



CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA ANALISADOR DE FALHAS PARA ELEVADORES

Navar de Medeiros Mendonça e Nascimento, navarmedeiros@gmail.com¹

José Luis da Silva Neto, luisneto77@gmail.com²

André Oliveira, andre_oaf@hotmail.com¹

Érick Aragão Ribeiro, erickudv@gmail.com¹

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Av. 13 de Maio, 2081 - Fatima, Fortaleza - CE, 60040-531.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Av. Dom José Tupinambá da Frota, 317 - Derby Clube, Sobral - CE, 62040-730.

Resumo: A utilização de elevadores tornou-se uma necessidade para muitos devido à crescente expansão das cidades. Com isso a necessidade de serviços de instalações e manutenção destes dispositivos tiveram um grande crescimento, assim como o desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias para garantir a qualidade e confiabilidade do equipamento. Este trabalho propõe um método de análise de falhas neste tipo de equipamento, identificando a causa do problema, permitindo com isso a redução do tempo de diagnóstico pelo técnico. A pesquisa consiste em modelar o elevador, utilizando redes de Petri, listando e correlacionando os estados funcionais do sistema e desenvolvendo um hardware para a realização da aquisição dos sinais de funcionamento do elevador. A pesquisa descreve a lógica de funcionamento do algoritmo analisador de falhas, mediante a prévia modelagem e os detalhes do hardware de aquisição de dados.

Palavras-chave: Elevador, Manutenção, Análise de falhas, Aquisição de dados.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de transporte vertical surgiu da necessidade do homem em transportar cargas nessa direção. Dentre diversos tipos de transportes na vertical podemos citar como principal o elevador de passageiros que está presente em quase todas as construções de médio e grande porte, utilizado diariamente por milhares de pessoas.

Como qualquer máquina, o elevador necessita de serviços como a instalação, manutenção e atualização. Os serviços de manutenção de elevadores, sejam elas preventivas ou corretivas, são o foco de diversas empresas, onde uma grande dificuldade é a falta de soluções práticas para melhorar e facilitar os serviços ligados à manutenção. Em geral, o que contribui para o elevado tempo de manutenção corretiva é o diagnóstico, no qual o técnico precisará verificar e conferir medições de vários componentes do equipamento a fim de identificar o problema.

A ideia desta análise nasceu da necessidade de diminuirmos o tempo de máquina parada, consequentemente aumentando a confiabilidade, já que podemos relacionar esta taxa probabilística com o tempo produtivo, visto que alta confiabilidade nos confere alto tempo produtivo. O uso da análise passa a servir como ferramenta técnica, ajudando o profissional de campo com rapidez e eficiência na solução do problema, evitando transtornos com o cliente, pois o tempo no qual o elevador ficará parado será mínimo e aumentará a produtividade do profissional, cabendo a este, apenas realizações de testes necessários para voltar o equipamento a um estado operacional.

A modelagem proposta neste trabalho é para o elevador de tração, de passageiros, de até 90m/min, com quadro de comando microprocessado e que utilize tecnologia VVVF (Variable Voltage and Variable Frequency) no acionamento da máquina elétrica.

O elevador de passageiros foi modelado com Redes de Petri (RPs), utilizando ferramenta de modelagem e simulação para melhor entendimento das características envolvidas do sistema. Para detecção de falhas, um sistema deve ser modelado, para que assim se possa projetar e implementar mecanismos que resolvam os problemas abordados. Para fazer isso, podemos usar uma ferramenta gráfica com uma base matemática são formais e Redes de Petri, que conseguem modelar os diferentes estados do sistema e as possíveis transições entre eles. (NONINO, 2013).

Um algoritmo para determinação da falha foi proposto com base no modelo RPs do elevador e nas variáveis representativas do sistema. O *hardware* de aquisição de dados foi montado em uma placa de circuito impresso (PCI) composto por entradas, digitais e analógicas, e saída via comunicação serial ligada a um microcontrolador PIC18F4550, responsável por realizar leituras dos sinais envolvidos durante o funcionamento do elevador, separá-los e enviá-los de forma adequada e otimizada para o dispositivo de análise.

2. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO E PRÁTICO

Na maioria das falhas pode haver mais de uma causa, a partir daí é necessário realizar uma pesquisa pelo histórico do equipamento de operações de manutenção, para com isso localizar as possíveis falhas, levantando as seguintes questões: o que, onde, como e por que. Com isso será possível a criação de um banco de dados, permitindo uma análise das maneiras de se entender o comportamento do equipamento. (Franceschi, 2015).

Na análise de falhas de um equipamento, o principal objetivo é evitar a ocorrência de futuras falhas, determinando as causas raízes dos eventos ocorridos, permitindo uma ágil intervenção com ações corretivas a fim de minimizar ou sanar por completo. (Schmitt, 2013).

Uma RP permite a representação de importantes aspectos, tais como: concorrência, controle, conflitos, sincronização e compartilhamento de recursos. Com uma RP, modelam-se aspectos estruturais de sistemas reais, definindo de forma não ambígua as entidades relacionadas e as suas interações. Através da RP é possível executar simulações e verificar as propriedades do sistema antes mesmo de sua implementação possibilitando correções e melhorias do sistema. (Furtado Júnior, 2015).

Seguindo a ordem cíclica do acionamento do elevador, onde começa na energização onde é ativado pelo ato de ligar a chave de força no quadro de comando, a seguir o sistema checa os dispositivos segurança da máquina, em paralelo com a checagem de segurança o sistema envia um comando para que as portas sejam fechadas afim de garantir a segurança durante a iniciação do equipamento. A chamada é considerada apenas um lugar, em que a ficha remete a existência de uma chamada, independentemente de ser a mesma de cabine ou pavimento.

A partida e aceleração é um movimento indicativo de que o elevador está na iminência de um movimento, possuindo todas as condições necessárias ao início de um atendimento a chamada, que são, estar em estado automático, com segurança, portas fechadas e confirmadas e possuir chamada ativa, a partir daí o comando de partida será executado, fazendo o sistema transitar para um estado de preparação para partida.

Após ao comando de partida do elevador, as ações que antecedem o movimento, consiste em liberação do freio da máquina de tração e energização do motor. Que continuará em movimento, nesse momento serão realizadas atualizações de posição da cabine na caixa de corrida, contagem de andares, atualização os indicadores de pavimento e cabine além da contagem de pulsos do *encoder*.

De acordo com que a cabine do elevador se aproxima do nível de parada ocorre à redução de velocidade acionada pelo *encoder*. Quando a cabine se encontra na zona da porta, a velocidade será novamente reduzida para que haja o nivelamento entre a cabine e a porta e então a parada efetiva.

Para finalização do ciclo ocorre a abertura das portas que ditará o reinício do ciclo.

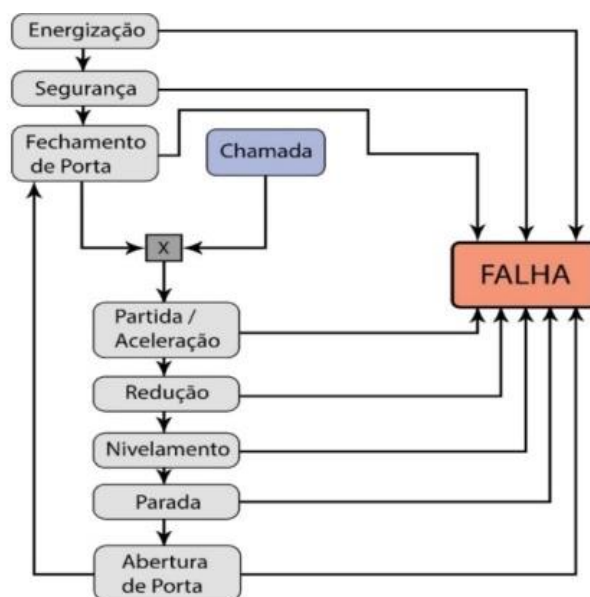


Figura 1. Fluxograma Proposto do Equipamento com Falhas.

Quando introduzida uma rotina chamada Falha, essa funcionará como um desvio, pois quando ocorrer levará a rede para um estado de bloqueio ou *deadlock*.

O objetivo é analisar a marcação de falha da rede a fim de detectar a causa, o modelo apresentado ajudará nesta identificação.

O modelo possui duas hierarquias de sub redes, cuja semântica depende de outras páginas e/ou super-páginas, que engloba os processos de energização e partida, as falhas são propostas por meio de transições que representam as verificações e por lugares um lugar.

O sistema consiste no estado inicial que precede a energização, onde após a checagem das falhas colocará o elevador em estado automático no aguardo de uma chamada. Com o comando de chamada ativo irá iniciar o processo de partida, com isso uma série de análises serão realizadas, ao fim do processo, retornará ao estado automático a espera de uma nova chamada.

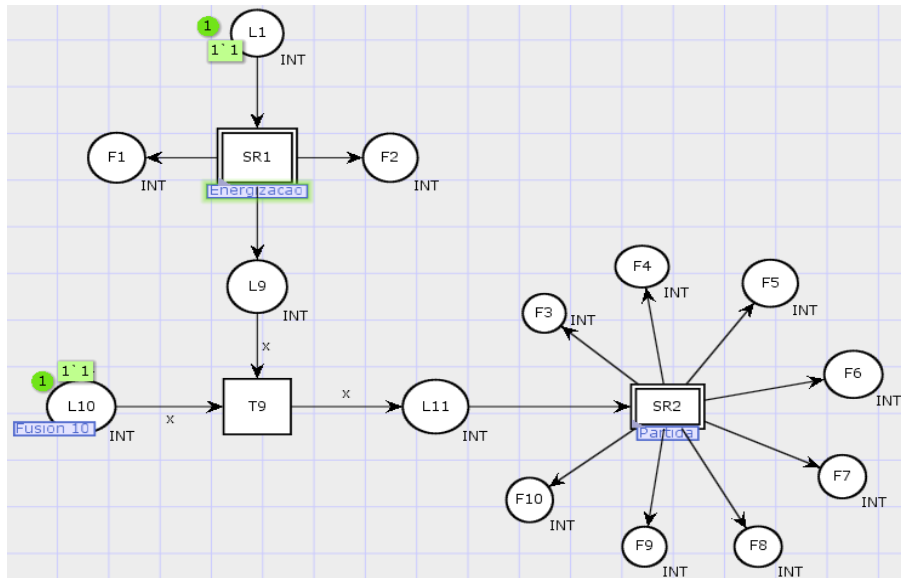


Figura 2. Fluxograma em Rede de Petri do Sistema com Estados de Falhas.

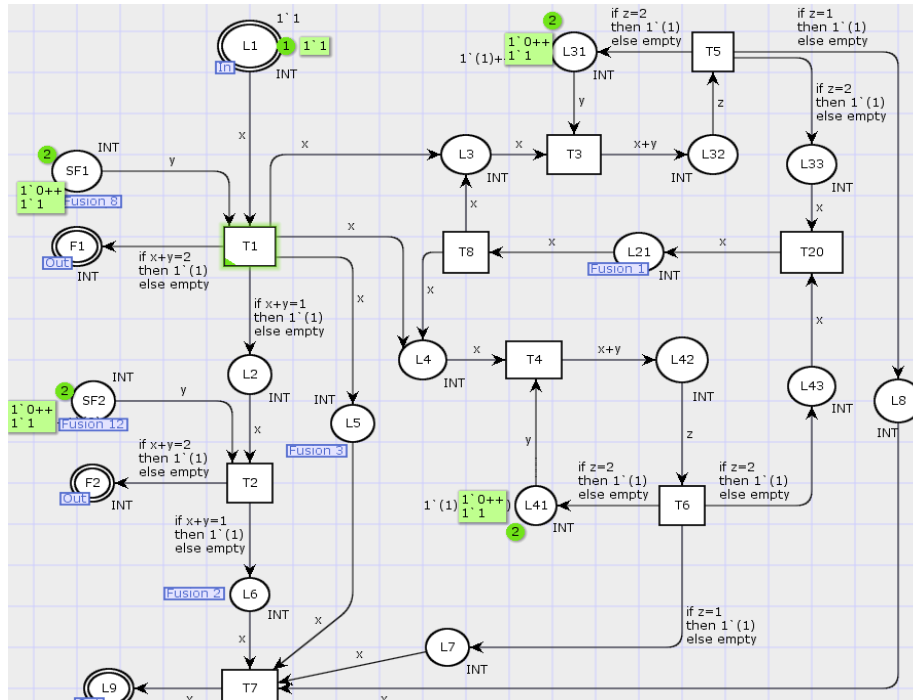


Figura 3. Fluxograma em Rede de Petri da Energização do Sistema

Na primeira sub rede há checagem em duas transições, T1 e T2, caso algum problema ou erro seja identificado a marcação irá para F1 ou F2, com isso a rede permanecerá em bloqueio, além de contar com os comandos das portas, abertura e fechamento formado por um auto laço para cada porta com intuito de verificar algum possível objeto de bloqueio, havendo algo que impeça o fechamento o quadro de comando irá dar um comando para reabri-las e em seguida fechar novamente até que ocorra a confirmação.

Por último o modelo que contempla o elevador em movimento até sua parada.

Terá transições onde as falhas serão simuladas, T11, T12, T15, T16, T17 e T19, T141 e T171, caso alguma disparidade na execução do ciclo normal de funcionamento seja encontrada e a marcação se encontre em F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9 ou F10, o sistema entrará em bloqueio, caso nada fora do normal seja detectado o ciclo reiniciará com a devolução de todas as fichas dos simuladores de falhas na transição T19 pela função de fusão no lugar SF.

Tabela 1. Atributos dos lugares e transições da RP.

Lugar/Transição	Representação no sistema	Lugar/Transição	Representação no sistema
L1	Estado inicial	T16	Elevador em nivelamento
SR1	Sub Rede 1 - Energização	L11	Elevador c/ comando de partida ativo
F1	Falha na energização	T10	Comando para abertura de freio
SF1	Verificação na energização	L12	Freio abrindo
F2	Falha na segurança	SF3	Verificação do freio
L9	Automático	F3	Falhas no freio
L10	Chamada	T11	Confirmação de freio aberto
T9	Comando de partida	L13	Abertura de freio confirmada
L11	Elevador com comando de partida	T12	Elevador em aceleração
F3	Falha no freio	SF4	Verificação de início de aceleração
F4	Falha na movimentação	F4	Falha na movimentação
F5	Falha na redução	L14	Elevador c/ aceleração nominal
F6	Falha no nivelamento	T141	Confirmar se portas estão fechadas
F7	Falha na parada	SF9	Verificação das portas
F8	Falha na abertura de portas	F9	Portas abertas c/ elevador em movimento
F9	Irregularidade na porta	T13	Fora da zona da porta
F10	Irregularidade na porta	L15	Elevador próximo a zona da porta
T1	Ligar chave de força	T14	Comanda p/ redução de velocidade
L2	Energização ok	L16	Aguardando redução de velocidade
T2	Confirmação de segurança	T15	Elevador reduzindo velocidade
SF2	Simulação de estado de segurança	SF5	Simulação de falha na redução de velocidade
L6	Segurança ok	F5	Falha na redução da velocidade
L3	Fechamento porta pavimento	L17	Elevador reduz velocidade
T3	Verificação de sensor porta pavimento	T171	Confirmar se portas estão fechadas
L31	Bloqueio	SF10	Verificação das portas
L32	Estado do sensor porta pavimento	F10	Portas abertas c/ elevador em movimento
L9	Automático	T5	Confirmação porta pavimento fechada
L33	Irregularidade na porta	SF6	Simulação de falha no nivelamento
L4	Fechamento porta cabine	F6	Falha no nivelamento
L5	Inicialização	L18	Elevador em nivelamento c/ zona da porta
T4	Verificação de sensor porta cabine	T17	Comando de parada
L41	Bloqueio	SF7	Simulação de falha na parada
L42	Estado do sensor porta cabine	F7	Falha no comando de parada
L43	Irregularidade na porta	L19	Elevador parado
T6	Confirmação porta cabine fechada	T18	Comando de abertura de porta
T20	Reabrir portas	L20	Aguardando abertura das portas
L21	Portas abertas	T19	Movimento de abertura de portas
T8	Comando para fechar porta	SF8	Verificação do estado das portas
L7	Porta cabine fechada	F8	Falhas na abertura das portas
L8	Porta pavimento fechada e confirmada	L6	Segurança ok
T7	Inicialização confirmada	SF	Simulações de falhas

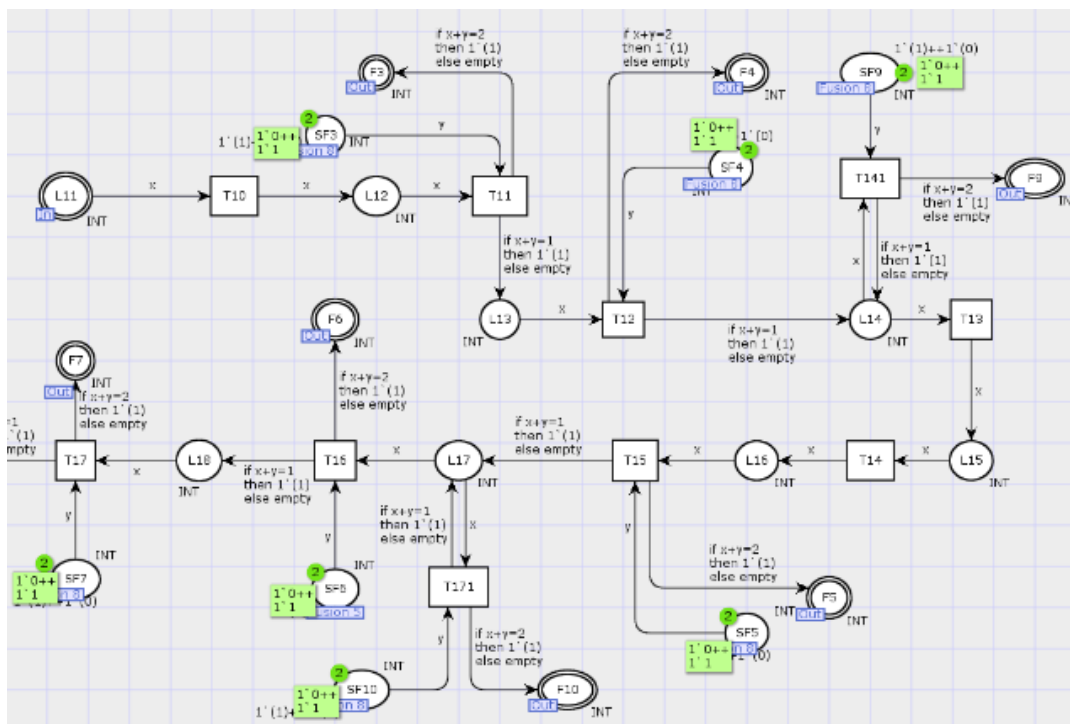


Figura 4. Fluxograma em Rede de Petri em Estado de Chamada Ativa.

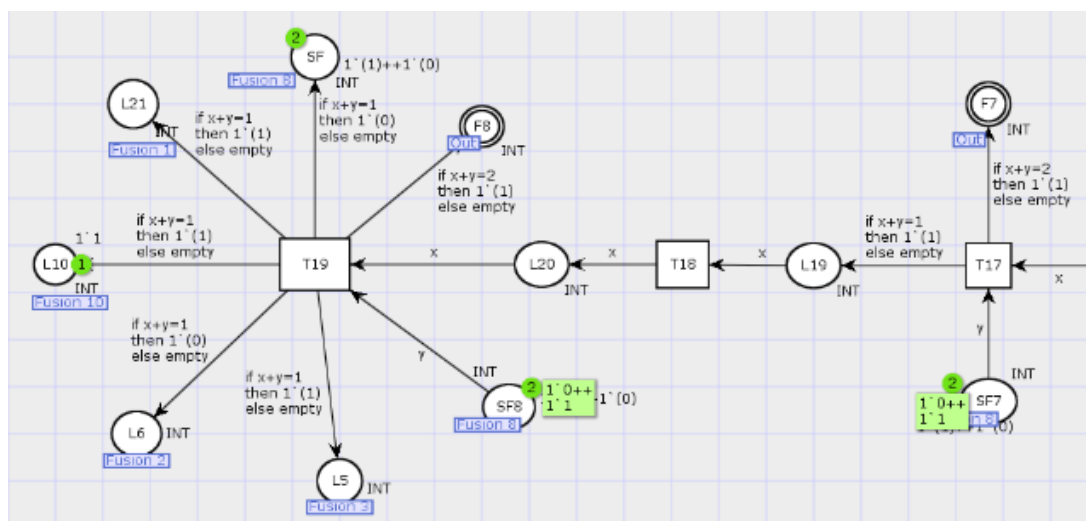


Figura 5. Cont. Fluxograma em Rede de Petri em Estado de Chamada Ativa.

No primeiro algoritmo de funcionamento do elevador irá identificar o funcionamento padrão do elevador, este determinará o estado do equipamento, desde a energização até o nivelamento, parada e abertura de porta. Em seguida um segundo algoritmo utilizará a mesma estratégia, porém estará voltado para análise e determinação de falha. Por fim um algoritmo que contemplará o funcionamento dos dois algoritmos anteriores, mas, rodando em paralelo com finalidade de inferir a causa de possíveis falhas no sistema.

Primeiramente o algoritmo deverá ser capaz de determinar os estados deste funcionamento básico, seguindo a divisão sequencial de estados, pois uma vez que seja possível determinar estados “bons” ou “desejados” qualquer discrepância destes será marcada pelo algoritmo como “falha”.

Em seguida, da mesma forma que para determinar o estado de funcionamento padrão do equipamento foi necessário cruzar informações de 24 sinais, a mesma lógica será adotada para a identificação da falha, porém podemos tomar como base a última marcação anterior à falha, pois essa nos dirá qual era o estado de funcionamento do elevador no momento da falha. Além disso, após a ocorrência da falha cada sinal será avaliado individualmente, diferente do funcionamento padrão, isso tornará possível inferir com maior precisão qual a falha ou defeito apresentado.

Por fim o terceiro algoritmo representa a junção dos dois anteriores, no qual o algoritmo de funcionamento padrão estará rodando indefinidamente no analisador de falhas e qualquer discrepância das leituras levará o sistema para o

estado de falha. A partir deste acontecimento o segundo algoritmo, apresentado como algoritmo para análise de falhas e/ou defeitos busca inferir a causa do acontecido.

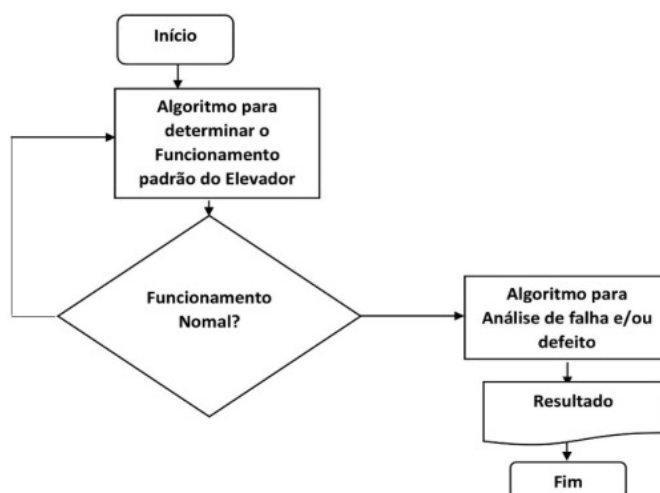


Figura 6. Representação da Junção dos Dois Primeiros Algoritmos.

Com base nos modelos apresentados anteriormente, pode-se implementar um sistema supervisor analizador de falhas, desde que se tenha acesso aos sinais lógicos de cada estado, para isso será necessário realizar aquisições destes e enviar para um microcomputador ou para um hardware dedicado, com isso analisar os sinais e identificar as falhas.

O *hardware* proposto para este sistema será composto por um microcontrolador de 8 bits, avançado e de alta-performance, PIC18F4550, onde além da alta-performance computacional a um custo econômico, com adição de alta resistência, aprimorada memória de programa tipo *Flash*.

Segundo Miyadaira, (2010), estes dispositivos, abreviados por uC ou MCU possuem uma certa inteligência, pois são constituídos por uma CPU (do inglês “*Central Processing Unit*”, ou Unidade Central de Processamento), memória (dados e programas) e periféricos (portas I/O, I2C, SPI, USART e entre outras).

O *Hardware* coleta os sinais lógicos, os organizam e transmite em três blocos separados, padronizando as informações do sistema de uma forma clara e concisa. Possui alimentação de 24 Vcc e possui saída serial, utilizando conector DB-9, padrão RS-232.

O uC em questão realizará a aquisição de dados, de sinais analógicos e digitais, como também realizará uma compatibilidade de tensão entre os níveis de tensão dos equipamentos sensores do elevador, com o nível de tensão do microcontrolador. Alguns dispositivos funcionam com o padrão digital de 24 V e 0 V como os limites físicos, sensores de posição da cabine, circuito de segurança, entre outros, os sinais de comunicação entre o controlador principal e o controlador do inversor possuem dois estados que são 24 Vcc representando o nível alto e 17 Vcc como nível lógico baixo, com uma tolerância de $\pm 8\%$ de tensão, nestes sinais tornam-se necessários o uso de um conversor Analógico/Digital, implementado via *firmware* no controlador PIC18F4550. Foram selecionados 24 sinais, disponíveis no quadro de comando do elevador, para ser realizada a aquisição dos mesmos.

O circuito de alimentação contará com um regulador de tensão LM7805 cuja entrada é de 24 V, proveniente do quadro de comando, e saída de 5 V que alimentará o microcontrolador da placa, além de uma chave para função de liga/desliga e um *led* indicador de funcionamento.

As saídas dos divisores de tensão vão para o uC, representado no esquema pelo pino e sua numeração. Para cada entrada possui um *led* associado para ilustrar o nível lógico daquele pino.

O circuito usado no uC PIC 18F4550, possui versão de 40 pinos com 35 *I/O Ports*, ideal para realizar aquisição, canal doze conversores *A/D* de 13 bits, 3 *timers* e velocidade de *clock* de até 48 MHz, utilizando oscilador externo. Ele utiliza alimentação positiva de 5 V, nos pinos 11 e 31 e *GND* nos pinos 12 e 32.

O oscilador externo adotado foi do tipo cerâmico, cristal de *quartzo*, com frequência de 20 MHz, com dois capacitores em paralelos com a finalidade de servir como filtro, pela elevada frequência do sinal de *clock*. Isso nos confere um tempo de ciclo de instrução (*Tci*) de 0,2 μ s.

Uma chave chamada de *SYNC* foi colocado no pino 17 do uC, funcionando como entrada. A aquisição e envio das informações apenas será inicializada caso esta chave seja pressionada para evitar processamento desnecessário do controlador.

A placa também possui uma saída serial padrão RS-232, compatível para comunicação com microcomputadores. Para isso foi necessário a utilização do transceiver MAX232. Segundo Zanco (2010) a necessidade da utilização deste CI se dá para compatibilizar o nível de sinal TTL do microcontrolador com o padrão serial RS-232.

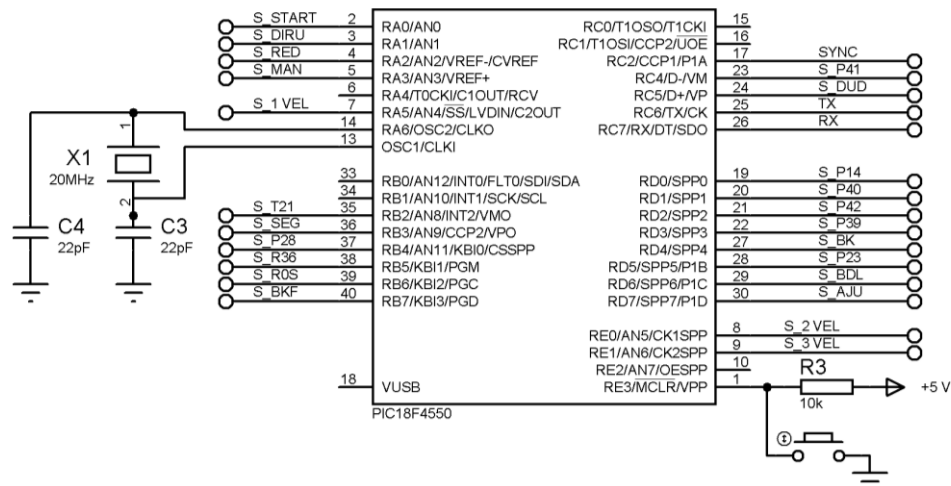


Figura 7. Circuito do uC PIC18F4550]

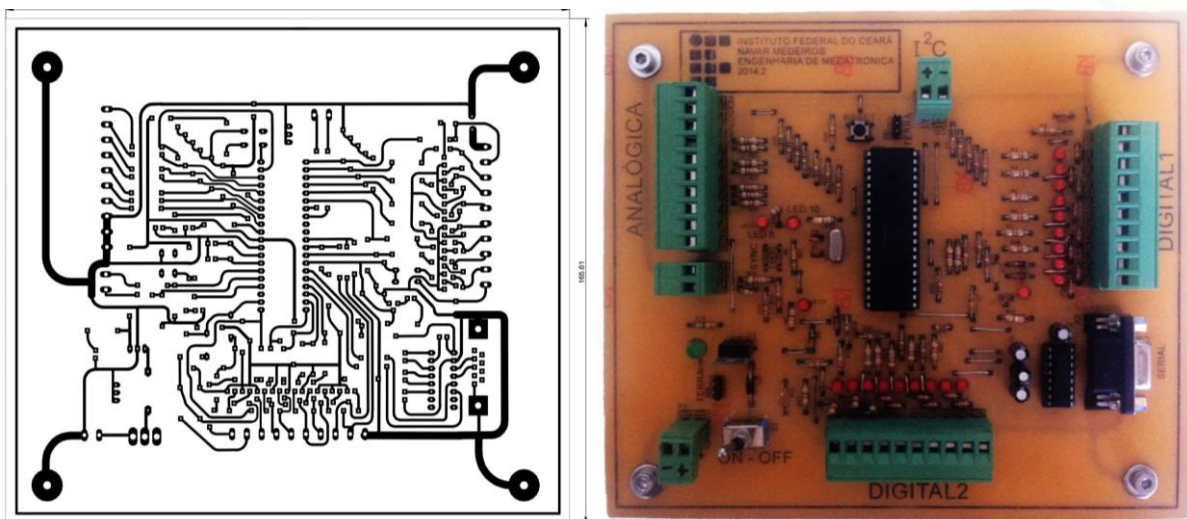


Figura 8. Projeto e PCI do analisador de falhas com todos os componentes acoplados.

Um conjunto de instruções programadas diretamente em um hardware ou equipamento eletrônico, será denominado *firmware*. Pode ser dividido basicamente em quatro etapas, inicialização, aquisição, armazenamento e envio. Foi utilizada linguagem C para este desenvolvimento, com o auxílio da ferramenta *IDE Mplab X* e o compilador utilizada foi o *XC8 Compiler*.

Na primeira parte, Inicialização, o microcontrolador irá carregar as rotinas de configuração, para preparar o hardware para aquisição, como também irá enviar um *byte* de dados informando que o sistema estará pronto para funcionar, esperando apenas pelo comando do usuário através do apertar do botão *SYNC*.

A segunda parte, Aquisição, será quando o PIC18F4550 irá ler estado do pino, para os sinais digitais de 0-24 V e leitura analógica dos sinais de 17-24 V, admitindo 17 V como nível lógico baixo. Todas as entradas previamente configuradas serão lidas, seguindo a seguinte sequência: Sinais da comunicação Paralela, Sinais dos Estados de Funcionamento e Sinais digitais complementares.

A terceira parte, Armazenamento, consiste na gravação do valor lido em um *buffer* de uso geral, após será armazenado em um vetor *8 bits*, sendo um vetor de armazenamento para cada um dos blocos de sinais previamente apresentados.

É importante salientar que a segunda e a terceira etapas ocorrerão três vezes antes do envio, pois cada bloco de sinais será lido de uma vez, bit a bit, armazenado e por fim será sinalizada uma *flag* nesta rotina, indicando que este bloco terminou de ser adquirido e armazenado. O processo se repete até o término do terceiro bloco de sinais.

Na quarta parte, Envio, será primeiramente checado se cada bloco realmente terminou de ser lido e está pronto para envio. A transmissão serial iniciará, enviando cada bloco por vez, obedecendo à mesma sequência utilizada na aquisição, o término da transmissão será determinado pelo envio de uma *string*, representando fim da comunicação.

Após a execução das três partes o programa retornará para a segunda parte, Aquisição.

3. POSSÍVEIS IMPLEMENTAÇÕES

O equipamento poderá ser implementado com um microcomputador, instalado na portaria ou próximo ao quadro de comando, trocando informações com o *hardware* por meio de comunicação serial. Nesse computador estaria rodando o algoritmo analisador de falhas, responsável por gerar alertas visuais e/ou sonoros, indicando a ocorrência de um problema e com sua possível causa, juntamente com um *log* de funcionamento do elevador, momentos antes da falha. Os alertas serviriam para indicar ao cliente que o equipamento apresentou um erro, podendo este acionar a equipe técnica de campo para averiguar o ocorrido. Também poderá implantar um outro *hardware*, instalado próximo ao quadro de comando, com um *firmware* dedicado apenas para a detecção da causa da falha, por meio do algoritmo analisador de falhas. Na ocorrência de um problema um alerta seria gerado, sinalizado por uma buzina alertando o cliente da ocorrência de um defeito. O *hardware* contaria ainda com uma IHM mostrando a causa do problema e ainda um *data logger*, sendo possível visualizar o histórico de funcionamento do elevador até o momento da falha.

4. RESULTADOS

Com o intuito de testar a efetividade do método para detecção de falha em elevadores a seguinte simulação computacional foi realizada:

Elevador estava em funcionamento normal, parado no 3º pavimento e recebeu uma chamada proveniente do 10º pavimento, porém, após o comando de redução, a cabine não entrou a zona de nivelamento e ocasionou uma parada brusca.

a) Características do problema:

Controlador principal enviou o comando de redução, por meio do sinal RED, para o controlador do inversor, porém não recebeu a confirmação da entrada da cabine na zona de nivelamento, representada pela transição do sinal P23 de nível lógico 1 para nível lógico 0.

Visto que o sistema estava em operação normal até a ocorrência do problema e considerando o ciclo de funcionamento do elevador, então a situação do equipamento até o momento da falha foi: Estado normal, ocorrência de uma chamada, fechamento de porta, aceleração, movimento efetivo e redução.

b) Os resultados das aquisições de sinais pelo hardware são:

Tabela 2. Resultado das aquisições dos sinais lógicos

SEF	Etapas do ciclo de funcionamento						
Sinais	Estado Normal	Chamada	Fechamento de Porta	Aceleração	Movimento efetivo	Redução	Nivelamento
L2	1	1	1	1	1	1	1
L6	1	1	1	1	1	1	1
L21	1	1	1	1	1	1	1
L11	0	0	0	1	0	0	0
L12	1	1	1	0	1	1	1
L13	1	1	1	0	1	1	1
L19	1	1	1	0	0	0	0
L18	0	0	0	0	1	1	1
SCP	Etapas do ciclo de funcionamento						
Sinais	Estado Normal	Chamada	Fechamento de Porta	Aceleração	Movimento efetivo	Redução	Nivelamento
START	0	0	0	1	1	1	1
DIRU	1	1	1	1	1	1	1
RED	0	0	0	0	0	1	1
MAN	0	0	0	0	0	0	0
1 VEL	0	0	0	0	0	0	0
2VEL	1	1	1	1	1	1	1
3 VEL	-	-	-	-	-	-	-
SDC	Etapas do ciclo de funcionamento						
Sinais	Estado Normal	Chamada	Fechamento de Porta	Aceleração	Movimento efetivo	Redução	Nivelamento
L9	0	0	0	0	0	0	0
SF4	0	0	0	0	0	0	0

T9	1	1	1	1	1	1	1
BDL	1	1	1	1	1	1	1
AJU	0	0	0	0	0	0	0

c) Resultados do algoritmo:

Tabela 3. Resultado das aquisições dos sinais lógicos

Bloco de dados	Etapas do ciclo de funcionamento						
	Estado Normal	Chamada	Fechamento de Porta	Aceleração	Movimento efetivo	Redução	Nivelamento
SEF	01	01	01	03	04	04	04
SCP	11	11	11	12	12	13	13
SDC	-	-	-	-	-	-	-

Nota-se que após um pequeno tempo do comando de redução a cabine deveria entrar na zona de nivelamento, indicado pelo nível lógico baixo do sinal L18, porém, a leitura do sinal SEF demonstra que este sinal permaneceu em nível lógico alto. A interpretação do algoritmo dessa ocorrência é da seguinte forma:

- a) Marcação padrão do sinal SEF:
Redução: 04;
Nivelamento: 05.
- b) Marcação divergente do sinal SEF
Redução: 04;
Nivelamento: 04.

A informação do proveniente do bloco SCP permite ao algoritmo atribuir a marcação 13, que indica comando de redução de velocidade para o motor elétrico. Portanto, associando a informação proveniente dos blocos SEF e SDC é possível indicar que o problema está no sensor de nivelamento da cabine. As marcações provenientes das leituras do bloco SDC não foram levadas em considerações nesse problema.

Esse problema acarreta uma parada no elevador, deixando-o fora de operação até que o problema seja corrigido. O sistema indicaria para o cliente que o elevador está parado, por meio de um aviso sonoro ou por uma indicação na tela do software do microcomputador. Seria também gerado um alerta, para o técnico, indicando o possível problema, como também, um log do funcionamento do elevador até o momento da falha.

Os resultados obtidos podem ser divididos em dois: resultados da modelagem em rede de Petri colorida do elevador com estados de falhas e os resultados do desenvolvimento do *hardware* e *firmware* para aquisição das sinas lógicas do elevador.

Acerca da modelagem, os resultados foram satisfatórios. A simulação da rede de Petri colorida proposta foi feita com o *software* CPN Tools, capaz de gerar um relatório enumerando todos os possíveis acontecimentos do sistema, tornando a visualização das falhas, e estados anteriores a estas, melhores de serem visualizadas.

No desenvolvimento do *hardware* de aquisição de sinais também foram satisfatórios. Os circuitos funcionaram de acordo com o padrão de tensão e corrente necessário. E o *firmware* também apresentou a resposta esperada, pois diversas simulações foram feitas durante a escrita do código fonte visando atender à necessidade e melhorar o desempenho do processador.

Foi possível chegar ao algoritmo proposto, por meio da prévia modelagem do elevador em rede de Petri, pois com a listagem e correlação de todos os estados de funcionamento pode-se convergir a uma metodologia de análise da falha.

Em síntese os resultados adquiridos neste projeto foram bastante satisfatórios, pois servirão como base para desenvolvimento futuro do projeto.

5. CONCLUSÃO

Quanto o problema investigado, neste projeto foi identificado a necessidade do desenvolvimento de um dispositivo analisador de falhas para elevadores. Dentre as partes necessárias para confecção do dispositivo, duas foram implementadas: as modelagens em redes de Petri e o *hardware* responsável pela aquisição de dados. Resta desenvolver o equipamento analisador de falhas, porém o algoritmo e formas de implementação foram discutidas.

A impossibilidade da realização de testes do equipamento analisador se deu pela falta de um elevador de testes, já que precisaria ser cedido pela empresa responsável e pelo cliente usuário do equipamento.

Nas partes desenvolvidas os resultados foram satisfatórios. Onde os objetivos eram: desenvolver um método para análise de falhas em elevadores com quadros de comando microprocessados e que utilizem tecnologia VVVF no acionamento da máquina de tração e desenvolver um *hardware* que realize a aquisição dos sinais lógicos disponíveis no

quadro de comando do elevador, como também faça o tratamento desses dados e os envie por meio de um canal de comunicação *serial*.

Com isso todos os objetivos foram alcançados. Em relação ao método de desenvolvimento deste estudo foi qualitativo, tendo em vista a adequação no trabalho, já que este método visa a compreensão em sua totalidade do fenômeno, funcionamento do elevador, focando em conceitos específicos das partes que compõem o elevador.

6. REFERÊNCIAS

- Amaya, E. J., & Álvares, A. J. (2012). Detecção de falhas em unidades geradores hidráulicas usando instrumentação inteligente. VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. São Luis - MA.
- Nonino, J. et al. Analysis for the Integration Feasibility of Open SPARC T1 and a Petri Nets Processor to Form a System with Hardware Synchronization Capability. Ieee Latin America Transactions. V.11, N.1, p. 60-64, 2013.
- Franceschi, A. Sistemática de Análise de Falhas de Equipamento Agrícola Sob a Ótica de Projeto do Produto. Santa Catarina: UFSM, 2015. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Mecanização Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Catarina, 2015.
- Furtado Júnior, C. G.; Soares J. M.; Barroso G. C. CacheSIM: A Web Cache Simulator Tool Based on Coloured Petri Nets and Java programming. IEEE Latin America Transactions. V. 13, N. 5, p. 1511 – 1519, 2015
- Miyadaira, A. N. Microcontroladores PIC18. 1ª edição. São Paulo: Editora Erica, 2010.
- Schmitt, J. C. Método de Análise de Falha Utilizando a Integração das Ferramentas DMAIC, RCA, FTA e FMEA. Santa Bárbara D'Oeste: UMP, 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de, Santa Bárbara D'Oeste, 2013.
- Sousa, G. F.M; Felix, É. P; Pinto, J, H, F. (2012). Utilização da manutenção centrada em confiabilidade para análise de falhas em redes de controladores lógicos programáveis. VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. São Luis - MA
- Zanco, W. Microcontroladores PIC18 com linguagem C: uma abordagem prática e objetiva. 1ª edição. São Paulo: Editora Erica, 2010.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

“Os autores Navar de Medeiros Mendonça e Nascimento, José Luis da Silva Neto, André Oliveira, Érick Aragão Ribeiro são os únicos autores responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

DEVELOPMENT OF A SYSTEM ANALYSER FAULT FOR LIFTS

Navar de Medeiros Mendonça e Nascimento, navarmedeiros@gmail.com¹

José Luis da Silva Neto, luisneto77@gmail.com²

André Oliveira, andre_oaf@hotmail.com¹

Érick Aragão Ribeiro, erickudv@gmail.com¹

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Av. 13 de Maio, 2081 - Fatima, Fortaleza - CE, 60040-531.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Av. Dom José Tupinambá da Frota, 317 - Derby Clube, Sobral - CE, 62040-730.

Abstract. *The use of elevators has become a necessity for many because of the increasing expansion of cities. Thus the need for facilities and maintenance services of these devices had a great growth as well as the development of new techniques and technologies to ensure the quality and reliability of the equipment. This paper proposes a method of analysis of failures in this type of equipment, identifying the cause of the problem, thereby allowing a reduction in the technical diagnosis of time. The research is to model the elevator, using Petri nets, listing and correlating the functional states of the system and develop a hardware for performing acquisition of the elevator operating signals. As search results are exposed to operating logic failure analyzer algorithm, by prior modeling, and the details of the data acquisition hardware.*

Keywords: *Elevator, Maintenance, Failure Analysis, Data Acquisition*