



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL 4.0

CHRISTIANO FRARE GRACIA, EMERSON CARLOS DA SILVA

SMART TEST 4.0

CURITIBA
2019

CHRISTIANO FRARE GRACIA, EMERSON CARLOS DA SILVA

SMART TEST 4.0

Artigo apresentado no Curso
de Industria 4.0 da
Universidade Federal do
Paraná

**CURITIBA
2019**

O objetivo deste projeto é o de reduzir as perdas que atualmente afetam a produtividade das linhas de montagem de refrigeradores da fábrica da Electrolux em Curitiba, sendo estas perdas reveladas durante os testes de vazamento do gás refrigerante. O método utilizado para identificarmos e resolvermos os problemas conta com as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, que vai desde a utilização de robôs autônomos na execução padronizada das atividades até uma completa integração de sistemas de segurança, coleta, armazenamento e análise dos dados gerados, apoiado por sistema de inteligência artificial, resultando em planos de ações e em tomada de decisão de forma analítica e rápida.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente encontramos na Electrolux uma situação em que a linha de montagem que fabrica refrigeradores de alto valor agregado necessita de um maior controle e rastreabilidade para reduzir as perdas provocadas por problemas de qualidade e perdas de produtividade.

A falta de rastreabilidade e controle das peças usadas no processo de montagem do refrigerador ocasiona retrabalhos, paradas de linha de produção e sucata. O retrabalho é medido através de um indicador chamado NRFT (*Not Right First Time*) o qual é mensurado através de ppm.

$$NRFT = \text{Unidades defeituosas} / \text{Total de unidades produzidas} \times 1.000000 \quad (1)$$

$$\text{Produtividade} = \text{Produção total} / \text{Horas pagas trabalhadas} \quad (2)$$

$$OEE = \text{Disponibilidade} \times \text{Eficiência} \times \text{Qualidade} \quad (3)$$

$$\text{Sucata} = \text{Unidades de Sucata} / \text{Total de unidades produzidas} \times 100 \quad (4)$$

Atualmente existem 3 pontos de verificação de processo na linha de montagem, e caso ocorra algum problema o produto é retirado da linha para retrabalho e o mesmo retorna em uma etapa anterior da linha.

1. Teste de Vazamento Evaporador
2. Teste de Vazamento de Alta Pressão
3. Teste de Vazamento de Baixa Pressão

Estes pontos estão demonstrados no layout abaixo:

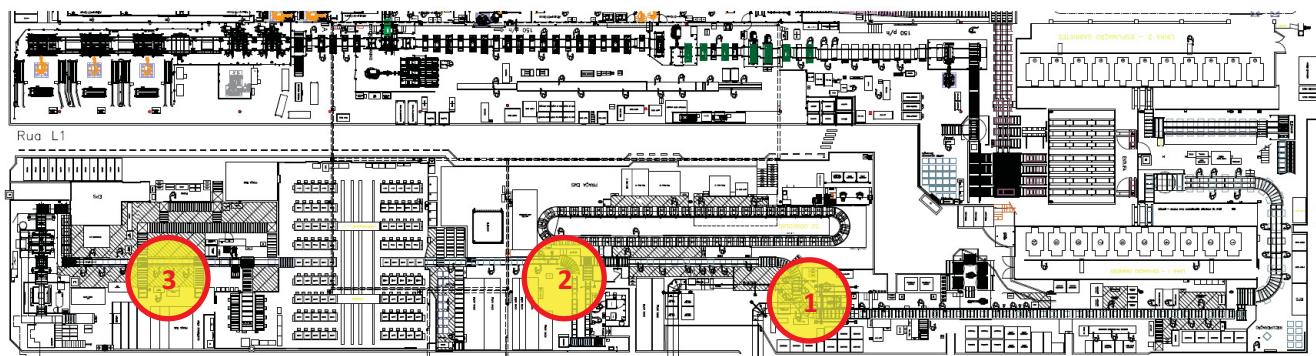


Figura 1. Linha de montagem refrigeradores

Com os pontos de entrada e saída na linha temos pouco controle e os produtos se perdem por não terem código ou rastreamento. O que usualmente acontece é ter que remover a etiqueta do produto que saiu para retrabalho e utilizar em outro que não apresenta nenhum problema.

Neste caso, necessitamos de um rastreamento dos produtos que são retrabalhados fora da linha de montagem e que os mesmos retornem para a linha de montagem sem perdas de produção ou troca de etiqueta de identificação. As perdas de produção e de NRFT atualmente estão em 20% divididas entre Qualidade e Disponibilidade, contabilizados no indicador de eficiência global da linha (OEE), que atualmente está em 62%.

- Disponibilidade: 80%
- Eficiência: 97%
- Qualidade: 80%

Nosso objetivo é de aumentar a disponibilidade e Qualidade em 15%, pois desta forma o indicador de OEE passa para 85%. O que é considerado um padrão aceitável dentro da Electrolux. Com esta melhoria conseguimos aumentar a capacidade de produção e absorver a demanda de mercado, que atualmente está maior que nossa capacidade de produção.

1.1. SITUAÇÃO ATUAL

A situação que pretendemos solucionar é um problema de vazamento de gás refrigerante R600a que atualmente está na faixa de 3% ao ano, e é capturado em testes realizados em uma das linhas de montagem de refrigeradores. Hoje esta linha está com a capacidade produtiva inferior à demanda do mercado devido principalmente ao alto índice de retrabalho, gerando custos adicionais e perdas de produtividade.

Este problema ocorre em 3 pontos de teste na linha de montagem (Alta pressão, Baixa Pressão e Evaporador), sendo que atualmente não possuímos dados que possibilitem realizar uma análise detalhada para buscar a (s) causa (s) raiz do problema. Na refrigeração, os componentes e o sistema de refrigeração devem ser testados quanto a vazamentos para garantir que os vazamentos de gás refrigerante estejam abaixo dos limites especificados.

As três funções básicas do teste de vazamento são 1) determinar se há vazamento ou não 2) medição do teste de vazamento 3) Localização do vazamento. Existem muitos métodos e tipos de equipamento para resolver esse problema.

Os equipamentos utilizados pela Electrolux são:

- ECOTEC II versões de 2 e 3 pontos
- ECOTEC 3000 versões de 2, 3 e 4 pontos

Hoje, normalmente, o teste é realizado em 3 posições diferentes, com diferentes testes de vazamento e diferentes demandas nos equipamentos em uso. Evaporador e tubos de conexão devem ser controlados, se possível, a partir da construção, antes de inserir materiais incorretos na produção.

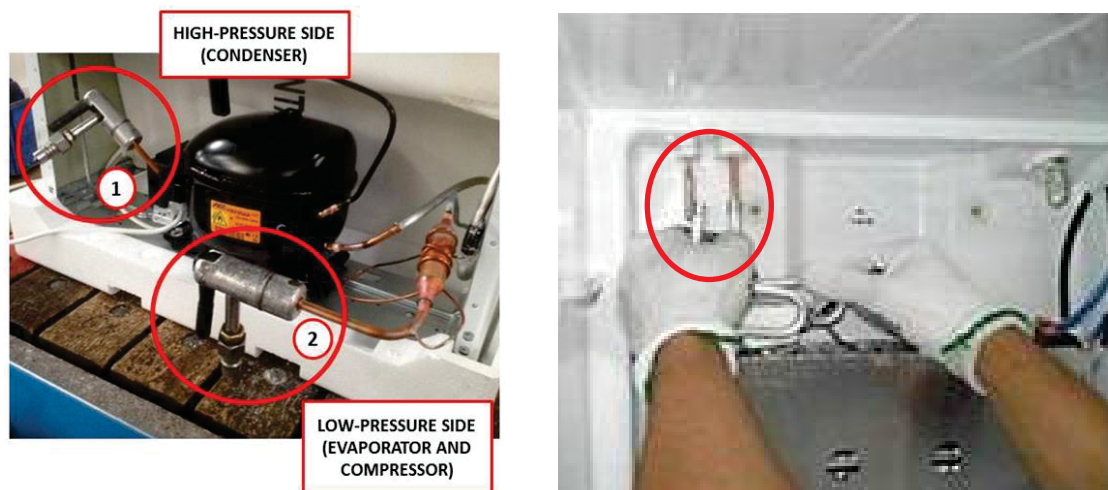


Figura 2. Locais dos testes de alta e de baixa pressão e evaporador.



Figura 3. Ponteira de detecção de vazamento *Sniffer*.

2. ESTADO ATUAL

Para iniciarmos o mapeamento do estado atual é importante identificar nos testes de vazamento, as principais variáveis, tais como:

- A) Fatores técnicos:
 - Dimensões e tolerâncias
 - Calibração do equipamento
 - Materiais das conexões (Ex.: Cu-Cu; Fe-Cu; Fe-Fe; Al-Cu)
 - Localização da tubulação (acessibilidade)
 - Área do teste de vazamento (óleo, oxidação, etc.)

- B) Fatores humanos:
 - Treinamento dos operadores
 - Talento e habilidade
 - Experiência
 - Confiabilidade

- C) Ambiente:
 - Ergonomia
 - Iluminação
 - Qualidade dos equipamentos de proteção individual

Estes fatores afetam direta ou indiretamente os resultados dos testes de vazamento que queremos trabalhar e reduzir o índice de falhas. Todos os fatores relacionados acima são parte integrante da análise e solução dos problemas.

2.1.1. TESTE VAZAMENTO EVAPORADOR

O evaporador é parte integrante do sistema de refrigeração de uma geladeira, é responsável pela retirada do calor do alimento, o qual posteriormente faz o líquido refrigerante evaporar e posteriormente condensar até chegar no compressor e depois o ciclo é reiniciado. Abaixo são mostrados alguns modelos utilizados nas geladeiras.

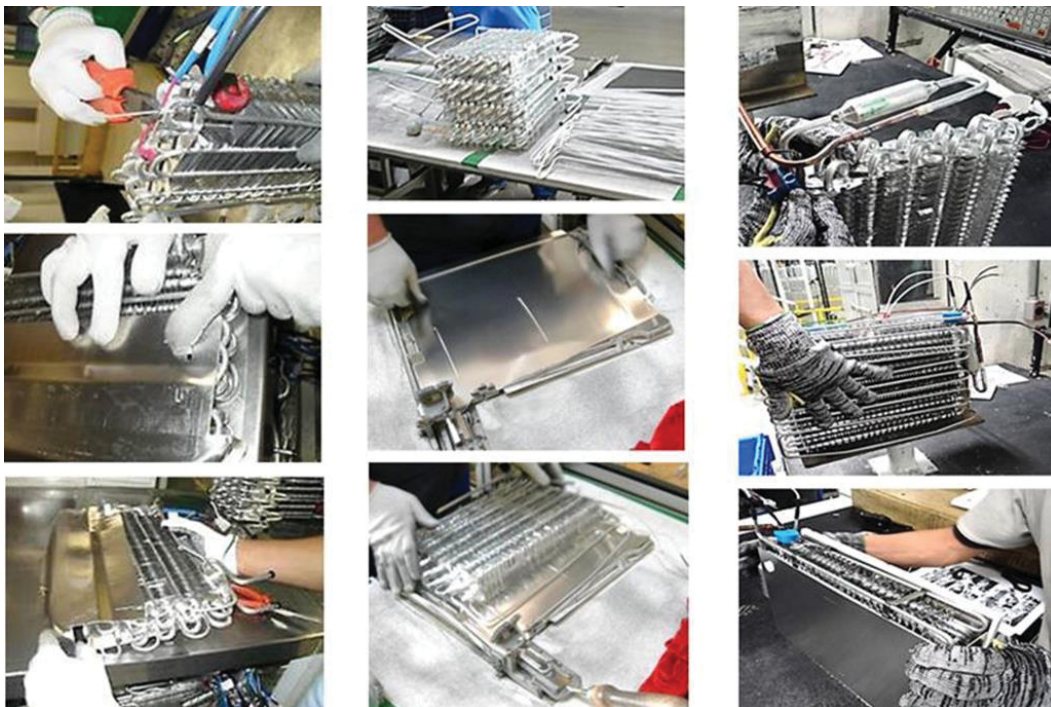


Figura 4. Modelos de Evaporador

A detecção de vazamento é feita pela injeção de gás hélio usando bombas de evacuação, carregador de hélio, detector de vazamento e uma unidade de recuperação de hélio.

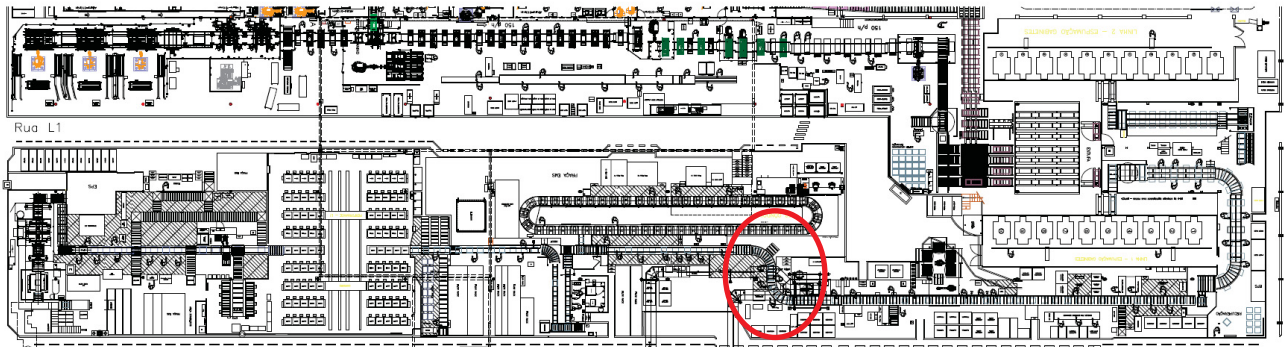


Figura 5. Teste vazamento evaporador

2.1.2. TESTE VAZAMENTO BAIXA PRESSÃO

Cada método de teste é adequado apenas para um tipo de vazamento específico, sendo que o limite de referência depende do gás refrigerante e varia de 15 g/ano para sistemas de ar condicionado grande a 0,5 g/ano para um refrigerador doméstico.

Esse nível de aceitação é o principal parâmetro a ser considerado ao selecionar o método apropriado de teste. E o equipamento mais utilizado é o ECOTEC 3000 da INFICON.



Figura 6. Equipamento para teste de vazamento

Uma das melhores posições é logo após o carregamento do refrigerante e o fechamento do circuito, porque logo após o carregamento é a pressão mais alta no sistema de refrigeração no lado de baixa pressão.

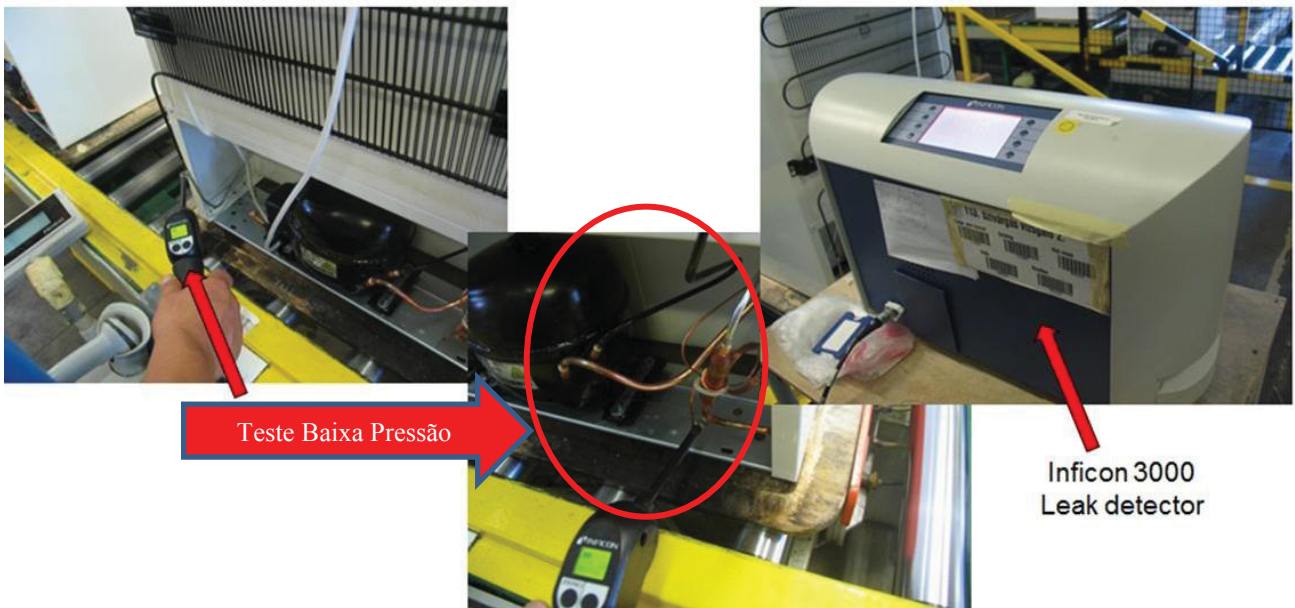


Figura 7. Local do teste de Baixa Pressão.

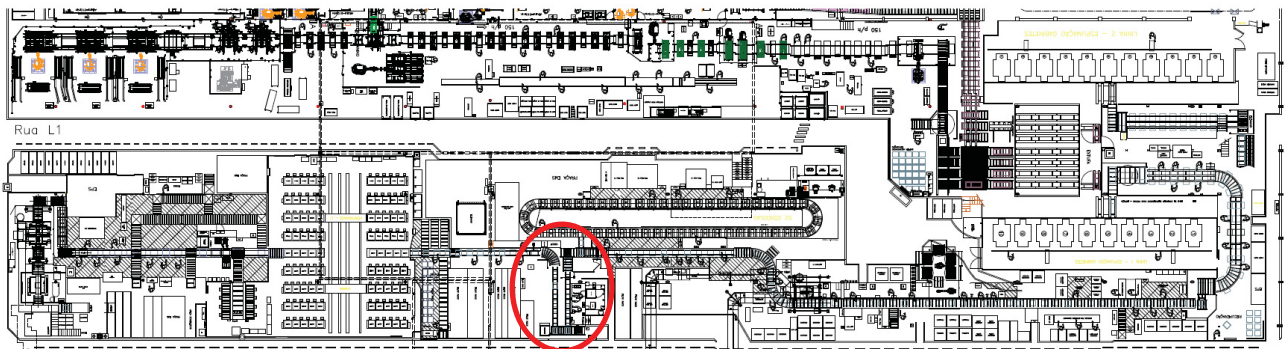


Figura 8. Teste de vazamento baixa pressão.

Quanto mais tarde fizermos a detecção de vazamentos, pior será a eficiência. Porque a pressão diminui continuamente no lado de baixa pressão até o nível de equalização.

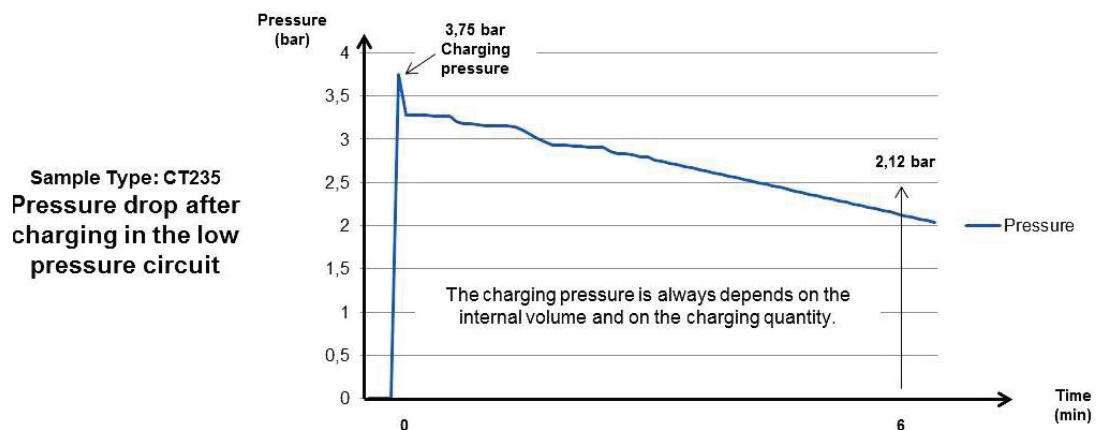


Figura 9. Gráfico de tempo vs. Decaimento da pressão.

2.1.3. TESTE VAZAMENTO ALTA PRESSÃO

O teste de alta pressão é o último teste realizado antes da embalagem da geladeira e é realizado sempre com o compressor em funcionamento. Isto aumenta a pressão interna do sistema e facilita a detecção do vazamento do lado da conexão entre o compressor e o evaporador a qual é feita pela “linha de sucção” conforme figura abaixo.

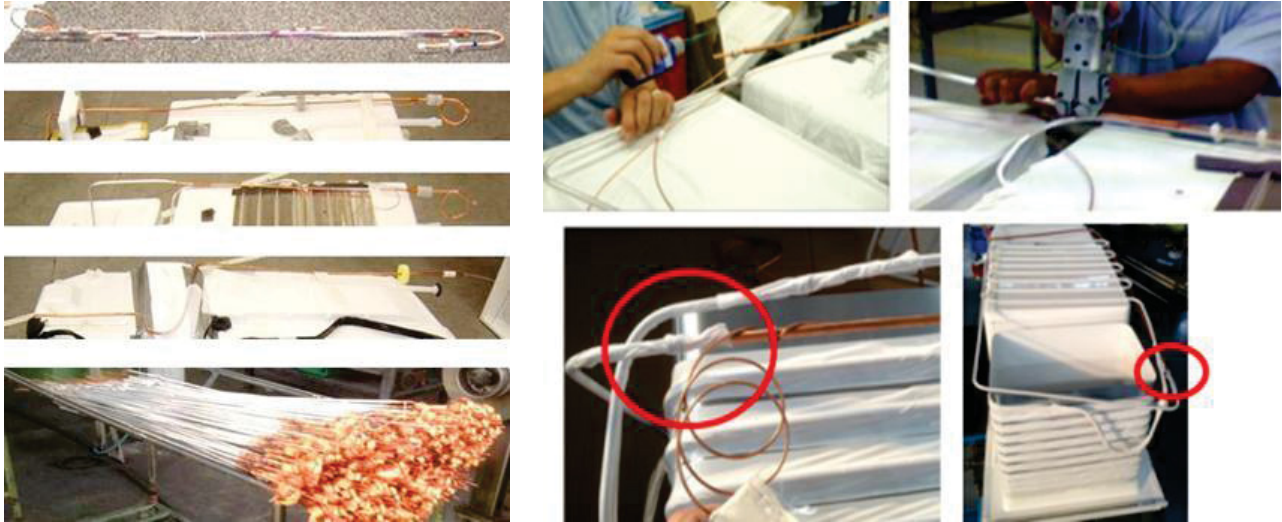


Figura 10. Linha de sucção.

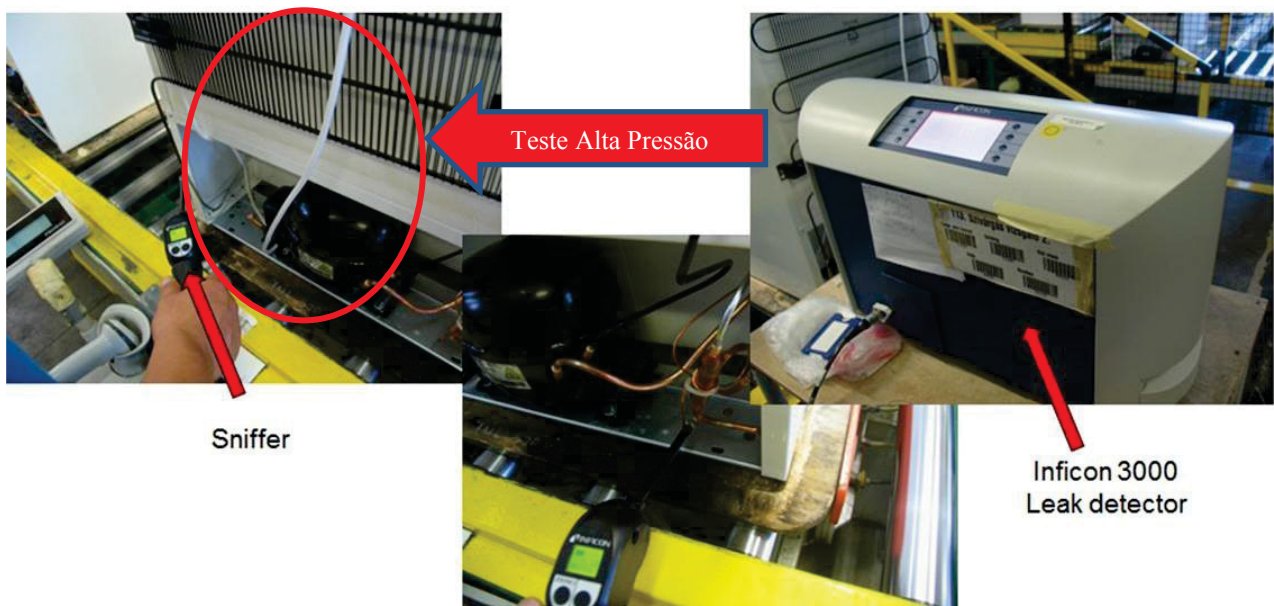


Figura 11. Local do teste de Alta Pressão.

Com a ajuda do compressor, podemos garantir a pressão relativamente alta no circuito de alta pressão.

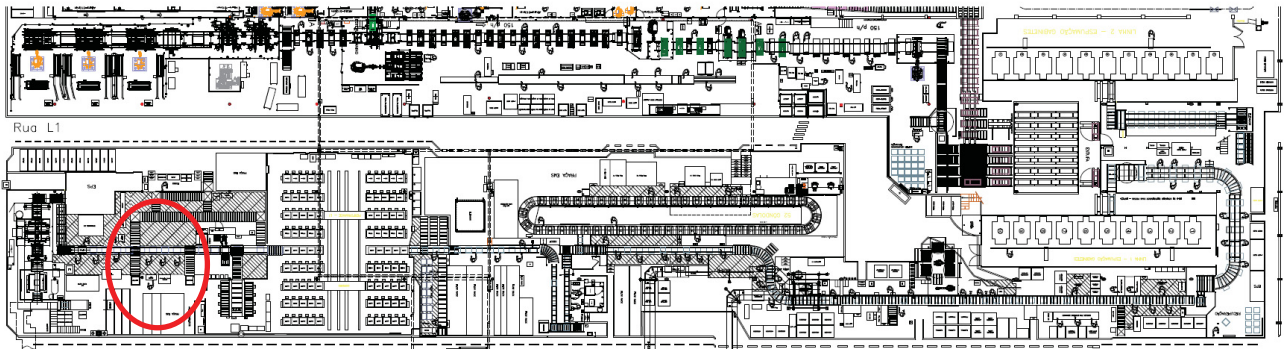


Figura 12. Teste vazamento alta pressão.

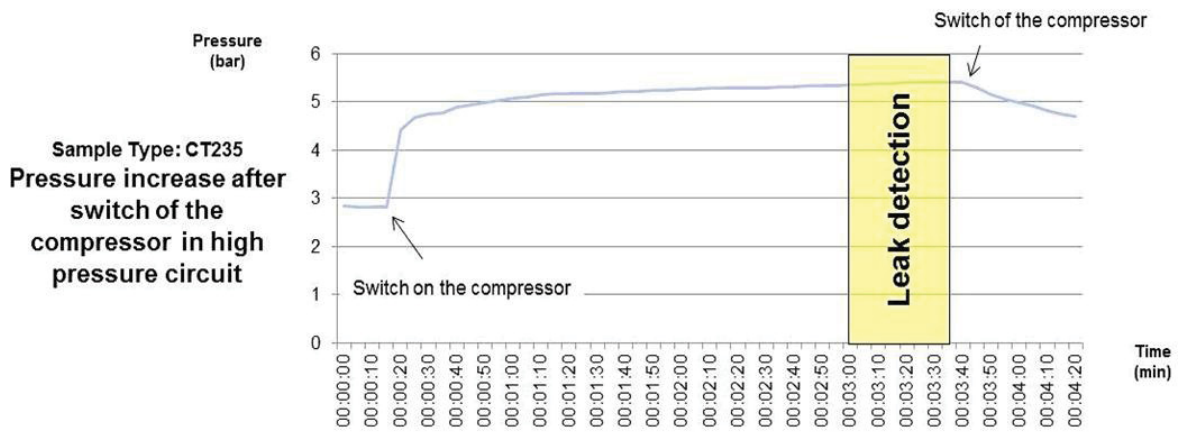


Figura 13. Teste de vazamento com o compressor acionado.

O uso de um forno para aquecer o produto é uma opção para se melhorar a capacidade de detecção de vazamento.

Heating up the condenser (Leakage test efficiency increase)

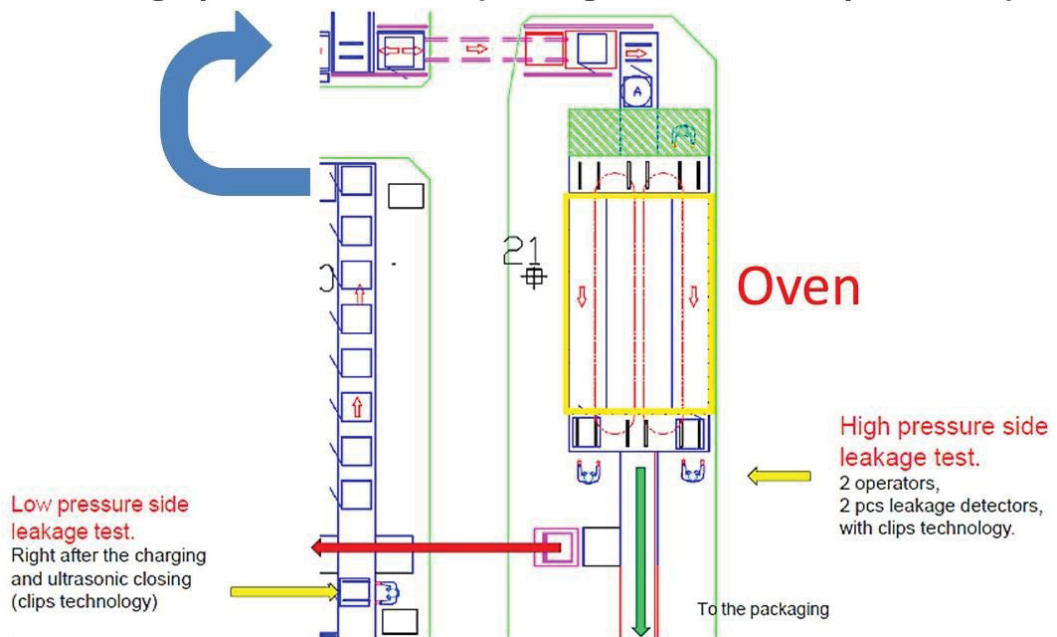


Figura 14. Aquecimento do produto através de um forno.

3. SOLUÇÃO DO PROBLEMA

Para solucionarmos o problema e identificarmos a causa raiz, será necessária a utilização de alguns conceitos e ferramentas habilitadoras da Indústria 4.0, o que possibilita a coleta de dados e posterior plano de ação e tomada de decisões mais assertivas (priorizadas e medidas).

Estes dados podem ser coletados de maneira padronizada através de Robôs ligados por meio de Internet Industrial (IOT), e enviados para um Big Data, usando Conectividade e Sistemas Integrados. Estas tecnologias estão disponíveis no mercado nacional e são de fácil acesso, assim como os profissionais especializados necessários para implanta-las.

Nossa proposta é implementar este sistema de análise de dados que através de uma inteligência artificial permite correlacionar as causas dos retrabalhos (fator humano/material/especificação) com a quantidade de vazamento nos pontos de testes distribuídos na Linha de Montagem de refrigeradores da Fábrica Curitiba conforme abaixo:

1. Teste de Vazamento Evaporador
2. Teste de Vazamento de Baixa Pressão
3. Teste de Vazamento de Alta Pressão

Para a implementação desta solução, será necessário a instalação de Robôs para execução automatizada dos testes garantindo padronização e reduzindo falhas operacionais, além de equipamentos para coleta e armazenamento dos dados, Infraestrutura de redes para possibilitar o tráfego de dados, e também sistemas de Tecnologia da Informação integrando todos os pontos desde a Linha de Produção até o Usuário da solução. Segue abaixo um resumo dos equipamentos necessários para a solução, assim como um desenho *macro* da solução:

- Robôs para execução automatizada dos testes;
- Sistema de coleta de dados conectado a uma IOT;
- Big Data para armazenamento de dados;
- Integração de sistemas com o Big Data;
- Inteligência artificial (programação).



Figura 15. Esquema macro da Solução adotada

3.1. DETALHAMENTO DA SOLUÇÃO

Para cada ponto de teste é necessária ferramenta específica para cada atividade em questão (Atuador), sendo esta ferramenta conectada à extremidade do Robô que executará o teste. Este Robô estará equipado com um CLP (Controlador Lógico Programável) que é o responsável pelo programa de gerenciamento da atividade.

Os dados coletados durante os testes são enviados pelo CLP acoplado no Robô para um outro CLP Master, via rede de TI construída especificamente para atender à solução. Esta rede possui uma topologia planejado por Anéis, onde cada anel responde por um “pedaço” da rede, interligando todas os equipamentos pertencentes a esta rede de forma redundante, ou seja, caso qualquer caminho desta rede seja quebrado, os Dados podem seguir uma rota diferente dentro da mesma rede imediatamente, sem causar qualquer tipo de impacto para a solução.

Nesta rede haverá Painéis Concentrador (CLP Master) que são responsáveis por consolidar todas as informações enviadas pelos CLPs das máquinas. Este painel concentrador é composto de um CLP controlador SIMATIC S7-1500 Siemens + IHM (Interface Homem Máquina) e por equipamentos de rede TI (ex: Siemens Scalance / Cisco IE2000 Switch) onde, além de concentrar as informações e controlar os demais CLPs, também são responsáveis pela interface

TA/TI, ou seja, é neste ponto que as informações oriundas de equipamentos ligados na rede Profinet/Profibus (TA) passam a trafegar na rede Ethernet (TI).

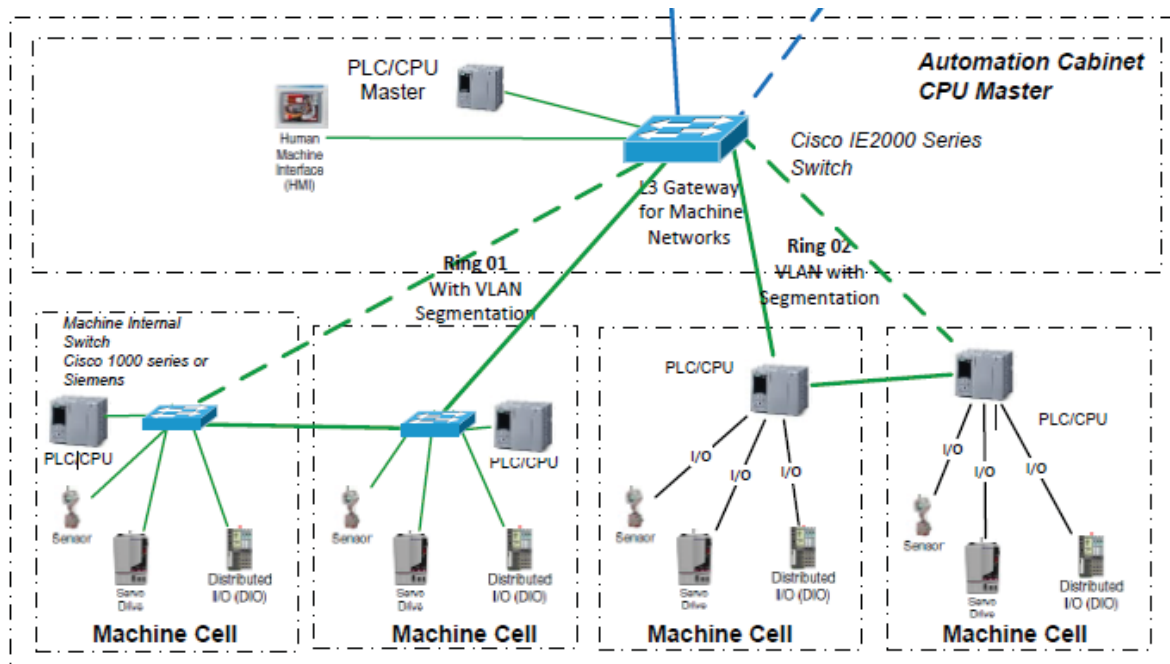


Figura 16. Topologia de rede TA

Um aspecto muito importante em soluções como esta, onde os Dados e a Informação coletada é o maior Ativo requerem um nível de Segurança da Informação sem precedentes, pois qualquer tipo de ataque virtual em que os dados são roubados, alterados ou apagados, apenas para citar alguns exemplos, podem colocar em risco a operação e atpe mesmo a empresa dependendo do tipo de informação acessada por pessoas não autorizadas.

Para isso, faz-se necessário um alto investimento em segurança da informação, com equipamentos e sistemas de última geração, interligados por uma topologia de rede em níveis, onde cada nível fornece um tipo específico de segurança e que quando são colocados sobrepostos, tornam-se extremamente seguros e praticamente impossível de se violar.

Entretanto, sabemos que por mais que a segurança da informação esteja constantemente evoluindo e atingindo níveis altíssimos, do outro lado existem pessoas e equipamentos também cada vez mais especialistas em quebrar e burlar estes sistemas de segurança da informação, ou seja, este é um tópico em constante evolução e que não pode entrar em uma zona de conforto.

Falando especificamente da solução, como podemos ver na figura 7 abaixo, a rede de TI é composta por 3 níveis: Zona industrial, Zona desmilitarizada industrial e a Rede Corporativa.

Na zona Industrial estão interligados os equipamentos da Fábrica, ou seja, é neste nível que os CLPs concentrados trafegam dados entre si e com os CLPs das máquinas. Aqui basicamente temos a rede Profinet/Profibus no nível mais baixo (camada 0 a 3), e um equipamento de TI (Switch) faz a ligação destes equipamentos com a rede superior.

Na zona desmilitarizada industrial, que fica entre a zona industrial e a rede corporativa, estão localizados os Firewalls e demais sistemas de segurança da informação responsáveis por proteger a zona industrial, ou seja, apesar de não ter nenhum tipo de contato com o mundo exterior, somente com a própria rede corporativa da empresa, esta rede industrial está protegida até mesmo de acessos de dentro da empresa.

No último nível está a rede corporativa onde estão os demais equipamentos e sistemas da companhia, ou seja, servidores (E-mail, ERP, Finanças, engenharia, ...) e máquinas dos funcionários (Desktops, Laptops, Tablets, Celulares,). Esta rede corporativa possui seus próprios mecanismos de segurança que são extremamente seguros e confiáveis, afinal, estamos falando da segurança da informação da empresa como um todo. Entretanto, mesmo que um invasor consiga penetrar na rede corporativa, o que é altamente improvável, ele terá que realizar outra invasão em uma rede tão segura quanto a primeira.

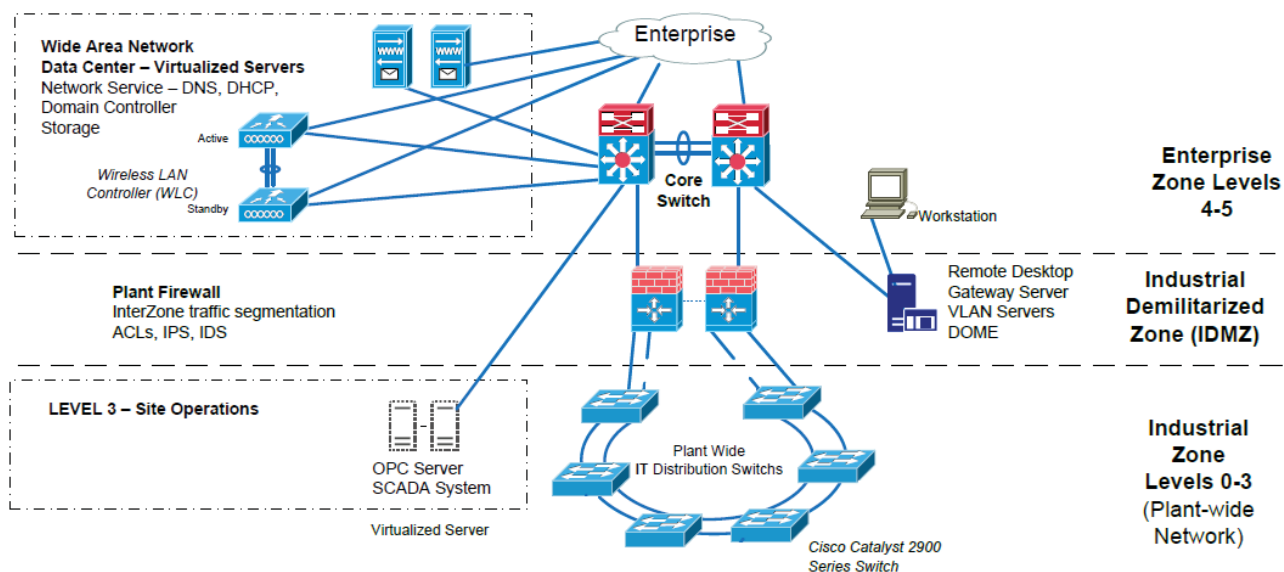


Figura 17. Topologia de rede TI

Dentro da arquitetura de Servidores, devemos ter um sistema de alta disponibilidade e confiabilidade, visto que esta solução não é responsável apenas pela coleta de dados, mas também responde pelo gerenciamento dos testes como um todo. Por exemplo, cada produto em possui um tipo específico de testes, pois o tipo de componente a ser testado é diferente em cada modelo, mudando os locais da solda e das junções que podem causar vazamento.

Na solução proposta, o Robô estará programado para realizar o teste correto e padronizado de acordo com o modelo que estiver no ponto de teste no momento. Para que haja esta padronização, os gerenciamentos dos testes serão realizados em um software específico e serão enviados para a memória do CLP do robô, que executará o teste correto no produto assim que identificá-lo através da informação disposto na etiqueta de código de barras. Qualquer alteração e/ou melhoria realizada na programação dos testes refletem imediatamente na linha de produção, através dos sistemas de TI.

Dentro desta arquitetura de TI também existem equipamentos de armazenamento de dados (*storage*) responsáveis por guardar com segurança todos os dados coletados pela solução, permitindo termos um histórico dos testes e desta forma podemos realizar todas as análises necessárias pela área de Análise de Dados.

Com uma amostragem incremental e evolutiva, utilizando se de IA (Inteligência Artificial), podemos analisar o passado, realizar plano de ação, executarmos as melhorias e ajustes, traçarmos tendência de evolução e acompanharmos os resultados, retroalimentando todo ciclo através da melhoria contínua.

3.2. MÉTODO DA SOLUÇÃO

Com esta solução, o nível de padronização dos testes e a coleta de dados fornecerá para a organização o acesso a um grande volume de informações, de forma incremental e evolutiva, permitindo a análise e a identificação da causa raiz do problema e poderá também acompanhar em tempo real o resultado das ações tomadas, podendo mudar a estratégia a qualquer momento e a qualquer tempo, o que possibilitará uma melhor utilização dos recurso disponíveis e um menor tempo de reação perante os problemas ocorridos.

Uma forma de medir a melhoria na operação e através do indicador OEE (*Overall Equipment Efficiency*), que apesar de ser comumente apenas utilizado, como o próprio nome diz, para medira a eficiência geral de equipamento, mas este indicador também pode ser utilizado como indicador de eficiência global da linha de produção ou até mesmo de uma área, visto que suas 3 dimensões são: Disponibilidade x Eficiência x Qualidade.

Com isso, estimamos que o indicador de eficiência global da linha, que atualmente está em 74% possa ir para 85% (meta), liberando capacidade produtiva para absorver o aumento da demanda do mercado devido ao aquecimento da economia, sem a necessidade de grande investimento em uma nova linha ou até mesmo em uma nova fábrica.

Outro ponto positivo é que esta solução pode ser facilmente replicada e aplicada em outros tipos de testes na mesma empresa, em outras plantas ou até mesmo em outras Indústrias, pois a premissa básica é a coleta, transferência, armazenamento e tratamento dos dados utilizando-se dos conceitos e premissas da Indústria 4.0.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Com a adoção do sistema proposto, os resultados obtidos se dividem em 3 categorias:

- 1 – Redução de custo através da utilização de robôs ao invés de operadores.
- 2 – Redução de matéria prima em função de um melhor controle dos modos de falha.
- 3 – Redução de custo operacional através da melhoria do OEE.

Estes 3 fatores combinados fazem com que a produtividade da linha seja aumentada e a mesma consiga absorver um maior volume referente ao adicional da demanda.

A médio e longo prazo existe a possibilidade de escalar a solução para outras linhas de montagem e também outros sistemas de teste, como por exemplo teste elétrico.

Ao se escalar a solução para outras linhas e outros testes podemos integrar futuramente todos os sistemas de teste na mesma inteligência artificial a qual passaria a gerenciar de forma autônoma e com base nos históricos de testes realizar a tomada de decisão se a intervenção humana.

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados obtidos após a implementação de uma estrutura de testes (piloto) da solução, apesar de ainda não ter todos os componentes necessários e estar em um ambiente controlado (laboratório), mostrou-se extremamente animador e através deste pois foi possível validar alguns conceitos e premissas adotadas, levando à conclusão que vale a pena investir mais no sistema adquirindo melhores esquecimentos – e mais caros – para termos um piloto definitivo no ambiente fabril, colocando para rodar em uma linha nos próximos meses.

Os benefícios diretos estimados neste primeiro momento são através da redução de operadores na linha de montagem devido à automação dos testes (42kBRL/ano), redução de retrabalho (Mão de obra + Hora extra – 147kBRL/ano e Matéria-prima – 49kBRL/ano), totalizando 616kBRL/ano.

Porém, este tipo de solução deve ser implantado não apenas visando as reduções de custo acima citadas, que apesar de serem interessantes para qualquer gestor de fábrica, mas que tornam-se irrelevantes perante o real potencial de redução que este tipo de solução possibilita, ou seja, existe a oportunidade de aumento de vendas (Net Sales) na ordem de 24Mbrl/ano devido à melhoria de 11% no OEE (74% para 85%) => 60.000 produtos/ano) que se dará através da liberação da capacidade produtiva ao se reduzir a necessidade de retrabalhos que são realizados devido ao alto índice de falhas dos componentes testados manualmente em uma linha de produção que já está com a capacidade produtiva inferior à demanda do mercado, e grande parte disso devido principalmente ao alto índice de retrabalho, que gera custos adicionais e perdas de produtividade da fábrica.

Em relação ao investimento necessário, estima-se algo em torno de 1.3 MBRL, o que deve gerar um *Payback* calculado de 2,2 anos, isso sem considerar aumento de vendas (Net Sales). Como esta ideia é para uma situação específica de uma empresa específica, uma proposta detalhada (business case) será apresentada a um Comitê desta empresa que analisará e aprovará o investimento necessário para implantar o Piloto, e depois disso deverá ser realizado o desdobramento nas demais linhas e plantas.

5.1. PONTOS POSITIVOS

As melhorias obtidas são atreladas à análise que a Inteligência artificial proporciona para a detecção mais precisa dos modos de falha em cada teste de vazamento e que utiliza as principais variáveis:

- A) Fatores técnicos:
 - Dimensões e tolerâncias
 - Calibração do equipamento
 - Materiais das conexões (Ex.: Cu-Cu; Fe-Cu; Fe-Fe; Al-Cu)
 - Localização da tubulação (acessibilidade)
 - Área do teste de vazamento (óleo, oxidação, etc.)

- B) Fatores humanos:
 - Treinamento dos operadores
 - Talento e habilidade
 - Experiência
 - Confiabilidade

- C) Ambiente:
 - Ergonomia
 - Iluminação
 - Qualidade dos equipamentos de proteção individual

De uma forma geral estas variáveis podem ser identificadas e avaliadas fazendo o cruzamento das informações armazenadas em uma big data referente à cada teste.

A partir do cruzamento dos dados com os possíveis modos de falha, a inteligência artificial é capaz de estratificar e classificar quais problemas ocorrem de forma crônica e de forma anômala.

Com estes resultados estratificados é possível gerar um Pareto já com a priorização de quais os principais problemas devem ser atacados em primeiro lugar.

5.2. PONTOS NEGATIVOS

Como ponto negativo está o fato de a solução ter sido pensada e desenvolvida para uma situação específica de uma empresa específica, mas que não é aplicável a outros tipos fábricas e/ou produtos da forma exata como desenvolvida, dependendo de alguma adaptação na solução inicial. Neste caso, deverá ser realizado um novo estudo para verificar a viabilidade e o custo de implementação desta solução em outros tipos de negócios, o que pode torna-la não viável e portanto, não escalável.

Outros pontos de atenção são alto investimento e a mudança cultural que esta melhoria pode causar. Em relação ao investimento trata-se de um valor considerável (> 1 MBRL por linha), mesmo para as grandes indústrias, pois será necessário a aquisição de Robôs, sistema de coleta de dados, equipamentos para internet das coisas (IOT), solução de Big Data para armazenamento de dados, Integração de sistemas legados com o Big Data, e Inteligência artificial para análise de dados. Além disso, também será necessária a contratação de consultoria especializada para a implementação da solução e o treinamento dos usuários que utilizarão a ferramenta.

Também temos que levar em consideração que este tipo de solução gera muita resistência dentro da empresa, sendo necessário uma atuação ativa no gerenciamento da mudança cultural. Historicamente, as grandes empresas têm substituído Pessoas por Automação, e toda a vez que isto acontece acaba causando um grande desconforto nos colaboradores da operação, ficando um clima ruim dentro do processo devido ao medo dos operadores de perderem seus empregos em um curto prazo de tempo, e um dos principais ganhos deste projeto e que inclusive viabiliza sua implementação, é a substituição de pessoas por Robôs na execução dos testes.

6. CONCLUSÃO

A utilização das ferramentas habilitadoras promovidas pelo advento do conceito de Indústria 4.0 nos permite pensar e concretizar soluções reais que nos ajudam e ajudam às empresas a promover melhoria contínua diária. Estas ferramentas, quando utilizadas em conjunto e da forma adequada, se tornam excelentes aliados das indústrias, visto que através delas podemos pensar em soluções que nos permitem visualizar e materializar uma fábrica através dos dados obtidos em cada um dos seus equipamentos e até mesmo das pessoas. Um belo exemplo disso é o *digital twin* (gêmeo digital), onde um processo ou mesmo toda uma operação pode ser visualizada na tela de um computador, na forma de um conjunto de dados, facilitando as análises destes dados e planos de ações objetivos, que podem ser quantificados, monitorados, medidos e melhorados em tempo real.

Na solução proposta neste artigo, vislumbra-se a possibilidade da utilização de parte destas ferramentas disponíveis como objetivo de melhorar as operações de testes de uma fábrica, podendo ser expandido para outras fábricas e também para outras empresas, pois o conceito é simples e não requer muito tempo, esforço e investimento quando comparados aos megaprojetos típicos das grandes indústrias. O ganho propiciado é rápido, mas não vem de forma orgânica. Será necessário um esforço por parte da gestão para aceitar os resultados obtidos e gerar os planos de ações de melhorias necessários baseados nestes dados, o que atualmente não é o *mindset* da maioria das empresas, pois grande parte da gestão ainda está acostumada a fazer as coisas “à moda antiga”, e a tendência a desconfiar do novo ainda é grande. Felizmente, também podemos perceber uma tendência de mudança neste quadro com o crescente interesse dos executivos nas novas tecnologias e nos novos padrões de mercado.

Desta forma, concluímos que a, com a implantação desta solução a empresa dará um grande passo em direção ao futuro, pois estará utilizando-se de modernas ferramentas que auxiliarão na melhoria da eficiência operacional, propiciando uma melhor qualidade nos produtos produzidos, reduzindo custos e aumentando a margem de lucro sem alterar o preço dos produtos para o consumidor. Isto se reflete em um possível ganho de mercado frente ao concorrente, mas que também será obrigada a adotar novas práticas e padrões melhores e mais eficientes para continuar competindo em igualdade de condições. Este ciclo virtuoso faz com que todos cresçam e sempre busquem o melhor, e no final, quem ganha com tudo isso tudo é o cliente e o consumidor final, que sempre terá a sua disposição produtos e serviços melhores e com preços menores.

7. REFERÊNCIAS

- Gracia C.F., 2015. *Process Optimization Guidelines: Refrigeration*. Electrolux internal Document.
- Trinco S., 2014. *Process Final testing Guidelines: Refrigeration*. Electrolux internal Document.
- Gracia C.F., 2015. *Evacuation and Coolant Gas Charging Guidelines: Refrigeration*. Electrolux internal Document.
- Industry X.0, 2019. “A reunião de tecnologias emergentes, conectadas e inteligentes para transformar digitalmente a indústria”. 29 Jun. 2019 < <https://www.accenture.com/br-pt/insights/industry-x-0-index>>.
- Manufacturing Execution System, 2019. “Coordinate and Synchronize People, Processes, Equipment, Tooling and Materials on a Global Scale with an Enterprise Manufacturing Execution System”. 12 Jul. 2019 <http://www.aprison.com/solutions/manufacturing_execution_system.php>.



SMART TEST 4.0



Problema | Necessidade

A situação que pretendemos solucionar é o vazamento de um gás refrigerante (3% ao ano - R\$600a), o qual é detectado em 3 pontos de teste dentro de uma das linhas de montagem de refrigeradores em uma determinada empresa. Atualmente esta linha possui capacidade produtiva inferior à demanda de mercado, devido principalmente ao alto índice de retrabalho o que gera custos adicionais e perda de produtividade. Este problema ocorre nos pontos de teste de alta pressão, baixa pressão e evaporador. Atualmente não possuímos dados que possibilitem uma análise detalhada para encontrar o(s) causa(s) raiz do problema.

equipe

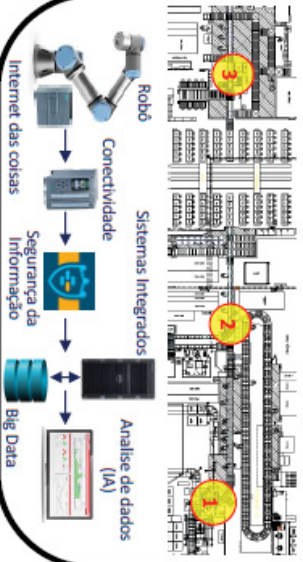
- Christiano Frare Gracia
- Emerson Carlos da Silva

ideia

Nossa proposta é implementar um sistema de análise de dados que através de uma inteligência artificial permite correlacionar as causas dos retrabalhos (fator humano/material/especificação) com a quantidade de vazamento nos pontos, conforme tabela abaixo:

Tipos de Retrabalho	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Solda quebrada	16	10	6
Material com defeito	2	5	4
Fora do especificado	4	7	8
etc.

Exemplo ->



User Experience & Público Alvo

Com esta solução, a empresa terá acesso a um grande volume de informações, o que possibilitará uma análise detalhada para a resolução do problema de vazamento de gás refrigerante. Com isso, estimamos que o indicador de eficiência global da linha (OEE*) que atualmente está em 74% possa chegar a 85% (meta), liberando capacidade produtiva para absorver o aumento da demanda. Esta solução também pode ser aplicada em outras linhas ou outros tipos de teste (escaldavel), pois o sistema a ser replicado é a coleta, transferência, armazenamento e tratamento dos dados.

*OEE=Disponibilidade x Eficiência x Qualidade

Monetização e/ou Investimento

A proposta de investimento inicial é de 1.300kR\$. Este valor deve ser detalhado em um business case e apresentado a um Comitê que analisará o projeto.

Benefício total de -616kR\$/ano:

- Redução de 6 operadores devido à automação dos testes (-420kR\$/ano);
- Redução de retrabalho em M.O.+H.E. (-147kR\$/ano);
- Custo de matéria-prima (-49kR\$/ano);

O pay-back calculado é de 2.2 anos

Além disso, ainda existe a oportunidade de aumento do Net Sales na ordem de 24Mbr/ano devido à melhoria de 11% no OEE (74% para 85%) => 60.000 produtos/ano).

Requisitos | Viabilidade

- Para a solução do problema os requisitos são:
- Aquisição de 3 robôs;
 - Sistema de coleta de dados conectado a uma IoT;
 - Big Data para armazenamento de dados;
 - Integração de sistemas com o Big Data;
 - Inteligência artificial (programação).
- As tecnologias estão disponíveis no mercado nacional e são de fácil acesso, assim como os profissionais necessários para implantá-las.