

Um Leitor Robusto para Placas de Identificação Código QR Corroídas em Equipamentos da Rede

Gilson Costa

Programa de Pós-Graduação

Engenharia da Informação

CECS - UFABC

Santo André, São Paulo

Email: gil.iar@aluno.ufabc.edu.br

Luiz A.L. de Almeida

Engenharia de Instrumentação

Automação e Robótica

CECS - UFABC

Santo André, São Paulo

Email: luiz.almeida@ufabc.edu.br

Felipe S. O. da Costa

Programa de Pós-Graduação

Engenharia Elétrica

CECS - UFABC

Santo André, São Paulo

Email: oiwa.costa@ufabc.edu.br

Daniel Ricardo Ojeda Girata

Programa de Pós-Graduação

Engenharia da Informação

CECS - UFABC

Santo André, São Paulo

Email: daniel.ojeda@ufabc.edu.br

André Luiz L. F. Murari

Programa de Pós-Graduação

Engenharia de Energia

CECS - UFABC

Santo André, São Paulo

Email: andre_murari@hotmail.com

Resumo—This article presents the description of a smart instrument for reading specification plates in medium voltage equipment of the distribution network of electric utilities. It is built using a compact wireless adventure camera that can be fixed in any length hot stick that has a universal spline fitting, and a smartphone in the hands of the electrician. We assume the premise that conventional plates are being replaced with metal plates engraved or painted with QR code. The standard plates used so far undergo degradation with time, particularly given the high corrosion levels in coastal cities. Most probably, under similar conditions, the same deterioration should happen in plates with QR code. There are some standard redundancies as regard loss of information in the QR code graphic. However, the visual noise inserted by gradual corrosion of the plate is not well treated by conventional algorithms of the QR code. In this paper, we describe the prototype of the smart plate reader with the inclusion of a digital image processing technique capable of pre-processing images of severely damaged codes due to long exposition to outdoor weather conditions. The initial results in simulated conditions of images at different degradation stages are presented and compared. Preliminary results demonstrate to be very promising when it comes to the increase in reading robustness.

Keywords—QR code reader, Median filter, medium voltage, power utility, image processing, transformer.

I. INTRODUÇÃO

O gerenciamento de operações na rede de distribuição de energia elétrica requer a instalação, monitoramento e substituição de milhares de peças e equipamentos dispersos em grandes áreas geográficas. Por exemplo, em uma concessionária de médio porte há cerca de 100 mil equipamentos instalados na rede, que requerem a movimentação ou inspeção de aproximadamente 4.400 equipamentos por ano. Escalando para as mais de 40 concessionárias distribuidoras do país, estes números crescem bastante. Para reduzir a probabilidade de falhas inesperadas, a concessionária investe em manutenções planejadas ou preventivas. A instalação e manuten-

ção de grande quantidade de equipamentos em sistemas de distribuição é uma tarefa que requer um bom sistema de gestão. A eficiência deste processo depende essencialmente de três fatores: meio de registro de informações no corpo do equipamento; confiabilidade na aquisição de dados durante o processo de manutenção; possibilidade do acesso às informações necessárias à mitigação da falha. Em geral, os meios atuais de registro de informações no processo de manutenção e acompanhamento de equipamentos são: a etiqueta de alumínio no corpo do equipamento, como na figura 1 e o formulário de papel na mão do técnico de campo.

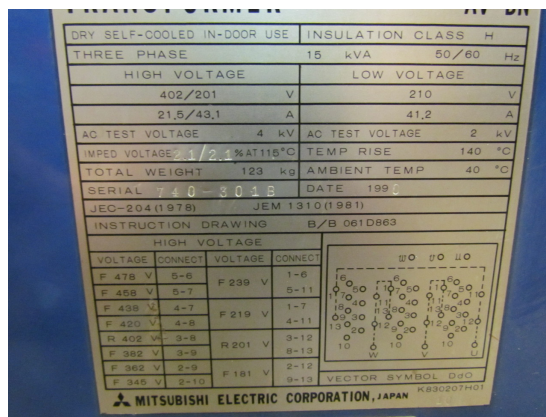


Figura 1. Placa de um transformador Trifásico Mitsubishi 15KVA

Como alternativa a estes métodos, podem ser utilizadas etiquetas eletrônicas RFID para substituir a leitura das atuais placas de identificação e também substituir o formulário de papel por um computador de mão ou smartphone. Há dois requisitos que impedem o uso de leitores direcionais potentes a partir do solo. O primeiro deles é que em superfícies metálicas o alcance de leitura é reduzido de metros para centímetros por causa dos efeitos eletromagnéticos resultantes da presença da carcaça de aço. O segundo é a necessidade de discriminação

espacial entre diferentes equipamentos instalados no mesmo poste ou em outro local de difícil acesso. O alcance de leitura ideal é entre 5 a 15 cm.

Cidades costeiras do Brasil possuem clima agressivo para placas metálicas de identificação ou até mesmo para materiais poliméricos, inclusive as tags RFID. Com quase 3 mil horas anuais de sol e radiação ultravioleta, umidade da ordem de 80%, ventos costeiros e poluição, há elevado grau de corrosão ou degradação dos materiais usados nos equipamentos e acessórios. Ainda não há disponibilidade de etiqueta RFID outdoor de duração superior a 20 anos, e mesmo que houvesse os requisitos de fixação destas as tornam difíceis de serem utilizadas em um grupo mais antigo de equipamentos da rede.



Figura 2. Telas de atribuição de identificação e especificações do QR Code

Como alternativa às etiquetas RFID, é possível utilizar códigos de barras em placas metálicas. Mas o gradual processo de corrosão degradaria a capacidade de leitura dos códigos de barra convencionais. Então, na tecnologia proposta, usa-se técnicas de processamento de imagem capaz de ler as placas de identificação mesmo degradadas pela corrosão. O código de barras unidimensional é sensível ao processo de

degradação por corrosão. Portanto, é proposto o uso do código de barras bidimensional – o código QR [1]. O padrão QR utiliza o método de correção de erros Reed–Solomon (RS) e corrige ou recupera informações de até 30% de área degradada. Entretanto, o processo de corrosão é aleatoriamente distribuído e afeta toda a área do código QR. O padrão atual de leitura não é robusto a este tipo de deformações na imagem do código. É assumido que a corrosão tem similaridades com o ruído tipo “salt-pepper”. Para remover tal ruído, é proposto neste trabalho o uso do filtro de imagem tipo Median (Chan:2005) como pré-processamento antes do software de leitura do QR code. Com uma câmera esportiva, tipo GoPro ou similar, na vara de manobra, a imagem registrada é transferida via WiFi para um smartphone. Foi desenvolvido um aplicativo para realizar a leitura robusta de placas de identificação do tipo código QR para equipamentos de campo sujeitos a ações intensas de intempéries. A solução proposta, além de atender aos citados requisitos do setor de energia, pode ser aplicada em outras áreas tais como atividades submersas e manutenções industriais que exigem grande robustez na aquisição de informações de equipamentos sujeitos a ações intensas de intempéries.

II. CONTEXTUALIZAÇÃO DA OPERAÇÃO

Durante a operação de manutenção de um transformador ou equipamento de média potência, se faz necessário que pelo menos dois técnicos de manutenção se desloquem juntos para averiguar quaisquer tipo de irregularidade. Enquanto um técnico sobe com escada no lugar a ser verificado o outro proporciona um apoio terrestre, requisição dos órgãos reguladores do setor de energia elétrica, afim de minimizar os riscos de operação. Para que esse processo de verificação ocorra os técnicos precisam se deslocar em um carro, acomodar determinada área na via de trânsito, montar uma escada, e fazer a verificação do equipamento. Tudo isto demanda um determinado esforço proporcionado pela equipe e um custo elevado de operação, a depender principalmente da localização e situação em que se encontra o equipamento, além do transtorno causado muitas vezes por interrupção de vias públicas de grande movimento.

III. MUDANÇAS PROPOSTAS NA OPERAÇÃO

A proposta para mudança da operação, está baseada principalmente no equipamento de leitura que vai proporcionar uma experiência prática na operação, permitindo uma integração com o sistema de gestão de equipamentos da empresa. O equipamento de leitura é descrito detalhadamente na próxima seção.

Será necessário que apenas um técnico vá até o local, podendo estar de motocicleta, de maneira tal que possa portar o equipamento de leitura em seu veículo de locomoção. O técnico então fará a leitura da imagem (QR Code) usando uma câmera esportiva/adventure (do tipo GoPro), auxiliado por uma vara de manobra. Essa imagem irá ser utilizada por um aplicativo no celular que faz parte do sistema de gestão de equipamentos da concessionária, responsável por administrar a rede elétrica em questão. A vara de manobra é um equipamento existente para manipulação de redes elétricas de média e alta tensão. Devido à inexistência de suporte padrão para a câmera, será projetado um modelo de peça que permite a adaptação em uma vara de manobra e prototipada em uma impressora 3D.

Desta maneira, é possível acessar em tempo-real o histórico de manutenção do equipamento, suas especificações técnicas, geolocalização e fazer a integração com sistema de gestão. Como consequência, o custo com transporte e quantidade de operadores será reduzido consideravelmente. Adicionalmente, pode se obter uma avaliação mais precisa do equipamento por ter acesso ao seu histórico de manutenção em loco. Com tais ferramentas à disposição, a gestão operacional será feita de forma mais eficiente, podendo inclusive gerar uma base de dados com diversas informações que podem ser analisadas estatisticamente. Tal análise permite propor ajustes para obtenção de procedimentos mais eficazes.



Figura 3. Itens relacionados a composição da vara de manobra

IV. EQUIPAMENTO DE LEITURA

A. Hardware

Equipamentos que compõem a parte estrutural:

- Transformador ou equipamento de poste ou subestação;
- Placa com QR Code (Gerado pelo software proprietário) do no fabricante ou na concessionária;
- Vara de manobra com suporte para Câmera compacta tipo sem fio;
- Smartphone ou dispositivo que suporte a comunicação sem fio com a câmera compacta (esportiva/adventure), no qual o software de leitura armazena na várias inspeções na memória.

Procedimento para utilização do equipamento leitor: Os códigos QR são capazes de armazenar mais de 3000 caracteres em um espaço muito pequeno. Para criar um, a informação é codificada de acordo com a ISO/IEC 18004:2006 por um gerador de QR como o nosso. Cada transformador ou equipamento possui seu respectivo código de identificação e especificações, este código de identificação e especificações estará armazenado no QR Code gerado pelo software proprietário. O usuário do equipamento deverá por meio da Câmera compacta tirar uma foto do QR Code contido na placa e através do Smartphone

armazenar a imagem no diretório de armazenamento padrão. Após armazenado o aplicativo irá ler a foto do diretório no qual a imagem foi armazenada. O aplicativo irá trazer a identificação e as especificações armazenadas no QR Code de maneira a serem acessíveis pelo usuário ou eletricitista de campo.

B. Software

O software utilizado foi desenvolvido com o intuito diferente dos leitores de QR Code existentes no mercado, de maneira a não só armazenar uma identificação, mas também armazenar especificações do transformador, foi utilizado como base a placa da figura 1. O software utilizado é um aplicativo criado para ser utilizado na plataforma Android desenvolvido na IDE Android Studio. O aplicativo, tem 3 funções em seu menu principal, geração do QR Code [GENERATE], figura 2, Leitura do QR Code via Câmera do Smartphone [SCAN], figura 4, e leitura da imagem do QR Code [LIBRARY], via diretório padrão do Smartphone.

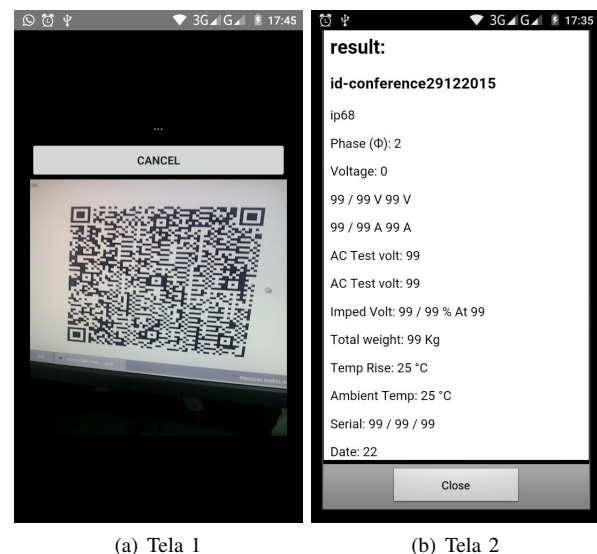


Figura 4. Telas de leitura do QR Code

V. ESTRUTURA DE REDE

A figura 5 propõe a esquematização de como o sistema funcionaria, uma equipe de gestão estrutura as ações relacionadas a manutenção, o Técnico/Usuário acessa o smartphone para se atualizar sobre quaisquer informação, tanto do ponto de vista técnico da operação, quando na integração com a gestão de manutenção dos equipamentos.

Para que esse procedimento seja bem realizado é necessário que se tenha robustez na aquisição de dados realizadas pela câmera do celular, na próxima seção é explicado como se desenvolveu um pré-processamento de imagens, para que a leitura fosse mais robusta, e se obtivesse um resultado mais confiável em termos de identificação.

VI. QR CODE

O QR Code proposto tem não só a identificação do equipamento, mas possui também informações técnicas relevantes

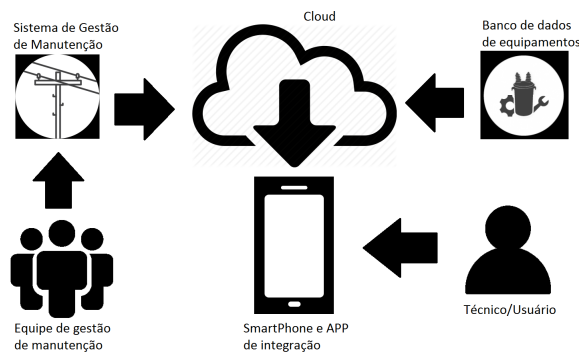


Figura 5. Estrutura do sistema de manutenção integrada

para a operação, de modo que mesmo sem acesso ao banco de dados do equipamento o qual é possível de ser acessado em nuvem, devido especificações técnicas fazem parte do corpo de informações registradas no QR Code.

VII. FILTRO DE MEDIANA

O ruído salt-pepper pode corromper as imagens onde um pixel ou um agrupamento relativamente pequeno de pixels corrompidos assumem quaisquer valores entre máximo ou mínimo na escala de cinza. Vários filtros não-lineares têm sido propostos para a restauração de imagens contaminados por ruído salt-pepper. Entre estes filtros, o Median se tornou um método confiável para remover este tipo de ruído, sem danificar as bordas dos detalhes da imagem. De acordo com [5] há limitações do filtro Median padrão, que é eficaz apenas densidades de ruído não muito elevadas. Quando o nível de ruído for maior do que 50% do sinal matricial da imagem, os detalhes das bordas da imagem original não serão preservados pelo filtro Median padrão [2]. Mas o desenvolvimento deste equipamento é um trabalho em progresso, e assumimos que a para primeira versão do protótipo, o uso do filtro de mediana padrão já traz os benefícios esperados para o código QR em campo. O filtro implementado foi baseado em pseudo-códigos disponíveis na literatura [3].

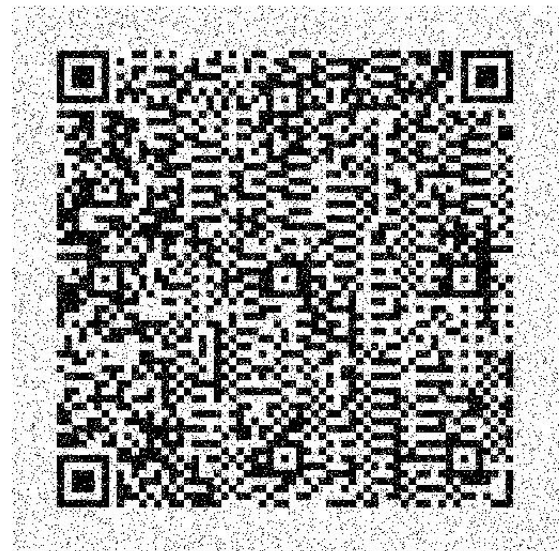
A. Resultados

Por meio do aplicativo G-Tech QR Code, foi gerado o QR Code, com a identificação e especificações do transformador escolhido.

O ruído 'Salt & Pepper', ou aproximadamente um ruído impulsivo, foi gerado por um modelo estatístico de transição de estados binários [6], de maneira a simular as degradações causadas por intempéries ao código de identificação. A figura 6 foi gerada com um ruído de densidade 0.13, e a figura foi gerada com densidade 0.51. Estas densidades, 0.13 e 0.51, foram escolhidas devido a robustez da leitura do QR Code, que pode ler ruídos Salt & Pepper com amplitude de até 0.12, após isso sua leitura só pode ser feita com o uso do Median Filter, figura 6 (b), e o QR Code não pode ser lido com ruídos Salt & Pepper de amplitudes maiores do que 0.51, mesmo com o uso do Median Filter, figura 7 (b).

VIII. CONCLUSÃO

Conclusões gerais: Segundo os resultados apresentados, a utilização do Filtro de Mediana (Median Filter) em conjunto



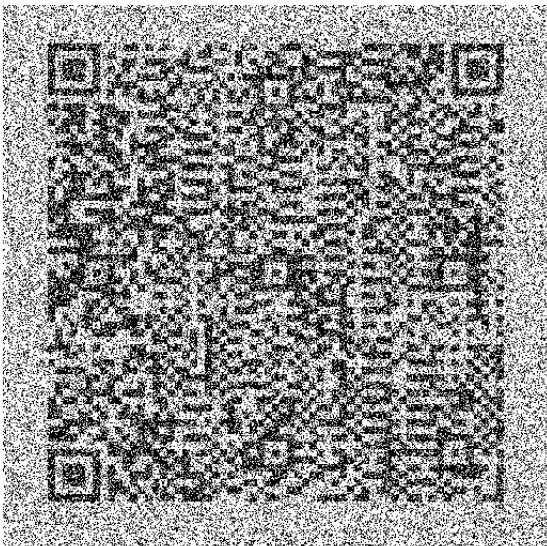
(a) QRCode



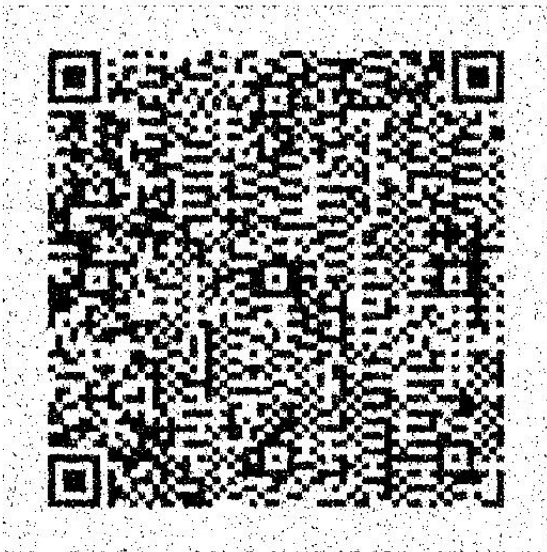
(b) QRCode + Filtro de Mediana

Figura 6. QRCode com Ruído Salt & Pepper de amplitude 0.13

com o método de correção de erros (Reed–Solomon), presentes no pré-processamento da imagem do QR Code, resulta um método de identificação muito robusto, onde mesmo sob efeito de um ruído Salt & Pepper de amplitude máxima de 0.51, permitiu a leitura do código de identificação e das especificações do equipamento escolhido sem grandes dificuldades. Além disso é possível desenvolver novos filtros combinados que resultariam em uma leitura ainda mais robusta do QR Code, e consequentemente da identificação e especificações do equipamento a ser identificado. Utilizar o método aqui proposto para identificação e rastreabilidade de equipamentos expostos a intensas ações de intempéries é uma alternativa promissora



(a) QRCode



(b) QRCode + Filtro de Mediana

Figura 7. QRCode com Ruído Salt & Pepper de amplitude 0.51

aos métodos atualmente existentes, RFID, Código de barras e gravação direta em placas. Qual problema a tecnologia resolve: Controle patrimonial de equipamentos em campo usando leitor de códigos de barras bidimensionais, especificamente o código QR (Quick Response), para superar a corrosão das etiquetas metálicas. Qual o diferencial da tecnologia: Duração de 25 anos do registro do código patrimonial, exposto a intempéries, sem necessidade de troca. Conexão Wi-Fi, Bluetooth ou outra RF para fornecer o indexador da base de dados e informações correlatas ao leitorista ou técnico eletricitista já em campo, com ou sem acesso à base de dados da concessionária. Fácil interface com o sistema de software corporativo para carregar e descarregar informações. Compatível com portabilidade necessária para avanço tecnológico no hardware de suporte. Quais os

pontos fortes da tecnologia: Fornece robustez e durabilidade da etiqueta estimada em 25 anos, mesmo em ambientes de elevado grau de salinidade. Não necessita de encapsulamento polimérico especial para suportar o estresse térmico e as condições de radiação UV. Não está sujeita a degradação da memória semicondutor de etiquetas RFID que possuem dificuldade de retenção dos dados no intervalo requerido de 25 anos. Evita necessidade de veículo especial para leitura, diminuindo sensivelmente os custos operacionais, uma vez que a vara de manobra é suficiente para uma rápida montagem de encaixes. Quais os pontos fracos da tecnologia: A informação somente pode ser gravada uma vez, diferente de uma RFID regravável, podendo ainda ser um ponto forte, dependendo da forma de utilização, uma vez que não perderá consistência da informação com possível mal-uso de uma etiqueta RFID regravável.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq pelo suporte financeiro à pesquisa na forma da bolsa de produtividade do prof. L.A.L. de Almeida. Ao Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da UFABC e Coordenação do Curso de Engenharia de Instrumentação, Automação e Robótica pelos esforços em prover o equilíbrio adequado para maximizar o rendimento dos docentes nas suas tarefas de ensino, pesquisa e extensão. Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Informação pela seleção acertada do aluno de mestrado Gilson Costa. Finalmente, à Agência de Inovação da UFABC que tem dado suporte e orientação para que a universidade possa se apropriar do conhecimento gerado neste trabalho e estabelecer pontes com potenciais investidores da indústria.

REFERÊNCIAS

- [1] Rouillard, J., *Contextual QR Codes*, The Third International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology, pp.50-55, 2008.
- [2] T. Huang, G. Yang, and G. Tang, *A fast two-dimensional median filtering algorithm*, IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, vol. 27, no. 1, pp. 13–18, 1979.
- [3] Lim, Jae S., *Two-Dimensional Signal and Image Processing*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1990, pp. 469-476.
- [4] Chan, R.H. and Chung-Wa Ho and Nikolova, M., *Salt-and-pepper noise removal by median-type noise detectors and detail-preserving regularization*, IEEE Transactions on Image Processing, pages 1479-1485, 2005.
- [5] Esakkirajan, S. and Veerakumar, T. and Subramanyam, A.N. and Prem-Chand, C.H., *Removal of High Density Salt and Pepper Noise Through Modified Decision Based Unsymmetric Trimmed Median Filter*, IEEE Signal Processing Letters, pages 287-290, 2011.
- [6] Saeed V. Vaseghi, *Advanced Digital Signal Processing and Noise Reduction*, John Wiley and Sons, 2009.