

## **XV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - SENDI 2002**

### **Sistema de Gerenciamento do Consumo e da Qualidade de Energia Elétrica**

**J. C. O. Almeida – ELETRONORTE, M. A. G. Oliveira – Universidade de Brasília - UnB**

E-mail: jc@eln.gov.br

**Palavras-chave** – Consumo, Energia, Gerenciamento, Monitoração, Qualidade, UnB.

**Resumo** – O mercado oferece diversas soluções para os sistemas de monitoração e gestão da energia. Esta multiplicidade se deve à presença de numerosos fabricantes, cada um com a sua solução técnica e tecnológica; também contribuem as especificidades da instalação a ser monitorada, quanto à distância entre os pontos de consumo, existência e disponibilidade de rede telefônica, rede estruturada etc. Este trabalho apresenta uma análise técnica e econômica dos aspectos envolvendo projeto, especificação, aquisição, instalação e operação de um sistema de gerenciamento do consumo e da qualidade da energia elétrica na Universidade de Brasília (UnB). O estudo contempla medidores, registradores de pulso, protocolos e interfaces de comunicação etc., bem como a utilização de redes de fibra óptica ou par metálico e apresenta aspectos práticos envolvendo a proteção e o aterramento.

#### **I. INTRODUÇÃO**

Apesar da crise no setor elétrico ter sido afastada, as condições críticas ainda permanecerão pelo menos por alguns anos, até que a oferta de energia atinja valores que garantam uma folga suficiente para suportar períodos de hidrologia desfavorável. Mesmo que se vislumbre um cenário favorável nos próximos anos, as transformações no setor elétrico, apontam para a energia elétrica como um bem cada vez mais precioso. Neste sentido, devem surgir modelos tarifários mais elaborados, que exigirão dos consumidores a gestão e modulação da sua carga (demanda e consumo) em diferentes postos horários ao longo da jornada diária. Neste contexto, os consumidores de energia necessitam de sistemas de monitoração e gerenciamento enfocando o consumo e a qualidade da energia elétrica. Estes sistemas devem atender a certos requisitos, tal como ser baseado em uma plataforma robusta e avançada, que permita integrar protocolos, tecnologias e dispositivos. Além de um desempenho satisfatório, esta plataforma deve possibilitar a incorporação de expansões e tecnologias futuras. Este trabalho contempla medidores, registradores de pulso, protocolos e interfaces de comunicação, etc. bem como a utilização de redes de fibra ótica e/ou par metálico e, ainda, apresenta alguns aspectos práticos envolvendo a proteção e o aterramento. Os resultados apresentados podem ser utilizados no projeto de sistemas similares para qualquer instalação. O estudo apresenta uma

análise técnica e econômica detalhada dos aspectos envolvendo projeto, especificação, aquisição, instalação e operação de um sistema de gerenciamento do consumo e da qualidade da energia elétrica na Universidade de Brasília (UnB). O sistema permite o acompanhamento dos parâmetros da qualidade da energia elétrica, a medição remota de variáveis elétricas como potência, tensão, frequência, corrente; o estudo e controle de demanda e fator de potência; e a análise e rateio de consumo (“pro-rata”) das unidades.

#### **II. MONITORAÇÃO DE REDES PRIVADAS**

A monitoração digital do fluxo e da qualidade de energia não é difundida para os consumidores de forma geral em função de vários fatores, tais como: a indefinição dos parâmetros a serem monitorados; a falta de conhecimento generalizado dos efeitos provocados pelos desvios dos atributos da qualidade da energia elétrica sobre as instalações e equipamentos; e, ainda, da confiabilidade (precisão e continuidade), potencialidade e valor financeiro para implantação de um sistema de multimedidação digital em tempo real de uma rede elétrica, ou seja: da relação custo/benefício do empreendimento.

No entanto, diante da evolução tecnológica, a adoção da gestão integrada da energia elétrica, considerando o fluxo de potências interagindo com a qualidade da energia e a eficiência da instalação, é necessária e possibilitará a qualificação do processo de acompanhamento da energia elétrica com eliminação ou redução de prováveis encargos pela qualidade e custos pelo consumo de energia elétrica.

Dois aspectos devem ser observados para um bom gerenciamento da energia: custo e qualidade. Deve-se avaliar a importância da Energia Elétrica no contexto da Empresa, perfil do consumo e com que eficiência ela está sendo usada, sua prioridade, seus custos, inclusive os indiretos causados por falhas internas ou externas. Enfim, deve haver o conhecimento detalhado da planta elétrica através da sua documentação, do controle do comportamento elétrico dos equipamentos quanto à sua capacidade de poluir a rede, comprometendo outros equipamentos instalados e para trabalho com equipamentos com consumo não linear de corrente [1].

Sempre que se pretende fazer o acompanhamento de grandezas diversas através de um sistema de monitoração, deve-se efetuar, em primeiro lugar, a aquisição dos sinais. Para redes elétricas, os sinais

básicos a serem obtidos são: tensão e corrente. Usualmente feita através de transdutores de tensão e corrente, empregando-se transformadores de potencial ou de corrente quando necessário, aquisição destes sinais não impõe qualquer dificuldade técnica. De fato, o mercado oferece muitas e diferenciadas opções, que requerem o conhecimento adequado para escolher aquela que atende aos requisitos específicos do projeto (classe de precisão, taxa de amostragem, custos, etc)

As possibilidades dos sistemas de gerenciamento devem ser avaliados nos mais diversos aspectos, como: tipo do programa, se ele é proprietário ou aberto, meio físico que os dados vão tramitar, tipo de rede de comunicação, capacidade de memória, etc.

Quanto ao programa específico do Sistema de monitoração e gerenciamento de energia elétrica, de um modo geral, para em cada sistema os equipamentos do fabricante vêm acompanhados do programa específico do próprio fabricante. Caso seja um programa “proprietário” (não aberto) o consumidor fica pessoalmente impossibilitado de adaptar o referido programa às suas necessidades. Isto só será realizado com a contratação do próprio fabricante e limitado às condições que este definir ao consumidor. No entanto, para o programa aberto, o usuário tem a liberdade de desenvolver seu programa específico ou modificar o do fabricante. Assim, para o sistema de monitoramento da UnB, optou-se por uma sistema de protocolo aberto, a fim de garantir completo acesso e desenvolvimento de produtos feitos sob medida para as necessidades.

Outro fator importante é o meio físico para a transmissão de dados que pode ocorrer por meio de canal telefônico, via modem, recomendado para locais afastados em longas distâncias do ponto de recepção; em fibra ótica ou metal, alternativas recomendadas para locais próximos, até 1500 metros, com possibilidades de passagens dos cabos. Entre estas duas opções, há conveniência dos dados serem transmitidos por fibra ótica, em grandes distâncias e meio externo, para eliminar a possibilidade de surtos de tensões e induções no fio de transmissão de dados. Para possibilitar a transmissão de sinais em fibra ótica, o mercado oferece amplificadores ou módulos conversores metal/fibra e fibra/metal para a reconversão. Sob os aspectos de proteção e sinais isentos de ruídos, as distâncias e encaminhamento da fiação, são fundamentais. Para pontos de pequenas distancias e dentro dos prédios, a transmissão de dados pode ser feita em par trançado metálico. Para pontos externos e de grandes distâncias a transmissão de dados conveniente é em fibra ótica e em seqüência, o acesso à rede ethernet.

Um dos modos de transmissão de dados é o Serial, que é o modo mais comum de transmissão, no qual os bits de informação são enviados seqüencialmente em um único canal de dados. Dentre esse modos existem a RS-232 e RS-485.

Dentre as configurações existem possibilidades de serem formadas com várias conversões e reconversões entre RS-232 e RS-485, fio metálico e fibra, fibra e RS-232 ou RS-485 e de RS-232 ou RS-485 e ethernet, porém, quanto mais conversões maiores serão os custos do sistema, bem como, mais vulnerável a falhas.

A RS-232 é limitada quanto à distância e não forma rede com componentes interligados. Elas são recomendadas para distâncias curtas. É a interface mais comumente utilizada, sendo ideal para a faixa de transmissão de dados de 0 a 20 Kbps e 15,2 m.

Já a RS-485 pode ser utilizada em aplicações multiponto, em que um computador central controla muitos dispositivos diferentes, ligados entre si formando uma rede. As transmissões podem ir a longas distâncias e altas velocidades. Essa rede possibilita a conexão dos equipamentos da rede, observado o limite de ligação total do circuito entre eles de 1200 metros, o que pode inviabilizar sua formação em caso de pontos de monitoração muito distantes entre si. Já que essa rede é feita em fio metálico e, em decorrência, os possíveis surtos de tensão e “loops de terra”, caso não seja realizados todas proteções para eliminação desses inconvenientes.

Outra forma de transmissão de dados é por canal telefônico, utilizando para tanto o Modem (Modulador-Demodulador) que é um dispositivo usado para converter dados seriais digitais de um terminal de transmissão para sinais analógicos para transmissão em um canal telefônico, ou para converter o sinal analógico transmitido a um sinal digital para ser recebido por um terminal receptor.

Atualmente a rede Ethernet pode tramitar com velocidade de 100 Mbps, com cabeamento em par trançado (até 100 m) ou fibra óptica (até 2 km), e deve ser usado um hub ou switch.

Quanto ao tipo de Comunicação que os sistemas computacionais utilizam para tramitar os dados desde os transdutores até os computadores responsáveis pelo processamento e armazenamento dos dados obtidos as formas mais utilizadas atualmente estão as comunicações via interface serial RS232, RS485, rede ethernet (protocolo TCP/IP).

Basicamente o padrão ethernet funciona com todas as máquinas conectadas a um ou mais cabos, formando um barramento. As máquinas ficam em constante estado de atenção ao barramento, verificando se há alguma transmissão para ser analisada. Se o barramento estiver livre, qualquer máquina pode transmitir. Todas as outras recebem a mensagem, mas somente aquela que reconhece seu endereço como o de destino processará a informação. Se duas máquinas transmitirem ao mesmo tempo, haverá um sinal de colisão e cada uma delas esperará um intervalo de tempo aleatório para uma nova tentativa. Se o meio estiver livre, a transmissão acontece imediatamente, sem atrasos. Caso contrário, haverá a disputa pelo meio, até que a transmissão ocorra sem colisão. Dessa

forma, a transmissão/recepção sempre estará dependendo das condições estatísticas de tráfego, o que acaba prejudicando as aplicações que exigem atrasos máximos limitados. O Ethernet, por si só, também não garante a recepção de uma mensagem. Tal serviço deve ser realizado por outros protocolos superiores. O caso mais comum é a implementação de uma pilha de protocolos, como TCP/IP.

O TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) é um padrão utilizado para conectar as redes de computadores que fazem parte da Internet, permitindo a comunicação entre aplicativos em computadores de redes distintas sem que haja necessidade de se conhecer a topologia empregada em cada uma delas. IP é a informação utilizada para conhecer-se a localização de um determinado equipamento dentro da Internet.

A Internet é um conjunto de redes de computadores interligados pelo mundo inteiro, que têm em comum um conjunto de protocolos e serviços, de forma que os usuários possam usufruir de serviços e comunicação em escala mundial.

Quanto à capacidade de memória, nos sistemas sem capacidade, podem ocorrer o corte de comunicação, por acúmulo de transmissão de dados, perdendo dados do período, o que é normal de ocorrer no protocolo TCP/IP.

Assim, o tipo de comunicação irá afetar a performance dos equipamentos de medição, conforme a tabela 1. Por exemplo, a utilização de redes de alta confiabilidade permite que os equipamentos tenham baixa capacidade de memória. [2].

Como os canais de comunicação sempre estão sujeitos a defeitos e conhecendo os objetivos da análise de qualidade energia, pode-se, por exemplo, levar em conta a possibilidade e aceitação de perda de dados de forma de onda, se ocorrer uma falha temporária no canal de comunicação, para a escolha de um sistema com baixa capacidade de memória, mas com canais de comunicação rápidos. Em outros casos nenhuma perda é admitida e, nesse caso, deve-se prever uma memória que armazene um maior conjunto de dados que será gerado durante o tempo máximo de indisponibilidade do canal de comunicação [2].

Tabela 1 – requisitos de armazenamento por tipo de comunicação. Fonte [2]

<b>Tipo de comunicação</b>	<b>Periodicidade de leitura</b>	<b>Capacidade de armazenamento mínima</b>
Leitura manual via interface serial	Leitura semanal (ou mensal)	Dados gerados durante um mês (ou dois meses)
Comunicação via modem	Uma leitura semanal (ou mensal)	Dados gerados durante uma semana.
Rede com média confiabilidade	Leitura contínua, tipicamente a cada hora.	Dados gerados durante um dia.
Rede muito confiável	Leitura contínua, tipicamente a cada minuto.	Dados gerados durante 1 hora.

## **II.II. Monitoração da Qualidade de Energia Elétrica**

A qualidade da energia deve ser monitorada de acordo com objetivos específicos da análise, fundamentais na determinação do modo da aquisição das informações, bem como, na definição da forma mais apropriada para os relatórios que permitem o gerenciamento do sistema.

Um ponto determinante na monitoração é a interface entre a concessionária e o consumidor. Os dados registrados neste local podem ser decisivos na determinação e solução de diversos problemas. Monitoramentos neste ponto, podem identificar a direção e propagação dos distúrbios quando utilizados instrumentos e analisadores apropriados [3], identificando-se corretamente a origem dos distúrbios, ou seja, se são internos ou externos ao consumidor. Como exemplo, a definição de medição de harmônicos pode envolver questões como os níveis de correntes injetadas pela concessionária de energia elétrica, ou envolver pontos internos do consumidor, caso em que o monitor de qualidade deve ser conectado diretamente no barramento de interesse.

Nas medições, inicialmente, verifica-se a regulação e estabilidade da tensão em regime permanente, levantando por um longo período o perfil das tensões de suprimento. Especialmente quanto às distorções harmônicas, para caracterizar uma rede elétrica ou o estado de um de seus ramos ou circuitos, as distorções podem exigir também, um longo intervalo de observação e um número elevado de registros.

Uma maneira de obter indícios sobre os distúrbios é verificar a sua intensidade para diferentes pontos de medição. São medições simultâneas com mais de um analisador, localizados em pontos estratégicos do sistema sob análise. Porém, em primeiro passo monitora-se a tensão na entrada da carga sensível, verificando a qualidade da energia “vista pelo próprio equipamento”.

Um dos pontos básicos para em relação às definições para implantação de sistema de monitoração de

qualidade de energia elétrica são os protocolos que implicam na definição de certos parâmetros para a medição dos fenômenos elétricos, tais como, os transientes impulsivo e oscilatório, os desequilíbrios de tensão, as variações de tensão de longa e curta duração estas subdivididas em instantânea, momentânea e temporária [4,5], os fenômenos de cintilação (“flicker”), as distorções harmônicas resultantes, etc. Para definições dos protocolos para as medições de parâmetros de qualidade de energia elétrica, a Aneel e ONS formou grupos para estudos que resultaram em recomendações.

Dentre as recomendações, focamos os fenômenos mais marcantes dentro do monitoramento, os desequilíbrios de tensão, as Variações de Tensão de Curta Duração e as distorções harmônicas.

Foi estabelecido pelo subgrupo GCOI/GCPS, que um instrumento para monitoração de VTCDs deve medir simultaneamente o valor eficaz das três tensões fase-neutro [6].

Dentre as avaliações, a taxa de amostragem e resolução são os parâmetros básicos de especificação a serem considerados na análise do compromisso precisão versus custo, a ser definido para cada necessidade em particular [7].

Assim, as recomendações para o protocolo mínimo [7] para os parâmetros focados são:

Quanto aos registros de valores RMS para as Variações Momentâneas de Tensão (VMT) e a apuração de indicadores a taxa de amostragem mínima aceitável é de 16 amostras/ciclo.

Recomenda-se, para o futuro, 64 amostras/ciclo ou superior, porém múltiplo inteiro de 16, facilitando o pós tratamento dos dados [6].

Para a monitoração de harmônicos, a taxa de amostragem mínima a ser adotada é de 128 amostras/ciclos, que fornece precisão adequada até o harmônico 63.

Quanto à resolução, a recomendação é 12 bits para a maioria das funções de monitoração. Para monitoração de harmônicos, onde ordens elevadas têm valores relativamente baixos, 14 ou 16 bits.

Quanto aos algoritmos de transdução de valores RMS de tensão e corrente, para monitoração de VMT visando a apuração de indicadores, o algoritmo de janela fixa ou deslizante de ½ ciclo. Em casos mais simples, a janela fixa de 1 ciclo também é aceita. Quando a monitoração tem objetivos mais exigentes quanto à precisão, como o levantamento da característica de sensibilidade de carga sensível, pode ser justificável o uso da janela deslizante de ½ ciclo.

Quanto as periodicidades de medição [8] em relação aos Harmônicos e desequilíbrios de tensão deve ser periodicamente, ou eventualmente quando determinados componentes harmônicos atingem valores superiores a limites previamente definidos.

Para Variações de Tensão de Curta Duração (VTCD) O monitoramento é contínuo, considerando-se que é aleatória sua ocorrência e o registro deve ser feito sempre quando este surgir.

O principal componente para a execução da monitoração da qualidade de energia elétrica são os analisadores de Qualidade de Energia Elétrica. Os analisadores são utilizados como ferramenta fundamental para determinar as causas de problemas na qualidade de energia, que auxiliam de forma decisiva nas investigações necessárias de serem efetuadas. Alguns deles são capazes até de fornecer informações acerca do sentido mais provável da origem dos distúrbios [9].

Abaixo, avaliamos as características dos analisadores de qualidade de energia elétrica, aqui denominados Registradores de Parâmetros de Qualidade de Energia Elétrica [2], que tem seus preços associados as suas características, tais como: O número de canais monitorados; capacidade de monitoração de diversos fenômenos; frequências de aquisição dos sinais analógicos; tipos de interface de comunicação disponíveis; capacidade de memória.

As 3 primeiras características são bastante semelhantes para a maioria dos equipamentos de mercado. Os equipamentos típicos trabalham com 4 canais de corrente e 4 canais de tensão e monitoram a maior parte dos fenômenos associados à tensão.

A capacidade, tabela 2, de memória dos Registradores influencia muito no preço e pode variar desde a faixa de 100 ou 200 Kbytes até 1 ou 2 Gbytes.

Tabela 2 – preço médio de RQEs. Fonte [2]

equipamento	Faixa de preço (US\$), em função da memória			
	200 k	4 M	100 M	2 G
RQE (8 canais)	500	5.000	10.000	20.000

Quanto à comunicação básica é a existência de duas portas seriais RS232 ou RS485. Os equipamentos que dispõem de interface de rede local e operam normalmente com o protocolo TCP/IP, são um pouco mais caros, pois este tipo de interface requer maior capacidade de processamento.

Os equipamentos geram grande volume de dados (principalmente de dados oscilográficos) e o tipo de comunicação irá afetar a performance do equipamento conforme a tabela 10.

Tabela 3 – Requisitos de memória de um Registrador de Parâmetros de Qualidade de Energia Elétrica. Fonte [2]

Tipo de evento	Volume médio de dados gerados por dia			
	eventos N° méd	Dados estat	Val efic -120 Hz-	Forma onda -8 kHz-
VMT	100	5k	100k	1M
Continuidade-fornecimento tensão	10	1k	10k	100k
Transitório tensão	100	-	-	300k
Variação Frequência	10	-	50k	-
Desequilíbrio-tensão	10	1k	10k	-
Variação Potência /F. Potência	100	5k	100k	-
Histórico de Tensão e corrente (rms)	144	2k	-	-
Histórico de desequilíbrio de Tensão	144	2k	-	-
Histórico de severidade de cintilação	144	2k	-	-
Hist harmônico Tensão/corrente (até 50ª ord)	144	100k	-	-
Hist demanda Potência / F.. Potência	144	2k	-	-
Total		120k	270k	1,4M

Assim, considerando os diferentes tipos de comunicação, em um Registrador que armazene todos estes tipos de eventos, temos na tabela4:

Tabela 4 – requisitos de memória em função do tipo de comunicação. Fonte [2]

Tipo Rede Comunic	armazenamento mínimo	Dado estatíst	Valor eficaz -120 Hz -	Forma de onda -8 kHz-	Valor eficaz -120 Hz-
muito confiável	1 hora	20k	30k	140k	200k
média confiável	1 dia	120k	270k	1,4M	2M
via Modem	7 dias	1M	2M	10M	15M
Leitura manual / interface serial	30 dias	4M	10M	40M	60M

Desta forma, para não depender do tipo de comunicação utilizado, um Registrador deve ter, no mínimo, 60 Mbytes de memória, sendo que para uma rede de confiabilidade média, cerca de 2 Mbytes de memória são suficientes.

### II.III. Monitoração do Fluxo de Energia.

Os consumidores de energia são divididos em várias categorias em função do nível de tensão através do qual são alimentados, do seu perfil de consumo e da natureza da atividade desenvolvida na instalação. Nos consumidores enquadrados na tarifação horo-sazonal, as concessionárias utilizam medidores eletrônicos com saídas para o usuário (consumidor). Nos demais consumidores, os sistemas de medição das concessionárias não possuem qualquer interface para o consumidor. Esta é uma das razões, dentre outras, que faz com que a grande maioria dos casos de controle de demanda seja de consumidores enquadrados nesta modalidade tarifária. Nestes casos, as informações de consumo ativo e reativo, assim como posto tarifário e sincronismo do intervalo de integração são fornecidas por medidores ou registradores das próprias concessionárias de energia. Estes medidores são padronizados por norma NBR 14522 da ABNT.

As informações fornecidas pelos medidores eletrônicos, através de sua saída serial, de acordo com normas da ABNT são: 1- Número de segundos até o fim do intervalo de demanda ativa atual; 2- Indicador de reposição de demanda (fechamento de fatura); 3 - Fim de intervalo de consumo reativo (a cada 1 hora); 4 - Indicador de tarifação capacitiva (das 0 as 6 da manhã, quando Portaria 1569 estiver ativa); 5- Indicador de tarifação indutiva; 6 - Segmento horo-sazonal (ponta, fora de ponta ou reservado); 7 - Indicador do tipo de tarifa (azul, verde, etc); 8 - Indicador de tarifa reativa ativa da Portaria 1569 implantada; 9 - Número de pulsos da energia ativa desde o início do intervalo atual; 10 - Número de pulsos da energia reativa desde o início do intervalo atual.

Os dados disponibilizados pelo medidor da sua saída serial para o usuário são captados por um registrador pulso, um coletor de dados que trabalha em protocolo Modbus. A cada segundo o medidor eletrônico faz a computação dos dados que são elaborados conforme norma ABNT e, em seguida, com a solicitação do registrador de pulsos, ocorre o descarregamento dos dados. O registrador de pulsos guarda as informações no padrão ABNT, não executando nenhum tratamento de dados.

Independentemente do modelo e do fabricante, o registrador de pulsos é compatível com todos os medidores de energia utilizados por qualquer concessionária do país, uma vez que todos eles seguem a mesma norma ABNT.

Idealmente, o registrador de pulsos do consumidor foi projetado para ser instalado ao lado do medidor de energia elétrica da concessionária, de forma a ser alimentado pelo mesmo barramento, permitindo assim o registro das interrupções no fornecimento de energia da concessionária. Porém, conforme a necessidade, é possível instalar o registrador de pulsos remotamente ao ponto de medição da concessionária, uma vez que em ambientes livres de interferências eletromagnéticas podem ser utilizados cabos com centenas de metros para conectar a entrada do equipamento à tomada óptica do medidor da concessionária. No entanto, nessa topologia, o registrador de pulsos é alimentado por um ramal secundário que pode sofrer um desligamento sem necessariamente haver uma interrupção no fornecimento da concessionária. Nesse caso, além da perda das medições durante o período de desligamento, os registros de interrupção não seriam válidos.

A conexão do registrador de pulsos com o medidor de energia da concessionária é opticamente isolada, onde um transmissor de infravermelho, localizado numa tomada, envia as informações de consumo para um receptor óptico, localizado em um “plugue”.

Além da saída serial conforme a norma ABNT, alguns medidores com possibilidades de medição fabricados com saídas em RS-232 ou RS-485, optativo, podem ser utilizados pelos consumidores em medições internas dos mesmos. Outros fabricantes, bem restritos, fornecem medidores eletrônicos, com saídas em ethernet, além de RS-232 e RS-485, o que torna o medidor com preço bem mais elevado.

A capacidade de memória do medidor tem influência decisiva para o sistema implantado. Embora custem mais caro, os sistemas baseados em equipamentos com capacidade de armazenamento levam nítida vantagem, pois estão imunes aos problemas de perda de comunicação, apontados anteriormente.

Nesse sentido, uma boa alternativa é usar para as monitorações internas dos consumidores, chamadas “medições setoriais” os medidores do tipo concessionária que possuem memória, utilizando sua saída RS-485 ou RS-232. Como os medidores eletrônicos têm saídas, RS-485 ou RS-232 e pulsos seriais conforme padrão ABNT, todas em fio metálico, para transmissão de dados em fibra ótica com a utilização desses medidores há necessidade da conversão de fio metálico para fibra.

Assim, os sistemas para medições de energia podem utilizar diversas alternativas, conforme a seguir:

No caso do medidor com saída em RS-232 conectado diretamente no Micro Computador. Pela Limitação de distância e não formação de rede da RS-232, este sistema é adequado para os pontos de medição individualizada, próxima do micro computador.

Para o medidor com saída em RS-485 com conversão para RS-232 e entrada direta no Micro Computador: é a configuração adequada para as instalações com medidores próximos e abrigados, protegidos contra surtos de tensão e “loops de terra”. Com o sistema com boa proteção contra surtos de tensão e loops de terra, pode-se viabilizar distâncias maiores até 1200m com a transmissão de sinal em RS 485. Essa configuração possibilita também a formação de rede RS-485, respeitando-se a distância limite dos 1200 m de rede interligando os medidores.

Outra alternativa é com o medidor em saída RS-485 e após, a conversão para ethernet, sistema adequado para medidores distantes do ponto de acesso à rede ethernet e para interligação de vários pontos de medição em rede ethernet.

Em caso do medidor com saída de dados em RS-232 e após, a conversão para ethernet: recomenda-se essa configuração se o medidor estiver próximo do ponto de “hub” da rede ethernet.

Para o medidor com a saída em pulsos seriais conforme a norma ABNT acessando o Registrador de Pulsos com saída em RS-232 ligado diretamente no Micro Computador. O computador em rede ethernet disponibiliza os dados aos demais computadores. O acesso ao computador pode estar em distâncias maiores de 200 m. Para ambientes externos, é necessário uma boa proteção contra surtos e “loops de terra”.

Utilizando a RS-485 dos registradores de pulso com conversão para RS-232 e entrada direta no Micro Computador: Nesta configuração o medidor pode estar até 1200 m do computador, porém, deve-se ter uma boa proteção contra surtos e “loops de terra”.

Outra possibilidade ocorre com a transmissão de dados em forma de pulsos seriais vindos do medidor de acordo com norma ABNT em fio metálico e, após a conversão para fibra ótica. Em seguida a entrada dos pulsos no Registrador de Pulsos de onde os dados saem em RS-232 com conversão para ethernet. Nesta configuração, são minimizados os problemas com surtos de tensão, não exigindo então as proteções citadas anteriormente.

Uma alternativa da configuração acima é a não conversão para fibra ótica, mantendo sempre o meio físico em metal. Nesse caso, novamente necessita das proteções citadas acima.

Outra possibilidade ocorre com os dados, saídos do medidor em forma de pulsos seriais da saída ótica disponibilizada ao consumidor entram no registrador de pulsos saindo em RS-485 e após, a convertidos para ethernet. Neste caso, há a possibilidade de formação de rede RS-485, podendo minimizar os custos de

instalação, com a redução do número de conversores RS-485/ethernet.

Em caso de utilizar a rede estruturada e RS-485: Esse sistema aproveita cabos de fibras disponíveis da rede estruturada para possibilitar a otimização do conversor de RS-485 para ethernet, com a formação de uma rede em RS-485 antes de fazer a conversão para ethernet. Para tanto, os dados em RS-485 devem ser originados no medidor ou no registrador de pulsos.

A seqüência de dados ocorrerá da seguinte forma:

A RS-485 originada no Medidor de Energia:

- Medidor de energia com saída em RS-485;
- Conversão de dados em RS-485 para fibra ótica;
- Entrada de dados na rede estruturada da UnB;
- Reconversão de dados de fibra ótica para RS-485;
- Formação de rede RS-485 (fio metálico);
- Conversão RS-485/ethernet;
- Rede ethernet.

A RS-485 originada no registrador de pulsos:

- Medidor de energia com saída em pulsos seriais conforme a norma ABNT;
- Entrada dos pulsos seriais no registrador de pulsos saindo os dados em RS-485;
- Conversão de dados de RS-485 em fibra ótica;
- Entrada de dados na rede estruturada da UnB;
- Reconversão de dados de fibra ótica para RS-485;
- Formação de rede RS-485 (fio metálico);
- Conversão RS-485/ethernet;
- Rede ethernet.

### **III. SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA DA UnB.**

Estendendo-se por mais de 400 hectares, o Campus da UnB reúne várias edificações, onde funcionam dezenas de faculdades e institutos, e por onde circulam cerca de 30 mil pessoas por dia. O consumo médio mensal de energia é da ordem de 1,2 milhões de kWh, com 7.500 kVA de potência instalada e rede aérea e subterrânea em tensão de 13,8 kV.

#### **III.1. Escopo do trabalho e Composição do Sistema.**

Seguindo os embasamentos, concluímos que o Sistema será composto por uma rede básica integrada de equipamentos, com facilidade para aquisição à distância e transmissão de dados com posterior registros e tratamento dos dados.

Dentre as ações desenvolvidas para implantação foi necessário identificar e selecionar os equipamentos e os meios que melhor estabelecem um sistema de gerenciamento de uma rede de energia avaliando a implantação, tanto no aspecto técnico, como financeiro.

Com base nos aspectos técnicos desenvolvidos acima, várias hipóteses foram adotadas para nortear o projeto do sistema de monitoração da qualidade e fluxo de energia da UnB. Inicialmente, decidiu-se que os

transdutores para o gerenciamento do fluxo devem ser diferentes daqueles destinados à monitoração da qualidade. De fato, os transdutores de qualidade possuem requisitos especiais, quanto ao número de canais monitorados; capacidade de monitoração de diversos fenômenos; frequências de aquisição dos sinais analógicos; tipos de interface de comunicação disponíveis; capacidade de memória, o que os torna mais caros. Por outro lado, não há necessidade de instalar um transdutor de qualidade em todos pontos de gerenciamento do consumo. Deste modo, a monitoração da qualidade de energia deve ser feita somente em pontos estratégicos e não em diversos pontos da rede o que diminui o número de medidores e o custo de implantação do Sistema, possibilitando uma escolha de um Analisador de Qualidade confiável; os equipamentos devem ser exclusivos para a monitoração de Qualidade; devem ser sincronizados no mesmo tempo do equipamento mestre e com o medidor da concessionária, para ser possível analisar os eventos numa mesma referência de tempo; deve ser eficiente e fornecer medição contínua no tempo para garantir as avaliações de ocorrências internas e externas, dentro das definições da ONS/ANEEL inclusive para efeito de penalidades, o equipamento terá que ser eficiente e não limitado e as medições contínuas e permanentes no tempo.

Assim, considerando que, para acompanhamento sem perdas dos parâmetros da Qualidade de Energia, conseqüentemente sem dependência de possíveis perdas de dados com ocorrência de falhas na comunicação, foi escolhido o medidor da ION 7600 da Power Measurement que tem saída direta em ethernet (TCP/IP) simplificando a instalação e não necessitando de outro equipamento que não o próprio medidor para acesso à rede ethernet da UnB; com protocolo aberto, capacidade de memória de 4 Mbytes, podendo ser elevada a 8 Mbytes, atendendo o protocolo em definição pela ONS/ANEEL, a serem colocados em 4 postos de monitoração:

Na conexão da rede entre a Concessionária e a UnB, ponto de acoplamento entre a rede interna e a rede externa;

Na maior fonte de distorção Harmônica, no Centro de Processamentos de Dados da UnB que é uma forte fonte de geração de desvios da qualidade da energia;

No ponto mais distante da rede elétrica, Estação Experimental por situar-se no final da linha, com mais chances de ter maiores afundamentos de tensão fora dos limites de aceitação;

E ponto aleatório, com equipamento portátil para levantamento do perfil da energia em cada ponto da rede elétrica.

### **IV. SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE FLUXO DE ENERGIA ELÉTRICA DA UnB.**

As ultrapassagens de demandas lidas pelo medidor da concessionária implicará nas sobre taxas que o consumidor deverá pagar como multa pelo excedente. Assim, o gerenciamento de energia dos alimentadores

da CEB implicará no controle dessa demanda e obrigatoriamente, como ela é definida pelo medidor da concessionária, ele é a referência mais efetiva para o consumidor evitar a ultrapassagem. Esse controle deve ser sintonizado com o medidor da concessionária, tanto, pela necessidade de precisão da quantidade de energia, como pelo próprio tempo de fechamento da demanda.

Por outro lado, a concessionária disponibiliza ao consumidor os dados lidos no medidor através da “saída ótica do usuário”. Assim, concluímos pela implantação de um sistema compatível para recepção e tratamento dos dados captados da referida “saída ótica”. Todas alimentações da Concessionária deverão ter, similarmente esse sistema.

Já o gerenciamento de energia setorial nas unidades acadêmicas, administrativas e de serviços, não necessitará de um rigor na medição em relação à medição da Concessionária, a menos de ser um sistema de medição confiável e preciso, com possibilidades de receber sinais para ligar e desligar cargas conforme a necessidade do controle de demanda vindo das medições sintonizadas com os medidores da concessionária.

No entanto, os medidores setoriais, também deverão ter o tempo sincronizado com o medidor da Concessionária para ser possível analisar os eventos numa mesma referência de tempo. Assim, deve existir uma unidade Mestre que receba o pulso de sincronismo da concessionária, colocando, numa mesma base de tempo, todos os medidores do Sistema que devem assumir com precisão, o horário do relógio da concessionária, não havendo portanto, incongruência entre as respectivas medições. Dessa forma, o consumo “pró-rata” de cada unidade medida estará em “tempo real” com o medidor da concessionária, proporcionando a avaliação exata de todos parâmetros como o consumo de energia, potência, fator de potência, demanda, etc.

#### ***IV.I. Definições quanto ao software.***

De acordo com as necessidades avaliadas, o software dará condições para possibilitar: a interface entre o transdutor e a CPU; a integração de consumo e cálculo de valores da conta de energia de acordo com as possibilidades tarifárias; a elaboração e leitura de banco de dados com valores de demanda, consumo, potência, fator de potência, tensão e corrente em regimes permanentes; a introdução de um grau de automação na rede, permitindo o acionamento (ligar, desligar) circuitos em períodos apropriados da jornada diária;

Ele dará subsídios para realizar: o estudo de eficiência da rede elétrica interna do Campus; o acompanhamento do crescimento da carga, identificando carregamentos críticos em cabos, transformadores, etc; o planejamento da expansão e reforço da rede elétrica; campanhas de racionalização do consumo; a reavaliação e indicação da melhor alternativa de contrato de energia para a UNB em duas

situações, conforme o perfil de carga levantado e dentro de uma demanda otimizada; e por fim a comparação e quantificação dos valores medidos de consumo com os valores de fatura CEB.

#### ***IV.II. Escolha do equipamento e local de instalação.***

Verificamos que a escolha do Sistema de Gerenciamento de Energia Elétrica da Universidade de Brasília – UnB seria uma tarefa mais delicada, apesar da existência de rede estruturada de fibra ótica e sistema ethernet interligando todo o Campus da Universidade. Esta dificuldade deveu-se a necessidade de interligar as diversas Unidades Acadêmicas, distantes entre si, estando o Campus já estruturado com vias de asfalto e dutos subterrâneos de cabeamento elétrico, telefônico, de água e esgoto, dificultando e encarecendo novas instalações.

A distância e as instalações existentes entre as unidades reduziu a possibilidade de formação de redes de comunicação como a RS 485, limitada para ligação dos equipamentos em 1200 m, como também restringiu a otimização da utilização da potencialidade dos equipamentos o que diminuiria o quantitativo e consequentemente os custos de implantação do sistema.

A UnB possui uma rede estruturada com transmissão em rede ethernet, porém, ela não abrange todas as unidades da Universidade, limitando a possibilidade de sua utilização em todos os pontos da Universidade.

A implantação foi priorizada para os pontos pilotos que irão subsidiar na definição do Sistema total. Assim, os sistemas dos fabricantes e pontos escolhidos, são listados abaixo, omitidos propositalmente os nomes dos fabricantes por questões éticas:

Sistema do fabricante A, escolhido para medição das entradas de energia da CEB, utilizando a saída serial do usuário Protocolo ABNT, nos pontos:

Campus;  
Caldeira (Restaurante Universitário);  
Centro Olímpico.  
Biotério;  
Estação experimental.

Sistemas do fabricante A, fabricante B, fabricante C e fabricante D escolhidos para as medições setoriais.

Fabricante A  
Faculdade de Tecnologia (FT), Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (CDT), Núcleo de Multimídia e Internet/Laboratório de Redes (NMI/LabRedes) e Grupo de Automação e Controle (GRACO).

Fabricante A  
Biblioteca Central.

Fabricante B  
Instituto Central de Ciências – Norte.

Fabricante C  
Reitoria.

Fabricante D



Faculdade de Tecnologia..

Fabricante E – somente com o equipamento.

#### IV.II.I. Medição de entradas de alimentações da CEB

Esse Sistema utiliza o Registrador de Pulsos do Fabricante A, com saída RS-232. Os dados são extraídos do medidor da concessionária pela saída do usuário disponibilizada ao consumidor, através do acoplador ótico de onde os dados saem em par metálico.. O registrador de pulsos tem possibilidade de acessar os dados vindos do medidor, tanto em fio metálico quanto em fibra ótica, em fibra plástica quanto fibra de vidro.

Para o registrador configurado para o acesso em fio metálico, procurando trabalhar em fibra ótica, tem-se a obrigatoriedade da conversão de dados em fio metálico para fibra ótica e posteriormente a reconversão para fio metálico para possibilitar o acesso de dados ao registrador.

Foram utilizadas as seguintes configurações:

#### IV.II.I.I. Campus e caldeira.

Pela proximidade dos pontos de medição com o computador central de monitoração, nesta configuração, a navegação dos dados é feita pelo Registrador de Pulsos diretamente ao computador do laboratório. Os pulsos seriais, definidos conforme a norma ABNT, são enviados em uma extensão de 180 metros desde o medidor de energia, localizado no prédio SG12, ao Registrador de Pulsos, localizado ao lado do computador central do Sistema de Monitoração no prédio SG11. No Registrador de Pulsos, estes pulsos são convertidos e saem em RS-232 diretamente às portas seriais 1 e 2 do computador, de onde é possibilitado o envio de dados via internet para qualquer computador autorizado com senha, tendo como servidor central o do próprio fabricante; Pela conformidade do sistema em ethernet, estes pontos também deverão ser instalados em rede ethernet (TCP/IP) da UnB.

Verificamos nesta configuração como pontos negativos que estão sendo utilizadas 2 das 4 portas possíveis de ser acessadas, uma para cada medidor de energia. Isso resulta em uma utilização do Registrador de Pulsos somente de 50% de suas possibilidades; Também fazemos as observações quanto às questões de descargas atmosféricas e ruídos válidas para esses dois pontos,. Assim, a transmissão de dados feita em metal, também deverá ser substituída para fibra..

Como ponto positivo, essa configuração permite custos Baixos, tabela 5, principalmente sendo possível ter até 4 medidores próximos, acessando o registrador de pulsos.

Tabela 5 - Equipamentos e seus custos

Equipamento	Fabrican	Preço
Medid de energia ( * 2)	C	1800
acop óptico	A	100
Registr de pulsos	A	1.800
Software do fabr	A	Incl
Micro comput		incl
Total		3700
Total por ponto de medição		1850

#### IV.II.I.II. Centro Olímpico.

Nesta configuração a navegação dos dados desde o “hub” da rede na Faculdade de Educação Física até o computador central do Sistema de Monitoração localizado no prédio SG11 é em rede ethernet com os protocolos TCP/IP, possibilitando o envio de dados via internet.

Inicialmente foi escolhida a configuração com dados em transmissão via par trançado, acessando o “hub” da rede ethernet da UnB após conversão, o que necessitou da configuração e equipamentos, conforme a tabela 6.

Tabela 6 - Centro Olímpico - metal

Equipamento	Fabric	Preço
Medidor de energia	E	900
acoplador óptico	A	100
Transmissão metal		100
Registr de pulsos	A	1.800
Software do fabr	A	Incluso
Conv RS232/ethernet		1400
Total		4300

Posteriormente, pela distância e localização de passagem dos fios de transmissão com possibilidades de interferências eletromagnéticas e surtos de tensão por descargas atmosféricas, verificou-se a necessidade de transmissão de dados em fibra ótica, que necessitou da seguinte configuração e equipamentos, conforme a tabela 7.

Tabela 7 - Centro Olímpico - fibra

Equipamento	Fabric	Preço
Medidor de energia	E	900
Acop/amplificador	A	300
Reg puls Fibra vidro	A	1.800
Transm fibra vidro		600
Conv fibra/RS232	A	500
Software do fabr	A	Incluso
Conv RS232/ethernet		1400
Total		5500

Verificamos nesta configuração como pontos negativos:

A necessidade de aquisição de servidor para conversão da RS 232 em ethernet, já que o Registrador de Pulsos não tem saída em ethernet; a estrutura física do Campus, com unidades distantes inviabiliza a centralização de pontos de medição desde o medidor ao

registrator de pulsos. Assim, nesta configuração estão sendo utilizadas 1 das 4 portas, possíveis de ser acessadas no registrator de pulsos, uma para cada medidor de energia. Assim, esta configuração não utiliza toda potencialidade do registrator e do conversor RS-232 para ethernet, já que o registrator poderia registrar dados de quatro medidores; registramos negativamente, ainda, que a conversão RS-232 para ethernet, com uma conversão por porta, em um conversor de quatro portas, não utiliza todo o potencial do conversor; A cabine de alta tensão é único local seguro próximo ao medidor de energia da concessionária para instalar o Registrator de Energia. Porém, esse local não é disponibilizado pela concessionária ao consumidor, apesar de que, mesmo disponibilizado sempre ficaria restrito o acesso à UnB. Assim, o Registrator de Pulsos foi instalado próximo ao “hub” da rede ethernet da UnB, distante 200 metros da cabine; a transmissão de dados em fio metálico em 200 metros é feita em área aberta, sujeita a descargas atmosféricas e danos aos sistema, o que é eliminado em caso de mudança para fibra ótica.

Os custos, nos dois casos são altos.

Como ponto positivo, a substituição de fio por fibra elimina os possíveis problemas na transmissão de dados;

#### IV.II.I. Medição das unidades setoriais.

IV.II.I.I Fac. de Tecnologia (FT), CDT, NMI/LabRedes e GRACO

O sistema foi instalado com dados em transmissão via par trançado e acessando o “hub” da rede ethernet da UnB após conversão para rede ethernet, configuração que necessitou dos seguintes equipamentos, conforme a tabela 8.

Tabela 8 - FT, CDT, NMI/LabRedes e GRACO

Equipamento	Fabric	Preço
Medid de energia (4)	C	3600
acoplador óptico (4)	A	400
Transmissão metal		300
Registr de pulsos	A	1.800
Software do fabr	A	Inclus
Conv RS232/ethernet		1400
	Total	7500
	Total por ponto de medição	1875

Verificamos nesta configuração como ponto negativo a necessidade de aquisição de servidor para conversão da RS-232 em ethernet, já que o Registrator de Pulsos não tem saída em ethernet.

Como pontos positivos a utilização das 4 portas possíveis de ser acessadas, uma para cada medidor de energia, resultando em uma utilização otimizada do Registrator de Pulsos de 100% de suas possibilidades; a transmissão de dados será feita também em fio metálico, porém, pela instalação transitar em ambiente interno, coberto, as questões de descargas atmosféricas

são amenizadas, porém a proteção do sistema será feita com aterramento adequado e inserção de protetores de surtos.

#### IV.II.II. Biblioteca Central - BCE.

Nessa configuração foi utilizado o sistema do fabricante A, com os dados saindo do registrator transmitidos em fibra plástica por uma distância de 50 metros. Em seguida os dados foram convertidos para RS 232, entrando no Micro Computador, configuração que necessitou dos equipamentos, conforme a tabela 9.

Tabela 9 - Biblioteca Central - BCE.- fibra

Equipamento	Fabric	Preço
Medid de energia	C	900
Acopla/amplificador	A	200
Reg puls Fibr plastic	A	1.800
Transm fibra plastica		300
Conv fibra/RS232	A	500
Software do fabr	A	Incluso
	Total	3700

Verificamos nesta configuração como pontos negativos a dependência de um micro computador não exclusivo, em que a atividade principal refere-se aos trabalhos administrativos da Biblioteca da Universidade; o fato do computador não ficar ligado 24 horas e somente de segunda feira a sexta feira; o registrator sem o uso otimizado, ou seja, com acesso de somente um medidor em vez de quatro possíveis.

Como pontos positivos a transmissão por fibra ótica, apesar da limitação de distância definida pela fibra plástica.

#### IV.II.III Instituto Central de Ciências – ICC–Norte.

Foi escolhido o Sistema do fabricante B para os três transformadores de alimentação do ICC norte, com a configuração conforme a tabela 10.

Tabela 10 - Instituto Central de Ciências – ICC–Norte.

Equipamento	Fabric	Preço
Transd de energia (*3)	B	1800
Conc RS485/ethern	B	2500
Transm metal		100
Software do fabr	B	Incluso
	Total	4400
	Total por ponto de medição	1470

O sistema utiliza um concentrador de instrumentos de medição de energia que dispõem de comunicação serial RS-485 protocolo de comunicação Modbus RTU. O concentrador se comunica com o sistema de gerenciamento via comunicação serial ethernet – protocolo TCP/IP – 10 Mbits.

Nesta unidade serão monitorados 3 pontos pilotos – 3 transformadores de alimentação – com o sistema do fabricante B.

O sistema utilizará a rede estruturada ethernet (TCP/IP) da UnB para enviar os dados ao computador no laboratório.

Verificamos nesta configuração como pontos negativos o fato do sistema ser baseado em transdutores de energia, sem memória de armazenamento, o que lhe dá uma desvantagem em relação aos sistemas com memória já que, ocorrendo problema na comunicação de dados “on-line” ao concentrador perde-se todos os dados até o retorno da comunicação.

Como ponto positivo o custo baixo por ponto de medição.

#### IV.II.IV Reitoria, pelo fabricante C

Foi escolhido para este ponto piloto uma configuração com o equipamento principal, o medidor do tipo da concessionária, porém, com os dados sendo extraídos da saída principal do medidor e não da saída ótica de pulso serial para o usuário. O medidor tem memória interna e saída serial em RS-485. A conversão de dados de RS-485 para ethernet é feita somente com um conversor sem a necessidade do Registrador de Pulsos, o que reduz os custos da instalação. Essa configuração necessitou dos seguintes equipamentos, conforme a tabela 11.

Tabela 11 - Reitoria, pelo fabricante C

Equipamento	Fabric	Preço
Medid de energia	C	900
Transmissão metal		100
Software do fabr	B	1500
Conv RS485/ethern		1400
Total		3900

Verificamos nesta configuração como ponto negativo a necessidade de aquisição de servidor para conversão da RS-485 em ethernet, já que o medidor eletrônico não tem saída em ethernet; a necessidade de aquisição de software que, para qualquer quantidade de pontos de medição tem o mesmo valor. Logo a minimização de custos é maior quanto mais pontos de medição for adquirido do fabricante.

#### IV.II.IV. Faculdade de Tecnologia.

O transdutor do fabricante D não foi aprovado para monitoração de Qualidade de Energia, por não possuir capacidade de memória suficiente, além de não conseguir capturar todos os eventos relativos à qualidade de energia.

No entanto, de acordo com os ensaios, o sistema mostrou confiável e foi aprovado para realizar as medições de tensão, corrente, e integração de energia, potência, fator de potência, etc. Assim, o equipamento será um segundo medidor para o mesmo ponto piloto, já que o sistema acima (sub item IV.II.I.) estará fazendo o mesmo. Entretanto, continuará a ser avaliado nestas medições e seu progresso junto ao fabricante, já que o mesmo, pretende continuar evoluindo em seu desenvolvimento. Isto é interessante, visto ser o

equipamento produzido e construído no país com pretensão de baixo preço de venda.

Os sinais transmitidos em RS-485, verificou-se sem interferências quanto a ruídos, apesar da simplicidade da instalação, sem proteção contra surtos e aterramento em primeiro momento.

Quanto à proteção do sistema, foi inserido os Módulos Protetores à Estado Sólido MP-N contra surtos – Fabricante “Corning Cable Systems”, mantendo a mesma transmissão de dados em RS-485 através de fio metálico simples, sem aterramento, diretamente ao conversor RS-485/RS-232 e daí para o computador do laboratório de monitoração de energia, localizado eletricamente a 600 metros do transdutor. Essa configuração necessitou dos seguintes equipamentos, conforme a tabela 12.

Tabela 12 - Faculdade de Tecnologia.

Equipamento	Fabric	Preço
Transdutor de energia	D	1200
Software do fabr		Incluso
Transm metal		300
Conv RS-485/RS-232 (2)		700
Total		2200

## V. CONCLUSÕES

Para descargas atmosféricas diretas esses equipamentos, não estariam aptos à proteção. Em casos de transmissão de dados em áreas externas e grandes distâncias em fiação metálica, esta, para um a mínima proteção do sistema, deve ter cordoalha aterrada.

Fabricantes utilizam, no entanto, para melhor eficiência da proteção, cabos com cordoalha com equipamentos contra surtos de tensão no circuito de comunicação. Além disso, os cabos dentro de tubos metálicos de alumínio, aterrados nos dois lados.

Pelo exposto nos itens anteriores, o Sistema de Gerenciamento de Energia Elétrica da UnB será disposto em três segmentos: Pontos de Qualidade de Energia; Pontos de alimentação de Energia da CEB; Pontos internos, setoriais, das Unidades.

Também, conforme definido, os pontos de Qualidade de Energia a serem monitorados são na conexão da rede entre a Concessionária e a UnB, ponto de acoplamento entre a rede interna e a rede externa; Na maior fonte de distorção Harmônica, no Centro de Processamentos de Dados da UnB que é uma forte fonte de geração de desvios da qualidade da energia; No ponto mais distante da rede elétrica, Estação Experimental por situar-se no final da linha, com mais chances de ter maiores afundamentos de tensão fora dos limites de aceitação e; ponto aleatório, com equipamento portátil para levantamento do perfil da energia em cada ponto da rede elétrica.

Quanto ao sistema de gerenciamento do fluxo de energia com registrador de pulsos tendo este quatro entradas, cada uma permitindo o acesso de um medidor

eletrônico, o sistema, para ser otimizado, deve permitir monitoração dos quatro pontos com um registrador, desde que haja possibilidades físicas, considerando o acesso e distâncias do caminhar dos sinais dos quatro medidores ao Registrador de Pulsos centralizado.

O Registrador de Pulsos sendo alimentado por uma fonte de tensão diferente em relação ao ponto de medição, em caso de falta de tensão da alimentação do Registrador de Pulso, este verá a falta como uma queda da energia medida, mascarando o registro do evento; as várias possibilidades de configurações com o registrador de pulsos, pode levá-lo a ser sub utilizado ou com utilização plena, e em consequência dando custos diferenciados, para cada configuração. Por exemplo, em casos de medições distantes entre si com impossibilidade de levar a fiação desde o medidor ao Registrador de Pulsos centralizado, este fica sub utilizado, com custos mais elevados.

A entrada direta dos sinais RS-232 do registrador de pulsos no computador tem como ponto negativo a limitação do número de portas seriais RS 232 do computador e, já que essa RS não permite a formação de uma rede, as entradas estão limitadas ao máximo de quatro pontos de medição em função de que quatro medidores podem ser monitorados por um registrador de pulsos. Assim, na utilização da configuração com RS-232 com acesso direto ao Micro Computador, há a sub utilização do Micro Computador com o uso de somente um Registrador de Pulsos para cada porta RS232 do computador.

O padrão da rede ethernet permite a monitoração de número elevado de pontos de medição, potencializando a utilização dos computadores, realizado com segurança quanto à proteção e transmissão de dados, o que torna mais viável sua utilização quando possível em relação às outras possibilidades como RS-232 e RS-485;

O Registrador de Pulsos com servidor RS485/ethernet, optando-se pelo de quatro entradas, permite a utilização de até 32 Registradores de Pulso em cada entrada, ligados em rede RS485, no total, até 128 Registradores. Sendo possível esta configuração, os custos seriam minimizados pois o custo do Terminal Servidor seria distribuído a todos os pontos monitorados. No entanto, esta possibilidade é dependente das distâncias entre unidades, nem sempre possível realizá-la.

Utilizando as saídas seriais dos medidores eletrônicos de Energia RS-232 ou RS-485 com acesso direto ao Micro Computador, sem considerar os custos com o software do fabricante, essa alternativa é a mais viável economicamente, porém, deve-se levar em conta a eficiência de cada sistema. Além disso, normalmente os computadores nessas configurações, não estão exclusivos para o sistema de monitoração, sendo

desligados conforme a programação de trabalho fim para o qual está destinado, como os trabalhos administrativos.

Sendo utilizada sinais do Medidor em RS485, fibra e rede ethernet a rede uma rede RS 485 pode-se ter 128 pontos acessando o conversor RS485/ethernet com um custo por ponto relativamente baixo. No entanto, seria uma solução dificilmente possível em função da estrutura física e distâncias entre as unidades da UnB.

Utilizando rede estruturada da UnB e RS 485 ou RS 232, mais uma vez vemos os custos mais baixos com a possibilidade de formação de rede RS485. A segunda alternativa mais barata é a formação de quatro medidores com saída em RS232 com entradas Servidor RS232/Ethernet quatro portas, o que, também é uma alternativa difícil de ocorrer no Sistema de Monitoração proposto para a UnB, pela sua estrutura física e distâncias entre unidades.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Casa, D. Gestão Integrada da Energia Elétrica. IV Seminário Brasileiro Sobre Qualidade da Energia Elétrica. Porto Alegre-RS. 2001.
- [2] Uliana, P.B; Oliveira, J.P. Comparação Funcional entre Registradores de Parâmetros de Qualidade de Energia Elétrica e Registradores Digitais de Perturbações. IV Seminário Brasileiro Sobre Qualidade da Energia Elétrica. Porto Alegre-RS. 2001.
- [3] Jesus, N.C; Neto, J. A. M; Piesanti, L. L; Batista, E. L. Análise e Identificação de Distúrbios Através de Analisadores da Qualidade de Energia. IV Seminário Brasileiro Sobre Qualidade da Energia Elétrica. Porto Alegre - RS. 2001.
- [4] IEEE. Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE, Std 1159-1995
- [5] IEEE. Guide for Service to Equipment Sensitive to Momentary Voltage Disturbance. IEEE Std 1159-1995.
- [6] Ribeiro, T.N; Mertens, E; Brasil, D. O. C; Correia, D. M. Variações de tensão de Curta Duração – Esforços Conjugados do ONS, ANEEL e Agentes. IV Seminário Brasileiro Sobre Qualidade da Energia Elétrica. Porto Alegre-RS. 2001.
- [7] Ramos, A. J. P. Monitoração, Avaliação e Controle da Qualidade da Energia Elétrica – Relatório Parcial 2: Protocolo de Medição e Monitoração. ANEEL. Recife-Pe. Maio/2000.
- [8] Rodrigues, T. Z; Fernandes, D. E. B; Fonseca, V. R. C; Moscardine, C; Dias, V. C; Arantes, R. P. P; Alves, M. F. Um Sistema de Aquisição de Dados para o Gerenciamento da Qualidade da Energia Elétrica. IV Seminário Brasileiro Sobre Qualidade da Energia Elétrica. Porto Alegre-RS. 2001.

- [9] Oliveira, H.R.P.M; Figueiredo, C.E.C; Jesus, N.C; Batista, E. L; Líbano, F.B; Dias, G.A.D. Análise e Diagnóstico de um Caso com Subtensões de Curta Duração em Circuito de Baixa-Tensão. IV Seminário Brasileiro Sobre Qualidade da Energia Elétrica. Porto Alegre - RS. 2001.