



**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC**  
**MBA EM GESTÃO DA MANUTENÇÃO**

**VALDINEI DE ALMEIDA ALVES**

**ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO DE UMA  
CANCELA ELETRÔNICA DE CONTROLE AUTOMÁTICO  
USANDO A FERRAMENTA FMEA**

Salvador  
2016

**VALDINEI DE ALMEIDA ALVES**

**MANUTENÇÃO DE UMA CANCELADA ELETRÔNICA DE  
CONTROLE AUTOMÁTICO USANDO A FERRAMENTA  
FMEA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao colegiado do curso MBA em Gestão de Manutenção – SENAI CIMATEC, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista MBA em Gestão de Manutenção.

Orientador : Emerson Sanches, MSc

Salvador

2016

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

A474e Alves, Valdinei de Almeida

Elaboração do plano de manutenção de uma cancela eletrônica de controle automático usando a ferramenta FMEA / Valdinei de Almeida Alves. – Salvador, 2016.

36 f. : il. color.

Orientador: Prof. MSc. Emerson Carlos Assunção Sanches.

Monografia (MBA em Gestão da Manutenção) – Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, 2016.

Inclui referências.

1. FMEA. 2. Plano de manutenção – Cancela eletrônica. 3. Disponibilidade dos equipamentos. 4. Controle de acesso - Veículos. 5. Segurança no acesso. I. Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. II. Sanches, Emerson Carlos Assunção. III. Título.

CDD 620.1

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por estar com saúde para chegar onde estou neste momento. Em seguida não poderei jamais esquecer dos meus familiares. Ao meu Professor e orientador Emerson Sanches, ajudando no que foi possível com toda paciência e sendo, realmente, uma grande referência. Aos colegas e todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para este trabalho.

Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar a vida com paixão,  
perder com classe e vencer com ousadia, porque o mundo pertence a quem se  
atreve e a vida é muito para ser insignificante..

Augusto Branco

## RESUMO

O presente trabalho destina a montagem de um plano de manutenção para uma cancela eletrônica de controle automático, que atua no controle de acesso de tráfego de veículos em estacionamentos sem a necessidade de intervenção de funcionários e do usuário, tendo como objetivo melhorar as condições de segurança, a otimização do uso da infra-estrutura viária, redução dos congestionamentos e garantia de acesso somente para veículos previamente autorizados. Para a montagem do Plano de Manutenção utilizou-se a ferramenta FMEA, considerada adequada para atingir o objetivo do trabalho.

**Palavras - chave:** FMEA, Cancela eletrônica, Plano de manutenção, Segurança no acesso, Controle de Acesso.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 Tabela de Criticidade.....	29
Tabela 02 Tabela de Detecção.....	30
Tabela 03 Tabela de Frequência.....	30
Tabela 04 Tabela de Pontuação.....	31
Tabela 05 Tabela de tipos de Ações.....	31
Tabela 06: Tabela do Plano de Manutenção.....	32

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 01 Modelo da estrutura cancela eletrônica.....	23
Figura 02 Motor de corrente contínua da cancela eletrônica.....	23
Figura 03 Sistema de tração da cancela eletrônica.....	24
Figura 04 Placa de acionamento comutadora:.....	25
Figura 05 Cabo serial Paralelo.....	26
Figura 06 Tela do programa com imagem capturada.....	27



## **LISTAS DE SIGLAS**

MCC - Manutenção Centrada na Confiabilidade

FMEA - Failure Mode and Effect Analysis

NPR - Numero de prioridade de risco

ANPR - Automatic Number Plate Recognition

CI - Circuito integrado

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>13</b>
2.1	A FMEA.....	14
2.2	TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	15
<b>3</b>	<b>ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO USANDO A FERRAMENTA FMEA.....</b>	<b>17</b>
3.1	FUNCIONAMENTO DA CANCELA ELETRÔNICA.....	18
3.2	CONSTITUIÇÃO DA CANCELA ELETRÔNICA.....	18
<b>3.2.1</b>	<b>A construção mecânica.....</b>	<b>21</b>
<b>3.2.2</b>	<b>A construção eletroeletrônica.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.3</b>	<b>A programação.....</b>	<b>27</b>
3.3	APLICAÇÕES DA METODOLOGIA FMEA NO SISTEMA CANCELA ELETRÔNICA.....	24
3.4	O PLANO DE MANUTENÇÃO.....	29
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Por razões de segurança, há uma necessidade crescente de controlar o acesso de pessoas e veículos em shoppings, supermercados, hospitais, comércios de pequeno e grande porte, condomínios fechados, estacionamentos, pedágios, dentre outros. Diante de vários equipamentos que garantem a segurança do dia-a-dia pode se destacar a cancela automática, elas estão sendo implantadas em vários lugares anteriormente citados buscando garantir a segurança. Em estacionamentos de estabelecimentos comerciais, por exemplo, cancelas automáticas proporcionam maior controle de acesso veicular, tornando seu estacionamento mais seguro e prático para os clientes, controlando o acesso, podendo ser acionadas por cartões magnéticos ou cartões de aproximação, (HUSS, 2011).

No caso de condomínios residenciais, ajudam na parada prévia de veículos para que haja tempo para identificação de moradores e visitantes, proporcionando mais segurança ao condomínio. Já em pedágios seu uso é essencial, assim são usadas em todo o país. Utilizada para controlar o tráfego veicular, evitam acidentes e garantem que o valor da taxa seja pago devidamente.

A cancela automática é um equipamento eletrônico de tecnologia simples e eficiente, por isso é tão popular. Não importa qual seja a finalidade de seu uso, comercial, industrial ou até mesmo residencial, ela se adéqua a necessidade e funcionalidade, (HUSS, 2011).

Existem vários tipos de cancelas automáticas, variam para o desempenho do fluxo de veículos, baixo, médio ou alto. As cancelas automáticas possuem barras simples ou articuladas, robustas, possuem desbloqueio manual em caso de queda de energia. As cancelas automáticas oferecem benefícios, vejam alguns, (AUNIDAS, 2012):

- Controle eficaz do tráfego de veículos;
- Permite ligação de sensores que evitam que a cancela abaixe sobre o veículo se acionada sem intenção;
- Pode ser ligada junto com sistemas de ponto digital para controle de horários de funcionários;
- Manutenção fácil e barata;
- Baixo consumo de energia

Existe uma grande necessidade de implementar sistemas automáticos com a menor intervenção possível pela manutenção, visando reduzir os índices de incidentes nos estacionamentos, tempo de parada do equipamento e tornar mais eficiente o controle de acesso. Considerando-se que este equipamento deve ser operado e mantido para dar a maior disponibilidade possível, utilizou-se a ferramenta Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA), para a implementação de um plano de manutenção com foco na função de cada componente da cancela eletrônica, para que tenha uma confiabilidade adequada a sua função.

Este trabalho está estruturado basicamente em 03 partes principais: a primeira a fundamentação teórica, onde foram pesquisados dados através de materiais bibliográficos (livros, dissertações, teses, artigos, trabalho de conclusão de curso, tutorial e manuais de fabricantes). A segunda parte, onde apresenta-se o equipamento estudado em sua estrutura e constituição, a aplicação da ferramenta FMEA e o Plano de Manutenção a ser aplicado na cancela eletrônica. Finalmente as conclusões e recomendações.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Há uma grande necessidade da manutenção em empregar técnicas que leve a gerar confiabilidade nos sistemas e equipamentos. Daí originou-se na indústria aeronáutica americana o método Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), porém seus conceitos e técnicas são aplicáveis a outros setores da indústria (SIQUEIRA, 2009). A MCC pode ser definida como um programa que reúne várias técnicas de engenharia para assegurar que os equipamentos de uma planta fabril cumprirão suas funções especificadas.

Para Lafraia (2001) o objetivo da manutenção na visão da MCC é assegurar que um sistema ou item continue a cumprir suas funções desejadas, o que a diferencia do enfoque tradicional. Na MCC, as falhas são tratadas conforme seu potencial de geração de risco para o resultado da operação produtiva. No enfoque tradicional, toda falha é indesejável e deve ser prevenida. Lafraia (2001) caracteriza este enfoque como inviável por duas razões: (i) tecnicamente, é impossível evitar todas as falhas; e (ii) ainda que fosse possível, os recursos disponíveis não seriam suficientes.

Fogliatto e Ribeiro (2009) identificam como requisito prévio indispensável para a MCC a disponibilidade de informações. Para tanto, é essencial estabelecer um banco de dados que registre e classifique as falhas observadas no sistema, o que permite estudos formais de confiabilidade que servirão de base para o dimensionamento das atividades de manutenção.

## 2.1 ANALISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS - FMEA

Inserida no MCC, a FMEA é um dos métodos que reúne várias técnicas de engenharia e assegura que os equipamentos continuarão realizando as funções especificadas. Ela é uma técnica de análise sistemática, de produtos ou processo, para identificar e minimizar falhas potenciais e os efeitos ainda na sua fase de concepção.

O FMEA teve sua origem nos Estados Unidos no dia 9 de novembro de 1949, como um padrão para as operações militares. Foi utilizada como uma técnica de avaliação da confiabilidade para determinar os efeitos nos sistemas e falhas em equipamentos. As falhas foram classificadas de acordo com seus impactos nos sucessos das missões e com a segurança pessoal / equipamento. Atualmente esta ferramenta esta ligada a obtenção em melhorias nos processos e produtos, como exemplos: redução de custo, organização da produção, eliminação de reworks, redução no número de falhas, entre outros (SIQUEIRA, 2009).

Segundo Mizuno (1993), a FMEA têm sido de fato utilizadas eficazmente em todos os campos do controle da qualidade na empresa, pelos gerentes e membros dos círculos de controle da qualidade. Ele também afirma, que os gerentes e funcionários devem complementar essa ferramenta tradicionais com novas técnicas, para atender às exigências das mudanças sociais.

Já outro autor, Stamatis apud Leal et al. (1995) definem o FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) como uma técnica de engenharia utilizada para definir, identificar e eliminar falhas conhecidas ou potenciais, de sistemas, projetos, processos e/ou serviços, antes que estas atinjam o cliente. Para Santos, Burda e Mantovani apud Paris (2013) deve-se seguir quatro etapas para implementar um FMEA: planejamento, análise de falha em potencial, avaliação dos riscos e melhoria. Essas etapas serão descritas de acordo com as considerações dos mesmos autores.

A ferramenta FMEA, objeto de auxílio para manutenção da cancela automática, é constituída por uma tabela composta por: Nome do componente a ser estudado, função que exerce este componente, modo de falha apresentado, efeito e causa. Também é apresentado na tabela o número de prioridade de risco (NPR), é o resultado final da multiplicação dos valores entre a criticidade, frequência, e dificuldade de detecção. Após é apresentado os tipos de ações, na sequência as ações, e a periodicidade destas ações.

Diante da técnica descrita o passo seguinte é fazer com que estes dados apresentados pelo plano FMEA, dêem subsídios para a confecção de um plano de manutenção para garantir que a cancela eletrônica esteja disponível para uso no período previsto. Para Tavares (1999) a manutenção gera condições operacionais para que equipamentos, instalações e serviços funcionem adequadamente, com vistas a atingir objetivos e metas da empresa. Paradas não programadas, porém, geram queda na receita, podendo se converter em prejuízos. Conforme Lafraia (2001) esta afirmação é compreendida ao considerar que o trabalho de manutenção se enobrece a cada dia na busca constante para que se evitem as falhas e não apenas para corrigi-las.

## 2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Os métodos de manutenção indicam de que maneira a intervenção nos equipamentos é realizada. Na literatura, encontram-se diversas maneiras de classificar os tipos de manutenção. Segundo Zaions (2003) a classificação mais apropriada é a de manutenção não planejada e a planejada. A manutenção não planejada corrige falha após a ocorrência e geram perdas de produção, perdas de qualidade do produto e elevados custos.

A manutenção planejada é aquela na qual há diminuição de perda de produção, minimização do custo e do tempo de reparo. Para Patton (1994) a manutenção planejada pode ser dividida em: Manutenção Corretiva; Manutenção Preventiva e Manutenção Por Melhorias. Além dessa classificação, a subdivisão da Manutenção Preventiva em Manutenção de rotina; Manutenção Periódica e Manutenção Preditiva.

Na **manutenção corretiva**, os consertos são realizados após a ocorrência de uma falha ou quebra, sendo destinada a recolocar um ou mais itens em condições de executar a função requerida. Segundo Stefanini (2011) a manutenção corretiva tem o objetivo de reparar as quebras inesperadas tão rapidamente quanto possível. Para reduzir o tempo de reparação, de diagnóstico para a máquina retomar a condição de serviço, é necessário ter foco na qualificação do pessoal quando o treinamento e a gestão adequada das peças de reposição irão trazer uma melhor otimização dos recursos. Conforme Branco Filho (2008) as manutenções corretivas podem ser classificadas em manutenção corretivas programadas, nas quais a correção das falhas ocorre em data posterior ao evento da falha, ficando a máquina em estado de falha até a data do reparo; e também pode ser chamada em manutenção corretiva de emergência quando a manutenção não pode ser adiada e a falha que aconteceu deve ser corrigida em seguida.

Já **manutenção preventiva** consiste em atividades de manutenção efetuadas em intervalos preestabelecidos ou determinados de acordo com critérios prescritos, repetidas num intervalo que pode ser definido baseado em tempo de calendário, número de horas trabalhadas, número de partidas de um sistema qualquer. Segundo Monchy (1989) a manutenção preventiva é uma intervenção prevista, preparada e programada antes da data mais provável para o aparecimento da falha. O objetivo final da manutenção preventiva é obter a utilização máxima do equipamento nas tarefas de produção, com a correspondente redução do tempo de máquina parada e custos de manutenção. (ZAIIONS, 2003).

Para Stefanini (2011), a manutenção preventiva é realizada de acordo com critérios predeterminados com o objetivo de reduzir a probabilidade de falha de uma planta ou a degradação de um serviço. O coração do programa é baseado em um calendário de inspeções que é gerado através de ciclos de manutenção preventiva, procedimentos, monitoramento, inspeções, lubrificação e substituição a serem realizados com prazos fixos podendo ser semanal, quinzenal, mensal, trimestral, semestral, anual.



**A manutenção preditiva** acompanha e monitora as condições dos equipamentos e de seus principais parâmetros de operação. (BRANCOFILHO, 2008). Destaca-se a intervenção tecnológica que a preditiva exige para o monitoramento, relativamente a equipamento e aparelhos de acompanhamento. A manutenção preditiva pode se valer de controles estatísticos em suas tentativas de prever a ocorrência de uma quebra ou de corrigir desempenho insatisfatório: constatada a anomalia em andamento, procede-se à manutenção, conforme Kardec et Nascif (2013). Uma intervenção de manutenção preditiva é planejada com base em modificações significativas de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática preestabelecida. (SELLITTO, 2002). Para ser eficiente, a manutenção preditiva deve detectar o mais cedo possível qualquer variação significativa dos parâmetros. Com base nessa variação e em um modelo matemático adequado, calcula-se a probabilidade do equipamento vir a falhar em um horizonte razoável de tempo. Se essa probabilidade for elevada, uma intervenção deve ser programada (TAVARES, 1999). Na manutenção por melhorias, os equipamentos são melhorados gradativamente e continuamente, além de suas especificações originais.

### **3 ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO USANDO A FERRAMENTA FMEA**

Considerando que o objetivo principal deste trabalho é recomendar um plano de manutenção para a Cancela Eletrônica que permita dar maior confiabilidade ao sistema e aumentar sua disponibilidade operacional. Para tanto foi selecionada a aplicação da ferramenta de confiabilidade FMEA, assim, neste capítulo é apresentado o funcionamento, constituição, a utilização da metodologia FMEA e a recomendação do Plano de Manutenção da Cancela Eletrônica.

### 3.1 FUNCIONAMENTO DA CANCELADA ELETRÔNICA

A cancelada eletrônica, objeto desse estudo tem como principal característica, o acionamento automático, para dar acesso de veículos, melhorando assim as condições de segurança, garantindo o acesso somente para veículos previamente autorizados, a otimização do uso da infra-estrutura viária e a redução congestionamento. Na sua construção, foi incorporada a tecnologia de reconhecimento automático de números de placas (ANPR), que permite a consulta a banco de dados, com os registros dos veículos cadastrados, a fim de decidir pela liberação ou não do veículo que está acessando a instalação.

O funcionamento da cancelada eletrônica ocorre da seguinte forma: Assim que o sensor indutivo detecta que existe um automóvel parado em frente e próximo a cancelada, aciona a câmera que capta a imagem da parte frontal do veículo, incluindo a numeração de sua placa enviando imediatamente para o banco de dados, para fazer a busca em relação às placas cadastradas. Localizando a numeração cadastrada no banco de dados, é emitido um sinal elétrico que aciona abertura da cancelada eletrônica. Não sendo localizada a placa cadastrada, o sistema emite um sinal elétrico que pode ser convertido aviso através de um sistema de voz que levara a informação ao condutor do veículo. Esta última ação não inclusa neste trabalho.

### 3.2 CONSTITUIÇÃO DA CANCELADA ELETRÔNICA

#### **3.2.1 A construção Mecânica**

Na mecânica da cancelada inclui sua estrutura, conforme na Figura 01, um motor de corrente contínua, com sistema de tração incluindo corrente e engrenagens.

Figura 01: Modelo da estrutura cancela eletrônica



Fonte: Autor (2012)

Na parte estrutural da cancela automática é feita de chapas galvanizadas de 18 mm, processo de conformação mecânica para conseguir o formato e dimensões de 31 cm por 26 cm e de altura 80 cm, com abertura de acesso de 30 cm por 80 cm. Acoplado a cancela ficará uma Barreira de 3m de comprimento com dimensões de 5 cm por 2,5 cm.

Na Figura 02, é mostrado o motor elétrico de corrente contínua, de fabricação francesa da marca Berenger Rouard, com estator composto por ímã permanente e o rotor com enrolamentos em sua superfície, alimentado por um sistema mecânico de comutação, que são as escovas.

Figura 02: Motor de corrente contínua da cancela vista de frente e fundo.



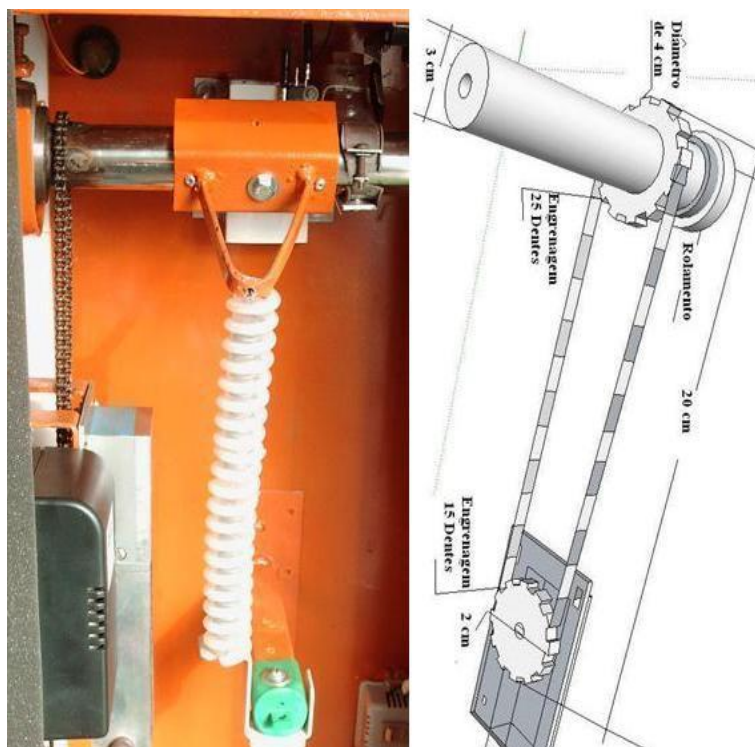
Fonte: Autor (2012)

Com as seguintes características técnicas:

- Tensão de trabalho 12 Volts cc,
- Corrente a vazio de 380mA,
- Potência nominal de 4,54W,
- Rotações 84 Rpm.

O sistema tração é composto por uma corrente de tração acoplada ao eixo do motor o eixo da haste da barreira e os dois rolamentos laterais ao eixo. A engrenagem motora com 2 cm de diâmetro e engrenagem movida com 4 cm de diâmetro com espaçamento entre elas de 20 cm, como mostra a Figura 03.

Figura 03: Sistema de tração da cancela eletrônica



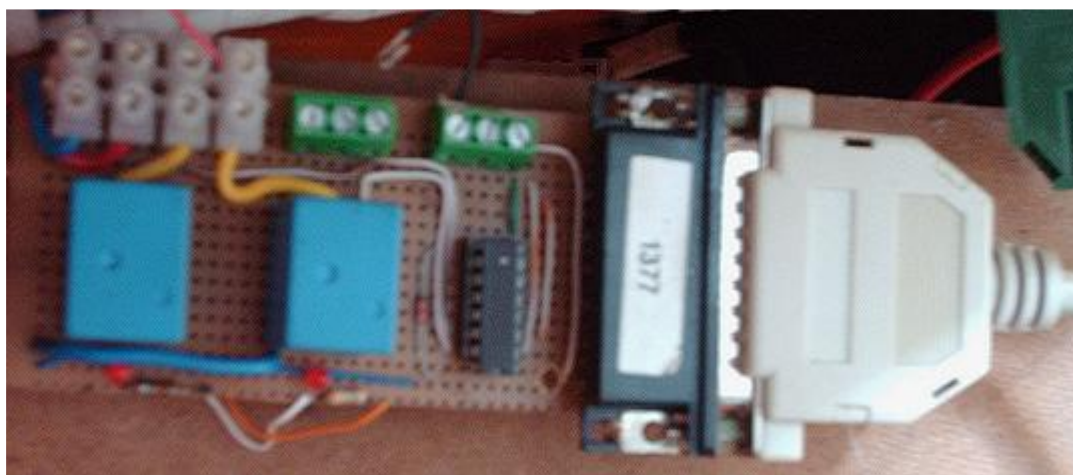
Fonte: Autor (2012)

Para o sistema de tração foi usado no eixo central, tubo de aço inox de 3 cm de diâmetro, 2 rolamentos tipo 20v 22, fazendo parte do conjunto as engrenagem motora, movida e a corrente de tração.

### 3.2.2 A construção eletroeletrônica

O sistema eletrônico que aciona e controla o motor, ficam por conta da placa comutadora, composta por uma ponte H feita com relé. No qual recebe os sinais provenientes do circuito integrado CI ULN 2003, que este também recebe sinal do conector DB 25, conseqüentemente vindo do computador. A Figura 04 mostra a placa de acionamento comutadora.

. Figura 04: Placa de acionamento comutadora



Fonte: Autor (2012)

A Placa de acionamento é composta por:

- Relés com tensão de acionamento da bobina de 12 volts contínua, e capacidade de fluir nos seus contatos intensidade de corrente de até no máximo 12 ampéres, que fazem a comutação da tensão ao motor;
- Circuito integrado ULN 2003, é um array de transistores Darlington, que trabalha com tensões de até 50 v e suporta uma corrente de até 500ma,

serve como opto acoplador protegendo a saída da porta paralela e servindo como Driver de potência para o circuito, conforme datasheet;

- Conector DB 25, que permite a conexão e passagem dos sinais da porta paralela para a placa;
- Barra de conexão com 4 posições;
- Resistores de limitação da corrente;
- Led's indicativo;
- Diodos servindo de proteção.

A conexão entre o computador e a placa, é feita pelo cabo serial paralelo com as extremidades o conector DB25 macho, conforme mostrado na Figura 05.

Figura 05: Cabo serial Paralelo



Fonte: Autor (2012)

O cabo paralelo tem 1,6 m de comprimento, sendo que, dependendo da distância entre cancela e computador que serve como banco de dados, este tamanho do cabo pode ser maior, com 13 pares de fios, incluindo o aterramento. O envio de dados pelo software e recebimento de informações pelo sensor é feita seqüencialmente pelo cabo paralelo.

O sensor usado tem a finalidade de "informar" o software a situação de momento, para que o mesmo tome decisões. O sensor é do tipo fim de curso indutivo. O sensor fim de curso usado tem a função de enviar informações ao programa quanto ao limite de posicionamento da barreira, eles sinalizam o início ou

fim de um determinado movimento, como por exemplo, até que altura limite que a barreira irá levantar. Esses sensores ficam localizados dentro da cancela, constituído por uma alavanca ou haste, e seus contatos fixos. Já o sensor indutivo no sistema da cancela ele serve para orientar o programa a chegada de um novo veículo ou saída desse veículo.

### 3.2.3 A programação

O programa desenvolvido em Delphi é encarregado de tomar decisões, como enviar informações ou receber, capturar uma imagem a partir de uma câmera, e com o uso de seus componentes fazer o processamento das imagens. E a tomada de decisão é feita após o Delphi consultar o banco de dados. Toda essa comunicação é feita através da porta paralela do computador, que vai gerenciar a cancela eletrônica. Segue abaixo a figura 06 ilustrando o programa.

Figura 06: Tela do programa com imagem capturada



Fonte: Autor (2012)

Diante da imagem do veículo no painel, o programa processa imagem retirando da imagem os caracteres da imagem e envia ao banco de dados para fazer a comparação, se existe alguma imagem igual ao cadastrada, se sim o programa manda um sinal para placa comutadora, fazendo com que a mesma energize o motor para a abertura da cancela, se não existir placa cadastrada, o programa emite um aviso de placa não cadastrada e não abre a cancela. O componente utilizado no

programa do projeto para o processamento da imagem é um elemento de reconhecimento automático de placas, denominado “*dtkanpr*”.

### 3.3 APLICAÇÕES DA METODOLOGIA FMEA NO SISTEMA

Neste trabalho foram considerados os seguintes componentes para a aplicação da ferramenta de confiabilidade FMEA listado abaixo:

- Motor elétrico,
- Placa comutadora,
- Sistema de tração.

Estes conjuntos foram selecionados com base nas potenciais falhas que historicamente apresentam nas cancelas elétricas tradicionais, indicadas por profissionais de manutenção de empresas de reparo de cancelas elétricas.

O modelo da planilha do FMEA selecionado assemelha-se ao empregado em empresa metalúrgica instalada no Estado da Bahia, que o consolidou através de uso por período acima de 03 anos e que foi a base dos planos de manutenção empregados nesta empresa. O modelo contém os elementos da planilha recomendada pela norma que estabelece requisitos e procedimentos para a realização do modo de falha, efeito e análise de criticidade, a norma *MIL-STD 1629<sup>a</sup>*.

Para o preenchimento dos quadros da planilha de FMEA, foram utilizada a experiência de técnicos que trabalham em empresas de manutenção de cancelas elétricas, em acordo com o que recomenda a própria metodologia do FMEA. Foram também utilizadas pesquisas em artigos e consultas aos manuais de fabricantes para identificar os modos de falha mais comum.

Relembrando os elementos que compõem a planilha FMEA utilizada:

- Nome: Nome do componente que esta sendo analisado.
- Função: Qual o papel do componente, o que ele desempenha.



- Modo de Falha: Como você observa o dano causado.
- Efeito da falha: Resultado ou conseqüência da falha.
- Causa: O que causou a falha.
- Severidade de falha: O quão grave é a falha quando ela ocorre.
- Frequência de falha: Quantidade de vezes que ocorre
- Detecção de falha: Posso encontrar a falha antes de ela ocorrer.
- RPN: Risk priority number – É o risco calculado que fica associado ao modo de falha.

Para os parâmetros das tabelas de criticidade, frequências, dificuldade de detectabilidade, foram atribuídas valores conforme planilhas mostradas nas Tabelas 1, 2 e 3, respectivamente.

A criticidade atribui um grau de importância a cada modo de falha identificado na FMEA, de acordo com a classificação da gravidade de cada modo de falha e a probabilidade de ocorrência, conforme Haq et Lipol (2011). A Tabela 01 abaixo classifica de acordo os riscos e suas graduações. O seu objetivo é limitar o âmbito para os modos de falha identificados pela FMEA que necessitam de manutenção.

Tabela 01: Tabela de Criticidade

		Criticidade			
		1	3	5	7
1	<b>Segurança : Risco Pessoal + Meio Ambiente</b>	NÃO HÁ RISCO DO MEIO AMBIENTE	RISCO MODERADO E BAIXO RISCO DE PESSOAL	ELEVADO RISCO AMBIENTAL E MODERADO RISCO DE PESSOAL	ALTO RISCO DE PESSOAL ALTO RISCO DE DANO PESSOAL
2	<b>Segurança: Risco para o Ativo</b>	NÃO HÁ RISCO PARA O ATIVO	RISCO MODERADO PARA O ATIVO	RISCO ELEVADO PARA O ATIVO	ALTO RISCO PARA O ATIVO
3	<b>Sem Controle de Acesso</b>	MENOR QUE 1 HORA	ENTRE 1 A 4 HORAS	ENTRE 4 A 12 HORAS	MAIOR QUE 12
4	<b>Custo de Reparo</b>	DE 0 A R\$500	DE R\$ 500 A R\$ 1.500	DE R\$ 1.500 A R\$ 2.500	ACIMA DE R\$ 2.500

Fonte: Autor (2016)

A Tabela 02, de dificuldade de detecção, informa os valores relativos à existência ou não de elementos que possam captar o início da falha nos componentes. Quanto a este índice, pelas características da própria construção da cancela, simplicidade e custo baixo, não é provida de sistema de monitoramento de início de falhas (inexistência de sensores ou medidores de temperatura, vibração, etc.)

Tabela 02: Tabela de Dificuldade de Detecção

	<b>Dificuldade de Detecção</b>			
<b>Classe</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
<b>Detectabilidade</b>	<b>Tempo Real</b>	<b>Monitoramento Periódico</b>	<b>Monitoramento ocasional</b>	<b>Sem monitoramento</b>

Fonte: Autor (2016)

Quanto ao índice de frequência, é tratado o número de ocorrências que a falha se apresenta em uma unidade de tempo considerada. Na Tabela 03 é apresentado de que forma é classificada a frequência, baseado nas informações de técnicos de manutenção, no qual trabalha com manutenção de cancelas eletrônicas.

Tabela 03: Tabela de Frequência

	<b>Frequência</b>			
<b>Classe</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
<b>FREQUENTE</b>				<b>1 / semana</b>
<b>PROVAVEL</b>			<b>1 / Mês</b>	
<b>OCASIONAL</b>		<b>1 / Ano</b>		
<b>REMOTA</b>	<b>1 / Ciclo de Vida</b>			

Fonte: Autor (2016)

Quanto ao índice de Numero Prioritário de Risco (NPR) mostrado na Tabela 04, categoriza a criticidade do modo de falha, direcionando a prioridade dos esforços para corrigi-lo. O NPR resulta do produto dos três índices referidos anteriormente (C – Criticidade; F – Frequência; D – Dificuldade de Detecção).

$$\text{NPR} = (\text{C}) \times (\text{F}) \times (\text{D})$$

O objetivo do NPR é priorizar a ação sobre os modos de falha. Este número pode variar entre 1 e 343. Analisando a Tabela 04, verifica-se que atribuindo o valor máximo de cada índice obtem-se um NPR de 343 que é completamente indesejável. “Isto porque o valor máximo de índice de Criticidade, Frequência e Dificuldade de Detecção, correspondem respectivamente a “efeito perigoso sem aviso prévio”, falha quase inevitável” e “quase impossível”. Para NPR’s altos a equipe deve concentrar esforços a fim de reduzir o risco calculado através de ações corretivas. De modo geral, deve ser dada atenção especial quando o índice de severidade é alto, independentemente do valor de NPR.

Tabela 04: Tabela de Pontuação

<b>Classificação de Criticidade</b>	<b>Pontuação de NPR</b>
<b>Alta Prioridade</b>	<b>Entre 171 á 343</b>
<b>Media Prioridade</b>	<b>De 85 á 170</b>
<b>Baixa Prioridade</b>	<b>1 á 84</b>

Fonte: Autor (2016)

E por fim, segue os tipos de ações que foram categorizadas e restringidas com base em uma possível equipe de manutenção vigente. Os tipos de ação foram definidos atravez de informações de técnicos que prestam manutenção em cancelas eletrônicas, e obedeceu aos critérios relacionados na Tabela 05.

Tabela 05: Tabela de tipos de Ações

<b>Inspeção</b>
<b>Inspeção Instrumentada</b>
<b>Limpeza</b>
<b>Lubrificação</b>
<b>Substituição</b>
<b>Reaperto</b>
<b>Calibração</b>
<b>Alinhamento/Balanceamento</b>

Fonte: Autor (2016)

Espaço para a tabela Planilha em formato A3

Colocar o título na planilha

Planilha do FMEA da Cancela Eletrônica completa

FMEA (Autor 2016)

### 3.4 O PLANO DE MANUTENÇÃO

A partir do FMEA, foi extraído o plano de manutenção contido as atividades e periodicidade da execução destas atividades, como mostrado na Tabela 06:

Tabela 06: Plano de Manutenção

<b>Plano de Manutenção Preditiva</b>			
<b>ITENS</b>	<b>ATIVIDADES PARA O MOTOR</b>	<b>PERIODICIDADE</b>	<b>PARÂMETROS DE ACEITAÇÃO</b>
1	Fazer medição dos valores de tensão/corrente na saída da placa com o voltímetro / amperímetro.	Trimestralmente	12-13 Volts/380-410mA
2	Fazer medição de valores de tensão nos bornes do motor elétrico	Trimestralmente	Verificar placa de identificação
<b>ITEN</b>	<b>ATIVIDADES PARA A PLACA DE CONTROLE</b>		
1	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
<b>ITEN</b>	<b>ATIVIDADES PARA O SISTEMA DE TRAÇÃO</b>		
1	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
<b>Plano de Manutenção Preventiva</b>			
<b>ITENS</b>	<b>ATIVIDADES PARA O MOTOR</b>	<b>PERIODICIDADE</b>	<b>PARÂMETROS DE ACEITAÇÃO</b>
1	Fazer inicialmente uma inspeção nos cabos de alimentação do motor elétrico	Semestralmente	Não se aplica
2	Medir valores de ohmicidade das bobinas	Semestralmente	Verificar placa de identificação
3	Substituição do rolamento	Anualmente	Não se aplica
<b>ITENS</b>	<b>ATIVIDADES PARA A PLACA DE CONTROLE</b>		
1	Limpeza da placa com a retirada de possível oxidação e sujeira	Anualmente	Não se aplica
2	Fazer o reaperto ou Substituir soquete de conexão do cabo se assim for necessário dependendo de como estiver o soquete	Anualmente	Não se aplica
<b>ITEN</b>	<b>ATIVIDADES PARA O SISTEMA DE TRAÇÃO</b>		
1	Fazer a substituição preventivamente das engrenagens	Anualmente	Não se aplica
<b>Plano de Lubrificação</b>			
<b>ITEN</b>	<b>ATIVIDADES PARA O MOTOR</b>	<b>PERIODICIDADE</b>	<b>PARÂMETROS DE ACEITAÇÃO</b>
1	Fazer a lubrificação das engrenagens e correntes	Semestralmente	Não se aplica

Fonte: Autor (2016)

## 4 CONCLUSÃO

A necessidade de implementar sistemas automáticos com a menor intervenção possível pelo homem que opera ou que o utiliza e visando reduzir os índices de incidentes, tempo de parada do equipamento, tornar mais eficiente o controle de acesso, criando um plano de manutenção, são algumas das razões que motivaram a pesquisa e o desenvolvimento deste trabalho, baseados na ferramenta FMEA, contendo todas as análises realizadas. Com a tabela do FMEA pode-se visualizar um plano de manutenção para a cancela eletrônica, e com a aplicação deste plano de manutenção irá melhorar a confiabilidade do trabalho exercido pela cancela.

Durante o curso houve um aprendizado pessoal para a realização deste trabalho bem como, foi adquirido conhecimento estudando o assunto confiabilidade e o FMEA. Os resultados foram bastante satisfatórios, tendo alcançado o objetivo proposto, que é o plano de manutenção, necessário para tornar o sistema confiável e reduzir o tempo de parada e falhas indesejáveis.

## REFERÊNCIAS

AUNIDAS. Portas automáticas. Outubro, 2012. Disponível em <http://www.aunidas.com.br/cancelas> . Acesso em 19 Jul. 2015.

BRANCO FILHO, G. A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna LTDA, 2008.

FOGLIATTO, F.; RIBEIRO J. Confiabilidade e manutenção Industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

HAQ, J. & LIPOL, L. S. (2011). Risk analysis method: FMEA/FMECA in the organizations. IJBAS/IJENS, 74-82.

HUSS.M.Cancelas Automáticas. 2011. Murall. Disponível em:<<http://murall.com.br/cancelas-automaticas>>. Acesso em: 21 agost 2015.

KARDEC, A e NASCIF, J. Manutenção: Função Estratégia. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2013

LAFRAIA, J. R. B. Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade, Qualitymark, 2001.

MIZUNO, E. Gerencia para melhoria da Qualidade: As Sete Novas Ferramentas de Controle da Qualidade. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1993.

MONCHY, F. A Função Manutenção – Formação para a Gerência da Manutenção Industrial. São Paulo: Editora Durban, 1989.

PATTON, J. Maintainabiliy and Maintenance Management. New York: Instrument Society of America, 1994.

SIQUEIRA, I. Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SANTOS, B.; MONTOVANI. FMEA: Orientações Conceituais para Aplicação de uma Ferramenta de Antecipação de Falhas. Disponível em [http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2013/FMEA\\_orientacoes.pdf](http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2013/FMEA_orientacoes.pdf). Acessado em 19 Jul. 2015.

SELLITTO, M.; BORCHARDT, M.; ARAÚJO, D. Manutenção centrada em confiabilidade: aplicando uma abordagem quantitativa. Anais do XXII ENEGEP, Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba: ABEPRO, 2002.

STAMATIS, D. H. Failure Mode and Effects Analysis: FMEA from Theory to Execution, ASQC Quality Press Milwaukee, Wisconsin, 1995.

STEFANINI, P. Metodi di Ricerca e Prevenzione dei Guasti. Milano: Tecniche Nuove II Edizione, 2011.

TAVARES, L. Excelência na Manutenção – Estratégias, otimização e Gerenciamento. Salvador: Casa da Qualidade, 1999.

ZAIONS, D. Manutenção Industrial com Enfoque na Manutenção Centrada em Confiabilidade. Porto Alegre: UFRGS, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Curso de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.



