O chamado algoritmo da janela móvel, inventado no final da década de 70, para uso nos primeiros controladores microprocessados, nada mais é que um processamento "first-in first-out" (o primeiro que entra é o primeiro que sai), onde a janela de 15 minutos é dividida em compartimentos. Em cada compartimento são armazenados o total de pulsos de energia contados no correspondente período de tempo. Para exemplificar facilmente, considera-se á que este compartimento é de 1 minuto. Então, a cada minuto, o controlador descarta o número de pulsos contados há 16 minutos atrás, e acrescenta o número de pulsos contados no último minuto.

A Figura 03 ilustra este tipo de algoritmo. A Demanda Projetada, neste sistema, nada mais é que a demanda média dos últimos 15 minutos, independentemente do fato de estarmos no início, no meio ou no fim do intervalo de integração de 15 minutos. Trata-se de um algoritmo assíncrono em relação à medição da concessionária, que utiliza o pulso de sincronismo apenas para o armazenamento dos valores na memória de massa do controlador. A Demanda Projetada pelo algoritmo da janela móvel reflete o que ocorreu no passado, e não, a tendência da demanda para o futuro, ou para o final do intervalo de 15 minutos atual.

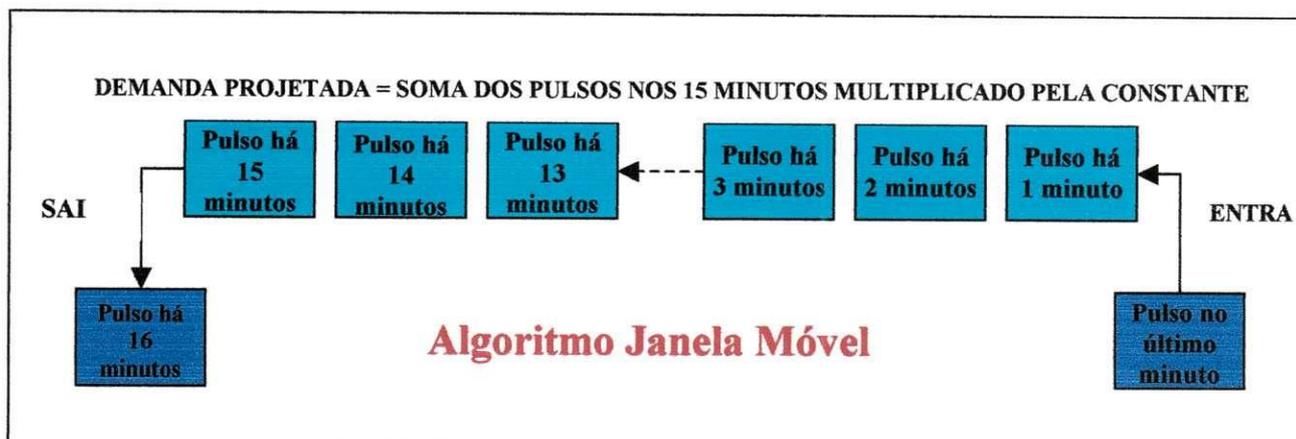


Figura 03 – Método de controle por Janela Móvel

“...A janela móvel na verdade é um filtro de média móvel que “caminha” a cada período de atuação do controlador trazendo consigo todo o histórico (inércia) do período de integração anterior. Em outras palavras, antes de entrar num novo período de integração visto pela concessionária, mas não por este método, a medição por janela móvel traz consigo um valor médio acumulado do período imediatamente anterior ao invés de entrar “zerado” como o faz o método de medição síncrona. Este fato por si só impede qualquer tipo de otimização do consumo dentro do intervalo de integração e portanto da própria demanda...” (Suppa e Terada)

4.4.2. Retas de Carga ou Retas Inclinadas

Em meados da década de 80, surgiram os algoritmos chamados de reta de carga. A grosso modo, eram algoritmos que faziam uma "regra de três" com o número de pulsos acumulado no intervalo, o tempo transcorrido, o tempo total do intervalo (15 minutos), para chegar à Demanda Projetada. Este algoritmo é síncrono à medição da concessionária, pois não considera valores do intervalo anterior na projeção do intervalo atual. Entretanto, apresenta grandes erros no início de cada intervalo.

Na Figura 04 é mostrado o funcionamento prático do algoritmo reta de carga. Uma análise mais atenciosa da figura mostra que a tendência de ultrapassagem da demanda máxima se iniciou no instante t_1 , tendo sido detectada pelo algoritmo apenas no instante t_2 . Isto ocorre tanto quando a demanda sobe, como quando ela cai. O retardo na tomada de decisão é o principal defeito deste algoritmo.

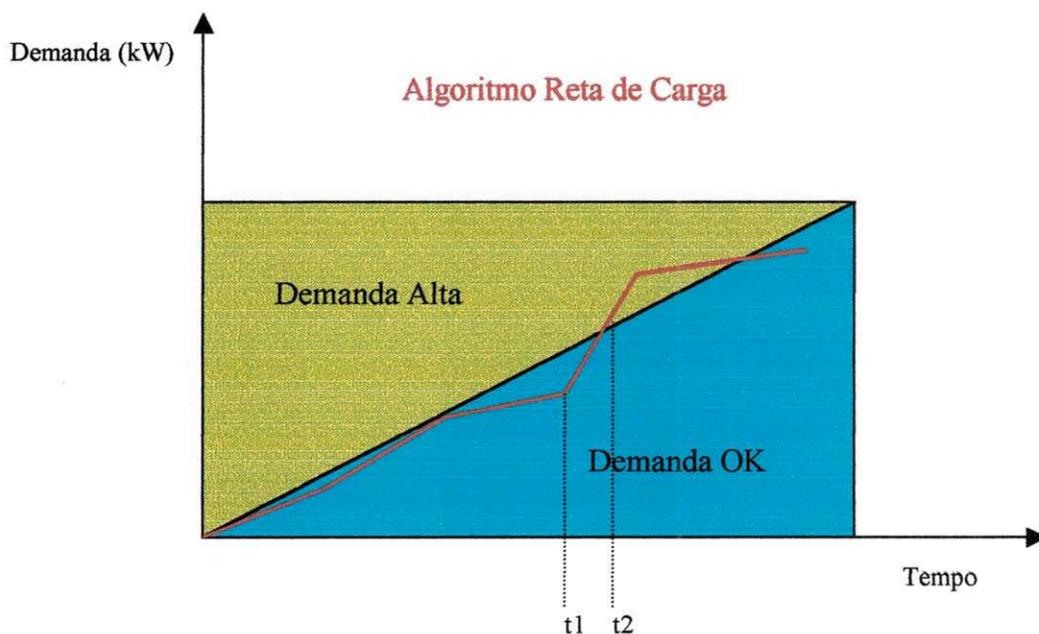


Figura 04 – Método de Controle por Reta de Carga

4.4.3. Preditivo Adaptativo

O controle preditivo adaptativo é uma variante do controle por retas inclinadas, porém, de complexidade maior, permite um melhor grau de otimização do controle da demanda, com menor interferência no processo. O termo adaptativo significa que a função de controle se adapta às mudanças do processo e no caso do controle de demanda significa que as prioridades de atuação sobre as cargas podem variar automaticamente de acordo com as condições do processo, impedindo que o controlador penalize, primeiro, sempre uma mesma carga.

A parte preditiva utiliza medição sincronizada com a concessionária, integrando os pulsos recebidos a partir do instante zero (chegada do sincronismo) e trabalhando sempre

com a projeção da demanda dentro do intervalo de integração e com o conhecimento prévio do valor da potência da carga, podendo ainda operar de forma adaptativa.

A parte adaptativa se caracteriza por prioridades de atuações sobre as cargas controláveis, que se alteram automaticamente durante o período de integração em função de uma variável elétrica ou de processo (demanda média, consumo, temperatura, pressão, vazão, etc.) ou em função de uma condição operacional qualquer configurada pelo usuário em tempo real. Com este recurso é possível alterar dinamicamente as prioridades sobre as cargas controláveis em função de mudanças na linha de produção ou ainda visando atuar prioritariamente sobre as cargas que pertençam ao setor responsável pela tendência de ultrapassagem de sua própria demanda setorial. Considerando uma instalação com três setores distintos, cada qual com suas cargas elétricas associadas e suas demandas setoriais próprias, além da demanda global de contrato. E utilizando-se um controlador de demanda com um método de controle por janela móvel ou retas inclinadas as prioridades de atuação seriam fixas penalizando sempre as mesmas cargas prioritariamente, mesmo que estas não fossem responsáveis naquele momento pela tendência de ultrapassagem da demanda global de contrato. Com o recurso de adaptação, o controlador irá atuar prioritariamente sobre as cargas pertencentes ao setor responsável pela tendência de ultrapassagem de sua própria demanda de controle setorial, e não sobre as cargas de outro setor que estaria atuando dentro dos seus limites pré-configurados.

Supondo outra instalação com três fornos elétricos com a mesma potência nominal. Utilizando-se um controlador de demanda sem um controle adaptativo, as prioridades de atuação seriam fixas penalizando sempre um determinado forno prioritariamente, mesmo se este estivesse numa condição proibitiva de ser atuado, como na fase de aquecimento. Com o recurso de adaptação o controlador irá atuar prioritariamente sobre o forno que estivesse na melhor condição de processo, como na fase de estabilização, e não sobre aquele na rampa de aquecimento.

Convém destacar que o principal método de controle de demanda e fator de potência do controlador *Smart Energy* baseia-se na medição síncrona com a concessionária, mas na falta de sinal de sincronismo passa automaticamente para medição assíncrona. O método de controle é implementado por um algoritmo de controle preditivo inteligente atuando sobre a projeção da potência consumida. Tem por princípio ligar/desligar a carga considerando o

tempo e a potência da mesma, otimizando o fator de carga a cada intervalo de integração sem risco de ultrapassagem da demanda de controle. O método de controle pode ser ainda mais otimizado quando combinado com variáveis de processo e/ou utilidades levando a uma tomada de decisão mais segura e eficiente.

O capítulo seguinte trata da caracterização das instalações elétricas da unidade Coteminas – CG.

5. Planta Fabril da Unidade Coteminas de Campina Grande

A unidade Coteminas – CG, possui uma subestação principal alimentada em 69 kV (tensão primária de distribuição), nela se encontram quatro transformadores de força (69kV / 13,8kV / 15 MVA). Na Figura 05, estão indicadas as localizações da Subestação Principal, Sala Elétrica, Utilidades, Embratex e Wentex.

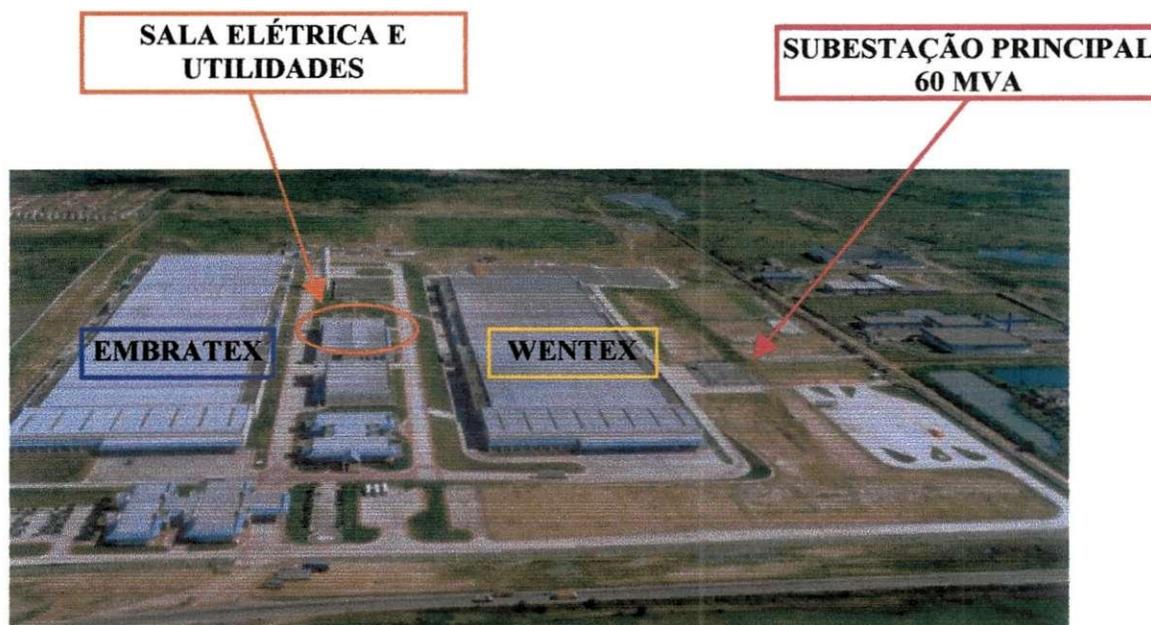


Figura 05 – Foto Aérea da Unidade Coteminas – CG

A subestação principal é ligada a sala elétrica, de onde parte a distribuição de energia para as duas unidades fabris (Wentex e Embratex) e também para uma área definida como Utilidades onde estão os compressores e chilleres utilizados para suprimento de ar comprimido e climatização, respectivamente. Tanto nas unidades fabris como na Utilidades, existem subestações secundárias que rebaixam o nível de tensão de 13,8kV para 4,16kV (alimentação dos compressores e chilleres) e 400 V (alimentação das demais cargas das Embratex, Wentex, Utilidades).

A Tabela 03 explicita o número de transformadores de força existentes na unidade de Campina Grande.

Tabela 03 – Transformadores Existentes.

Nível de Tensão	Nomes	Quantidade
69 kV / 13,8 kV	TR 01; TR 02; TR 03; TR 04.	04
13,8 kV / 4,16 kV	TCH 01; TCH 02; TCH 03; TCH 04.	04
13,8 kV / 400 V	TRU 01; TRU 02; TRU 03; TRE 1.1; TRE 1.2; TRE 2.1; TRE 3.1; TRE 3.2; TRE 3.3; TRE 4.1; TRE 4.2; TRE 4.3; TRW 1.1; TRW 1.2; TRW 1.3; TRW 2.1; TRW 2.2; TRW 2.3; TRW 3.1; TRW 3.2; TRW 3.3; TRW 4.1; TRE 4.2; TRW 4.3; TRW 5.1; TRW 6.1; TR AUX 01; TR AUX 02.	28

Nas duas unidades fabris existem as CTAs, ou seja, Central de Tratamento de Ar. As centrais são responsáveis pela climatização das duas unidades, refrigeram o ar e também o purificam, retirando a poeira existente e controlando a umidade. As CTAs são compostas exclusivamente de motores (bombas e ventiladores) e utilizam água gelada para o processo de climatização. Foi então observado que algumas destas CTAs poderiam ser desligadas sem prejuízo a produção, como também, parte da iluminação da fábrica.

Na Embratex existem oito CTAs e na Wentex existem onze CTAs. Para o propósito de controle de demanda foram escolhidas as CTAs que causariam menor impacto na produção. Na tabela abaixo são mostrados os circuitos de iluminação e as CTAs que serão controladas pelo controlador de demanda.

Tabela 04 – Cargas Passíveis de Controle pelo Controlador de Demanda.

Prioridade	Cargas
1	CTA 03 e CTA 04 da Embratex QDC-1201, QDC-1203, QDC-2101, QDC-2103
2	CTA 07 e CTA 08 da Embratex QDC-3102, QDC-3201, QDC-3203, QDC-4302, QDC-4304, QDC-4305
3	CTA 05 e CTA 06 da Embratex QDC-1202, QDC-3101, QDC-4301, QDC-2102, QDC-3202, QDC-4303
4	CTA 05 e CTA 06 da Wentex QDC-1206, QDC-2306
5	CTA 08 da Wentex QDC-2307, QDC-2303
6	CTA 07 da Wentex QDC-3107, QDC-3108
7	CTA 04 da Wentex QDC-2304, QDC-2305
8	CTA 03 da Wentex QDC-1204, QDC-1205

A Figura 06 resume, na forma de blocos, a planta da Coteminas – CG, composta pelas SE 69, Sala Elétrica, Utilidades, Embratex e Wentex e a localização do medidor de energia e controlador de demanda.

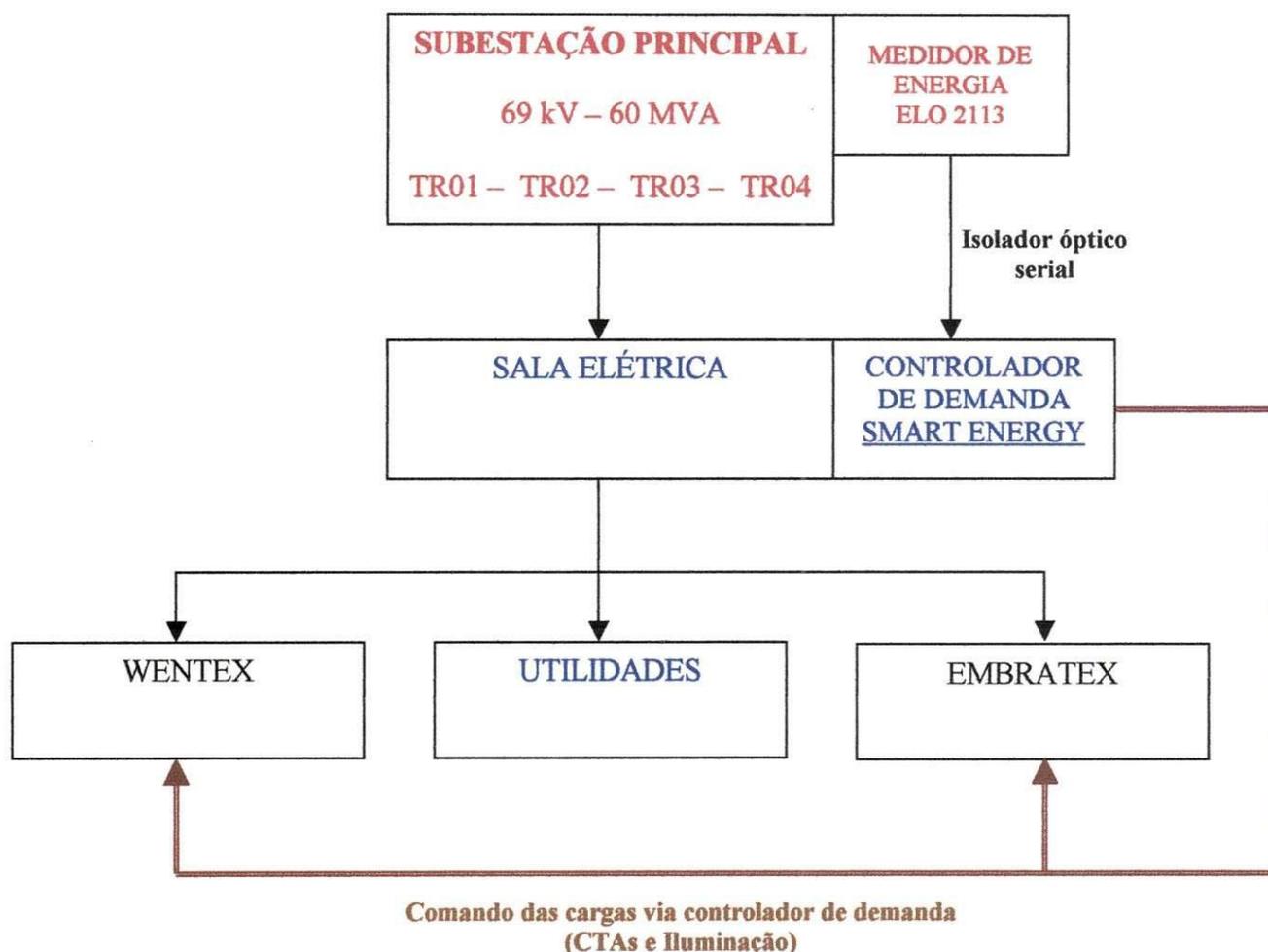


Figura 06 – Visão esquemática da Coteminas – CG.

O capítulo seguinte trata da instalação do controlador de demanda e suas principais características.

6. Sistema de Supervisão, Controle e Gerenciamento de Energia Elétrica

Como dito anteriormente, uma das formas de controle de demanda para faturamento e a utilização de sistemas de controle e supervisão de energia elétrica, será então abordada agora a instalação do sistema. Na empresa já existia um controlador de demanda, mas este estava desativado, por estar com defeito, há algum tempo. Optou-se então pela instalação de um novo equipamento, o *Smart Energy* da empresa GESTAL. A característica principal deste controlador é sua flexibilidade pela utilização de diversos módulos que se integram num grande número de soluções.

Segundo a GESTAL (2004), o *Smart Energy* tem como objetivo principal a otimização e gerenciamento dos insumos relacionados à energia elétrica, água, vapor, gases e fluidos sem prejuízo da produção.

A Figura 07 sintetiza genericamente uma instalação industrial ou predial e o sistema de gerenciamento de energia.

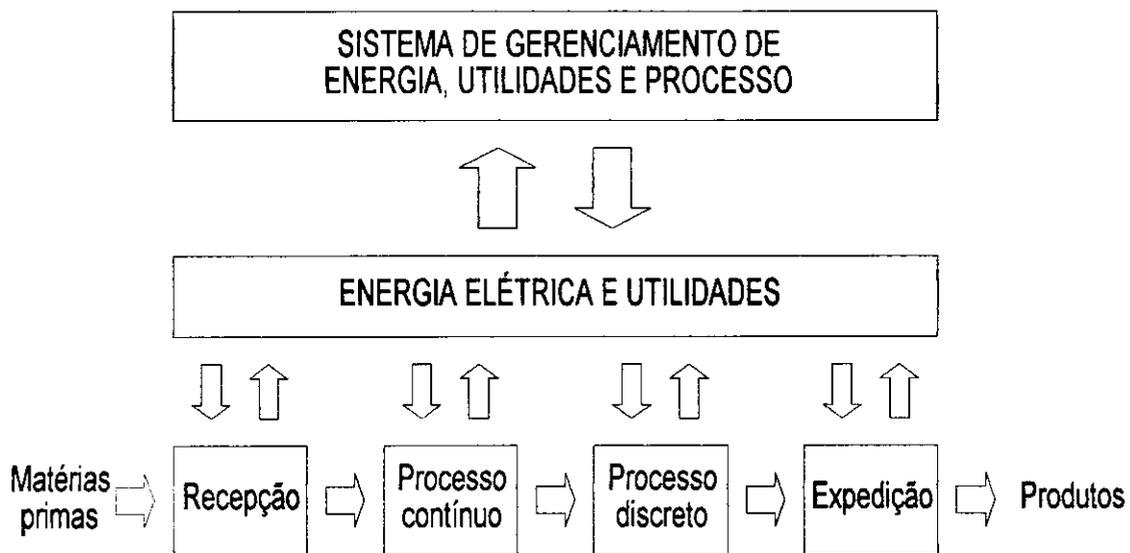


Figura 07 – Instalação Genérica.

6.1. Instalação do Equipamento

Todas as etapas da instalação do equipamento foram supervisionadas por mim. Já o start-up foi realizado em parceria com o Eng. Ricardo da Gestal, o qual realizou um curso básico sobre a operação e programação do mesmo.

Como pode ser visto na Figura 08, o sistema vem todo montado em painel elétrico, que tem a função de acomodar todo o equipamento e acessórios, bem como protegê-lo de distúrbios e/ou ruídos elétricos e proteção do próprio usuário.

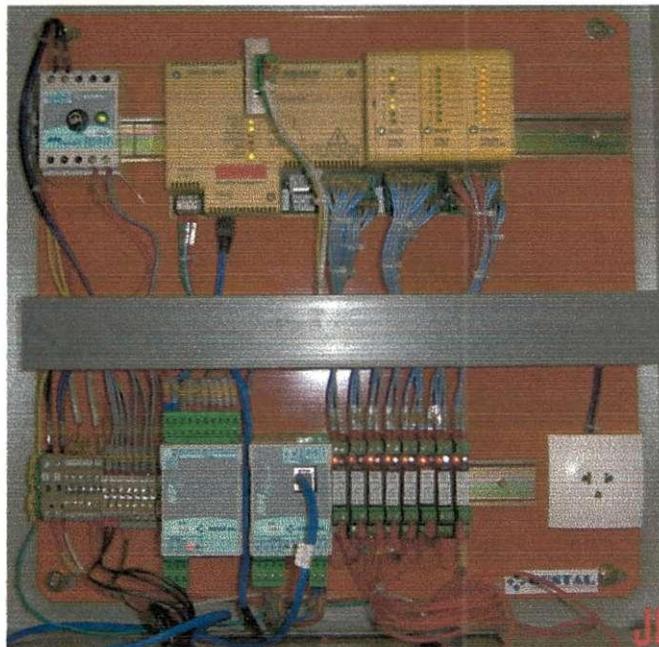


Figura 08 – Vista Frontal do Controlador

O painel elétrico do controlador de demanda é composto de:

- Caixa Metálica;
- Controlador Lógico Programável (Smart-Base);
- Unidade de Expansão;
- Fonte de Alimentação;
- Protetor Contra Surtos de Linha de Alimentação;
- Bornel Protetor de Surto de Tensão Para Sinais Digitais 24 V;

- Unidade Paralelizadora SP8-P;
- Módulo Relés;
- Conversor SM-ETHERNET.

A instalação foi basicamente simples, pois já existia a instalação do outro controlador, bastando apenas adaptá-lo. Foi então removido o controlador antigo, e colocado o painel elétrico novo no interior do painel já existente, conforme Figura 09.



Figura 09 – Painel de Comando.

As cargas que serão utilizadas para o controle de demanda são comandadas por contatores, como mostrado na Figura 10, e foram descritas no capítulo anterior. Toda a instalação para o comando das cargas já estava pronta, só foram necessárias algumas correções.

Os contatores são alimentados (suas bobinas) em 110 V. Quando o sistema quer retirar uma determinada carga, este retira a alimentação do contator via relé de contato seco do painel, este então desarma e desativa a carga.



Figura 10 – Contatores de Comando das Cargas

A comunicação entre a unidade de controle do Smart-Base e o painel de medição da concessionária se dá por cabo de par trançado de 0,75 mm², 600 V / 70°C, antichama. Sua extensão aproximada é de 400 metros. Sua ligação com o medidor é feita através de um cabo isolador óptico-serial para evitar qualquer interferência de medição de energia. Foi aproveitado o cabo já existente, do controlador antigo, que passa pelos canais subterrâneos em bandeja de comando, separados dos cabos de força que passam por bandeja própria.

O medidor de energia é o ELO 2113 (Figura 11). Ele é um equipamento utilizado na medição e registro do consumo e demanda de energia elétrica, que possibilita às concessionárias de energia elétrica um conhecimento detalhado do consumo e demanda de energia ativa e reativa para efeitos de faturamento, em especial nos consumidores com tarifa horo-sazonal (THS). O ELO 2113 é um medidor eletrônico para medição e registro de energia ativa e energia reativa de circuitos mono, bi ou trifásicos, configurados em delta ou estrela, com discriminação de dados segundo hora do uso e/ou outra(s) característica(s) necessária(s) à tarifação. Ele pode ser ligado diretamente ao circuito a medir ou através de transformadores de medida. Tem compatibilidade total com o sistema de tarifação de energia elétrica já existente. Ele é dotado de memória de massa, o que possibilita o traçado da curva de carga e tem capacidade de armazenamento destas informações por até 42 dias.



Figura 11 – Medidor de Energia

No caso da Coteminas - CG, o medidor de energia é ligado através de TPs e TCs de medição, e sua comunicação se dá através de saída serial. O enfoque da saída serial de usuário é, essencialmente, de acompanhamento de registros tarifários, ou seja:

- São fornecidos todos os pulsos de energia ativa (kWh), assim como o posto horário (ponta e fora de ponta);
- São fornecidos apenas os pulsos de energia reativa indutiva no posto horário indutivo e os pulsos de energia reativa capacitiva no posto horário capacitivo, junto com a indicação de posto vigente.

Assim, os registros tarifários internos do medidor/registrator são reproduzidos pela saída serial de usuário e o controlador de demanda pode acompanhar como está se comportando a carga medida.

Na Figura 12, pode-se ver o esquema de ligação do controlador ao medidor da concessionária e a representação de como estes dados são decodificados pela unidade paralelizadora (SP8) e transmitidos ao SMART I/O (Smart Base).

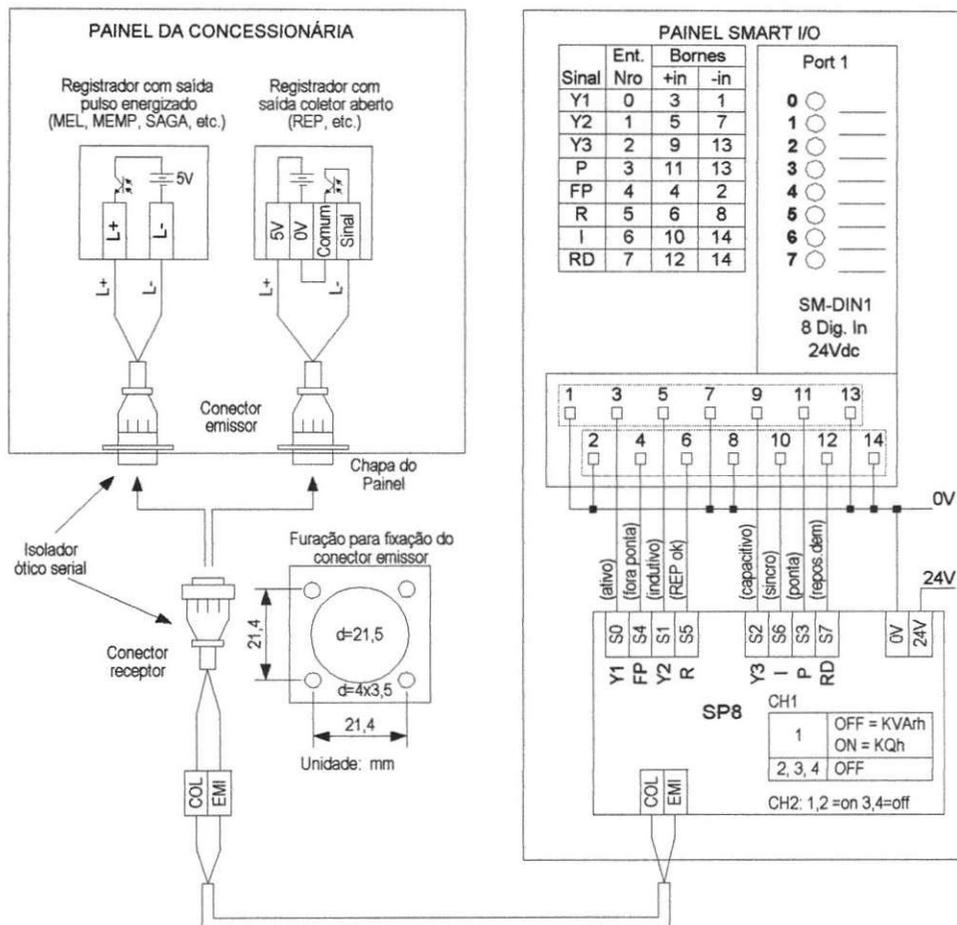


Figura 12 – Esquema de Ligação do Controlador

No caso da Coteminas – CG, o sistema Smart Energy veio apenas com uma placa de saída, denominada de SM-OUT, está comanda um conjunto de relés de contato seco (Figura 13) que por sua vez comandam os contatores das cargas já mencionadas no capítulo anterior.

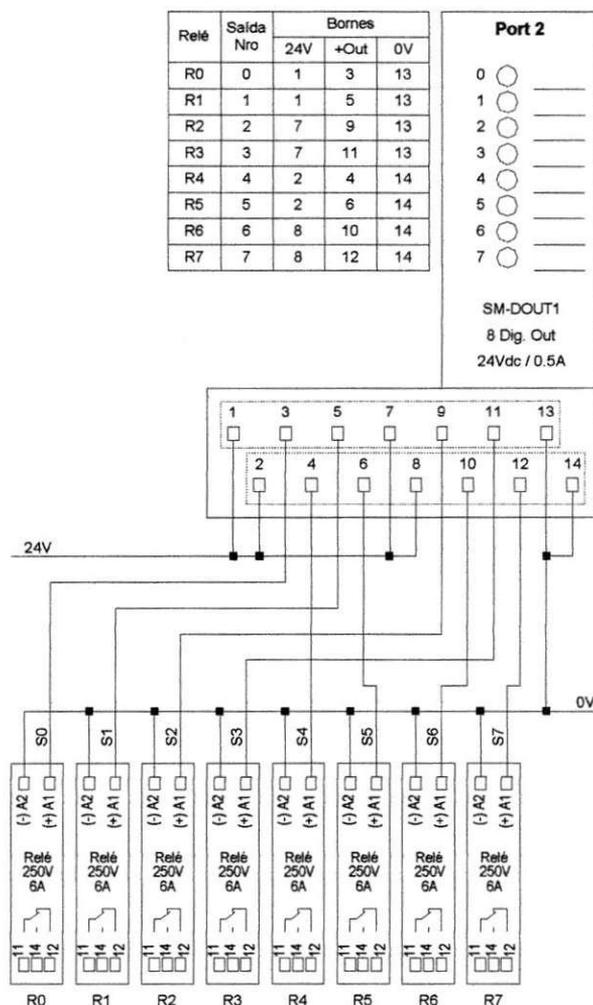


Figura 13 – Módulo SM-OUT

O sistema possui um conversor SM-ETHERNET (Figura 14), que é um dispositivo de conversão de portas de comunicação seriais RS232 ou RS485 para rede ETHERNET (TCP e UDP). O conversor possui proteção contra surtos de tensão e pode ser usado para as mais diversas aplicações em automação industrial, utilizando diversos tipos de protocolos. No caso em questão, o conversor é usado para comunicação entre o controlador de demanda e a rede ETHERNET da empresa, e conseqüentemente, com o microcomputador de supervisão. Para sua instalação é necessário disponibilizar um IP fixo para que o mesmo se comporte como um servidor, o computador de supervisão pode ser qualquer computador conectado a rede corporativa, bastando para tanto, instalar o software de comunicação do sistema. Na Figura 15, pode-se ver as principais formas de comunicação entre medidores, controladores, rede TCP-IP e o software de supervisão.



Figura 14 – Módulo SM-ETHERNET

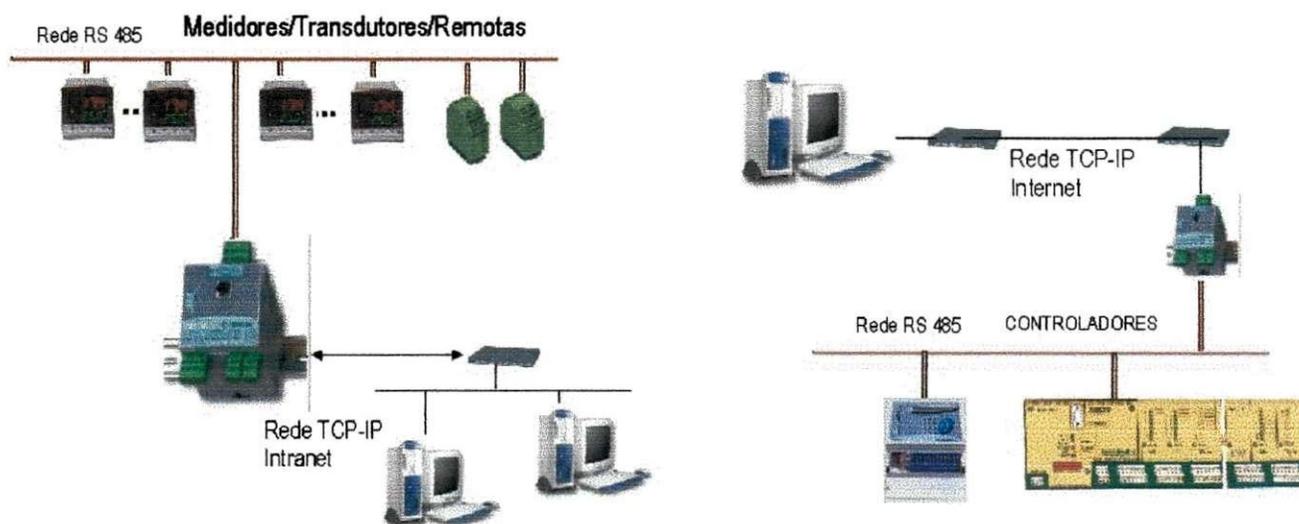


Figura 15 – Configurações Básicas de Comunicação

6.2. Software de Supervisão

O software específico que vem com o controlador de demanda permite a comunicação com o controlador, configurando-o, supervisionando seus valores e até atuando sobre as cargas a ele ligadas. O software em questão, conforme a Figura 16, é o Smart 32.

O Smart 32 é um software de gerenciamento de energia elétrica e utilidades, que permite a otimização de insumos básicos tais como energia elétrica, líquidos e gases, sem “prejuízo” da produção.



Figura 16 – Software Smart 32

Sua configuração é relativamente simples, depois de instalado o software, configura-se o padrão dos parâmetros de comunicação, a configuração do sistema e a forma de recepção dos históricos.

Logo após, pode-se começar a configurar o controlador, atualizando a data, a hora e o nome da empresa. Para que o controlador possa funcionar, precisa-se configurar a medição de energia, conforme a Figura 17, para isso defini-se a estrutura tarifária, o nível de tensão primária, a demanda contratada para o horário de ponta, para o horário fora de ponta, o consumo para trinta dias e a tolerância que o controlador levará em conta para controlar a demanda da unidade. Para preencher estes dados se faz necessário o conhecimento do contrato de fornecimento de energia celebrado entre a empresa e a Coteminas – CG.

Outra etapa importante para o funcionamento adequado é a configuração das constantes de medição, estas dependem da constante do medidor, o Elo 2113, que está relacionada com o número de pulsos gerados pelo medidor. Além desta constante, foi necessário saber a relação de transformação dos TPs e TCs, o produto destes três valores dá uma constante que deve ser inserida no software para que os dados recebidos pelo controlador sejam interpretados corretamente, se esta constante estiver errada a medição será incorreta.

	Período Seco	Período Úmido	
Demanda de Contrato Ponta	0	0	(kW)
Demanda de Contrato Fora de Ponta	0	0	(kW)
Consumo de Contrato Ponta (ou Total)	0	0	(kWh) (para 30 dias)
Consumo de Contrato Fora de Ponta	0	0	(kWh) (para 30 dias)
Tolerância de Demanda Ponta	0	(%)	
Tolerância de Demanda Fora de Ponta	0	(%)	

Figura 17 – Configuração da Medição

Após estas configurações, já é possível visualizar os dados relacionados à demanda, fator de potência, consumo e faturamento numa janela semelhante à mostrada na Figura 18.

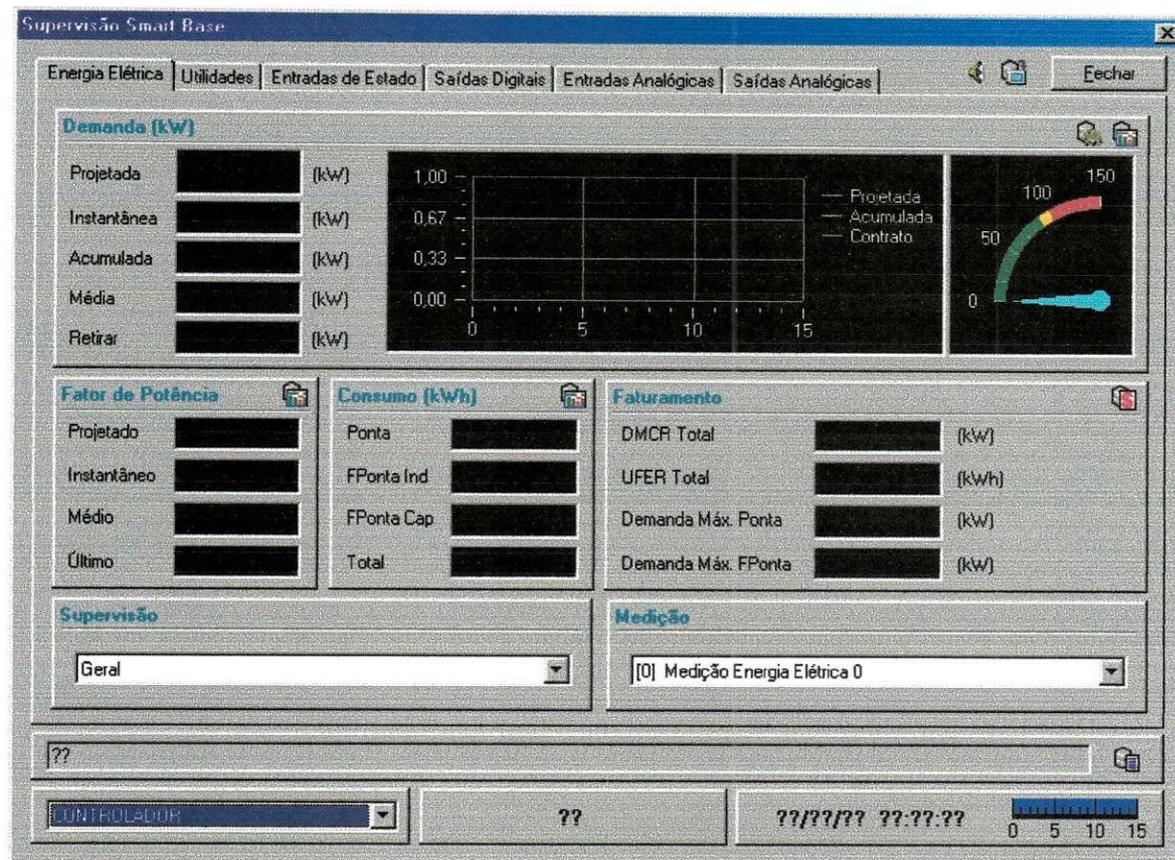


Figura 18 – Janela de Supervisão

Como dito as cargas são comandadas por relés, estes estão ligados a saída do controlador, configurando estas saídas, estamos na realidade configurando as cargas que estarão ligadas ao controlador, para tanto foi necessário inserir as potências das cargas escolhidas. A forma como o controlador comanda as cargas é bem flexível mais foi escolhida uma ordem de prioridade para o desligamento, ordem esta que já foi mencionada no capítulo anterior.

O controlador também possui entradas digitais que foram usadas para receber sinais de alarme do retificador que carrega as baterias e é responsável pela alimentação da parte de comando dos cubículos de média tensão de toda a fábrica em caso de falta de energia.

Passada a etapa da instalação e configuração, pode-se então passar para os itens relacionados à supervisão, operação, relatórios e análises. Na opção de supervisão pode-se acompanhar o comportamento do consumo em relação à energia consumida, demanda e fator de potência, bem como a situação das entradas e saídas digitais. Na opção de

operação existe a opções de recepção dos históricos armazenados no controlador e também comando das cargas podendo desligar ou ligar uma carga de maneira “manual”.

Já na opção de análise pode-se fazer a análise de energia com relação a consumo, demanda, fator de potência e fator de carga. Também se pode ver os eventos ocorridos, os alarmes que atuaram, a fatura de energia (caso as tarifas sejam inseridas no software), entre outros. Pode-se ainda simular a quantidade de potência reativa capacitiva que deveria ser colocada para corrigir o fator de potência quando necessário.

São muitas as opções de uso deste controlador, tanto é que seu fabricante denomina-o como sistema de supervisão, gerenciamento e controle de energia elétrica e utilidades.

7. Considerações Finais e Análise dos Resultados Alcançados

“Afim de se obter o máximo aproveitamento da demanda de energia ativa contratada com a concessionária de energia elétrica muitas vezes se necessita de um grau mínimo de automatismo sobre as cargas da instalação através de um controlador digital de baixo custo do tipo CLP (controlador lógico programável). Independente da plataforma de hardware utilizada o método de controle (o qual depende diretamente do método de medição) é que irá definir o índice deste aproveitamento permitindo ao usuário otimizar ou não os valores de contrato bem como o número de chaveamento das cargas controladas.”(Suppa Terada)

Afinal, será que realmente é importante o uso de um controlador de demanda? Em uma análise prévia, pode-se ver que cada caso tem que ser analisado individualmente. Só para citar duas idéias, considere um processo industrial contínuo, à demanda é praticamente constante, com pouca ou nenhuma variação durante o dia. Nestes casos, o controlador de demanda pouco contribuiria para o controle da demanda, porém, ele poderia servir como um sistema de monitoramento e assim, auxiliar na escolha da demanda ótima a ser contratada e numa segunda fase auxiliaria no controle da demanda, otimizando o sistema elétrico da indústria.

Já nas indústrias seriadas, como as que trabalham por encomenda, o controlador de demanda é um item quase que obrigatório, afinal, não é viável contratar a demanda de acordo com a carga instalada, mas as máquinas poderão ser ligadas todas ao mesmo tempo, pois a indústria obedece aos pedidos encomendados e a demanda medida poderia ficar muito acima do contratado gerando multas elevadas na fatura de energia. Nesses casos, o controlador faria o papel de um limitador de demanda, e com o uso dos métodos mais modernos como o preditivo adaptativo, ele poderia fazer o rodízio automático dessas máquinas ou variar a prioridade de acordo com variáveis colhidas no próprio chão de fábrica ou vindas do nível administrativo.

Enfim, fazendo uma análise do que foi exposto nesse trabalho, é possível perceber o nível atual da tecnologia nacional no que diz respeito ao gerenciamento inteligente de energia elétrica, que hoje é um insumo importante para indústria, influenciando diretamente na produtividade e na capacidade de competir com indústrias não só nacionais como internacionais. Além de vislumbrar um ramo para atividade do Engenheiro Eletricista, que é a consultoria nessa área.

No caso da Coteminas – CG, a instalação do controlador de demanda contribuiu em muito para o acompanhamento da demanda de energia elétrica da instalação. Como não existia, há algum tempo, controlador de demanda o controle de energia não era feito e o consumo ficava na eminência de ultrapassar a demanda contratada, o que poderia ocasionar multas por ultrapassagem de demanda. Hoje o acompanhamento é feito diariamente e além da demanda se faz à projeção do consumo de energia elétrica no horário de ponta e fora de ponta, estes dados auxiliam nas decisões de compra de energia elétrica no mercado de energia, CCEE (antigo MAE).

Efetivamente não está sendo feito ainda o controle da demanda e fator de potência porque a fábrica está operando com relativa folga em relação à demanda e fator de potência. Atualmente está em fase de cotação de preço a instalação de sensores e atuadores que podem ser ligados ao controlador de demanda e servirão para o gerenciamento de outros insumos (água, ar comprimido e vapor).

Além do acompanhamento do consumo, foi possível obter os relatórios e análises do programa, podendo identificar períodos de maior consumo ou de fator de potência baixo para então diagnosticar e corrigir alguns problemas.

8. Conclusão

O presente trabalho foi muito importante na assimilação de novos conhecimentos porque tive a oportunidade de unir teoria e prática, principalmente com relação ao estudo de cargas, as formas de tarifação de energia, as formas de comando das cargas existentes e a implantação de um novo sistema de supervisão.

Os trabalhos futuros serão também de grande importância, pois contribuirão para o aprimoramento dos conhecimentos com relação aos tipos de sensores e seu dimensionamento e suas formas de comunicação.

9. Bibliografia

ANEEL, *Resolução nº456, de 29 de novembro de 2000*, Agência Nacional de Energia Elétrica.

ELO 2113, *Manual do Usuário – Elo Sistemas Eletrônicos S. A.* Julho de 2002.

GESTAL, *Manual do Usuário – Sistema de Supervisão, Controle e Gerenciamento de Energia Elétrica e Utilidades – Smart Energy.* 2004.

IMS, *Manual do Controlador de Demanda e Fator de Potência MPC 9000.* Versão 3.0.0, 1998.

LUCIANO, Benedito Antonio. *Apostila do Curso de Gerenciamento de Energia.* Campina Grande.

MAMEDE FILHO, João. *Instalações Elétricas Industriais.* Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 6º Edição, 2002.

Moura, Ailson Pereira de - *Redução da Demanda Contratada e Consumo de Energia Elétrica com a Instalação de um Controlador de Demanda*, XVI SMPTEE, Campinas – SP, 2001

PROCEL, *Manual de Tarifação da Energia Elétrica.* 1º Edição, 2001.

Suppa M.R., TeradaM.I., *Artigo Comparativo entre métodos de controle de demanda: qual o mais eficiente para o usuário nacional?*, São Paulo, www.gestal.com.br (20/10/2003).