

Sistema de Religamento & Corte de Unidades Consumidoras com Tecnologia Bluetooth

Carlos Alberto Fróes Lima, José Ricardo Portillo Navas e Tiago Carvalho, Dalton Swain Conselvan e André S Fonseca Sobrinho, Jerry Jackson Eloy Santos

Resumo – Este trabalho apresenta os resultados obtidos com o desenvolvimento e a implementação de um dispositivo ativo, com tecnologia *Bluetooth*, agregado aos elementos atualmente existentes no ramal de ligação, para permitir operações de religamento e corte a distância, através de *handhelds*, sem interferências mecânico-elétricas diretas especializadas e garantindo o acesso às unidades de medição na eventualidade de negação e/ou dificuldades do acesso. Objetivou-se oferecer maior segurança e facilidade operacional nas operações contribuindo com uma redução de custos operacionais e melhorias na imagem da empresa. Mostrou-se a viabilidade do dispositivo de religamento e corte no cenário de unidades consumidoras que normalmente apresentam um histórico de reincidência. Agrega-se que a introdução da negociação antecipada no processo de atendimento ao cliente inadimplente é mais eficaz no relacionamento e financeiramente, antecipando etapas. Assegura uma forma mais discreta de abordagem que todo o aparato de eletricitistas e viaturas.

Palavras-chave – Religamento e corte remotos, Tecnologia Bluetooth, Automação de processo de religa e corte, Redução de custos operacionais, Segurança operacional.

I. INTRODUÇÃO

A execução dos procedimentos de religamento e corte de **unidades consumidoras (UC)** de baixa tensão em rede energizada exige procedimentos que garantam segurança e facilidade operacional, que diminuam os riscos à integridade física dos funcionários, evitando quedas ou outro tipo de acidentes com a manipulação da energia. Por outro lado,

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica regulado pela ANEEL e consta dos Anais do V Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (V CITENEL), realizado em Belém/PA, no período de 22 a 24 de junho de 2009.

Este projeto foi possível graças ao envolvimento do Departamento de e Corte e Religamento da Coelce, reforçando e ampliando a disseminação dos resultados e aplicabilidade das soluções obtidas, em parceria com a KNBS (www.knbs.com.br) – sistemas especialistas e mobilidade e Identech (www.identech.com.br) – desenvolvimento de hardware.

Fróes Lima, C.A., coordenador do desenvolvimento do sistema especialista, responsável pela organização do conhecimento aplicado (email: froes@knbs.com.br) - Carvalho, T., analista de sistemas, responsável técnico pelo desenvolvimento das soluções de mobilidade (e-mail: carvalho@knbs.com.br) - Navas, J. R. P., engenheiro, responsável pelo controle do desenvolvimento (e-mail: navas@knbs.com.br) trabalham na empresa KNBS.

Santos, J.J.E., responsável pelo acompanhamento do desenvolvimento da COELCE (e-mail: jerryeloy@coelce.com.br) trabalha na Companhia Energética do Ceará - Coelce

Conselvan, D.S. (e-mail: dalton@identech.com.br) coordenador do desenvolvimento hardware pela Identech e Sobrinho, A. S. F. (e-mail: sanches@identech.com.br) trabalham na empresa Identech.

estas ações, normalmente intrusivas e desgastantes no relacionamento com o cliente/consumidor precisam ser executadas de acordo com a imagem de seriedade da empresa concessionária.

Em resposta a essa iniciativa foi desenvolvido o Sistema de Religa e Corte de Unidades Consumidoras com Tecnologia Bluetooth, consistindo de um dispositivo ativo, denominado de Dispositivo de Religa & Corte, o qual se comunica através da tecnologia *Bluetooth* com uma Leitora (desenvolvida sobre um *handheld* comercial). Este handheld executa os comandos de religamento e corte com as operações centralizadas de conhecimento do relacionamento com o cliente, seus dados cadastrais e faturamento, segundo o modelo operacional da concessionária.

A utilização da tecnologia *Bluetooth* para comunicação a curtas distâncias entre dispositivos eletrônicos está bem consolidada em nível mundial, o que garante a integração desta tecnologia às características deste projeto com compromissos evolutivos e facilidades de mercado. Além do aspecto funcional, o fato de ser altamente difundida foi determinante para sua escolha, considerando que a maioria dos computadores pessoais portáteis (*PDA*s e *Handheld*s) dispõe desta tecnologia integrada.

Este projeto contribui como uma solução tecnológica de religamento e corte remotos, que oferece segurança e redução de custos operacionais, permitindo melhoria na imagem da empresa no sentido de controle efetivo de suas operações e atendimento ao seu cliente, agregando valor ao negócio e contribuindo com a austeridade no controle de inadimplência.

As questões de segurança das equipes no atendimento as tarefas de religa e corte constituem um dos resultados extremamente positivos deste projeto. Associa-se ainda a estruturação diferenciada do processo de negociação, buscando antecipar etapas e custos no relacionamento conflituoso existente do inadimplente.

O projeto foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do Setor Elétrico, cujas principais informações são: Código ANEEL: 0039-006/2006; Título: Sistema de Religamento e Corte de Unidades Consumidoras com Tecnologia Bluetooth; Financiada pela Companhia Energética do Ceará (Coelce); Executoras: KNBS Telecomunicações e Informática, Núcleo de Estudos e Pesquisas do Nordeste (NEPEN), INDENTECH – Indústria e Comércio de Produtos Eletrônicos; Ciclos 2005/2006, 2006/2007; Valor investido: R\$ 491.090,00.

II. CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA

A metodologia utilizada no projeto teve como meta o desenvolvimento e implementação de um dispositivo, de fácil manuseio e confiabilidade, para religamento e corte de unidades consumidoras, utilizando tecnologia *Bluetooth* associada aos medidores de energia, para a transmissão e recepção de comandos, tendo como base de controle e comunicação a utilização de equipamentos tipo *Smartphone*.

Neste contexto, além de uma extensa pesquisa bibliográfica, desenvolveu-se uma série de atividades, incluindo reuniões com a empresa concessionária para reconhecimento do sistema de medição, dos equipamentos e tecnologias utilizadas, modelagem detalhada do projeto e identificação das informações a serem fornecidas em relação ao sistema onde será implantado o projeto, bem como o estudo das normas de fornecimento de energia aos consumidores com o novo método de controle de religamento e corte.

Com esse reconhecimento, e com a devida orientação da concessionária, foi possível estabelecer os requisitos que a solução adotada para o novo método de religamento e corte deveria respeitar: como as Normas e procedimentos de Religa & Corte estabelecidas pela concessionária no âmbito da regulação do atendimento estabelecida pela agência reguladora ANEEL [1], [2] e [3].

III. PROCEDIMENTOS DE RELIGA & CORET

A execução dos procedimentos de religa e corte, aplicável a operações de religamento e corte de UC de baixa tensão em rede energizada [1], é aderente ao Procedimento de execução “Serviços de Ligação, Corte e Religação de Unidades Consumidoras de Baixa Tensão” descritos nos procedimentos internos da Coelce [2].

De acordo com esse procedimento, a ligação é realizada normalmente em caso de novas instalações.

A religação é o ato de restabelecer o fornecimento de energia elétrica à UC, por solicitação do cliente, depois de eliminado o fato que motivou a suspensão. A suspensão do fornecimento ou corte, pode acontecer em atendimento a fatos e segundo as recomendações indicadas na Resolução 456 [3] da ANEEL, artigos 90 a 94, ou em função de eventos especiais tais como:

- Na eventualidade de emergências que venham a surgir no sistema;
- Por dano ocasional em equipamento de medição pertencente à concessionária;
- Deficiência técnica e/ou de segurança das instalações da unidade consumidora, que ofereça risco iminente de danos a pessoas ou bens, inclusive ao funcionamento do sistema elétrico da concessionária;
- Não pagamento em detrimento do procedimento de reaviso.

A Concessionária não executa a religação quando:

- O local estiver fechado sem acesso à proteção (disjuntor ou chave);
- Por motivo de irregularidade;
- Quando houver risco à unidade consumidora, rede de distribuição ou a terceiros.

Dessa forma, um resultado positivo do projeto está relacionado com a religação em locais fechados e sem acesso. Este motivo passa a não mais ser impeditivo, trazendo, portanto, contribuições nos procedimentos operacionais da concessionária.

IV. PROGRAMAÇÃO DO SERVIÇO DE RELIGA & CORTE

Na programação do serviço de Religa e Corte todas as informações relacionadas com as UC onde deverão ser executados os serviços (que fazem parte dos dados cadastrais da concessionária), são organizadas na forma de rota/roteiro para facilitar e agilizar o bom desempenho das atividades executadas pelos operadores.

As rotas/roteiros são arquivos eletrônicos que indicam a sequência de UC (e os respectivos dados de apoio) que os operadores devem seguir. Estes dados são carregados nas leitoras entregues aos eletricitas (operadores). São utilizados para a execução das atividades de religa e corte, de acordo com o planejamento da concessionária.

V. DIRECIONAMENTOS TECNOLÓGICOS

No desenvolvimento do sistema optou-se pelo uso de uma tecnologia baseada na comunicação sem fio, para executar as operações de religa e corte sobre as UC.

Atualmente, várias tecnologias sem fio são disponibilizadas em dispositivos eletrônicos tipo *Palm*, *PDA* ou *Smartphones*, de baixo custo e já consolidadas. A grande maioria dos dispositivos no mercado já possui integrado um ou mais transceptores baseados nas tecnologias: *Bluetooth*, *Wi-Fi*, *IrDA*, *ZigBee* e celular tipo GSM/GPRS.

Após vários estudos e análises realizadas para o desenvolvimento do Sistema de Religa & Corte, foi escolhida a tecnologia *Bluetooth* [4]. Esta é a denominação de uma tecnologia de Radio Frequência de curto alcance que opera na faixa de frequência não licenciada de 2.4 GHz suportando a transmissão de voz e dados, com alcance nominal (cobertura) do *Bluetooth* de 10 m, 20 m ou 100m, dependendo da classe do dispositivo [5].

Na escolha da tecnologia *Bluetooth* foram considerados os seguintes aspectos:

- A utilização da tecnologia *Bluetooth* tem sido a base para diversas aplicações relacionadas aos Medidores de Energia Elétrica.
- A distância de operacionalização pode variar entre 10 a 100 metros, requerendo transmissores baratos e pequenos o suficiente para serem incluídos em praticamente qualquer tipo de dispositivo, incluindo-se medidores de energia.
- A tecnologia *Bluetooth* é um padrão aberto e livre de pagamento de royalties, o que vem levando muitos fabricantes ao desenvolvimento de produtos integrados a esta tecnologia.
- A tecnologia *Bluetooth* já se transformou em um padrão comum mundial para a conectividade sem fio, sendo considerada como a tecnologia que apresenta o menor custo em padrões para comunicação sem-fio (*wireless*)

A escolha da tecnologia foi baseada, principalmente no aspecto de custo e disponibilidade de transceptores com a tecnologia *Bluetooth*, para integração da interface no dispositivo de Religa & Corte, o qual, na época do estudo, mostrou-se menor que das demais tecnologias, compatíveis com o transceptor *Bluetooth* dos *Smartphones* de mercado, fornecendo coberturas que atenderam os propósitos do projeto, onde se desejavam alcances reais da ordem de 20 m.

Em função desses aspectos, foi selecionado para a leitora um equipamento baseado em um *Smartphone* do tipo TREO 650, o qual apresenta características adequadas no que diz respeito a facilidades de implementação, capacidade de armazenamento, facilidade de manuseio e robustez. Este equipamento também tem a vantagem circunstancial de ser utilizado na linha de leituras e de manuseio reconhecido pela concessionária.

Outro direcionamento adotado no projeto foi a orientação para atendimento de múltiplas UC, a partir de uma estrutura controlada por apenas uma única interface *Bluetooth*, ao invés de um dispositivo de Religa & Corte por ramal de ligação para atendimento de uma única UC. Essa solução sistêmica proporciona uma redução de custos por UC e uma simplificação de design, visto que na rede de distribuição da concessionária, normalmente, a partir de um único poste são derivados vários ramais de ligação para alimentação das UC correspondentes.

Com essa solução, um único electricista, com o uso de uma leitora (*Smartphone*), executará a operação à distância, sobre múltiplas UC, sem necessidade de subir ao topo do poste, eliminando-se os riscos envolvidos.

VI. ARQUITETURA DO SISTEMA

A solução do Sistema de Religa e Corte está composta pelos elementos sistêmicos, apresentados na Figura 1:

1- **Medidor:** medidor atual nas instalações do usuário.

2- **Dispositivo de Religa e Corte:** integrado com uma interface *Bluetooth*, instalado no ramal de ligação da UC, para permitir as operações remotas de religa e corte;

3- **Leitora (*Smartphone*):** com recursos de comunicação via *Bluetooth*, e carregada com um software aplicativo que executa e controla as operações remotas de religa e corte das UC realizadas pelos operadores. Através dela são transferidos os comandos de religa e corte entre a leitora e o dispositivo;

4- **Servidor central:** carregado com um software aplicativo orientado ao Sistema de gestão de religa e corte. No servidor são centralizadas, organizadas e controladas as operações de religa e corte de todas as UC cadastradas no seu banco de dados. Permite o descarregamento “*off-line*” das informações armazenadas nas memórias das Leitoras executando o devido processamento. A informação processada será entregue para o sistema de gerenciamento respectivo da concessionária.

O enlace de comunicação entre a leitora e o dispositivo de Religa e Corte, na prática atinge distâncias com boa qualidade de comunicação da ordem de 20 m, mostrando-se suficiente para a execução das operações de religa e corte sobre as Unidades Consumidoras. A faixa de frequência de operação é de 2,4 GHz.



Figura 1. Arquitetura funcional do sistema de Religa & Corte.

A. Características da Leitora

A leitora consiste em um equipamento portátil apropriado para uso manual (tipo *smartphone*), destinado a executar os comandos sobre o dispositivo de Religa & Corte associado ao medidor da UC. A leitora é ainda programada com senhas de acesso e de operador para maior segurança do sistema.

A leitora é equipada com um software de interface de operação (homem x máquina), que permite ao operador:

- A seleção da Unidade Consumidora desejada da rota/roteiro previamente planejada e armazenada na sua memória;
- A execução do serviço planejado para cada uma das UCs da rota/roteiro;
- O envio do comando para o dispositivo e a visualização do status da operação solicitada.

Os comandos que permitem a execução dos serviços planejados são, conforme a Figura 2:

- **CONFIG:** Configura no dispositivo o número da UC e os relés associados às fases (monofásico, bifásico ou trifásico) que serão habilitadas para uso;
- **RELIGA:** Liga os relés (habilitação das fases para uso);
- **CORTE:** Desliga os relés (desabilitação das fases para uso);
- **STATUS:** Informa o status das conexões ligadas à residência do consumidor, permitindo que o electricista possa verificar o estado de energização dos condutores de alimentação da UC, identificando a existência de energia de terceiros, dupla ligação ou fraudes;
- **VERSION:** Informa a versão do firmware e do módulo *Bluetooth* instalados no equipamento de Religa & Corte.



Figura 2. Tela de login da leitora e suas funcionalidades principais

Para comunicação com o dispositivo de Religa & Corte, a leitora usa os protocolos que implementam da pilha de protocolos de comunicação de dados (ar x ar), definidos nas recomendações da tecnologia *Bluetooth* [6].

O software residente na leitora, uma vez carregado, permite que a leitora seja configurada, através de uma comunicação via cabo e porta serial ou USB a partir do servidor Central do sistema. Entre os dados configurados estão:

- Identificação da concessionária
- Identificação da rota a ser percorrida
- Identificação das unidades consumidoras
- Informações da ação a ser executada em cada UC.

Após a configuração, a leitora está habilitada para executar as atividades planejadas em cada UC interagindo com o dispositivo de Religa & Corte respectivo.

Uma vez realizadas as ações em todas as UC da rota em questão, as informações armazenadas na leitora serão transferidas para a memória do Servidor Central através de um procedimento manual (*download*).

VII. CARACTERÍSTICAS DO DISPOSITIVO DE RELIGA & CORTE

O hardware do dispositivo de Religa & Corte é formado pelas placas de circuito impresso correspondentes a blocos de implementação, de mesmo nome:

- **Circuito de proteção:** Este circuito visa à proteção dos componentes do dispositivo de religa & corte contra surtos de tensão na rede elétrica (neutro e fase);
- **Placa fonte:** formada por uma fonte chaveada responsável pela conversão do sinal da rede (220/380 Vac) em um sinal DC de 9V. Será usado tanto para placa principal quando para o acionamento do relé;
- **Placa principal:** inclui a interface *Bluetooth* e microcontrolador responsável pelo controle do módulo *Bluetooth* e das placas sensoras;
- **Placa sensora:** contem o sensor do relé o qual disponibiliza para a placa central o status do funcionamento do relé (ligado ou desligado), assim como o controle do relé: liga ou desliga o relé de acordo com o comando enviado pela placa principal, disponibilizando ou não tensão na unidade consumidora;
- **Relé(s):** Relé com capacidade de corrente nominal de 100 A. O relé apresenta um comportamento biestável, sendo ligado ou desligado através de pulsos de tensão em suas bobinas. Seu estado de funcionamento permanece inalterado até que novos pulsos sejam gerados. Esta característica é imprescindível para esta aplicação, pois mesmo com o desligamento do dispositivo de Religa & Corte devido à falta de tensão na rede ou de outro problema, o estado de ativação do relé (ligado ou não) permanece inalterado.

As placas de circuito impresso são empacotadas em uma mecânica padrão Coelce (caixa de derivação atualmente utilizada pela Coelce na distribuição a unidades consumidoras de baixa tensão). A escolha desta caixa para o uso no protótipo garantiu o reconhecimento técnico e eliminação de

diversos testes para garantias de vida útil, insolação, salinidade, etc.

Por outro lado, com a experiência da fabricação do primeiro protótipo, durante o ano 1 e da pesquisa do melhor local para a implantação futura desse dispositivo, foi verificado que os custos por dispositivo poderiam ser impeditivos, face ao custo da interface *Bluetooth* por UC para estabelecer o enlace de comunicação com a Leitora (TREQ 650). Assim sendo, em conjunto com a Coelce, foi estudada a possibilidade de com apenas uma única interface *Bluetooth*, controlar mais de uma UC, empacotando todos os componentes eletrônicos em uma mesma mecânica.

Os resultados do estudo demonstraram a viabilidade de um empacotamento único, o qual passaria a ser instalado no poste padrão da rede de distribuição da Coelce ao invés de ser instalado no poste de cada uma das UC. Além disso, esse empacotamento poderia utilizar a mesma caixa de derivação polímera utilizada pela Coelce em outros projetos internos. Dessa forma, o Dispositivo de Religa & Corte foi reprojetoado para atendimento de múltiplas UC's (monofásicas, bifásicas e trifásicas) com apenas uma interface *Bluetooth* e com capacidade de até 12 relés de 100 A cada.

Assim, a pesquisa, apoiada por decisões da Concessionária, apontou a utilização de postes padrão da rede de distribuição como suporte do Dispositivo de religa & Corte.

Outra decisão importante referiu-se ao empacotamento mecânico do dispositivo. Pesaram nesta decisão, dois fatores: a utilização de mecânicas homologadas e praticadas pela Concessionária e a economia resultante no empacotamento de dispositivos que sirvam a diversas UC. Com efeito, como se verificou mais tarde, o custo do dispositivo é fortemente influenciado pelo empacotamento mecânico e pela quantidade de chaves (relés) incluídas.

A Figura 3 apresenta o protótipo de um dispositivo de Religa & Corte para atendimento a 6 UC monofásicas, representadas por lâmpadas (em cor vermelho na Figura 3) para os testes de prova de conceito em bancada de laboratório.

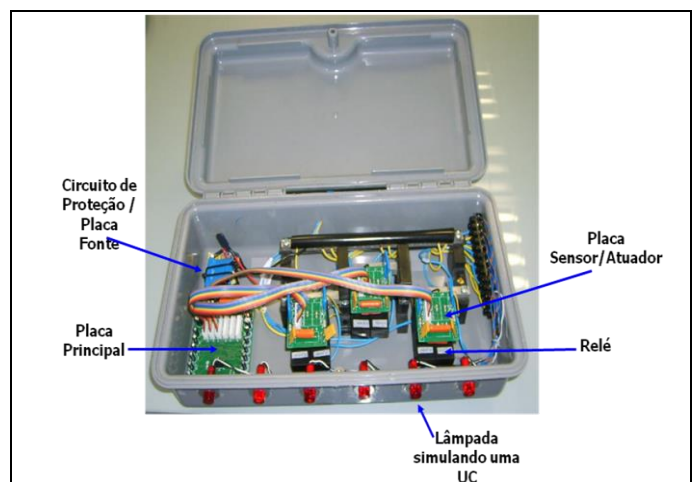


Figura 3. Distribuição das placas na caixa de derivação Coelce

Ainda, o *hardware* do dispositivo de Religa & Corte possui um sensor fotoelétrico para controle de abertura da tampa, sendo que esta informação é armazenada pelo firmware do dispositivo e coletada pela leitora para posterior transferência ao Servidor do sistema. A informação de abertura da

tampa poderá ser utilizada pela Coelce para análise de potenciais fraudes nas instalações da Unidade Consumidora.

O *firmware* do dispositivo de Religa & Corte foi desenvolvido para atendimento de múltiplas Unidades Consumidoras, monofásicas ou polifásicas, com capacidade de controle de até 12 relés com uma única interface *Bluetooth* (múltiplos usuários). Isto é, o *firmware* tem capacidade de controlar até 12 relés, suportando até 12 UC monofásicas ou qualquer configuração de UC polifásicas limitadas a 12 relés.

Para atendimento de múltiplas UC's (monofásicas, bifásicas e trifásicas) em um único dispositivo, o *software* da leitora e o *firmware* do dispositivo, foram ambos estruturados em dois aplicativos distintos visando aspectos de segurança e abrangência de procedimentos dos eletricitistas (operadores) do sistema:

- Aplicativo de Configuração do Dispositivo de Religa & Corte;
- Aplicativo de execução das funções de Religa & Corte.

O aplicativo de configuração é responsável pela configuração do dispositivo através da alocação ou desalocação dos relés físicos que serão designados para uso em cada UC.

O aplicativo de Religa & Corte é responsável pela troca de informações entre a leitora e o dispositivo usando as configurações realizadas através do Aplicativo de Configuração, para a realização das operações de Religa & Corte.

Em resumo, o dispositivo de Religa & Corte está projetado para atendimento às seguintes características:

- Uso de mecânica padrão Coelce;
- Múltiplos usuários (UC) e múltiplas configurações (monofásico, bifásico e trifásico);
- Apenas um módulo *Bluetooth* por dispositivo;
- O projeto (*hardware*, *firmware* e *software* da leitora) desenvolvido com capacidade de processamento de até 12 relés;
- Dispositivo projetado para ser instalada no poste da rede de distribuição da Coelce.
- Equipamento portátil para execução das operações remotas de religa e corte baseado em *Smartphone* TREO 650.

O sistema permite as ações de Religa e Corte de clientes residenciais do Grupo B da Coelce (monofásicos, bifásicos e trifásicos).

A execução das ações de religa e corte é realizada através de comandos enviados pela leitora e executados pelo Dispositivo de Religa & Corte, instalado no poste da rede de distribuição. Ou seja, do ponto de vista operacional, os operadores do sistema interagem com os seguintes elementos do sistema:

- **Leitora:** envia comandos de religa e corte;
- **Dispositivo de Religa & Corte:** executa comandos de religa e corte;
- **Servidor Central:** registra todas as operações de religa e corte.

A. Local de Instalação do Dispositivo de Religa & Corte

O dispositivo de religa & corte deverá ser instalado no poste da concessionária, e dele sairá o ramal de ligação para

a unidade consumidora do cliente, permitindo assim uma execução com maior segurança das atividades quando comparadas com o método “tradicional de corte”.

As Figuras 4, 5 e 6, mostram um protótipo do dispositivo de Religa & Corte, instalado no poste da concessionária, para atendimento de duas UC monofásicas, e preparado para utilização dos cabos reais de alimentação (fases e neutro) e de conexão de UC da rede de distribuição secundária.

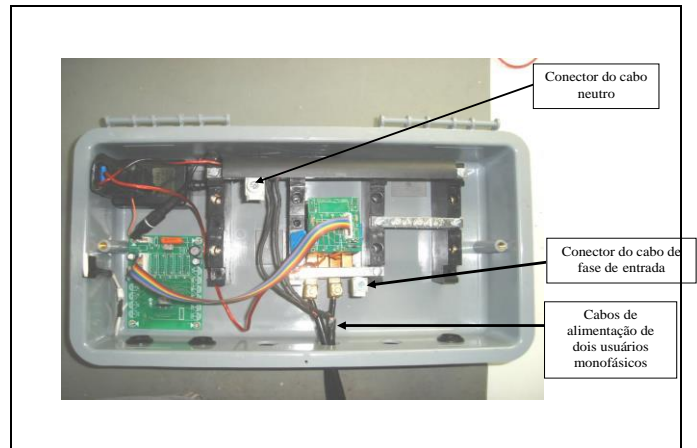


Figura 4. Protótipo instalado para atendimento de duas UC MONOFÁSICAS (visão interna da conexão com a rede)



Figura 5. Protótipo instalado no poste da rede de distribuição para atendimento de duas UC monofásicas

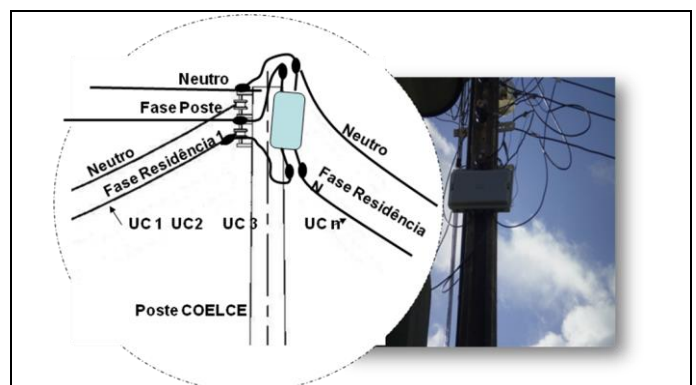


Figura 6. Esquema da instalação do dispositivo

VIII. TESTES DE VALIDAÇÃO EM CAMPO

O sistema foi instalado em campo, na cidade de Fortaleza, para efeitos de testes de validação das funcionalidades especificadas no projeto, como também, verificar a conectividade

de do dispositivo com os cabos reais da rede de distribuição da Coelce.

Além disso, os testes tiveram o objetivo de avaliar o desempenho do Sistema quando submetido às intempéries e aos riscos de vandalismo característicos da região onde se pretende uma operação comercial. Estes dispositivos são operados através das Leitoras (baseadas em *Smartphones*) as quais são gerenciadas pelo Servidor Central.

Dois dispositivos instalados foram configurados com dois relés cada um, para o atendimento a clientes monofásicos da Coelce. Essas duas UC foram cadastradas no software de Religa & Corte para posterior operação de corte e ligamento destas unidades consumidoras.

Nesse ambiente, foram realizados de forma exaustiva, testes funcionais dos elementos do Sistema (Dispositivo de Religa & Corte, Leitora, e Servidor de Gestão de Religa & Corte). Foram gerados os seguintes macro-casos de teste:

- Teste de controle de acesso de usuários do sistema e de operadores responsáveis pelas operações de religa e corte em campo;
- Testes de estabelecimento de enlace de conexão entre Dispositivo e Leitora;
- Teste de Desconexão do enlace de Comunicação
- Verificação das Versões de *Hardware*, *Software* e *Firmware* instaladas em campo;
- Teste de configuração da UC associada ao Dispositivo de Comunicação;
- Teste de Cadastro de usuários do sistema no Servidor de Gestão de Religa & Corte;
- Teste de Cadastro de UC no Servidor de Gestão de Religa & Corte;
- Teste de Cadastro de Dispositivos no Servidor de Gestão de Religa & Corte;
- Testes de religa e corte em campo das UC;
- Teste de *upload* e *download* no Servidor de Gestão das ações associadas a religa e corte em campo;
- Teste de Alertas e Mensagens Operacionais das ações em campo.

A Figura 7 apresenta uma intervenção de um operador do sistema no procedimento de Religa e Corte de UC.



Figura 7. Operador atuando no religamento de um cliente.

IX. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise de viabilidade econômica realizada sobre o Dispositivo de Religa & Corte desenvolvido no projeto, comprovou a efetividade da solução.

A análise foi baseada na metodologia de comparação dos custos das operações de religamento e corte, realizadas entre o processo atual da Coelce (corte manual) e o processo realizado com o Dispositivo de Religa & Corte resultante do projeto. A operação manual, normalmente é realizada por uma empresa terceirizada, e considera uma viatura de quatro rodas, com uma equipe de dois profissionais eletricitistas capacitados.

Na operação automatizada, realizada com o Dispositivo de Religa & Corte, o custo resultante é calculado a partir de uma estimativa da industrialização do protótipo obtido durante o desenvolvimento do projeto de P&D ANEEL. Para a composição deste custo foi considerada uma estimativa de sua produção em pequena escala, não sendo considerado todo o esforço da Engenharia de Produto, visto que este pode, segundo uma abordagem estratégica, ser suportado com recursos ANEEL a partir de um desenvolvimento como cabeça de série. Um aumento da escala de produção favorecerá ainda mais as conclusões daquela análise realizada.

Na realização da análise de viabilidade, foram consideradas regiões, onde o histórico Coelce mostra que as operações de corte correspondem a UC que apresentam uma ou mais contas (faturas) pendentes de acerto. Observa-se que para cada corte realizado, nem sempre há uma solicitação de religa por parte do usuário.

A análise de viabilidade é função do balanço entre o volume de investimento e a economia de gastos operacionais resultante, e também de uma série de fatores intangíveis ou ainda de fatores indeterminados, que podem ser considerados ou não estratégicos pela Concessionária.

A questão da recuperação do investimento pela redução de custos operacionais foi analisada por 2 métodos distintos e complementares:

- Comparação entre o custo de operação, acrescido do custo individual do investimento com o custo de operação manual;
- Análise do fluxo de caixa do projeto, determinando em quanto tempo será possível recuperar e remunerar o capital investido a uma dada taxa de desconto.

Os fatores ou benefícios intangíveis abrangem a questão da melhoria da imagem da empresa, revelando austeridade no controle de inadimplência, ao mesmo tempo em que se busca o diálogo e a melhoria de relacionamento com os clientes e com a sociedade em geral através de ações que incluem a redução de situações de conflito ou constrangimento de seus consumidores por meio do uso racional da tecnologia.

Abrangem em segundo lugar, um maior sucesso na execução das operações de religamento e corte, devido à possibilidade de realizar as operações necessárias mesmo nos casos onde haveria impedimento de acesso ou ausência do consumidor. Finalmente, os benefícios intangíveis incluem também a redução de riscos para os eletricitistas, riscos estes que estão presentes nos casos da operação manual.

Além dos aspectos intangíveis, podem-se considerar ainda aspectos não diretamente determinados no problema, como a possibilidade de um maior controle sobre a execução das operações da empresa terceirizada executora das operações de Religa & Corte, verificando sua consistência e seu compromisso com os objetivos da Concessionária, e os custos operacionais salvos em decorrência. Estes aspectos podem, em médio prazo, serem avaliados, mas não foram considerados neste trabalho.

O critério utilizado no estudo da viabilidade econômica está baseado na comparação entre:

- (1) o custo médio por operação de religa ou corte, com a utilização do dispositivo, ao longo da vida útil deste, e;
- (2) o custo médio atual por operação de religa ou corte manual.

O modelo inicialmente considera que o sistema é economicamente viável se:

$$(1) < (2).$$

Os resultados mostraram que a introdução do Dispositivo de Religa & Corte, naquele cenário descrito acima, acarreta uma redução direta dos custos operacionais para a concessionária, da ordem de 50% por operação, resultando em uma redução anual bastante positiva. Por outro lado, os valores de investimento, para aquele cenário, indicam que o Período de Recuperação do Investimento (PRI) ou *Pay-back* do projeto, é de 12,5 meses, mostrando o grau de aplicabilidade associado ao projeto.

Desta forma, pode-se afirmar, que segundo a metodologia de comparação adotada, a utilização do Dispositivo nas operações de religa e corte se justifica, visto que o custo de uma operação, acrescido do custo do investimento por operação individual é menor do que o custo de uma operação manual.

Questões não tangíveis podem ser agregadas ao processo atualmente existente na concessionária na execução de seu relacionamento de corte por inadimplência. A evolução do atendimento deste cliente por um agente de negociação para a realização ou efetivação do corte pode antecipar a fase de relacionamento para a solução de conflitos e negociação de pagamento. Este atendimento pelo agente que pode efetivar o corte pelo dispositivo proposto pode garantir inclusive situações mais discretas de relacionamento, sem o aparato (e custo) de viaturas, equipamentos e eletricitas.

A segurança do acionamento, sem ações sobre a rede, também devem ser reforçadas numa caracterização dos resultados, num processo evolutivo de atendimento sem intervenções perigosas e equipagem isoladora dos eletricitas.

X. BENEFÍCIOS DO PRODUTO

Uma vez disponibilizado sob a forma de produto, o resultado do projeto descrito agregará significativo valor ao negócio das concessionárias, possibilitando uma nova forma de relacionamento com o cliente consumidor [2], e um serviço de religamento e corte mais confiável, mais seguro, e mais rápido.

A introdução do dispositivo de Religa & Corte provocará a redução do custo para a execução de uma Ordem de Serviço (OS), Considera-se como economia que com essa nova

sistemática não será necessária a mobilização de uma viatura de quatro rodas com dois eletricitas portando todos os equipamentos de segurança necessários para a execução do serviço, mas apenas de um eletricista com uma viatura de duas rodas, provido de uma leitora com a tecnologia Bluetooth.

O sistema permite também maior controle na execução das operações de religa e corte, através do fornecimento do status das conexões ligadas à residência do consumidor, permitindo que o eletricista possa verificar o estado de energização dos condutores de alimentação da UC, identificando a existência de energia de terceiros, dupla ligação ou potências fraudes.

Além disso, a produtividade da concessionária experimentará um incremento considerável em termos da capacidade diária de execução de operações de religa e corte, visto que, com a introdução do dispositivo de Religa & Corte, os tempos de execução do serviço se tornarão extremamente reduzidos, quando, comparados com os quase 15 minutos atuais de uma equipe convencional (dois eletricitas e uma viatura de quatro rodas).

Na configuração do dispositivo, para uma UC monofásica é associado um relé, para uma UC bifásica são associados 2 relés e para uma UC trifásica são associados 3 relés. O *software* da Leitora e o *firmware* do dispositivo de Religa & Corte tem capacidade para controlar até 12 relés, permitindo assim, diversas configurações de dispositivos suportando até 12 UC monofásicas ou qualquer configuração de UC polifásicas limitadas a 12 relés.

Dessa forma, cada dispositivo de Religa & Corte tem capacidade para atender múltiplas Unidades Consumidoras (UC), fornecendo uma economia adicional na sua implantação, reduzindo grandemente o investimento por UC. Essa redução de custos será ampliada, à medida que for considerada a fabricação em escala para o atendimento de um universo de UC da concessionária.

XI. CONCLUSÕES

Os resultados do projeto oferecem maior segurança e facilidade operacional na execução das operações de religa e corte, quando comparadas com o método “tradicional de corte”, onde é imprescindível o uso de ferramentas e equipamentos de segurança que ofereçam total proteção isolante ao eletricista responsável pela execução da tarefa. O projeto de Religa & Corte, oferece a possibilidade da execução da tarefa necessitando apenas de um eletricista ou um funcionário de relacionamento com o cliente, devidamente treinado com o uso de um *Palm top*. Ele executará a operação a distância sem necessidade de subir ao topo do poste, eliminando-se os riscos de acidente inerente a esta atividade, e em consequência, possibilitando uma nova forma de relacionamento com o cliente consumidor, e um serviço mais confiável, mais seguro, e mais rápido. Para o consumidor, a presença de um carro da concessionária para a execução de corte representa, muitas vezes, uma condição de constrangimento, que poderá ser minorada com a execução sem grandes alardes.

A contribuição dessa nova forma de serviço remoto a distância, porém presencial, inaugura uma nova fase de relacionamento com os clientes, disponibilizando uma nova tecno-

logia que agrega valor aos processos da Coelce, trazendo, sobretudo benefícios a empresa, aos seus colaboradores diretos nas ações efetuadas, na agilidade operacional e a seu maior bem, que são os clientes consumidores.

O estudo de viabilidade mostrou que a introdução do sistema desenvolvido nas operações de Religa e Corte, acarreta uma redução direta dos custos operacionais para a concessionária, e que os valores de investimento, para aquele cenário de análise, indicam que o Período de Recuperação do Investimento (PRI) ou *Pay-back* do projeto, é de 12,5 meses, mostrando o grau de aplicabilidade associado ao projeto.

É sugerida na continuação do projeto, a estruturação da Engenharia do Produto para se buscar as condições e os aspectos reais da produção em escala. Deverão ser complementados os seguintes aspectos dos protótipos atuais:

- Realização do encapsulamento mecânico adequado, segundo as características de implantação já caracterizadas durante a pesquisa e o desenvolvimento feitos;
- Realização dos ensaios de validação do dispositivo no encapsulamento definitivo, tais como pulso elétrico, descarga, surto, interferência eletromagnética, impermeabilidade da embalagem e salinidade acelerada.

Com os resultados do produto como cabeça de série qualifica-se, então, o seu potencial de mercado, com vistas à produção industrial e comercialização em escala, gerando as condições para a busca de contratos de licença de direitos conforme legislação vigente (exploração de patentes e registro de *software* e prestação de serviços de assistência técnica e científica).



XII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] *Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição – NT-001/2001 Norma de Baixa Tensão – Coelce, 15/01/2001.*
- [2] *Serviços de Ligação, Corte e Religação de Unidades Consumidoras de Baixa Tensão” descritos no documento PEX-002/2004 R04 da Coelce.*
- [3] *RESOLUÇÃO N.º 456, DE 29 DE NOVEMBRO DE 2000, ANEEL*
- [4] E. E. Site Tutorials Report www.tutorial-reports.com/wireless/bluetooth/tutorial.php acessado em dez.2007
- [5] *Site oficial da tecnologia Bluetooth: www.bluetooth.com.org acessado dez.2007.*
- [6] *Recomendações da tecnologia Bluetooth: BLUETOOTH SPECIFICATION version 2.0, Bluetooth sig.*
- [7] *ANEEL. Índice ANEEL de satisfação do consumidor (IASC) 2001 CERON: relatório geral dos resultados da pesquisa final – jan.2002*
- [8] J.J. Eloy santos; Carlos Fróes; J.R. P. Navas; Tiago Carvalho; D.S. Conselvan; André S. Fonseca, "Sistema de Religamento & Corte de Unidades Consumidoras com Tecnologia Bluetooth," XVIII Seminário nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Olinda, PE, Brasil, Out. 2008.