

Lacre Eletrônico

J. A. Pereira; Carlos A. Purim; Giordano B. Wolaniuk ; Bruno R. Moeler, LACTEC e
João C. C. Alves, AMPLA

Resumo – Este trabalho apresenta o projeto do “Equipamento Lacre Eletrônico” (Patente: PI 0503404-3), como resultado do convênio de cooperação técnico científica entre a AMPLA (Energia e Serviços S. A.) e o LACTEC (Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento), dentro do programa de P&D coordenado pela ANEEL.

Palavras-chave – Lacre Eletrônico, Furto de Energia, Medidor de Energia, Qualidade de Energia.

I. INTRODUÇÃO

No contexto de perdas comerciais de energia, apresenta-se aqui o projeto do equipamento “Lacre Eletrônico”, de baixo custo e simples operação, cujo objetivo é o de auxiliar e agilizar a identificação de adulteração em instalações de medidores de energia elétrica e, ao mesmo tempo, dificultar ao máximo o acesso de terceiros não autorizados ao medidor, sendo essa uma das principais causas das perdas comerciais registradas pela AMPLA.

Seu princípio de operação baseia-se na utilização de um dispositivo eletrônico passivo de identificação, denominado *tag* RFID (do inglês: *Identificação por Rádio Frequência*), integrado a um mecanismo que destrói o *tag* quando o mesmo é rompido, não permitindo mais a leitura dos dados gravados no mesmo.

Os dados armazenados no *tag* RFID do Lacre Eletrônico podem ser averiguados sem contato elétrico em inspeções rotineiras por meio de um coletor de dados associado a um leitor de *tag* e antena sintonizada, especialmente projetados, permitindo assim uma análise das condições de integridade dos lacres, identificando em campo quando os mesmos estiverem rompidos, adulterados ou trocados.

Um sistema computacional instalado em uma central de controle, através do coletor de dados, organiza e avalia a identificação dos lacres colhida em campo comparando-as com informações disponíveis no sistema da concessionária para seus pontos de instalação, de forma a não permitir que uns sejam trocados por outros sem prévia autorização da concessionária e identificando de imediato os pontos onde houve fraude.

II. METODOLOGIA E DESCRIÇÃO DO PROJETO

A. Metodologia

A metodologia adotada baseou-se na experiência do LACTEC em projetos P&D, e que mais uma vez culminou em retorno positivo, tendo como resultado o novo equipamento de tecnologia nacional. Essa metodologia foi seguida à risca com a elaboração de uma seqüência de etapas cumpridas como metas pré-estabelecidas:

- Dimensionamento do problema em função de estudos de caso junto à concessionária, normas, experiência anterior, bem como suas consequências a médio e longo prazo;
- Busca de soluções de baixo custo associados à eficiência e qualidade na implementação;
- Análise crítica de cada uma das alternativas, incluindo aspectos técnicos, econômicos, operacionais, de mercado e de produção;
- Definição das alternativas a serem implementadas, incluindo análise dos recursos humanos e materiais necessários, custos e prazo;
- Elaboração de cronograma detalhado do projeto;
- Desenvolvimento do projeto em laboratório, incluindo circuitos eletrônicos, partes mecânicas, testes com protótipos;
- Construção de protótipos pilotos, próprios para instalação e ensaios de campo;
- Testes dos protótipos em campo;
- Acompanhamento dos testes em campo, compilação dos resultados e análise de desempenho;
- Refino do projeto em conformidade com as normas especificadas e finalização do produto;
- Elaboração de relatório final detalhado;
- Entrada com a patente do invento;
- Processo de transferência da nova tecnologia para a indústria.

B. Descrição do Projeto

O processo teve como resultado, um protótipo piloto destinado a testes e ensaios de laboratório e campo. Sendo este, o subsídio principal para as etapas que seguirão, de refino por meios de resultados dos testes em campo e construção de um protótipo cabeça-de-série em formato industrial.

Partimos de uma filosofia inicialmente proposta e discutida junto a AMPLA, onde o equipamento, ilustrado na Figura 1, seria composto por três partes distintas e bem definidas que são: o *Lacre-Eletrônico*, o *Leitor de Lacres* e *Sistema*

Este trabalho contou com o apoio da AMPLA – Energia e Serviços S.A.; da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica ; dos laboratórios de Compatibilidade Eletromagnética e Baixa Tensão do LACTEC - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento e Zola – Metalúrgica e Eletromecânica Ltda., que propiciaram as condições financeiras e técnicas ideais para o desenvolvimento de P&D abordados, do qual resultou em um novo equipamento destinado à redução de perdas no sistema de distribuição de energia, foco estratégico na conquista da Qualidade de Energia.

de Gerenciamento, descritos como se segue.

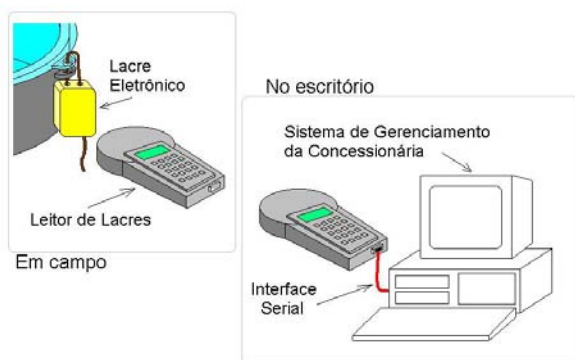


Figura 1. Topologia inicialmente proposta para o projeto.

1) **Dispositivo Lacre-Eletrônico**, ou Lacre propriamente dito (Figura 2), o qual é constituído fisicamente por um ou dois *tags RFID* (Figura 3), que é um componente eletrônico provido de um *chip* com processador, memória e antena para recepção e transmissão de dados e que não requer fonte alimentação, tornando-se ativo quando da aproximação de um leitor, o qual induz uma pequena corrente na antena do *tag* que alimenta o *chip*, que por sua vez é ativado transmitindo, via RF (Rádio Freqüência), as informações que estão em sua memória para o leitor; Associado a este, temos também um *Dispositivo Mecânico*, para o qual desenvolvemos duas opções, uma constituída de um ou dois *tags RFID* associados a uma mecânica que destruirá um dos *tags* quando o lacre é violado ou quando o cabo que o prende é cortado, impedindo este de transmitir os dados armazenados em sua memória. Outra opção é de um ou mais *tags RFID*, inseridos em uma lingüeta plástica de travamento especialmente projetada que é inserida num diapositivo de trava integrado na posição entre a tampa e a base da caixa do medidor de energia de forma a travar a tampa à caixa, obrigando sua destruição por meio de lâminas afiadas, quando retirada ou quando for necessária a abertura do medidor. Para este caso há a necessidade de que as caixas dos medidores sejam modificadas pelo fabricante de modo a apresentarem os locais para a inserção das lingüetas com o *tag RFID*;

2) **Leitor de Lacres**, que é o dispositivo portátil de leitura (Figura 3), constituído de uma antena especialmente projetada, um leitor de *tags RFID* e um coletor de dados específico utilizado pela concessionária, que no caso é um *Workabout* da *PSION*. Projetado para que seja possível a leitura remota dos lacres eletrônicos em campo. Esse módulo de leitura conta também com um micro-circuito responsável pela interface de dados entre o leitor de *tags RFID* e o coletor de dados padrão utilizado pela concessionária. Essa interface é feita por meio de conector RS232, interface óptica, ou outro tipo de terminal de comunicação de dados, dependendo do tipo coletor adotado;

3) **Sistema de Gerenciamento**, que nada mais é do que um *software* para leitura de dados armazenados em campo no coletor de dados já em uso pela concessionária acrescido de uma rotina de verificação dos lacres junto à banco de dados de clientes. A Figura 4 ilustra uma das telas do programa de gerenciamento onde se lê os dados de identificação dos *tags RFID* contidos dentro dos Lacres Eletrônicos.



Figura 2. Dispositivo Lacre Eletrônico.

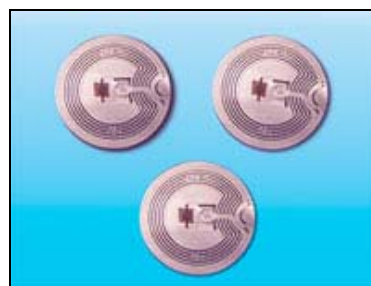


Figura 3. Tag RFID inlay.



Figura 4. Leitor de Lacres Eletrônicos.

O desenvolvimento iniciou-se com o projeto dos dispositivos mecânicos que alojariam os *tags RFID* e comportariam o sistema de gatilho e lamina de corte para destruição do *tag* depois que o mesmo fosse acionado que apresentassem boa precisão e repetibilidade bem como estrutura reproduzível em escala industrial. Nesta etapa, procurou-se por possíveis parceiros especialistas em mecânica fina para construir os dispositivos de acordo com nossas especificações. O resultado foi o de dois modelos de dispositivo experimental, ilustrados na Figura 5, totalmente remontável após seu acionamento. Porém, para a aplicação prática em instalações com espaços reduzidos, como a caixa que abriga o medidor de energia, será feito futuramente uma engenharia de produto de forma produzi-los em tamanho mais reduzidos, os quais deverão estar disponíveis para uma futura versão comercial do equipamento. Definido assim a mecânica inerente aos lacres eletrônicos, a continuidade se deu com o projeto da eletrônica correspondente ao módulo Leitor de Lacres, o qual deveria cumprir com precisão e repetibilidade as funções de leitura dos lacres; executar a comunicação de dados entre o leitor de *tags RFID* e coletor de dados adotado pela concessionária; armazenar os dados lidos em campo; realizar sob comando a comunicação entre o coletor e o sistema de gerenciamento; não influir no medidor, bem como, no

fornecimento de energia e ainda apresentar ergonomia favorável para operação em campo. Como solução chegamos a um equipamento microprocessado que compreende antena sintonizada; módulo de leitura de *tags RFID*; placa de interface para com coletor de uso padrão da concessionária (*Workabout – PSION*) e circuito para carregamento das baterias internas tudo montado de forma ergonômica e de fácil uso em campo (Figura 3).

Em paralelo desenvolveu-se um software destinado à leitura e conversão das informações armazenadas no módulo de leitura para um padrão adotado pela concessionária patrocinadora. Esse trabalho foi feito em sua maior parte juntamente à prestadora de serviços *Synapsis* que gerencia o sistema da AMPLA, para que assim todo o processo estivesse em total acordo com os padrões já utilizados.

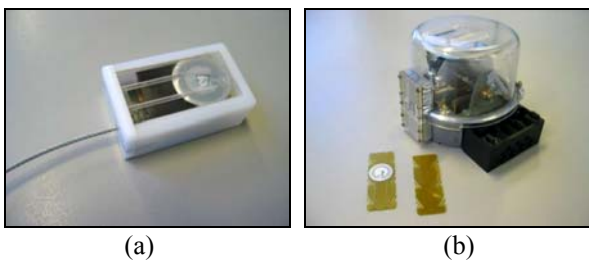


Figura 5. Protótipos (a) não conjugado e (b) conjugado ao medidor.

Estando de acordo os resultados, concluiu-se, o projeto de um Protótipo Final otimizado para uso em testes de campo bem como, providenciou-se o registro da patente da invenção junto ao INPI (PI 0503404-3).

III. PROJETO

A. Introdução

Para um melhor acompanhamento do processo de pesquisa que nos levou ao equipamento “Lacre Eletrônico”, dividiremos a explanação de seu projeto em quatro etapas, dedicadas, cada uma, a uma parte específica do equipamento que são: *Mecânica dos Lacres*, *Módulo Leitor de Lacres*, e *Software de Leitura e Interface com o Sistema*.

B. Mecânica dos Lacres

Os estudos nos levaram a criar duas opções para a mecânica do lacre, uma delas, denominada aqui de lacre não-conjugado, ilustrada pela Figura 5a e de forma expandida pela Figura 6, é constituída de dois *tags RFID* (C e D) associados a um dispositivo tipo lâminas afiadas (B) que destruirá um dos *tags* (D). Para este caso o dispositivo mecânico de destruição (F) é ativado quando o lacre é instalado, armando assim um gatilho (E) que dispara a lâmina de corte (B) quando do lacre (A) é violado ou quando o cabo de aço que o prende (J) é cortado. A Figura 7 ilustra a operação do mecanismo em seqüência para o caso em que se rompe o cabo de aço.

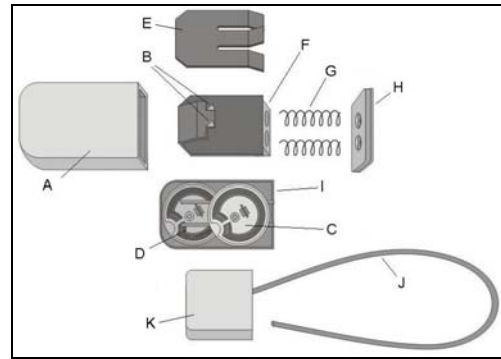


Figura 6. Lacre não conjugado expandido.

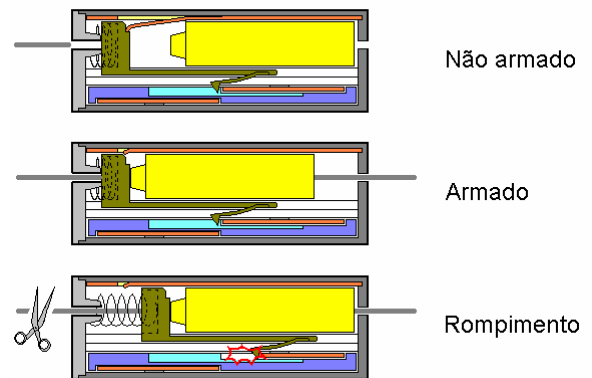


Figura 7. Funcionamento do lacre não conjugado.

Outra opção é a de um Lacre Eletrônico conjugado ao medidor ou ao seu gabinete, Figura 5b, onde um ou mais *tags RFID* (C), é inserido em uma lingüeta de travamento especialmente projetada (D) e esta inserida numa posição entre a tampa e a base da caixa do medidor de forma a travar a tampa à caixa por meio de sulcos internos ao dispositivo (A), obrigando sua destruição por meio de lâminas afiadas (B), quando da retirada a lingüeta ou quando for necessária a abertura do medidor. Para este caso há a necessidade de que as caixas ou gabinetes, que abrigam o medidor de energia, sejam modificados de modo a apresentarem locais apropriados para a inserção da lingüeta. A Figura 8 ilustra este segundo mecanismo proposto para o Lacre Eletrônico.

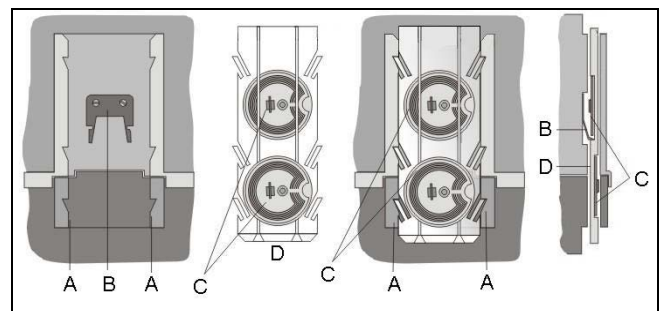


Figura 8. Lacre conjugado expandido.

Porém, por motivos práticos para a aplicação a que se destina, optou-se em primeira instância por utilizar os dispositivos do tipo não conjugado, construindo na seqüência um pequeno lote de peças para avaliação em uma aplicação prática. O lacre do tipo conjugado também foi avaliado, servindo como excelentes alternativas para outras aplicações.

C. Módulo Leitor de Lacres

O Módulo Leitor de Lacres Eletrônicos é um dispositivo portátil composto basicamente por uma antena sintonizada, especialmente projetada, um leitor de *tag RFID*, um circuito de controle de consumo e um coletor de dados padrão normalmente já utilizado pela concessionária (Figura 9). A antena foi projetada para que seja possível a leitura a uma distância de pelo menos 30 cm, tomando-se como base para seu projeto recomendações restritas do fabricante do leitor RFID (FEIG). O circuito do módulo leitor conta com um circuito elevador de tensão responsável elevação da tensão de bateria (7,2V) para os 12V necessários para o funcionamento do leitor RFID. A interface serial é feita via conector RS232, podendo ser adaptada para outros formatos, dependendo do modelo de Coletor de dados adotado. O diagrama de blocos ilustrado pela Figura 9 sintetiza o Leitor de Lacres Eletrônicos mostrado de forma expandida na Figura 10.

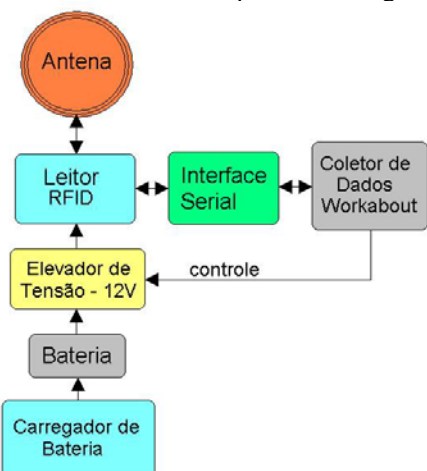


Figura 9. Diagrama do Leitor de Lacres Eletrônicos.



Figura 10. Leitor de Lacres Eletrônicos, expandido.

D. Software de Leitura e Interface com o Sistema

O programa foi elaborado em plataforma *OVAL* de propriedade da *PSION* fabricante do coletor *Workabout*. No programa foram carregados os comandos de operação do leitor de *tags* da *FEIG* (modelo *RR-IDISC-MR100-A*), de que opera sobre os padrões da norma *ISO/IEC15693* para comunicação em 13,56MHz. Este programa é o responsável por efetivar a comunicação do coletor *Workabout* com o leitor de *tags* RFID, enviando comandos para a leitura e verificação de dados, bem como armazenamento das informações contidas nos *tags* na memória interna do coletor,

associando estas os demais dados padrão da concessionária colhidos pelo operador em campo.

Através de uma interface específica do *Workabout* os dados são lançados no sistema de gerenciamento da concessionária permitindo, através de um programa de banco de dados, a correlação das informações colhidas em campo com o que está armazenando nos registros de cada cliente.

E. Operação do Equipamento

A operação do equipamento Lacre Eletrônico pode ser resumido da seguinte forma: O lacre eletrônico, como mencionado, possui um ou dois *tag* RFID do tipo *inlay* de 24,2mm de diâmetro associados a um dispositivo mecânico que destrói um deles quando o lacre é violado, impedindo-o assim de transmitir os dados nele armazenados para o módulo Leitor de Lacres. Este fato informa o operador que o dispositivo não se apresenta íntegro. O segundo *tag*, é opcional, servindo para que não se perca os dados do cliente em questão quando o lacre for violado e também para certificar de que o leitor de lacres esteja operando corretamente, evitando assim interpretações duvidosas da leitura. Outra forma de informar a não integridade dos lacres é verificar os dados internamente gravados nos *tags*, que são específicos para cada cliente. Assim, se os mesmos foram trocados por dispositivos não cadastrados ou de outros clientes o sistema de controle da concessionária, associado a bando de dados, deverá sinalizar a irregularidade.

A instalação dos Lacres Eletrônicos é idêntica a de um lacre convencional puramente mecânicos, porém antes de ser levado a campo o mesmo deverá passar por um processo registro no sistema da concessionária onde será executada a gravação de dados contendo informações confidenciais e únicas. Depois de instalado, o funcionário da concessionária deverá fazer uma pré-leitura do(s) lacre(s) no medidor em questão para verificar se os mesmos foram corretamente instalados.

As figuras 11a e 11b, ilustram como os lacres podem ser instalados em um medidor de energia padrão.

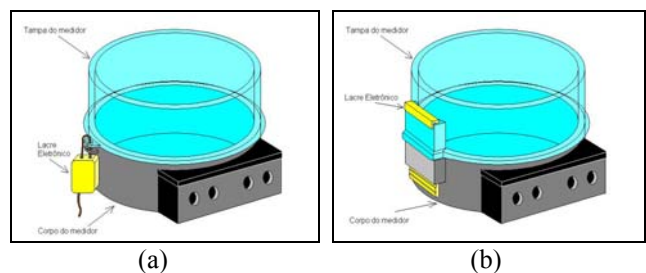


Figura 11. Instalação dos Lacres Eletrônicos, (a) não conjugado e (b) conjugado à caixa do medidor.

Nas vistorias periódicas o processo de leitura deverá ser realizado de forma a comprovar a idoneidade dos lacres e com isso comprovando que aquele medidor e sua caixa de instalação não foi indevidamente alterada. No caso de haver necessidade de abrir a caixa do medidor ou o medidor com finalidades de manutenção, todo o processo de lacragem deverá ser refeito, trocando-se os lacres antigos e, agora danificados propositalmente, por outros previamente programados e autorizados pela gerência do sistema de manutenção.

No final de cada operação de leitura dos lacres, as informações armazenadas no coletor de dados poderão ser baixadas por meio de um cabo a um computador no qual há um programa de gerenciamento padronizado para cada concessionária e adaptado para receber as informações contidas nos lacres eletrônicos e, assim, compará-las com os dados de cada consumidor, podendo desta forma ser verificado possíveis irregularidades.

F. Estratégia de difusão tecnológica dos resultados

A difusão tecnológica dos resultados iniciou-se com os setores de P&D e operacional na própria AMPLA. Durante o desenvolvimento do projeto foram realizadas apresentações aos funcionários da concessionária, diretamente ligados aos trabalhos com os medidores, iniciando-se assim o repasse das informações sobre o novo equipamento e quanto aos aspectos operacionais, metodologia de aplicação e diagnósticos que o equipamento permite. Na medida em que a utilização do novo equipamento for sendo implementada pela concessionária, reuniões para treinamento e troca de informações serão constantes com participação do corpo de projetistas do LACTEC de forma a se apurar procedimentos à medida que a tecnologia é absorvida.

IV. CONCLUSÕES

O processo de P&D teve como resultado um novo equipamento de tecnologia nacional destinado a auxiliar e servir como ferramenta no combate à perda por furto de energia.

No entanto a melhoria da qualidade dos serviços prestados pela concessionária só será evidenciada com a aplicação monitorada e em escala deste novo equipamento e com abrangência às regiões com reais problemas de furto de energia dentro da concessão. Somente com estudos adjacentes baseados nos resultados da aplicação monitorada permitirão estabelecer os parâmetros para a utilização eficaz do equipamento, reduzindo as ocorrências de fraudes junto a ramais de baixa tensão, em conseqüência, melhorando a qualidade dos serviços da concessionária à comunidade, reduzindo custos extras de manutenção do sistema por sobrecarga, menor frequência de manutenção da rede e finalmente, levando a concessionária a status de notoriedade junto ao contexto energético do país no que se refere ao combate à fraude e qualidade de energia.

V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a dedicação dos colegas do LACTEC e da AMPLA que, de uma forma ou de outra, colaboraram para o êxito deste projeto, esforçando-se ao máximo na solução dos problemas e no cumprimento dos prazos determinados.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livros:

- [1] Roumenin, C. S., Handbook of Sensors and Actuators, Volume 2, Ed. Elsevier Science B.V., The Netherlands, 1994, 416 pp.;
- [2] R. Frank Understanding Smart Sensors 1st ed, Ed. Artech House, USA, 1996, 269 pp.;

- [3] Fraden, J., AIP Handbook of Modern Sensors - Physics, Designs and Applications, ED. American Institute of Physics, 1993, 552 pp.;
- [4] Webster, John G., The Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook, CRC Press with IEEE Press (1999), Boca Raton, FL, USA - ISBN 0-8493-8347-1, 1500pp.;

Normas:

- [5] Norma IEC 61000-4-3/1995, "Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurements Techniques – Section 3: Radiated, radio-frequency, electromagnetic immunity test", IEC, Genebra, Suíça;
- [6] Norma IEC 61000-4-11/1995, "Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurements Techniques – Section 11: Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests", IEC, Genebra, Suíça;
- [7] Norma IEC 61000-4-2/1995, "Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurements Techniques – Section 2: Electrostatic discharge immunity test", IEC, Genebra, Suíça;
- [8] Norma IEC 61000-4-4/1995, "Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurements Techniques – Section 4: Electrical fast transient/burst immunity test", IEC, Genebra, Suíça;
- [9] Norma IEC 61000-4-5/1995, "Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurements Techniques – Section 5: Surge Immunity Test", IEC, Genebra, Suíça.

Data Sheets:

- [10] Radio Frequency Identification Systems: Tag-it HF-I Transponder Inlay (24.2mm Circular) – Texas Instruments (arq. digital) – www.ti-rfid.com;
- [11] TPS67341 - Fixed 12-V 120mA Boost-Converter Supply – Texas Instruments (arq. digital) – www.ti.com;
- [12] S4100 Multi-Function Reader Module RF-MGR-MNMN, ISO 15693 Library Reference Guide – Texas Instruments (arq. digital) – www.ti.com;
- [13] Reader Module ID ISCM01-A/B – FEIG Electronic (arq. digital) – www.feig.de;
- [14] Mid Range Reader ID ISC.MR100-A/-USB – FEIG Electronic (arq. digital) – www.feig.de;
- [15] Workabout mx, Scanner & Wand Datasheet – PSION Teklogic – www.pSION.com;
- [16] MCRF355/360 - 13.56MHz Passive RFID Devices with Anti-Collision Feature – Microchip Technology Inc. (arq. digital) – www.microchip.com;
- [17] HF Antenna Cookbook, Technical Application Report – Radio Frequency Identification Systems – Texas Instruments (arq. digital) – www.ti-rfid.com;
- [18] Low Signal Relay G6A - OMRON Electronics, Inc. (arq. digital) – www.omron.com/oei;
- [19] 8-bit and 16-bit Microcontroller (ATMEGA8 e ATMEGA16) – ATMEL (arq. digital) – www.atmel.com;
- [20] Converter RS232 - MAX232 – MAXIM (arq. digital) - www.maximic.com;
- [21] RS232 Tutorial on Data Interface and Cables – (arq. digital) - www.arcelect.com/rs232.htm;