

Estudo da Viabilidade de um Sistema de Automação de Medição de Energia Elétrica Via Cabos – SAMEEC

M. Carneiro S., Tele Design; Antônio C. Delgado, CPFL; H. B. Pinheiro, Tele Design;
D. B. Pinheiro, Tele Design; P. D. Silveira, Tele Design

Resumo- Neste Trabalho apresentamos os resultados do projeto de P&D realizado junto à CPFL. A arquitetura implementada tem três elementos principais: o Ponto de Presença, instalado no quadro de medidores do consumidor e formado por um conjunto hardware/software para comunicação com os medidores e com o a rede híbrida fibra-coaxial da operadora de televisão à cabo. O segundo elemento é o Concentrador Central de Comunicação, instalado na operadora de televisão à cabo e composto também por um conjunto de hardware/software responsável pela comunicação com os Pontos de Presença monitorados, pela concentração de informações e envio dos dados ao Centro de Aplicações (CA), o último elemento da arquitetura. O CA é um software localizado na concessionária que se comunica com o Concentrador Central de Comunicação para a obtenção dos dados de medição. Junto ao Centro de Aplicações há uma base de dados que armazena as informações recebidas dos medidores remotos. O sistema foi implantado na operadora Horizon e o projeto piloto foi testado em um edifício na cidade de Americana/SP.

Palavras-chave—Medição Remota, Tarifação-Diferenciada, Rede HFC.

I. INTRODUÇÃO

Neste projeto foi desenvolvido um protótipo hardware/software para realização de medição remota usando a rede de televisão à cabo.

Os sistemas de televisão a cabo, dos quais serão obtidos dados, evoluíram da simples distribuição de sinais de televisão para se tornarem sistemas de telecomunicações, que fornecem uma rede de comunicação bidirecional de alta velocidade e confiabilidade. Essa rede operando de maneira bidirecional, iniciou com serviços simples como monitoração de ativos da rede e habilitação de canais "pay per view". Hoje, diversos serviços de comunicação estão integrados a essa rede, como serviços de acesso a Internet, serviços de telefonia, vídeo interativo e sistemas de monitoração/leitura remota (segurança; leitura e controle aos acessos às redes de gás, energia e água).

As redes de TV a Cabo atualmente são construídas utilizando a arquitetura HFC (Hybrid Fiber Coaxial) [1]. Nesta arquitetura a rede é dividida em duas partes óptica e coaxial. A parte óptica vai do "headend" até o "node". No headend são recebidos os sinais dos satélites e dos canais locais que são modulados e combinados para serem enviados aos nodes com o uso de transmissores/amplificadores ópticos. Através de cabos ópticos os sinais chegam aos nodes onde os sinais ópticos são convertidos para RF (Radio Frequency) a partir daí os sinais de RF são distribuídos aos assinantes por meio de cabos coaxiais, se o nível de RF fica muito baixo

podem ser utilizados amplificadores de RF para aumentá-los. A forma como as redes de TV a cabo atuais são construídas e ajustadas é a chave para o sucesso da comunicação nessas redes em altas taxas, com desempenho e com grande confiabilidade [1][2].

II. MEDIDORES PARA FATURAMENTO – ELETROMECAÂNICO E ELETRÔNICO

Uma grande vantagem do medidor eletrônico em relação ao medidor eletromecânico convencional, é a de permitir a comunicação com sistemas de gerência remotos ou locais de medição automática sem a utilização de operações manuais, que introduzem erros nas fases de leitura e de digitação, tornando as medições mais rápidas e precisas.

O medidor eletrônico permite ainda o armazenamento de informações diversas como data e hora que podem ser utilizadas para fins de tarifação de forma a se tentar obter um melhor perfil de carga para o sistema (tarifação Horosazonal). Resumidamente, procura-se elevar o valor da energia consumida durante o horário de ponta, período do dia onde ocorre a máxima demanda, tentando inibir o consumo durante este horário. Por outro lado, haveria algum incentivo tarifário para consumo fora da ponta.

Nas escalas e tecnologias atuais, mesmo com o considerável e rápido avanço verificado, os medidores eletrônicos ainda apresentam custo inicial de aquisição elevado.

Além disso, qualquer plano mais amplo de migração tecnológica ou de automação global de faturamento tem que levar em conta a base instalada de medidores convencionais, cuja substituição demandaria altos custos de investimento e uma logística espetacular para o destino economicamente equilibrado e tecnicamente viável dos ativos retirados. Tal operação ultrapassaria, em muitos aspectos, o âmbito de atuação e de interesse das concessionárias.

A avaliação feita pelas concessionárias, indústria de medidores e governo indica que com a implantação da multitarifação, as distribuidoras de energia precisariam trocar cerca de 40 milhões de medidores mecânicos por produtos de tecnologia digital capazes de diferenciar o horário de consumo. Segundo a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee), atualmente são produzidos 3 milhões de medidores eletro-eletrônicos para o mercado interno e cerca de 1,5 milhão para exportação.

Podemos destacar duas normas principais para o conhecimento dos medidores eletrônicos de energia utilizados no Brasil, a norma NBR14519 – Medidores Eletrônicos de Energia Elétrica [3] – que descreve os medidores e suas espe-

cificações mínimas; e a norma NBR14522 – Intercâmbio de Informações para Sistemas de Medição de Energia Elétrica [4] – que descreve o protocolo, taxas e interfaces elétricas de comunicação para os diversos equipamentos que podem se interligar ao medidor (modem, microcomputador, leitora e outros) bem como o modo de se acessar os diversos tipos de informação que podem estar contidos nesses medidores (data, hora, consumo por tempo, tabelas, etc).

A foto 1 a seguir mostra um medidor eletrônico de energia.



Foto 1. Medidor Eletrônico de Energia.

III. MEDIÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA

O consumo agregado de energia, durante o dia, não é linear, havendo períodos de maior consumo. No Brasil, em geral a demanda de pico se encontra entre as 17:00 e 21:00hs, horário em que a indústria e o comércio ainda estão em funcionamento e os consumidores residenciais começam a chegar aos seus lares. Como os sistemas devem ser dimensionados para prover energia para os horários de pico e atender simultaneamente requisitos de conformidade de nível de tensão, no restante do tempo o sistema acaba ficando ocioso. Isto implica em grandes investimentos em geração, transmissão e distribuição apenas para atender a esta demanda de pico.

Para espelhar esta realidade aos consumidores finais e desta forma dar-lhes transparência e maior consciência econômica em seu consumo, foram criadas as tarifas diferenciadas [5].

Isto é aplicado hoje aos consumidores industriais e comerciais que tem a opção das tarifas Azul e Verde, que consideram a demanda e o consumo na ponta e fora da ponta.

No caso dos consumidores residenciais existem diversos estudos, e já foram feitos no Brasil alguns pilotos para o uso da “tarifa Amarela”. Porém, a implantação em larga escala da tarifa Amarela pode ter custos de aquisição e implantação elevados, pois implica na troca de milhões de medidores.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) planeja que as concessionárias estudem a possibilidade da implanta-

ção da tarifa amarela em suas áreas a partir do cálculos de revisão tarifárias. A Copel, no Paraná [6], e a Cemig, em Minas Gerais [7], já têm projetos nesse sentido.

No Rio Grande do Sul a Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul (Fiergs) avalia que serão necessários cerca de cinco anos para que os primeiros projetos pilotos se consolidem no Estado onde, por exemplo, a AES Sul está iniciando um piloto.

IV. ARQUITETURA DO SISTEMA

O diagrama apresentado na Figura 1 mostra de forma geral a composição do sistema formado, essencialmente por:

1. Um ou um conjunto de medidores eletrônicos (ligados em barramento) adquiridos de empresa nacional e que siga as normas ABNT;
2. Um equipamento que recebe comandos remotos via rede HFC (rede de TV a cabo), interpretando-os e gerando ações que podem ser o envio de comandos via interface serial aos medidores eletrônicos (nova programação ou leitura de dados) ou controlando o fornecimento de energia (ligando ou desligando a energia do consumidor). Quando a ação for o envio de comandos a medidores, o equipamento recebe as respostas via interface serial e as envia para o Controlador Central via rede HFC. Este equipamento é identificado no projeto como sendo o Ponto de Presença (PP);
3. Um concentrador de pontos de presença chamado Controlador Central de Comunicação (CCC), localizado no Cabeçal da empresa operadora de TV a cabo, com a função de comunicar-se com todos os Pontos de Presença conectados a esse Cabeçal, agrupando os dados recebidos e enviando-os para o Centro de Aplicações. Esse concentrador tem a função ainda de receber as novas configurações dos medidores e o estado do consumidor (fornecimento/corte de energia) enviadas pelo Centro de aplicações e reenviá-las aos Pontos de Presença;
4. Um consolidador de dados que receberá todos os dados dos medidores enviados pelos Controladores Centrais de Comunicação, armazenando-os e disponibilizando-os em uma base de dados. O acesso dos controladores ao Centro de Aplicações pode ser via rede Internet ou Intranet e pelo qual o operador poderá enviar comandos para o Ponto de Presença, que poderão ser a programação de novos parâmetros dos medidores ou a atuação no controle do fornecimento de energia ao consumidor.

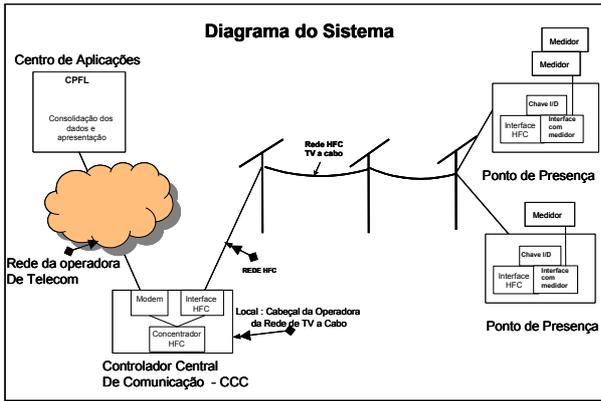


Figura 1 - Visão Geral do Sistema

A arquitetura do sistema está representada na Figura 2:

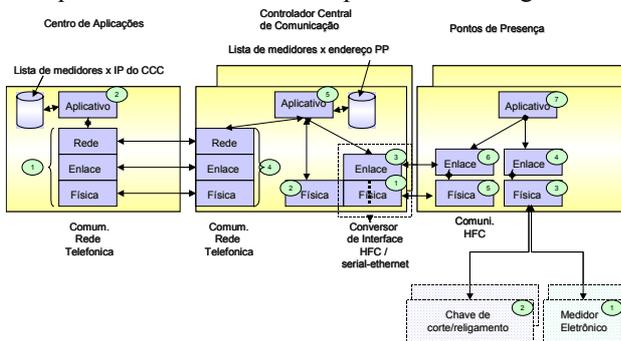


Figura 2 - Arquitetura Proposta para o Sistema.

A descrição da arquitetura é dada a seguir:

Medidor de energia

1. medidor de energia tem a função de executar medições e interpretar os comandos recebidos do Centro de Aplicações seguindo padrões definidos pela ABNT.

Chave de Corte e Religamento

2. A chave de corte e religamento tem a função de controlar o fornecimento de energia do consumidor sob demanda do Centro de Aplicações.

Ponto de presença - PP

O ponto de presença é composto dos seguintes elementos funcionais, mostrados na Figura 3.

3. Elemento de camada física da interface com o medidor: que faz a transmissão dos sinais sobre um canal de comunicação serial entre o ponto de presença e o medidor. Essa camada também faz a interface física da chave de corte e religamento.
4. Elemento de camada de enlace de comunicação com o medidor: esse elemento faz um par de comunicação com o elemento de camada de enlace do medidor para validade de pacotes e para sincronismo entre as duas entidades.

5. Elemento de nível físico de comunicação HFC: que fará o acoplamento entre as informações de nível físico recebidos/enviados na interface HFC.
6. Elemento de enlace lógico com funções de controle de sequência e de retransmissões (caso necessário) entre o Ponto de Presença e o CCC (Controlador Central de Comunicação). Também é responsável pelo endereçamento do Ponto de Presença.
7. Elemento aplicação que fará a comunicação das seguintes formas:
 - a) Interpretação dos comandos recebidos do Centro de Aplicações via elemento de comunicação HFC (camada física e enlace).
 - b) Envio de comando para atuação na chave de corte/religamento.
 - c) Envio de comandos de programação ao medidor através do elemento de comunicação serial (camada física e enlace).
 - d) Leitura de informações do medidor eletrônico via elemento de comunicação serial (camada física e enlace) para serem enviadas ao Centro de Aplicações.
 - e) Tratamento de comando de reset .
 - f) Tratamento de comando de sincronismo com relógio do CCC.

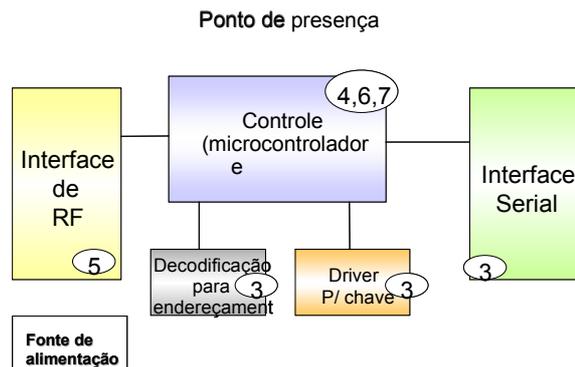


Figura 3 - Visão Esquemática do Ponto de Presença.

As fotos 2 e 3 exibem o ponto de presença, formado pela placa com um processador contendo o software desenvolvido e pelos componentes que formam o modem de baixo custo produzido no projeto.

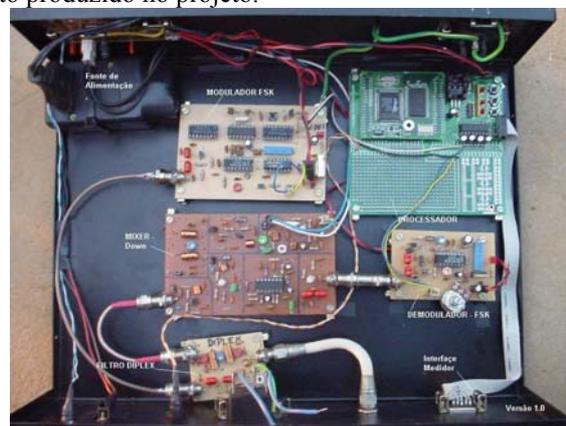


Foto 2. Ponto de Presença – imagem interna.



Foto 3. Ponto de Presença – imagem externa.

O software do ponto de presença deve controlar a comunicação do Controlador Central de Comunicação com o(s) Medidor(es) Eletrônico(s). No software estará implementado as regras do protocolo de comunicação com o Controlador Central, baseado no padrão americano do SCTE (Society of Cable Telecommunications Engineers) – HMS - Hybrid Fiber Coax Outside Plant Status Monitoring – Media Access Control Layer (MAC) Specification V1.0. Com o medidor eletrônico o protocolo adotado é o da Norma NBR 14522 da ABNT.

O diagrama de fluxo de informações do software é mostrado na Figura 4 a seguir.

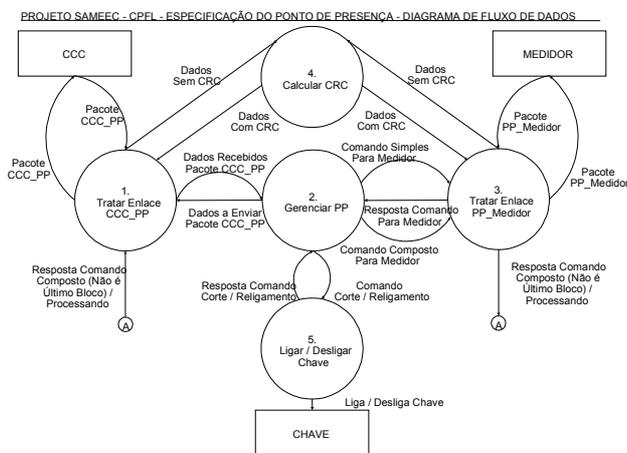


Figura 4 - Diagrama de Fluxo de dados do Ponto de Presença.

Do outro lado da rede (no Cabeçal da operadora) existe o mesmo modem responsável pela interpretação do protocolo e obtenção e entrega de informações ao Controlador Central de Comunicação. Este ponto é chamado de Concentrador de Acesso (CAC) e contém o mesmo software do ponto de presença, exceto as funções responsáveis pela comunicação com o medidor eletrônico.

O diagrama de fluxo de dados do software no CAC é mostrado na Figura 5.

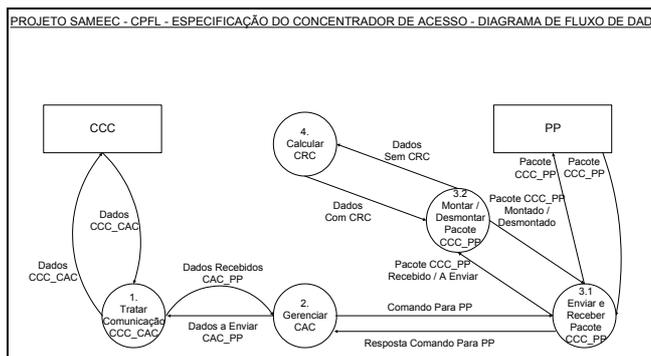


Figura 5 - Diagrama de Fluxo de dados do Concentrador de Acesso.

Controlador Central de Comunicação – CCC

O CCC tem a função de coleta dos dados dos Pontos de Presença e de encaminhamento das informações colhidas à Central de Aplicações. Também faz parte de sua função, encaminhar comandos de programação, atuação na chave de corte/religamento e outros vindos do Centro de Aplicações para o Ponto de Presença. O CCC conta com os seguintes elementos:

1. Elemento de nível físico de comunicação HFC : que fará o acoplamento entre as informações de nível físico recebidos/enviados na interface HFC de/para uma interface serial/ethernet padrão comercial.
2. Elemento de camada física serial / ethernet padrão comercial que troca dados com o conversor de interface para comunicação do Controlador Central de Comunicação.
3. Elemento de nível de enlace do conversor de interface: tem funções de controle de sequência e de retransmissões (caso necessário) entre o Ponto de Presença e o CCC (Controlador Central de Comunicação). Também é responsável pelo endereçamento do Ponto de Presença.
4. Elemento de nível físico, elemento de enlace e elemento de rede que são usados para a comunicação via rede de comunicação dedicada/telefonia.
5. Aplicativo que fará o encaminhamento do sinal de-para ambiente de rede dedicada/telefonia e rede HFC e endereçamento de ambas as partes.

O diagrama de fluxo de informações do software no CCC é mostrado na Figura 6.

PROJETO SAMEEC - CPFL - ESPECIFICAÇÃO DO CONTROLADOR CENTRAL DE COMUNICAÇÃO
DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS

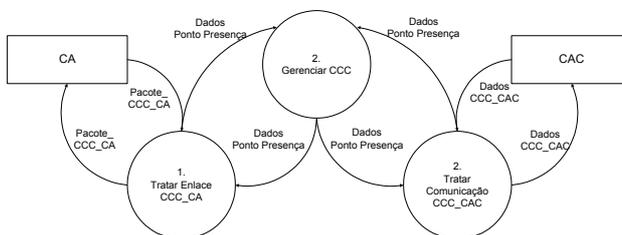


Figura 6 - Diagrama de Fluxo de dados do Controlador Central de Comunicação.

O software CCC, mostrado na Figura 7, foi desenvolvido na linguagem C++ e para o ambiente Microsoft Windows.

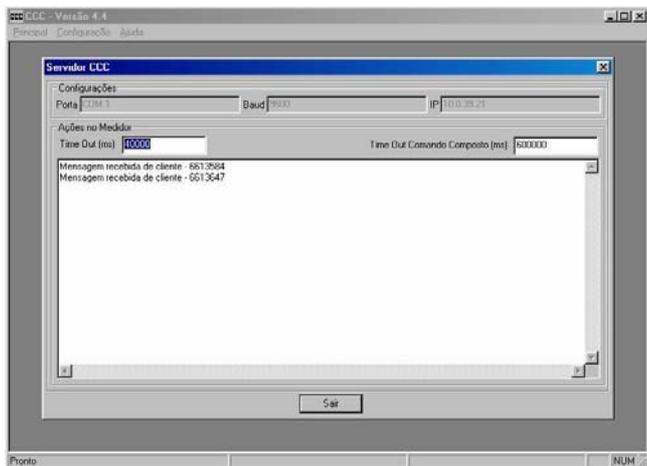


Figura 7 - Software CCC.

Centro de Aplicações - CA

O Centro de aplicações faz a comunicação com os CCCs para:

- solicitar, interpretar e apresentar os dados coletados pelos medidores;
- enviar comandos para as chaves de corte/religamento dos pontos de presença e programação dos medidores.

O Centro de aplicações conta com os seguintes elementos:

1. Elementos de nível físico, elemento de enlace e elemento de rede são usados para a comunicação via rede de comunicação dedicada/telefonia em protocolos compatíveis aos usados nos CCCs.
2. Elemento aplicação que fará a solicitação de comandos de corte/religamento, de coleta dos dados de leitura, de programação do(s) medidor(es), de reset, de sincronismo de relógio, a troca de informações compatíveis aos outros sistemas da operadora e a apresentação dos dados em padrões solicitados pela operadora.

As informações coletadas podem ser armazenadas em um bancos de dados. O diagrama entidade relacionamento (DER) da base de dados desenvolvida é mostrada na Figura 8 a seguir.

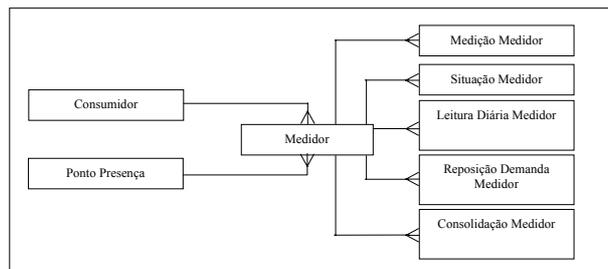


Figura 8 - Diagrama de Entidade Relacionamento da Base de Dados do Centro de Aplicações.

O software do CA também foi desenvolvido na linguagem C++ e para o ambiente Microsoft Windows. A base de dados foi construída no aplicativo Microsoft Access.

A Figura 9 e Figura 10 mostram a interface do sistema no CA.

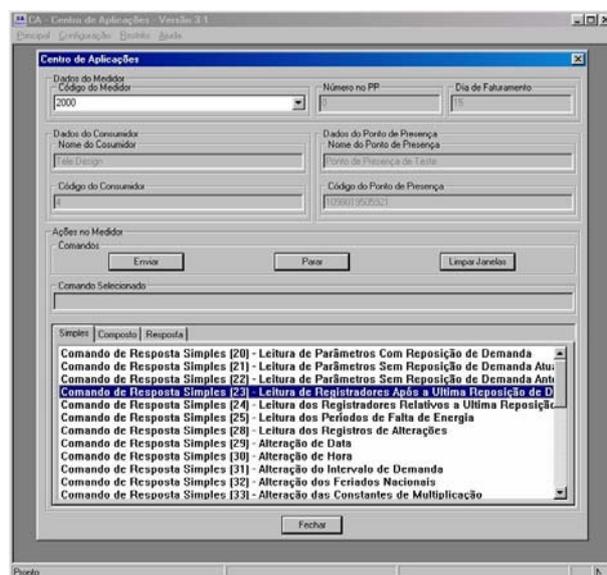


Figura 9 - Software Central de Aplicações - Tela de Envio de Comandos.

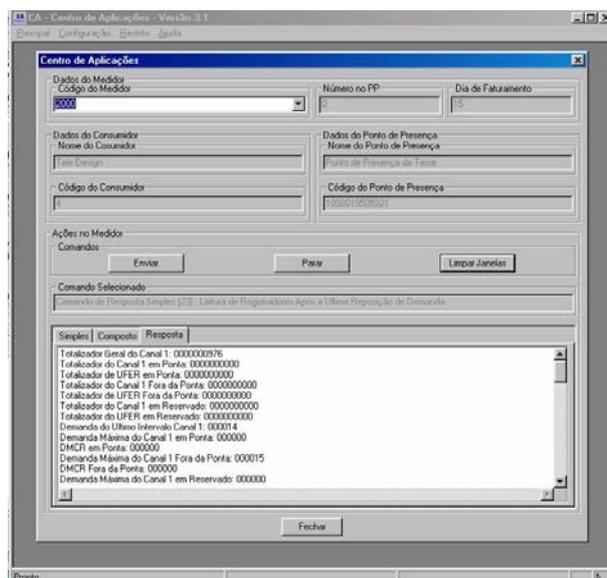


Figura 10 - Software Central de Aplicações - Tela de Resposta dos Comandos.

V. PROJETO PILOTO

Para o projeto piloto foi escolhido um edifício da cidade de Americana/SP. O edifício piloto, mostrado na foto 4, possui seis pavimentos com quatro apartamentos cada um, totalizando 24 medidores de energia elétrica.



Foto 4. Edifício Piloto na Cidade de Americana/SP.

O quadro de medidores do edifício fica está no subsolo do prédio, mostrado nas fotos 5 e 6.



Foto 5. Quadro de Medidores do Edifício Piloto.



Foto 6. Quadro de Medidores do Edifício Piloto.

Como o ponto de presença desenvolvido consegue selecionar no máximo dezesseis medidores, que é a capacidade do multiplexador desenvolvido, foram instalados dez medidores eletrônicos da empresa Dowertech e seis medidores da empresa ESB, totalizando os dezesseis medidores. As fotos 7 e 8 a seguir mostram alguns dos medidores instalados.



Foto 7. Medidores Eletrônicos Instalados no Edifício Piloto.



Foto 8. Medidores Eletrônicos Instalados no Edifício Piloto.

No quadro de medidores foi instalado o multiplexador para seleção dos medidores e um medidor Dowertech para

teste – foto 9.



Foto 9. Multiplexador Instalado no Edifício Piloto.

O ponto de presença foi fixado em uma caixa de atendimento da empresa de televisão à cabo (Horizon) também no subsolo e distante cerca de dez metros do quadro de medidores – foto 10.



Foto 10. Ponto de Presença Instalado no Edifício Piloto.

O Concentrador de Acesso (CAC) e Controlador Central de Comunicação (CCC) foram instalados na empresa Horizon, também em Americana/SP – foto 11.



Foto 11. Prédio da Horizon – local da instalação do Concentrador de Acesso e do Controlador Central de Comunicação.

O processo de implantação do projeto piloto passou por duas etapas. A primeira foi simular todo o ambiente do piloto ainda nos laboratórios da Tele Design. A segunda etapa foi a implantação do cenário descrito anteriormente na cidade de Americana.

Os resultados em laboratórios foram corretos e esperados. Apenas alguns ajustes no modem e softwares foram necessários, principalmente para adequação nos níveis de sinal entre os modems do Ponto de Presença e do Concentrador de Acesso. As respostas dos comandos enviados aos medidores foram obtidas no tempo esperado e com número reduzido de reenvios por motivo de perda de pacotes ou por erros de checagem de bits (CRC).

Os comandos compostos, mais custosos devido ao volume de informações, também foram solicitados e as respostas esperadas obtidas. No entanto, implementou-se controles adicionais para evitar perda de informação devido à forma como o medidor envia esses dados. A solução adotada armazena toda a resposta composta enviado pelo medidor na memória do controlador do ponto de presença antes de enviá-las ao CCC. Isto reduziu substancialmente o número de reenvio ou dados perdidos pois os softwares no Ponto de Presença e no Concentrador de Acesso passaram a ter maior controle sobre os pacotes de dados.

Já os resultados em campo ainda não foram satisfatórios pois há problemas de ajustes nos modems desenvolvidos. A comunicação entre o Centro de Aplicações, instalado na Tele Design, e o Controlador Central de Comunicação (CCC) está em perfeito funcionamento pois independe dos modems desenvolvidos para a comunicação.

VI. CONCLUSÃO

O projeto mostrou a viabilidade técnica para a utilização das redes de televisão à cabo para medição remota de energia. Conseguimos solicitar e obter as informações de medidores eletrônicos instalados remotamente através do sistema desenvolvido. O uso destas informações pela Central de Aplicações poderá reduzir custos operacionais de leitura de medidores e auxiliar na tomada de decisão quanto à investimentos ou reparos ao registrar a demanda diária dos consumidores em uma base de dados.

O projeto possibilitou ainda o estudo de novas formas de comunicação remota com medidores usando outros meios físicos de comunicação.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. P. Agrawal, *Fiber Optics Communication Systems 2. Ed*, John Wiley & Sons, 1997.
- [2] D. Raskin, D. Stoneback, *Return Systems for Fiber/Coaxial Cable TV*, Prentice Hall, 1998.
- [3] ABNT, NBR14519 – Medidores eletrônicos de energia elétrica (estáticos) – Especificação; maio 2000.
- [4] ABNT, NBR14522 – Intercâmbio de informações para sistemas de medição de energia elétrica – Padronização; maio 2000. W. Ciciora, J. Farmer, D. Large. *Modern Cable Television*. Morgan Kaufman, 1999.
- [5] ANEEL, Resolução No. 456 de 29 de novembro de 2000.
- [6] Dória, R. (1998); Um projeto piloto de tarifa amarela; a experiência da COPEL. Anais do Efficientia 98 – Seminário nacional de combate ao desperdício de energia elétrica.

- [7] Alves, T. M. M. (1998); Um projeto piloto de tarifa binomial; a experiência da CEMIG. Anais do Efficientia 98 – Seminário nacional de combate ao desperdício de energia elétrica.