



Ministério da Educação
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas
Departamento de Engenharia de Controle e
Automação



RASTREABILIDADE DE MATERIAIS SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

DIEGO MÁRCIO ALBERTO

Ouro Preto MG
2019

DIEGO MÁRCIO ALBERTO

RASTREABILIDADE DE MATERIAIS SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau em Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Orientador: Profa. Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri

Ouro Preto - MG
Agosto de 2019

A334r

Alberto, Diego Márcio.

Rastreabilidade de materiais submetidos a altas temperaturas na indústria automobilística [manuscrito] / Diego Márcio Alberto. - 2019.

33f.: il.: color.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Karla Boaventura Pimenta Palmieri.

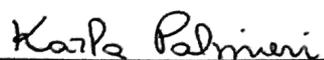
Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais.

1. Rastreabilidade. 2. Controle térmico. 3. Controle de temperatura. 4. Calor - Transmissão. 5. Indústria automobilística. I. Palmieri, Karla Boaventura Pimenta. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 681.5

Catálogo: ficha.sisbin@ufop.edu.br

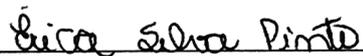
Monografia intitulada **RASTREABILIDADE DE MATERIAIS SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA** defendida e aprovada, em 7 de Agosto de 2019, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Profa. Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri – Orientadora



BSc Fernando dos Santos Alves Fernandes – Convidado



Engenheira Érica Silva Pinto

“Se o dinheiro for a sua esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de competência.”

Henry Ford

Resumo

Alinhado ao aumento da exigência dos consumidores por produtos com valores agregados e com alta qualidade, há também o aumento da necessidade de melhoria do controle dos processos de manufatura. Um dos principais pontos para se obter este ganho em controle é a rastreabilidade dos produtos ao longo da linha. Com a rastreabilidade é possível identificar peças, conhecer parâmetros, obter um histórico detalhado dos processos a que a peça foi submetida, garantir confiabilidade e reduzir custos de produção e retrabalho. Entretanto, em alguns processos agressivos, uma peça não pode ser facilmente rastreada ao longo da linha de produção. É o caso dos materiais que são submetidos ao tratamento térmico. Devido à agressividade desse tipo de processo, uma simples impressão de um número de série pode ser facilmente removida com a queima da tinta nos fornos que podem superar 900°C ou ser deformada pelo choque físico causado pelo processo de jateamento de granalha. Como é o caso de uma indústria automotiva que fabrica peças de transmissão para seus veículos. Este trabalho tem como objetivo principal propor um método para rastreabilidade que atenda às peculiaridades da linha, garantindo a identificação das peças de forma constante e com confiabilidade. Para isso, foi feita uma breve revisão bibliográfica para apresentar conceitos relevantes para essa pesquisa, bem como apresentar a ferramenta proposta para resolver esse problema. A solução proposta nesse trabalho consiste em um *software* de rastreamento, que comunica com os equipamentos da linha produtiva através de *drivers*, transformando a movimentação da linha em dados relacionados ao deslocamento da peça e apresenta de forma clara a localização da peça em tempo real. Esse trabalho limita-se apenas à proposta de um modelo para rastreamento em condições adversas. Para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação dessa ferramenta para análise quantitativa das melhorias encontradas.

Palavras-chave: rastreabilidade, tratamento térmico, altas temperaturas, sistema de transmissão, indústria automotiva.

Abstract

Aligned with the increasing demand from consumers for value-added, high-quality products, there is also an increasing need for improved control of manufacturing processes. One of the main points to achieve this gain in control is the traceability of products along the line. With traceability you can identify parts, know parameters, get a detailed history of the processes the part has been subjected to, ensure reliability and reduce production and rework costs. However, in some aggressive processes, a part cannot be easily traced along the production line. This is the case of materials that undergo heat treatment. Due to the aggressiveness of the process, a simple serial number print can be easily removed by burning ink in ovens that can exceed 900°C or be deformed by the physical shock caused by the shot blasting process, as is the case in an industry that manufactures transmission parts for their vehicles. This work aims to propose a method for traceability that meets the peculiarities of the line, ensuring the identification of parts steadily and reliably. For this, a brief literature review was made to present relevant concepts for this research, as well as to present the proposed tool to solve this problem. The solution proposed in this work consisted of tracking software, which communicates with the production line equipment through drivers, transforming the line movement in data related to the part displacement and clearly presents the part location in real time. This work is limited only to the proposal of a model for traceability in adverse conditions. For future work, it is suggested to apply this tool for quantitative analysis of the improvements.

Keywords: production traceability, thermal treatment, high heat, car transmission system, automotive industry.

Lista de figuras

Figura 1 – Linha de tratamento térmico hipotética.	5
Figura 2 – Forno de Austenitização.	6
Figura 3 – Exemplo de leito de resfriamento utilizado pela indústria siderúrgica.	7
Figura 4 – Processo de jateamento de granalha.	8
Figura 5 – Formação do código único identificador.	15
Figura 6 – Formação do QR Code baseado no código identificador único.	16
Figura 7 – Leitura mesmo após gravação danificada.	16
Figura 8 – Marcação de uma peça metálica por jato de tinta.	17
Figura 9 – Métodos de marcação a laser.	18
Figura 10 – Tecnologia de Impressão e adequabilidade do substrato.	19
Figura 11 – Leitura de marcação de uma peça metálica.	20
Figura 12 – Área de atuação do acompanhamento via software.	21
Figura 13 – Esquema do sistema de rastreamento.	24
Figura 14 – Exemplo de funcionamento do Cliente.	25
Figura 15 – Troca de informações entre Banco de Dados e Servidor.	27
Figura 16 – Funcionamento do driver.	27
Figura 17 – Processo de remarcação de uma peça.	29

Lista de abreviaturas e siglas

AFA	American Foundrymen's Association
ASM	American Society for Metals
ASTM	American Society for Testing Materials
SAE	Society Automotive Engineers
API	Application Programming Interface
CLP	Controlador Lógico Programável
QR CODE	Quick Response Code
RSS	Simbologia de Espaço Reduzido
UoD	Universo de Discurso
2D	Duas Dimensões

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Considerações Iniciais	1
1.1.1	Caracterização do problema	1
1.1.2	Objetivos	2
1.1.3	Objetivos específicos	2
1.1.4	Justificativa	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	Indústria Automobilística	4
2.2	Tratamento térmico dos aços	4
2.2.1	O processo de tratamento térmico	5
2.2.2	Forno Austenitização	5
2.2.3	Resfriamento	5
2.2.4	Revenimento	6
2.2.5	Leitos de resfriamento	7
2.2.6	Jato de granalha (<i>Shot-peening</i>)	7
3	RASTREABILIDADE	9
3.1	Benefícios da Rastreabilidade	9
3.2	Sistema de rastreabilidade	10
4	CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO	12
4.1	Código de barras	12
4.2	QR Code	12
5	METODOLOGIA	14
5.1	Identificação da peça	14
5.2	Marcação e Leitura	16
5.2.1	Jato de tinta	17
5.2.2	Transferência Térmica	17
5.2.3	Codificação a Laser	18
5.2.4	Micropuncionamento	18
5.2.5	Leitura das marcações	19
5.3	Sistema de acompanhamento de produção	19
5.3.1	Funcionalidades	20
5.3.2	Funcionamento do sistema	23

5.3.3	Cliente	24
5.3.4	API	25
5.3.5	Servidor	25
5.3.6	Banco de Dados	26
5.3.7	<i>Drivers</i> e processos	26
5.3.8	Redes Industriais	27
5.3.9	CLP	28
5.4	Verificação e remarcação	28
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
6.1	Conclusão	30
6.2	Trabalhos Futuros	30
	Referências	31

1 Introdução

O sistema de transmissão automotiva é uma das partes mais importantes para o funcionamento de automóveis, a fim de transferir, por meio de um conjunto de peças resistentes, a força e o torque do motor para as partes de movimentação do veículo. Este conjunto de peças metálicas sofre grande requisição, provocando grande estresse e exigindo um alto nível de desempenho e resistência ao desgaste.

Para que este material resista às condições em que é submetido, é necessário um tratamento especial com tecnologias eficazes e apropriadas a fim de modificar suas propriedades. Esse processo é chamado de tratamento térmico, no qual as peças são submetidas a uma grande variação de temperatura e seus estados físicos permanecem inalterados, adquirindo aumento da dureza, da resistência mecânica e a variações de temperaturas.

Por ser um componente fundamental na produção, deve-se conhecer a fundo todo seu processo. Para isso, é necessário que a peça seja rastreada ao longo da linha de produção e, também, fora dela. A capacidade de localizar e distinguir uma peça é conhecida como rastreabilidade, uma ferramenta utilizada para proporcionar confiabilidade e segurança de um determinado produto, melhorando a qualidade de dados para análises e, conseqüentemente, a obtenção de resultados eficazes.

Essa é uma alternativa particularmente conveniente, porque, além de determinar a posição de uma peça específica em um determinado ponto, ela também gera um histórico de produção completo. Assim, se for necessário, essa integração fornece a apresentação de dados referentes ao processo de produção.

1.1 Considerações Iniciais

1.1.1 Caracterização do problema

Na indústria automotiva, a localização e identificação de peças fabricadas se torna uma atividade complexa. Isto acontece, principalmente, pela necessidade dos componentes do sistema transmissão de um veículo exigirem alta resistência mecânica e térmica por causa das grandes requisições sofridas devido ao processo de transmissão de força do motor até as rodas.

Em virtude dessas particularidades, as peças do sistema de transmissão necessitam de algumas etapas a mais na sua fabricação. O ganho de propriedades de resistência é obtido através do Tratamento Térmico, que consiste em uma grande elevação de temperatura seguida do resfriamento em curto intervalo de tempo, causando um choque térmico. Em seguida, ocorrem etapas de choque físico utilizadas para diminuição da tensão residual, como é o caso do *Shot-*

Peening, ou Jato de Granalha, que consiste em colisões de partículas metálicas em alta velocidade contra a peça.

Embora algumas peças, que não possuem limitações devido às condições de sua superfície, recebam marcações impressas em processos anteriores ao Tratamento Térmico, a agressividade do processo acaba por queimar ou remover essa identificação. Deste modo, não é possível que se obtenha informações sobre a peça, bem como quais parâmetros de processo ela foi submetida. Esta falta de controle causa prejuízos de diversas formas, sejam eles por reprocesso das peças, ausência de qualidade ou *recall* de todo lote de veículos.

1.1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo propor um método de rastreabilidade para materiais submetidos a altas temperaturas na indústria automobilística. São propostas soluções para identificação das peças ao longo de toda a linha de tratamento térmico, incluindo fornos e equipamentos, e no processo de logística até o cliente final. Serão tratadas particularidades como a classificação e identificação da peça, codificação, método de impressão e acompanhamento via *software* da produção. Além do acompanhamento da localização, o sistema será capaz de fornecer o histórico completo do processo a que a peça foi submetida.

1.1.3 Objetivos específicos

- Apresentar um método de identificação, classificação e codificação de peças;
- Acompanhar a peça durante todo o processo, mesmo onde a rastreabilidade por instrumentação é dificultada;
- Apresentar modelos de leitura e marcação, de forma que a peça seja facilmente identificada ao longo da linha de produção em casos de interferência no processo e após a realização do tratamento térmico;
- Efetuar uma análise dos possíveis vantagens com a implementação da rastreabilidade.

1.1.4 Justificativa

Cada vez mais as indústrias buscam aumentar sua eficiência de produção e reduzir seus custos, enquanto os clientes procuram produtos com garantia de qualidade e valores acessíveis. Um processo inteligente consegue proporcionar a redução de custos e aumento de lucros, podendo resultar em um preço mais atrativo ao cliente e menor do que o praticado pela concorrência. Dentro deste contexto, a aplicação da rastreabilidade de produção é uma ferramenta essencial.

Este acompanhamento é capaz de prevenir perdas de processo e retrabalho, garantindo o aumento da produtividade da indústria. A rastreabilidade também é aplicada de forma a aumentar

a garantia de qualidade do produto, uma vez que o processo é controlado e peças com suspeitas de problemas podem ser facilmente encontradas e retiradas da linha de produção.

Na indústria automotiva, o acompanhamento da produção diminui o risco de peças defeituosas serem distribuídas no mercado, evitando, assim, os chamados *recalls*, que além de gerar grande prejuízo financeiro, geram prejuízos a imagem da empresa. Controlar a produção resulta em automóveis mais seguros, refletindo na credibilidade da marca perante o consumidor.

Um sistema de rastreabilidade deve ser capaz de localizar um elemento da produção em todas as etapas, ou seja: antes, durante e após todos os processos, independente das etapas de um único rastreamento. Além disso, este sistema gera um histórico do processo, que relaciona diversas condições da produção às peças.

2 Revisão Bibliográfica

Neste capítulo serão apresentados conceitos relevantes que servirão como base para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1 Indústria Automobilística

No Brasil, o processo de modernização do parque fabril da indústria automobilística foi diretamente estimulado por medidas governamentais. Costa e Henkin (2016) defendem que a indústria automobilística no Brasil enfrentou um processo de reestruturação em duas fases: 1989-1993 e 1994-2003, que a colocou como plataforma regional de produção e distribuição para atender ao mercado da América do Sul. De acordo com Costa e Henkin (2016), a primeira fase foi marcada por incremento nas importações, que disputavam o mercado brasileiro de automóveis, baseadas no sistema *Just in time*. Já a segunda fase, foi marcada pela expansão do mercado nacional devido à melhora da economia do país.

A indústria automobilística mundial produz vários tipos de veículos automotores terrestres, atuando nos segmentos de caminhões, ônibus e comerciais leves, podendo comercializá-los montados e desmontados, além de fabricar autopeças. Para Costa e Henkin (2016), cada segmento pode atuar em diferentes linhas de produtos ou se especializar em determinados nichos de mercado, por isso há empresas dedicadas à produção de apenas um tipo de veículo enquanto há outras que operam em mais de um nicho. O que diferencia muitas empresas automobilísticas são as escolhas estratégicas com o objetivo da obtenção de vantagens competitivas.

2.2 Tratamento térmico dos aços

A comissão conjunta AFA-ASM-ASTM-SAE*, conforme citado por Chiaverini (1996), define tratamento térmico como “combinação de operações de aquecimento e resfriamento aplicadas em determinado período de tempo aos metais e ligas metálicas, no estado sólido, de modo a produzir desejadas propriedades”.

O tratamento térmico tem como finalidade alterar propriedades físicas e mecânicas dos metais sem alterar seu estado físico, conferindo-lhes determinadas características, tais como aumento ou diminuição da dureza, aumento da resistência mecânica, melhora da ductilidade, melhora da resistência ao calor e a corrosão e etc.

Em geral, a melhora de uma ou mais propriedades, é conseguida com prejuízo de outras. Por exemplo, o aumento da ductilidade provoca simultaneamente a diminuição da dureza e resistência à tração. Portanto, é necessário que o tratamento térmico seja realizado de forma obter

o mínimo de inconvenientes possível (CHIAVERINI, 1996).

2.2.1 O processo de tratamento térmico

As seguintes etapas compõem essa linha de tratamento térmico hipotética, que será utilizada para a realização da proposta desse trabalho. O fluxo é mostrado na Figura 1.

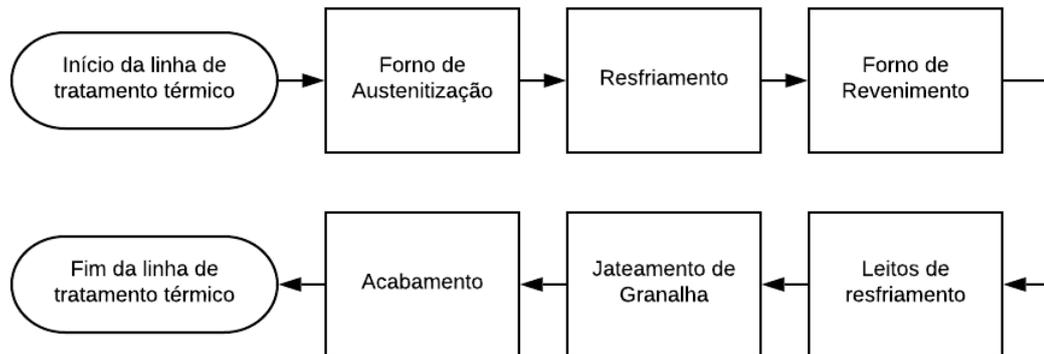


Figura 1 – Linha de tratamento térmico hipotética.

Fonte: Elaborado pelo autor

2.2.2 Forno Austenitização

O processo de austenitização consiste no aquecimento do aço de modo a garantir a transformação do seu componente ferrita até a austenita. Para o aço-carbono, material que comumente é utilizado na fabricação de engrenagens e outros componentes do sistema de transmissão, a temperatura varia de 750°C a 900°C.

De acordo com Silva (2000), esse processo consiste em um tratamento térmico do aço que visa a obtenção de dureza e o aumento do limite de resistência à tração. Porém, esse autor destaca que esse processo traz alguns inconvenientes, pois resulta na redução da ductilidade, da maleabilidade, da tenacidade e o aparecimento de tensões internas do aço. Essas características são atenuadas ou eliminadas pelo processo de revenimento.

2.2.3 Resfriamento

Silva (2000) explica que após a retirada da peça do forno, é realizado um resfriamento brusco. A peça é mergulhada em água ou óleo, para a formação de uma estrutura chamada martensita, que possui alta dureza.



Figura 2 – Forno de Austenitização.

Fonte: Armil CFS, 2018

A obtenção da velocidade de resfriamento depende do meio e também da composição química do material, da forma e das dimensões da peça. O controle da velocidade de resfriamento deve ocorrer de acordo com a aplicação do material.

O resfriamento brusco é necessário à formação da martensita, mas provoca um choque térmico na peça, causando danos irreparáveis ao material. Dessa forma, dependendo da composição química do aço, é possível resfriá-lo de forma menos severa, como com óleo mineral ou jato de ar (SILVA, 2000).

2.2.4 Revenimento

O processo de revenimento tem como finalidade corrigir a dureza excessiva do processo de têmpera, aliviar ou remover as tensões internas, aumentando, também, a ductilidade e a resistência ao choque (SILVA, 2000).

Os metais temperados são aquecidos até uma certa temperatura visando atingir as propriedades mecânicas desejadas, seguindo normas e especificações internacionais.

Segundo Silva (2000), a temperatura do material revenido pode ser escolhida de acordo com a combinação de propriedades mecânicas que se deseja alcançar no aço temperado.

2.2.5 Leitos de resfriamento

Os leitos de resfriamento são cruciais para o processo de tratamento térmico do aço. Após o processo de revenimento, a peça é resfriada por radiação e convecção livre ou forçada sobre estes grandes leitos, até uma temperatura necessária para a continuidade do processo.

Leitos compostos por vigas caminhantes, como mostra a Figura 3 permitem que o material resfrie de forma homogênea enquanto as peças avançam ao longo da linha. As movimentações da linha são dimensionadas para que o produto resfrie em um determinado período de ciclo. A importância deste processo está na garantia de que o resfriamento ocorrerá a uma taxa constante em toda superfície, diminuindo a formação de tensões (CASEY USA, 2019).



Figura 3 – Exemplo de leito de resfriamento utilizado pela indústria siderúrgica.

Fonte: ATS, s.d.

2.2.6 Jato de granalha (*Shot-peening*)

Segundo Barbosa, Teodosio e Netto (2003), as tensões que permanecem no material após o término de um esforço externo são chamadas de tensões residuais. As etapas de Tratamento Térmico as quais as peças do sistema de transmissão automotivo são submetidas, provoca um grande acúmulo de tensões no material, que deve ser tratada.

De acordo Ribeiro, Vaz e Piloto (2003), as tensões são fator chave para a ocorrência de falhas estruturais em peças mecânicas. Sendo assim, controlar estas tensões é importante

para que se possa garantir um bom desempenho e qualidade do componente. A melhoria nas propriedades mecânicas superficiais dos materiais é perceptível depois de realizado o processo de *Shot-Peening*.

O processo de *Shot-Peening*, consiste basicamente no jateamento de diversas esferas sobre a superfície da peça a ser tratada. Age como um tratamento superficial de trabalho a frio, utilizando pequenas partículas esféricas de aço, vidro ou cerâmica a serem lançadas com alta velocidade contra a superfície da peça a fim de aliviar as tensões residuais do material (RODRIGUES, 2007).



Figura 4 – Processo de jateamento de granalha.

Fonte: John Desmond Limited, 2014

De acordo com Bertuol (2014), são benefícios do Jateamento de Granalhas:

- Melhora da resistência à fadigas mecânicas e térmicas e à corrosão;
- Aumento da resistência ao atrito;
- Redução dimensional sem comprometer a resistência mecânica;
- Inibição da propagação de trincas através da remoção de riscos direcionais de usinagem ou de microfissuras.

3 Rastreabilidade

Neste capítulo, a rastreabilidade é abordada por meio das suas principais definições, os benefícios da sua adoção e a aplicação no setor metalúrgico, explorando tópicos fundamentais para contextualizar o conhecimento necessário para o entendimento e desenvolvimento do projeto.

Ramesh et al. (1992) afirma que é possível que se encontre um número considerável de definições para rastreabilidade dependendo do contexto, definido de acordo com sua função dentro de um dado sistema.

Segundo a ABNT (2015) rastreabilidade é a “aptidão para seguir a história, aplicação ou localização de um objeto”. Acrescenta, ainda, que ao considerar um produto ela pode se relacionar a:

- Origem dos materiais e partes;
- Histórico de processamento;
- Distribuição e localização do produto ou serviço após a entrega.

Em outras palavras, rastrear é manter os registros necessários para identificar e informar os dados relativos a cada peça e ao lote de produção.

Outra definição é do Committee et al. (1990), que diz que o grau em que cada elemento do produto de desenvolvimento de software estabelece sua razão de existir.

Em seu trabalho, Ramesh et al. (1992) abordam a necessidade da participação e responsabilidade de todos os componentes envolvidos no processo de desenvolvimento de um sistema, para garantir que este seja abrangente e confiável. Estes componentes incluem *hardware*, *software*, pessoas, manuais, políticas e procedimentos e, por isso, é essencial que a rastreabilidade seja realizada considerando a particularidade de cada empresa.

Para Maciel (2011), a rastreabilidade conta com métodos de gravação, ligação e fornecimento de informações em papel, sistema de codificação de barras ou até mesmo o uso de tecnologias como *Radio Frequency identification*.

3.1 Benefícios da Rastreabilidade

A rastreabilidade envolve uma série de benefícios tanto para o fabricante quanto para o consumidor. A qualidade e procedência dos produtos é assegurada por ferramentas eficientes, dando ao consumidor a certeza de que está fazendo a melhor escolha (MOE, 1998).

Alfaro e Rabade (2009), conforme cita Pinto (2016), identificaram os seguintes motivos que justificam a aplicação da rastreabilidade:

1. É uma ferramenta para garantir a segurança do produto. Por exemplo, em uma situação onde é necessário realizar um *recall* urgente devido a algum problema de fabricação. Conhecer a localização dos produtos agiliza o processo, retirando as peças defeituosas da linha de consumo ou, antes mesmo de chegar ao cliente final, da linha de produção;
2. Funciona como mecanismo de rastreio. A possibilidade de investigar as características mecânicas adquiridas durante a produção pode ser uma das ferramentas que asseguram o cumprimento de aspectos legais para comprovar o atendimento aos requisitos exigidos por órgãos competentes;
3. Através desse sistema, também é possível rastrear e documentar todos os requisitos solicitados pelos consumidores e assegurar a garantia de que o produto esteja atendendo às condições solicitadas em contratos comerciais, por exemplo;
4. O uso de sistemas eficientes melhora os processos operacionais, tornando os dados mais seguros e atualizados, o que auxilia também em um processo de tomadas de decisão e na definição de responsabilidades mais eficientes.

Dessa forma, a rastreabilidade se torna uma fonte de vantagem competitiva, pois é uma forma de melhorar a análise dos dados de fabricação dos produtos, otimizando processos, como os sistemas de armazenamento, distribuição e logística e otimiza, também, o uso de matérias-primas para cada tipo de produto.

3.2 Sistema de rastreabilidade

As montadoras querem adotar um sistema para rastreabilidade de peças de maneira intensa em seus sistemas de manufatura. Como exemplo, tem-se a estampagem em operação na montadora da Daimler Chrysler em Ontário. Nessa empresa, é possível rastrear cada componente produzido a partir de uma bobina de aço. Segundo Juan Milian, gerente de sistemas de estampagem dessa fábrica, o rastreamento só é possível porque as bobinas são rastreadas por meio de código de barras e pelo armazenamento na mesma estante de peças feitas da mesma bobina.

Segundo Jewett (2003), um fornecedor gastará de US \$ 25.000 a US \$ 500.000 para determinar um problema no processo produtivo e corrigi-lo. Sendo que, se esse problema chegar à fábrica de montagem, poderá custar até US \$ 1 milhão para ser solucionado, além do dano causado à classificação de qualidade de um fornecedor com a montadora. Além disso, se o problema atingir os consumidores, o custo de correção poderá ser até 10 vezes maior.

Devido à grande quantidade de dados da indústria automobilística, o Grupo de Ação da Indústria Automotiva está trabalhando com montadoras e fornecedores em um sistema padronizado para a marcação de peças. Segundo o gerente de gerenciamento de materiais do grupo, esse sistema, chamado Clear Water, objetiva determinar as partes centrais dos dados que precisam ser marcados para serem rastreadas. Os dados poderão ser armazenados em um código de barras ou *tag* de identificação de frequência de rádio.

Segundo MARKETING... (2006), buscando fornecer rastreabilidade total do produto, os fabricantes de diversos setores estão se voltando para tecnologias cada vez mais sofisticadas. Os métodos tradicionais de marcação, como gravação, matricial e jato de tinta, estão sendo substituídos pela marcação a *laser*. Como é o caso de um fabricante de transmissões automobilísticas, que devido a crescente necessidade de maior rastreabilidade de componentes optou por reavaliar sua facilidade de marcação de peças, constatando que as máquinas de gravação matriciais da empresa e os gravadores eram as fontes de um gargalo crescente.

Ainda de acordo com MARKETING... (2006), o setor automobilístico obteve uma redução de cerca de 90% nos tempos de marcação dos componentes desde a substituição de sua unidade de gravação matricial por um sistema de marcação a laser, que é utilizado para produzir marcas que incluem números de peças, logotipos, números de desenho e marcas de alinhamento em uma variedade de superfícies planas, curvas e irregulares. Usando sistemas de leitura ótica controlados por computador, o novo equipamento de marcação move um feixe de laser em alta velocidade na superfície do material. O foco sem contato do feixe produz uma marca clara, de alto contraste e permanente em todos os metais até uma profundidade controlada de até 1 mm, não comprometendo a parte estrutural das peças. Instalada no ano passado, a máquina foi utilizada para marcar uma ampla gama de peças para transmissões automobilísticas, incluindo eixos, cubos, engrenagens, arruelas e calços.

4 Classificação e Codificação

Indispensável para a existência da rastreabilidade, o processo de classificação e codificação é um meio de acompanhar cada componente da linha de produção – da fabricação até entrega final aos clientes – para assegurar a conformidade dos produtos.

A classificação deve representar todas as informações necessárias para diferenciar itens. Ela pode ser realizada de 3 formas:

- Alfabética, onde são utilizadas apenas letras;
- Numérica, com a utilização exclusiva de números;
- Alfanumérica, que combina a classificação Alfabética e Numérica.

Para a indústria automotiva, os métodos de codificação mais comuns são marcação a laser, impressão de jato de tinta contínuo, micro puncionamento e gravação eletroquímica. De acordo com o Guia Técnico da Videojet (s.d.), ao comparar essas tecnologias de marcação, é importante ter como foco o material a ser marcado, a flexibilidade do processo, fatores de curso, velocidade, rendimento e oportunidade para automatização do processo de marcação.

As indústrias metalúrgicas codificam seus produtos das seguintes maneiras:

4.1 Código de barras

Segundo Tibola et al. (2013), o código de barras é uma forma de representar numeração, proporcionando a captura automática de dados por meio de leitura óptica em operações automatizadas. Outra opção é o código de barras compacto Simbologia de Espaço Reduzido (RSS), que combina código bidimensional com maior capacidade de armazenagem de informações e que permite codificação de produtos muito pequenos.

Para suprir as limitações do código de barras, surgiu uma tecnologia conhecida como QR Code (Quick Response Code) que consiste em um código de barras em duas dimensões.

4.2 QR Code

Consiste em um código de barras bidimensional inventado pela corporação japonesa Denso Wave[®]. As informações são codificadas na direção vertical e horizontal, dessa forma, consegue manter muito mais dados do que um código de barras tradicional. Os dados são acessados através da fotografia do código usando uma câmera e processando a imagem com um leitor de QR Code (KIESEBERG, 2010).

Uma característica importante dos QR Codes, do ponto de vista de indústria, é que sua leitura não precisa ser realizada a partir de um ângulo específico, os QR Codes podem ser lidos independentemente do seu posicionamento (KIESEBERG, 2010).

5 Metodologia

Esse trabalho se configura como uma abordagem qualitativa, consistindo em uma breve revisão bibliográfica do assunto estudado agregada à uma pesquisa exploratória que propõe uma nova metodologia para rastreamento de peças ao longo de um sistema produtivo. Para isso, toda a linha de produção será analisada, partindo da identificação da peça, passando por marcação e leitura dos códigos, até a conferência da marcação dessa peça, de modo a sugerir alternativas para que o processo de rastreabilidade seja contínuo e garanta fidelidade na identificação das peças. Todo esse processo será apresentado nos próximos tópicos.

5.1 Identificação da peça

Para assegurar a conformidade dos produtos, acompanhando-o desde a entrada na linha de produção até a entrega final, é necessário a definição de um identificador único, capaz de distinguir a peça e seus processos anteriores.

Para Dias (2009), o objetivo da classificação de materiais é definir a catalogação, simplificação, especificação, padronização e codificação de todos os componentes de fabricação de uma indústria. Ter um sistema de classificação é primordial para qualquer fábrica, porque sem ele não pode haver controle de estoque efetivo, procedimentos de armazenamento adequados e operação adequada de armazenagem. A classificação deve representar todas as informações necessárias para diferenciar os itens, podendo ser alfabética, onde são utilizadas apenas letras, numérica, com a utilização exclusiva de números ou a alfanumérica, que é a preferida pelas indústrias por favorecer a identificação ao utilizar letras e números.

Na indústria metalúrgica é comum a classificação e identificação do tipo de material e lotes para cada fase do processo. Além disso, cada peça recebe uma identificação única no lote que poderá ser repetida em diferentes lotes. Por este motivo, utilizar somente o código de identificação da peça geraria transtornos no caso em que peças de diferentes lotes tenham a mesma identificação.

De forma a criar um identificador que possa ser primário para cada peça, este trabalho propõe que seja utilizado um identificador alfanumérico, relacionando o código do aço que é feito o material, lote de fabricação e identificador da peça, através de uma concatenação destes valores. O processo de formação do código verificador é representado pela Figura 5.

A forma como a identificação é feita deve ser estabelecida de acordo com a natureza do processo. Nas metalúrgicas é comum a utilização de gravações do código identificador diretamente nas peças. Entretanto, devido às limitações dimensionais da peça, a gravação de um identificador alfanumérico traria dificuldades para a leitura.

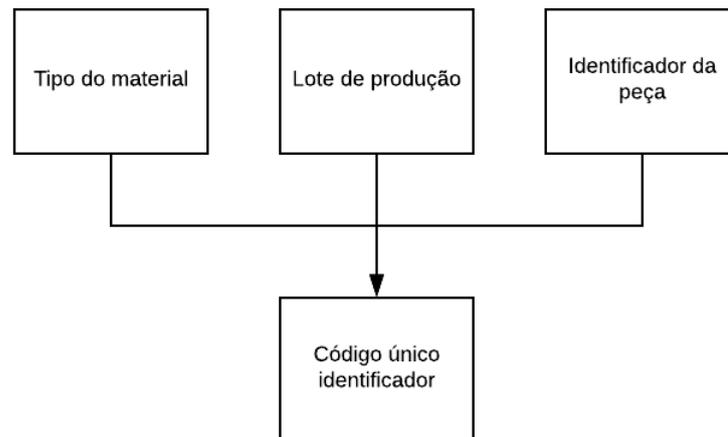


Figura 5 – Formação do código único identificador.

Fonte: Elaborado pelo autor

Uma maneira de lidar com o espaço reduzido e criar uma facilidade de leitura é a codificação do identificador único em um rótulo legível por máquinas. Segundo Okumura, Jr e Oliveira (2012), devido à necessidade de captura de informações de forma rápida das peças automotivas, uma empresa do grupo Toyota[®] criou, em 1994, o modo de codificação conhecido como QR Code.

- Permite escanear símbolos distorcidos, em superfícies curvas, por exemplo;
- Grande capacidade de armazenamento;
- É possível ler as informações mesmo em códigos danificados ou manchados, pois o QR Code possui quatro níveis diferentes de correção de erros (7%, 15%, 25% e 30% por área do símbolo). O nível de correção de erros pode ser configurado pelo usuário quando ele cria o símbolo. Portanto, se o código tiver grande probabilidade de ficar borrado no ambiente industrial, é recomendável definir 30% para esse nível de correção;
- Ao tornar a relação entre o tipo de caractere e os dados armazenados exclusivos para um uso especial, o QR Code pode ser facilmente criptografado, trazendo confidencialidade ao código;
- É estruturado para ser possível o acréscimo de informações.

Na Figura 6 está ilustrado um exemplo de transformação de um código alfanumérico único e simples em um QR Code. Ao passo que, na Figura 7, está representada uma das vantagens do QR CODE, que consiste em permitir a leitura mesmo o código estando incompleto.

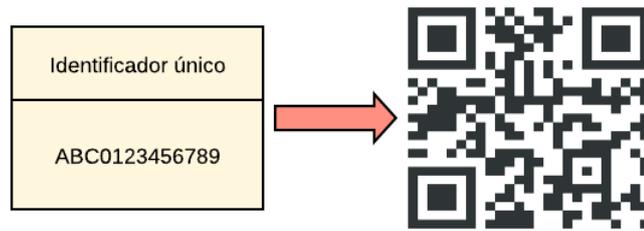


Figura 6 – Formação do QR Code baseado no código identificador único.

Fonte: Elaborado pelo autor

Devido à todas essas vantagens, que atendem bem a necessidade do processo, além do fato de ter sido criado pela indústria automotiva, o QR Code foi escolhido como o método de codificação para este projeto.

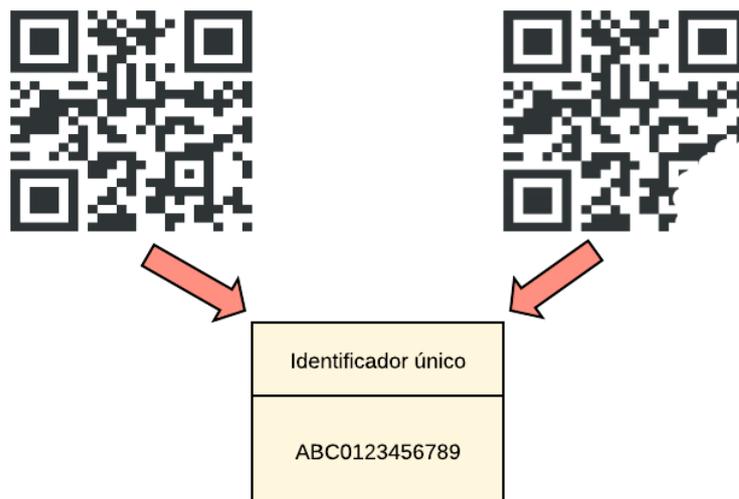


Figura 7 – Leitura mesmo após gravação danificada.

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2 Marcação e Leitura

As marcações de codificações da indústria de aço e metal sofrem grandes desgastes devido aos efeitos do clima, às grandes variações de temperatura, às tensões e ambientes severos, além de uma grande variedade de superfícies. Entretanto, a rastreabilidade exige que os sistemas de impressão sejam confiáveis e possam fornecer marcas legíveis de alta qualidade.

Apesar das condições adversas, é esperado que o processo de marcação possua flexibilidade, qualidade, rapidez e redução do trabalho, para que este não se torne um gargalo da produção, acarretando em diminuição da produtividade e, conseqüentemente, perdas e reprocesso. Por isso, estas indústrias optam pela utilização de marcação diretamente nas peças produzidas.

A marcação direta é utilizada para substituir o uso de rótulos que, por muitas vezes, se desgastam e se perdem ao longo da linha de produção, mantendo a rastreabilidade ao longo de todo o processo produtivo. Portanto, a durabilidade de uma marcação é essencial. Estas marcações podem ocorrer de diversas formas, de acordo com a indústria e o produto. Os métodos comumente encontrados são marcações por jato de tinta, impressão por transferência térmica, por puncionadeiras ou a laser e serão apresentados a seguir.

5.2.1 Jato de tinta

- Codificação consistente e de alta definição;
- Imprime texto, gráficos e códigos de barras 2D em uma variedade de substratos;
- Excelente aderência de tinta em ambientes agressivos.

A Figura 8 ilustra esse procedimento de marcação de uma peça metálica por jato de tinta.



Figura 8 – Marcação de uma peça metálica por jato de tinta.

Fonte: SMARKTEC, s.d.

5.2.2 Transferência Térmica

- Imagens nítidas e claras;
- Ideal para imprimir informações variáveis;

- Impressão versátil de transferência térmica para embalagens flexíveis em linhas de alta velocidade;
- Velocidade de produção de forma de movimento vertical e horizontal intermitente e contínuo, preenchimento e selagem de máquinas.

5.2.3 Codificação a Laser

- Códigos digitais de alta qualidade em linhas de produção de alta velocidade;
- Sem consumíveis;
- Trabalha em vários materiais, incluindo metais, plásticos, papel, papelão, vidro e madeira;
- Códigos de barras 2D, gráficos e texto.

A Figura 9 apresenta os principais métodos de marcação a laser considerando o material a ser marcado.

	Ilustração	Descrição	Materiais	Amostra
Remoção		Remoção da camada superior de um substrato, normalmente pintado, pela vaporização da pintura.	Papelão, plástico, metal de vidro	
Gravação		Remoção profunda de materiais que causam envergamento no material.	Plástico, metal	
Temperamento		O substrato reage ao feixe de laser de certo comprimento de onda ao modificar a formação da estrutura.	Plástico	
Mudança na cor/descoloração		Mudança na cor no local em que o laser toca a superfície do substrato.	PVC, metal, plástico, alumínio	
Gravação interna		Remoção interna de cor sem afetar a laminação da camada superior.	Vidro, acrílico	
Rompimento		O material reage ao feixe de laser criando pequenas rupturas na superfície.	Vidro	

Figura 9 – Métodos de marcação a laser.

Fonte: VIDEOJET, s.d.

5.2.4 Micropuncionamento

De acordo com o Guia Técnico da Videojet (s.d.), na marcação por micropuncionamento um pino é utilizado para criar um entalhe para cada ponto do código *DataMatrix*. O contraste necessário para a verificação vem da luz que se reflete de maneira diferente nos entalhes e na superfície do produto. Ainda de acordo com Videojet (s.d.), o micropuncionamento possui como vantagens:

- Baixo investimento inicial;
- Proporciona marcações permanentes. Isso porque entalha a superfície sem comprometer a integridade do produto marcado;
- Produtos mais finos não são adequados para esse tipo de marcação, por não possuir área suficiente que possa ser entalhada sem a perfuração do material.

A Figura 10 apresenta sinteticamente a tecnologia de impressão adequada a cada material:

		Alumínio	Cobre	Titânio	Ferro	Aço	Magnésio	Cerâmica	Vidro	Sintéticos
Laser	Laser CO ₂								•	•
	Laser em estado sólido	•	•	•	•	•	•	•		•
Jato de tinta contínuo		•	•	•	•	•	•	•	•	•
Micropuncionamento		•	•		•	•				•
Gravação eletroquímica		•	•	•	•	•	•			

Figura 10 – Tecnologia de Impressão e adequabilidade do substrato.

Fonte: VIDEOJET, s.d.

5.2.5 Leitura das marcações

Os sistemas de captura de dados usados para leitura das marcações facilitam no processo de rastreabilidade, bem como auxiliam no processo de inventário. A Figura 11 apresenta um exemplo de leitor de marcação de peças metálicas.

5.3 Sistema de acompanhamento de produção

Ao longo da linha de tratamento térmico, alguns pontos possuem particularidades que impedem que a identificação das peças seja feita através da leitura de suas marcações, como é o caso do interior de fornos e equipamentos. Deste modo, é necessária uma solução que trabalhe não somente com a leitura, mas que também faça cálculos e consiga estimar com precisão a localização da peça.

A solução proposta é um *software* de rastreamento, que se comunica com os equipamentos da linha produtiva através de *drivers*, que transforma a movimentação da linha em dados relacionados ao deslocamento da peça e apresenta de forma clara a localização da peça em tempo real. Além de determinar a posição de uma determinada peça em um determinado ponto, a comunicação entre equipamentos e o sistema de rastreamento também gera um histórico de produção

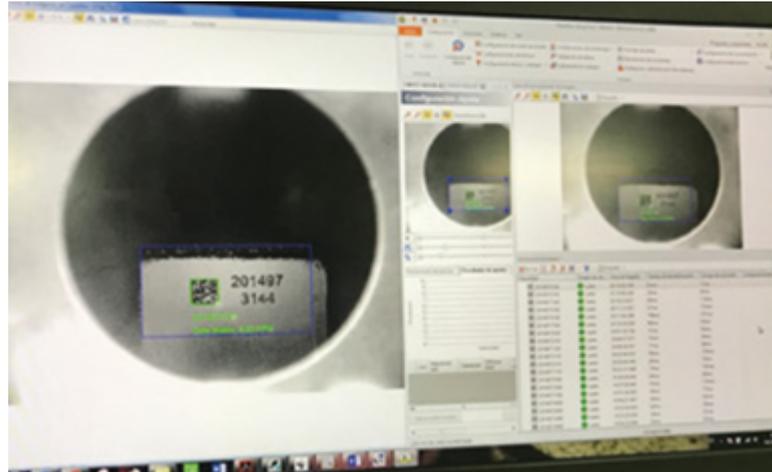


Figura 11 – Leitura de marcação de uma peça metálica.

Fonte: SMARKTEC, s.d.

completo através dos dados coletados, que podem ser utilizados para tomadas de decisão durante o processo.

O sistema realiza o rastreamento da produção e ajuda a proporcionar um aumento da qualidade das peças. É recomendável que esteja presente não somente na linha de tratamento térmico, mas em todas as etapas da produção, desde a produção dos mais variados componentes automotivos até a montagem. É um dos principais sistemas industriais da empresa, possuindo comunicação com banco de dados, sistemas de gerenciamento da produção e de amostra de qualidade, gerenciamento de estoque, entre outros.

5.3.1 Funcionalidades

Dentre várias aplicações deste sistema, é possível listar algumas funcionalidades:

- Rastreamento peça a peça da produção em tempo real: cada peça possui identificação única, que é formada em dependência dos processos envolvidos ao longo das áreas de produção da peça. Todos os dados envolvendo a peça são fornecidos em tempo real por meio de um sistema supervisor de interface gráfica personalizada;
- Decisão do destino de peças: de acordo com as propriedades do produto a ser produzido, dos equipamentos a serem utilizados ou de decisões envolvendo o fluxo de produção, há necessidade de definir quais etapas o produto irá participar ao longo do processo. Essa decisão de movimentação requer uso do sistema pelos operadores e usuários ou até mesmo atuar de forma automática baseado em uma pré-configuração ou com base nos parâmetros de produção;

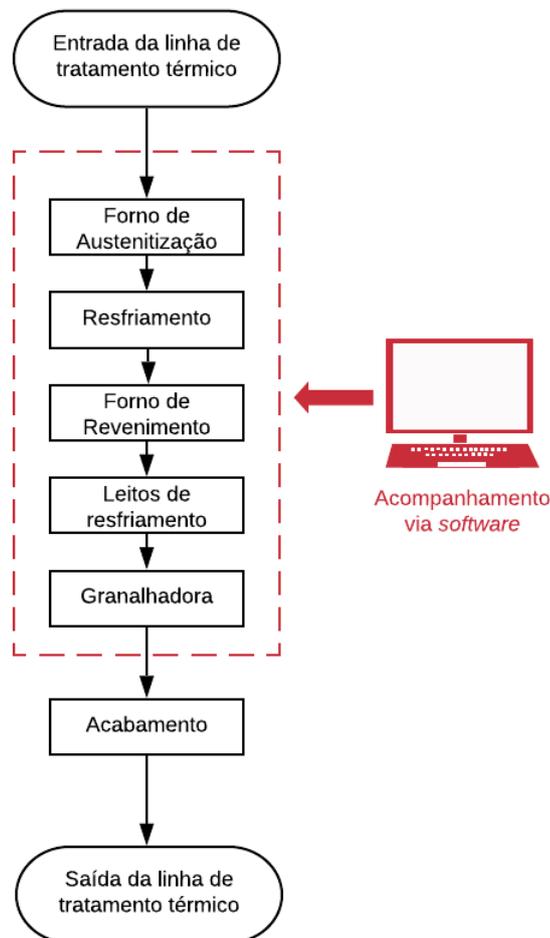


Figura 12 – Área de atuação do acompanhamento via software.

Fonte: Elaborado pelo autor

- Coleta dos resultados de produção: ao longo da linha há diversos equipamentos e ferramentas responsáveis por mensurar os dados relacionados ao processo de formação do produto e das características físicas do produto, havendo um alto grau de automatização neste processo. Se faz uso de controladores lógicos programáveis (CLP) para adquirir os dados mensurados por sensores e equipamentos. As informações são passadas diretamente ao sistema de supervisão e são armazenadas em banco de dados para posterior análise. Estes dados também podem ser disponibilizados aos usuários e operadores para acompanhamento da produção e tomada de decisões em tempo real;
- Apontamentos de qualidade: conforme os dados coletados, há um controle de qualidade do produto. Este apontamento é feito por operadores credenciados a esta função e armazenados em banco para categorização e futura avaliação do produto. Em alguns casos de amostragem das peças, a amostra também é assistida pelo sistema de rastreamento;

- **Contabilização do uso de ferramentas:** havendo necessidade do controle de uso das ferramentas, ao decorrer do processo de produção, há o cadastro por parte do operador das ferramentas utilizadas nos processos de inspeção ou na manutenção de produtos e equipamentos. Estes dados são armazenados no banco para futura consulta das equipes de qualidade e manutenção;
- **Bloqueio e liberação de equipamentos:** por questões de segurança, ao longo do processo de produção, podem ocorrer bloqueios de algumas movimentações e operações que possam trazer riscos aos operadores. Inspeções visuais, ferramentas com operação humana além da remoção de um item do processo de produção. Este bloqueio pode ocorrer de forma automática ou manual, dependendo da etapa do processo e do nível de segurança envolvido. A liberação do bloqueio para continuidade do processo é restrita a operadores qualificados, que são responsáveis pela análise de segurança daquele setor e dos operadores envolvidos;
- **Regulagem dos equipamentos:** equipamentos que permitem regular seus parâmetros trazem escalabilidade, rapidez e dinamismo para a produção, permitindo uma maior variedade na fabricação de produtos sem ser necessária a troca total do maquinário. É possível alterar algumas dessas variáveis de certos equipamentos através do sistema de rastreamento, conforme as descrições de produção ou se forem necessários reparos no produto.
- **Rastreamento peça a peça da produção em tempo real:** cada peça possui identificação única, que é formada em dependência dos processos envolvidos ao longo das áreas de produção da peça. Todos os dados envolvendo a peça são fornecidos em tempo real por meio de um sistema supervisor de interface gráfica personalizada;
- **Decisão do destino de peças:** de acordo com as propriedades do produto a ser produzido, dos equipamentos a serem utilizados ou de decisões envolvendo o fluxo de produção, há necessidade de definir quais etapas o produto irá participar ao longo do processo. Essa decisão de movimentação requer uso do sistema pelos operadores e usuários ou até mesmo atuar de forma automática baseado em uma pré-configuração ou com base nos parâmetros de produção;
- **Coleta dos resultados de produção:** ao longo da linha há diversos equipamentos e ferramentas responsáveis por mensurar os dados relacionados ao processo de formação do produto e das características físicas do produto, havendo um alto grau de automatização neste processo. Se faz uso de controladores lógicos programáveis (CLP) para adquirir os dados mensurados por sensores e equipamentos. As informações são passadas diretamente ao sistema de supervisionamento e são armazenadas em banco de dados para posterior análise. Estes dados também podem ser disponibilizados aos usuários e operadores para acompanhamento da produção e tomada de decisões em tempo real;
- **Apontamentos de qualidade:** conforme os dados coletados, há um controle de qualidade do produto. Este apontamento é feito por operadores credenciados a esta função e armazenados

em banco para categorização e futura avaliação do produto. Em alguns casos de amostragem das peças, a amostra também é assistida pelo sistema de rastreamento;

- **Contabilização do uso de ferramentas:** havendo necessidade do controle de uso das ferramentas, ao decorrer do processo de produção, há o cadastro por parte do operador das ferramentas utilizadas nos processos de inspeção ou na manutenção de produtos e equipamentos. Estes dados são armazenados no banco para futura consulta das equipes de qualidade e manutenção;
- **Bloqueio e liberação de equipamentos:** por questões de segurança, ao longo do processo de produção, podem ocorrer bloqueios de algumas movimentações e operações que possam trazer riscos aos operadores. Inspeções visuais, ferramentas com operação humana além da remoção de um item do processo de produção. Este bloqueio pode ocorrer de forma automática ou manual, dependendo da etapa do processo e do nível de segurança envolvido. A liberação do bloqueio para continuidade do processo é restrita a operadores qualificados, que são responsáveis pela análise de segurança daquele setor e dos operadores envolvidos;
- **Regulagem dos equipamentos:** equipamentos que permitem regular seus parâmetros trazem escalabilidade, rapidez e dinamismo para a produção, permitindo uma maior variedade na fabricação de produtos sem ser necessária a troca total do maquinário. É possível alterar algumas dessas variáveis de certos equipamentos através do sistema de rastreamento, conforme as descrições de produção ou se forem necessários reparos no produto.

5.3.2 Funcionamento do sistema

Através de leitores posicionados antes da entrada dos fornos de austenitização, as peças são reconhecidas pela sua marcação física e este dado é enviado ao *software* de acompanhamento de produção, que salva este dado em um banco de dados. O *software* reconhece uma peça de acordo com sua posição de leitura, sendo capaz de calcular sua nova posição de acordo com as movimentações da linha. Para isso, é necessário que a movimentação seja devidamente estudada e as lógicas do *software* sejam modeladas de acordo com as informações obtidas.

Ao se realizar uma movimentação, controladores lógicos programáveis (CLP), são utilizados para adquirir dados e realizar comunicação com o sistema através das redes industriais, através de mensagens conhecidas como “telegramas”. Estas mensagens são recebidas pelo *driver*, que interpreta o sinal e envia para o servidor, que por sua vez, transforma os dados obtidos em ações.

É possível que todo esse processo de movimentação seja acompanhado em tempo real pelo usuário, através do Cliente. A exibição é realizada pelos dados obtidos pelo *front-end* através de uma interface, a API, enviados pelo servidor, conforme ilustrado na Figura 13.

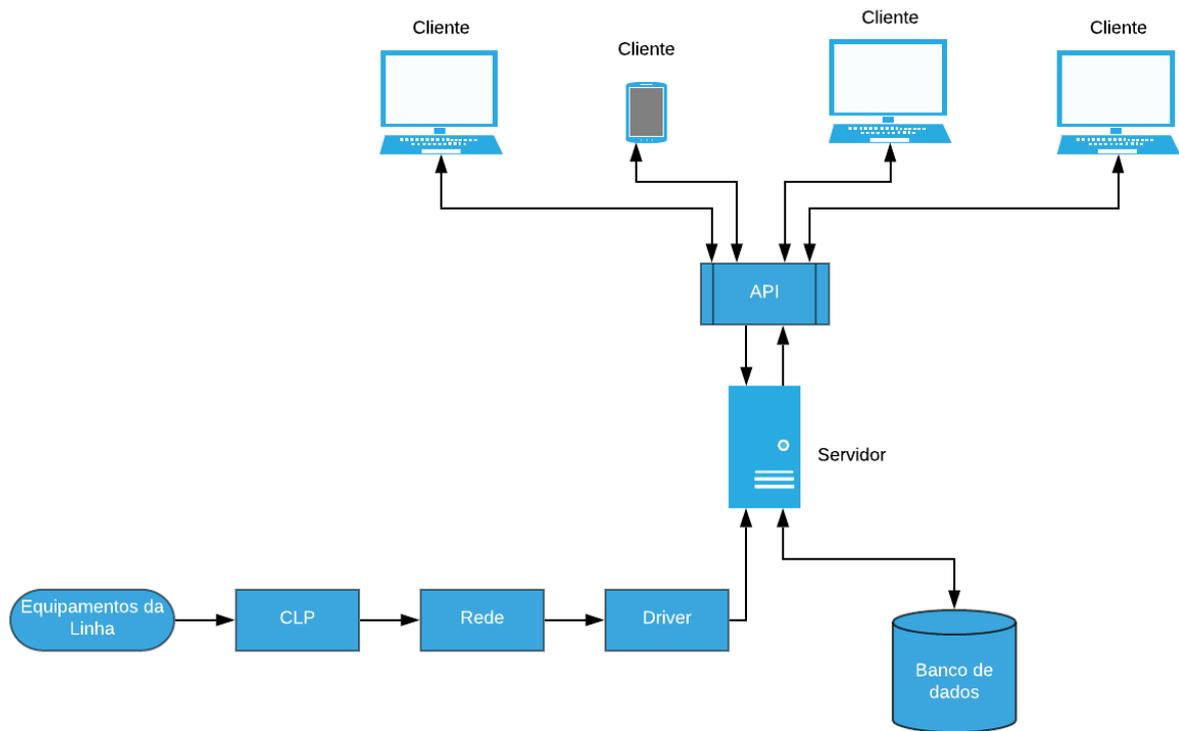


Figura 13 – Esquema do sistema de rastreamento.

Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.3 Cliente

O *front-end* é responsável por coletar a entrada de dados e adequá-la a uma especificação em que o *back-end* possa utilizar (MORRISON, 2008). Também é parte de um sistema onde o usuário possui a visualização de dados.

Buss (2008), em seu modelo conceitual intitulado MISIPRO (Market Intelligence Systematization and Integration Process - Processo de sistematização e integração da inteligência de mercado), considera que no *front-end* ocorrem as seguintes atividades:

- Atividades de processamento de informações de mercado;
- Atividades de desenvolvimento de produtos.

Para Buss (2008, p.171), "o *front-end* é essencialmente um processo de tomada de decisão que gera documentos que irão servir de guia para o desenvolvimento físico ou técnico do produto". No caso de produtos altamente inovadores, as decisões e atividades do *front-end* são fundamentais para o sucesso do produto (BUSS, 2008).

No *software* de rastreabilidade, o “Cliente” é a aplicação onde o operador e outros funcionários credenciados têm acesso ao sistema através de uma interface gráfica que permite a visualização de dados, relatórios, bem como a interferência nos processos e no fluxo de produção. Pode haver vários níveis e privilégios de acesso, dependendo da função desempenhada pelo funcionário, conforme ilustrado na Figura 14.

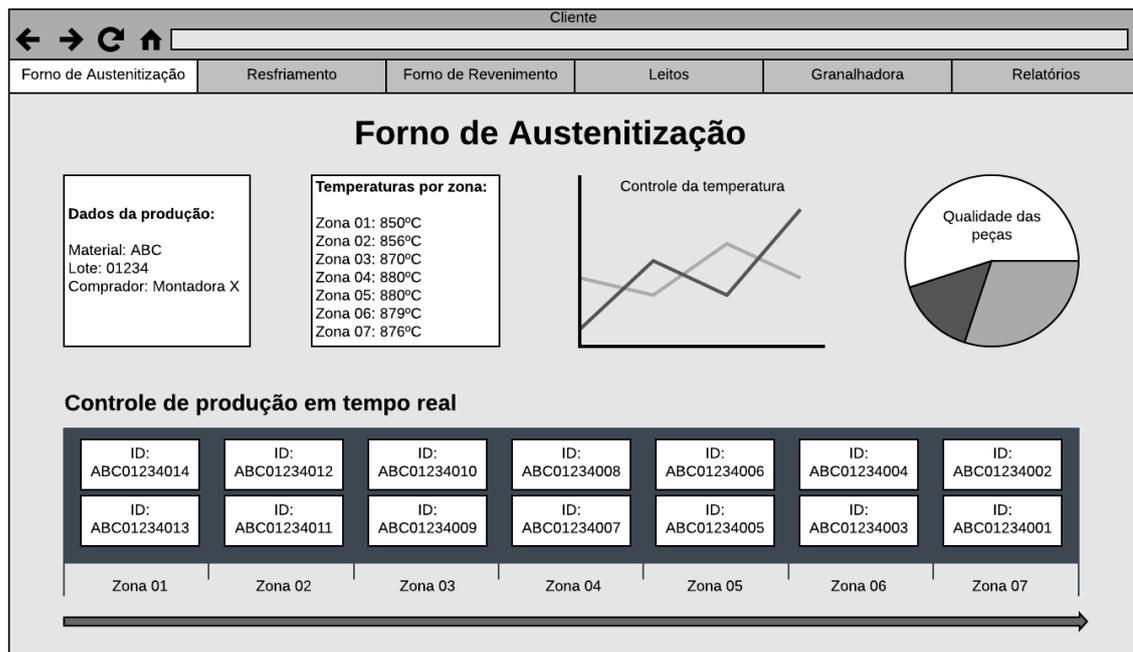


Figura 14 – Exemplo de funcionamento do Cliente.

Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.4 API

Correa E.; Bertocchi (2012) define as APIs como:

Um conjunto de rotinas e padrões estabelecidos por um software para a utilização das suas funcionalidades por aplicativos que não pretendem envolver-se em detalhes da implementação do software, mas apenas usar seus serviços.

Através da API, Servidor e Cliente podem se comunicar um com o outro. Ela é composta por uma série de funções que possibilitam o Cliente exibir as informações que são processadas pelo Servidor.

5.3.5 Servidor

O *Back-End* é responsável por validar e traduzir dados vindos do *front-end* (MORRISON, 2008). Todas as alterações (criação, edição e exclusão de dados) são realizadas no *back-end*.

As regras de negócio estão localizadas no Servidor. Este componente do Sistema responsável pelo envio e recebimento de informações do Cliente, estruturando informações em tempo real, executando operações de banco de dados, gerenciando *drivers* e outros dispositivos do sistema.

No servidor, é realizada a configuração de lógicas de todas as funcionalidades do sistema, de modo que estas sejam executadas de forma rápida e automática, sem interação humana.

5.3.6 Banco de Dados

A tecnologia de bancos de dados ativos (*active database technology*) e tempo real (*real time*) são usados no controle de processos industriais e de produção (indústria).

A definição de banco de dados muitas vezes pode se tornar genérica, mas segundo Elmasri e Navathe (2010), um banco de dados possui as seguintes propriedades implícitas: “Um banco de dados representa alguns aspectos do mundo real, sendo chamado, às vezes, de minimundo ou de universo de discurso (UoD). As mudanças no minimundo são refletidas em um banco de dados. Um banco de dados é uma coleção lógica e coerente de dados com algum significado inerente. Uma organização de dados ao acaso (randômica) não pode ser corretamente interpretada como um banco de dados. Um banco de dados é projetado, construído e povoado por dados, atendendo a uma proposta específica. Possui um grupo de usuários definido e algumas aplicações preconcebidas, de acordo com o interesse desse grupo de usuários”. Os bancos de dados são armazenadores de informações, que acumulam todos os dados dos processos. É o local de onde é armazenado o histórico da peça, que pode servir para identifica-la ou gerar vários tipos de análises. A Figura 15 representa o relacionamento de troca de informações entre banco de dados e servidor.

Setores que trabalham com o gerenciamento de recursos, planejamento de produção e gerenciamento da qualidade do produto precisam gerir estes dados de forma a garantir melhorias no processo, tais como redução de custo através do maior aproveitamento de recursos ou da redução de geração de resíduos, identificação de falhas ao longo do processo ou adoção de mudanças estratégicas de produção.

É possível ao usuário a criação de qualquer tipo de relatório que faça uso dessa base de dados. Os dados armazenados podem ser utilizados em recursos como análise estatística, geração de gráficos e tabelas, correlação, análise temporal e relacional dos dados.

5.3.7 Drivers e processos

Os *drivers* executam a tradução de dados, intermediando dispositivos e equipamentos que se comunicam com o Servidor para enviá-los posteriormente aos Clientes. Além de traduzir as movimentações da linha, os *drivers* também podem ser utilizados para converter dados oriundos de sensores em informações a sobre o processo a serem salvas nos bancos de dados. A Figura

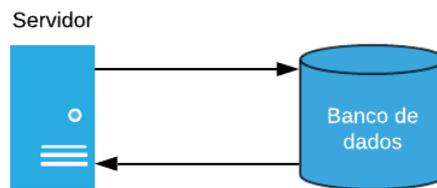


Figura 15 – Troca de informações entre Banco de Dados e Servidor.

Fonte: Elaborado pelo autor

16 ilustra como os dados da linha são transformados em ações no sistema, após os dados serem introduzidos no *driver*.



Figura 16 – Funcionamento do driver.

Fonte: Elaborado pelo autor

5.3.8 Redes Industriais

As redes para automação industrial vêm se destacando e substituindo as arquiteturas mais antigas dos sistemas utilizados na área de automação. A necessidade de integrar máquinas e sistemas de controle com o intuito de se automatizar processos torna estas redes indispensáveis, proporcionando maior confiabilidade e eficiência nos sistemas automatizados.

Através dos sistemas de supervisórios é possível verificar o estado de sensores, diferentemente de quando as medições eram analógicas. Essa possibilidade otimiza manutenções preventivas e reduz falhas por quebra, imprecisão ou baixa confiabilidade, o que gera uma economia para o processo como um todo (SILVA, 2005).

As redes permitem que se configure equipamentos de forma remota, facilitando a alteração de parâmetros destes. Por isso, é comum o uso de Redes de Sensores sem Fio (RSSF) para implementar sistemas de monitoramento e controle em ambientes industriais apresenta algumas vantagens quando comparado com o uso de redes cabeadas, como o baixo custo e flexibilidade (GOMES et al., 2015). Porém, esses autores destacam que há problemas típicos desse ambiente que merecem atenção devido à presença de objetos metálicos e outras obstruções, sugerindo o uso de protocolos que utilizem múltiplos canais.

Estas redes podem ser identificadas em três níveis distintos. O nível inferior representa a comunicação entre sensores e atuadores, presentes na área operacional da linha. No nível intermediário, estão os CLPs, que controlam as atividades dos sensores e atuadores. Já no nível superior, se encontram ferramentas de natureza mais administrativa, como *softwares* de gerenciamento de produção e de estoque, como o apresentado neste trabalho. Por estas redes, trafegam os pacotes de dados, também conhecidos como telegramas, que são decodificados pelo driver a fim de se obter o processamento de informações no Servidor do sistema.

Segundo Miasake e Silva (2013), um telegrama é uma sequência rígida de bits que contém informações de dados. Todos os telegramas consistem em 5 campos, sendo 2 delimitadores, um de endereço, um de dados e um de checagem de erro. Os telegramas podem ser de 3 tipos:

- *Master Synchronization Telegram* (MST): Contém dados sobre procedimentos de inicialização de cada drive como posição, velocidade ou torque. Sua função é a sincronia entre processos e equipamentos;
- *Amplifier Telegram* (AT): Telegrama de resposta dos equipamentos ao telegrama de sincronização;
- *Master Data Telegram* (MDT): Contém dados de ativação ou *setup* de equipamentos, onde os comandos são distintos para cada equipamento ou processo.

5.3.9 CLP

O primeiro Controlador Lógico Programável (CLP) surgiu na indústria automobilística utilizados para controlar operações sequenciadas e repetitivas numa linha de montagem. A Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT (2013), define os CLPs como “um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais”. E, segundo a National Electrical Manufacturers Association (NEMA, 1978): é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

5.4 Verificação e remarcação

Assim como descrito no objetivo deste trabalho, após a saída das peças da linha de tratamento térmico a rastreabilidade deve ser garantida. É importante que se tenha o controle das peças após o processo. Dessa forma, é necessário que a peça esteja marcada, mesmo que o processo tenha danificado a marcação inicial.

De forma a garantir essa identificação posterior, é necessário m leitor após os equipamentos críticos (fornos e granalhadora) que possa verificar as condições da marcação da peça. Caso

seja possível a identificação da peça pelo leitor, a peça deve seguir o seu fluxo normalmente. Se houver algum tipo de falha, a peça deve ser encaminhada à uma nova marcação, que será feita com base nos dados da sua identificação via software com os dados armazenados pelo sistema. Para garantir o bom funcionamento, o sistema deve compreender e armazenar a nova ordem das peças após o desvio para a remarcação.

Esse processo está no fluxograma representado na Figura 17. Descrevendo os processos pelos quais as peças passam desde a marcação até a saída da linha de tratamento térmico.

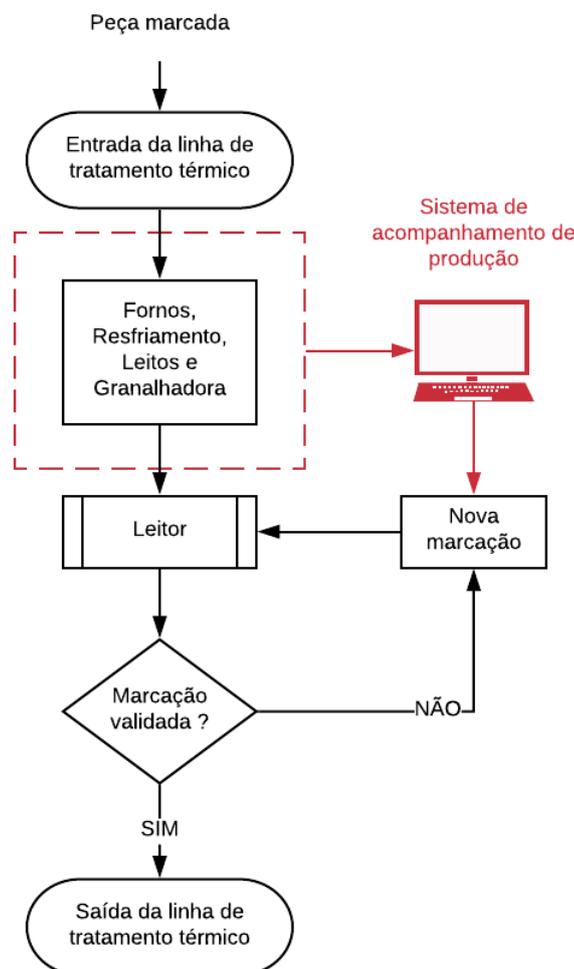


Figura 17 – Processo de remarcação de uma peça.

Fonte: Elaborado pelo autor

6 Considerações Finais

6.1 Conclusão

A rastreabilidade é fundamental para o processo produtivo, pois através de um sistema de rastreabilidade é possível armazenar informações específicas de produtos e trocar essas informações com todos os elos da cadeia de produção, desde o produtor até o consumidor final. Isso aumenta a qualidade e confiabilidade do produto, e reduz o número de problemas durante o processo produtivo.

A solução proposta nesse trabalho consistiu em um software de rastreamento que comunica com os equipamentos da linha produtiva através de *drivers*, transformando a movimentação da linha em dados relacionados ao deslocamento da peça e apresenta de forma clara a localização da peça em tempo real.

Além de determinar a posição de uma determinada peça em um determinado ponto, a comunicação entre equipamentos e o sistema de rastreamento também gera um histórico de produção completo através dos dados coletados, que podem ser utilizados para tomadas de decisão durante o processo.

6.2 Trabalhos Futuros

Esse trabalho limita-se apenas à proposta de uma modelo para rastreamento em condições adversas. Para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação dessa ferramenta para análise quantitativa das melhorias encontradas.

Referências

- ABNT, A. B. de N. T. Controladores Lógicos Programáveis. 2013. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=195941>>. Acesso em: 19 maio 2019. 28
- ALFARO, J. A.; RABADE, L. A. Traceability as a strategic tool to improve inventory management: A case study in the food industry. *International Journal of Production Economics*, v. 118, n. 1, p. 104–110, March 2009. 10
- Armil CFS. *Heat Treating Furnaces - Roller Hearth Furnace (Retrofit)*. 2018. Disponível em: <<https://www.armilcfs.com/furnaces/heat-treating-furnaces/>>. Acesso em: 31 Jul. 2019. 6
- ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO 9000:2015 (3.6.13): Sistemas de gestão de qualidade - fundamentos e vocabulário*. Rio de Janeiro, 2015. 9
- ATS. *Product Lines - Rolling Mills*. s.d. Disponível em: <<https://www.ats.ud.it/index.php?l=en&c=search&word=Cooling+bed>>. Acesso em: 31 Jul. 2019. 7
- BARBOSA, B. R. d.; TEODOSIO, J. R.; NETTO, T. A. Evolução do estado de tensões residuais introduzidas por shot peening em aços inoxidáveis martensíticos. 2003. 7
- BERTUOL, K. *Análise da influência de parâmetros de shot peening na dureza superficial, rugosidade e tensão residual em aço astm a743-ca6nm*. 2014. 8
- BUSS, C. d. O. *Modelo de Sistematização e integração da inteligência de Mercado ao front-end do Processo de Desenvolvimento de Produtos*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2008. 24
- CASEY USA. *Cooling Beds*. 2019. Disponível em: <https://www.caseyusa.com/products/class_id/mmhclb-cooling-beds>. Acesso em: 31 Jul. 2019. 7
- CHIAVERINI, V. *Aços e Ferros fundidos*. 7ª edição. ed. [S.l.]: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM, 1996. 4, 5
- COMMITTEE, I. S. et al. Ieee std 610.12-1990 ieee standard glossary of software engineering terminology. *online*] http://st-dards.ieee.org/reading/ieee/stdpublic/description/se/610.12-1990_desc.html, 1990. 9
- CORREA E.; BERTOCCHI, D. S. *A cena cibercultural do jornalismo contemporâneo: web semântica, algoritmos, aplicativos e curadoria Matrizes*. vol. 5. São Paulo, Brasil: Universidade de São Paulo, 2012. 25
- COSTA, R. M. d.; HENKIN, H. Estratégias competitivas e desempenho da indústria automobilística no brasil. *Economia e Sociedade*, v. 25, n. 2, p. 457–487, nov. 2016. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ecos/article/view/8647591>>. Acesso em: 19 jun. 2019. 4
- DIAS, M. A. P. *Administração De Materiais: Principios, Conceitos E Gestão*. 6ª edição. ed. [S.l.]: Ed. Atlas, 2009. 14
- ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. *Sistemas de Bancos de Dados*. 6ª edição. ed. [S.l.]: Ed. Pearson, 2010. 26

GOMES, R. D. et al. Modelo para simulação realista de redes de sensores sem fio industriais. *XXXIII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações*, p. 1–5, 2015. 27

JEWETT, D. *Information Technology: Tracking parts problems: It's all in the details*. 2003. Disponível em: <<https://www.autonews.com/article/20031215/SUB/312150734/information-technology-tracking-parts-problems-it-s-all-in-the-details>>. Acesso em: 13 Jul. 2019. 10

John Desmond Limited. *What is Shot Peening*. 2014. Disponível em: <<https://www.johndesmond.com/blog/metals/what-is-shot-peening/>>. Acesso em: 31 Jul. 2019. 8

KIESEBERG, P. e. a. Qr code security. *8th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multi-media, MoMM '10*, p. 430–435, 2010. 12, 13

MACIEL, E. S. *Perspectiva do consumidor perante produto proveniente da cadeia produtiva de tilápia do Nilo rastreada (Oreochromis niloticus) – consumo de pescado e qualidade de vida*. Tese (Doutorado) — Centro de Energia Nuclear na agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2011. 9

MARKETING & TRACEABILITY: Lighting up time. *The Engineer*. [S.l.], 2006. 11

MIASAKE, A. L. A.; SILVA, R. A. D. *Implementação do controle de balanço no transporte de carga em ponte rolante de escala laboratorial*. Brasília, DF: [s.n.], 2013. 28

MOE, T. Perspectives on traceability in food manufacture. *Trends in Food Science & Technology*, p. 211–214, 1998. 9

MORRISON, M. *Head First JavaScript*. [S.l.]: Sebastopol: O'Reilly Media, 2008. 24, 25

NEMA, N. E. M. A. Controlador Lógico Programável. 1978. Disponível em: <<https://www.nema.org>>. Acesso em: 19 maio 2019. 28

OKUMURA, M. L.; JR, O. C.; OLIVEIRA, C. Veríssimo de. *A aplicação da tecnologia assistiva no processo de desenvolvimento integrado de produtos inclusivos: um estudo no acesso ao código QR pelo usuário com deficiência visual*. Curitiba, PR: [s.n.], 2012. 15

PINTO, C. P. *A rastreabilidade no contexto da gestão da qualidade*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Itajubá, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/504/dissertacao_pinto1_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 09 jun. 2019. 10

RAMESH, B. et al. *An Initial Model of Requirements Traceability An Empirical Study*. [S.l.], 1992. 9

RIBEIRO, J. E.; VAZ, M. A. P.; PILOTO, P. A. G. Medição de campos de tensões residuais: estudo preliminar. 2003. 7

RODRIGUES, L. *Medição de tensões residuais em tubos visando a determinação de esforços em dutos enterrados*. Dissertação (Mestrado) — PUCRio, 2007. 8

SILVA, C. A. *Tratamento térmico. Módulos Especiais Mecânica*. 2000. 5, 6

SILVA, D. *Redes neurais artificiais no ambiente de redes industriais Foundation Fieldbus usando blocos funcionais padrões*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2005. 27

SMARKTEC. s.d. Disponível em: <<https://www.smarktec.com/en/products/billet>>. Acesso em: 02 jul. 2019. 17, 20

TIBOLA, C. S. et al. Sistema de rastreabilidade digital para trigo. *Embrapa, Brasília*, p. 27–28, 2013. 12

VIDEOJET. *Métodos de marcação direta de peças: identificação legível de máquina para indústrias automotivas e aeroespaciais. Guia técnico*. s.d. Disponível em: <<https://www.videojet.br.com/content/dam/pdf/Brazil%20-%20Portuguese/Technical%20Guides/tg-methods-for-direct-part-marking-pt-br.pdf>>. Acesso em: 26 Jul. 2019. 12, 18, 19

Certifico que o aluno Diego Márcio Alberto, autor do trabalho de conclusão de curso intitulado “Rastreabilidade de materiais submetidos a altas temperaturas na indústria automobilística” efetuou as correções sugeridas pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.

Karla Palmieri

Profa. Dra. Karla Boaventura Pimenta Palmieri

Orientadora

Ouro Preto, 07 de agosto de 2019.