

**<sup>1</sup>Faculdade de Tecnologia de Sorocaba - “José Cresco Gonzales”**

**Curso Superior em Fabricação Mecânica**

**TÍTULO: A RFID COMO FERRAMENTA DE RACIONALIZAÇÃO LOGÍSTICA  
NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO PESADA**

**Autor:** Silva, Bruno Tiago

**Orientador:** Benazzi Junior, Ivar

**Resumo**

Este trabalho analisa como a tecnologia RFID pode otimizar a logística em empresas de caldeiraria pesada, destacando seu papel na melhoria da rastreabilidade de materiais, na redução de erros operacionais e no aumento da eficiência produtiva. A pesquisa combina revisão bibliográfica com análise das necessidades específicas do setor, buscando demonstrar ganhos em controle, precisão e resiliência da cadeia de suprimentos.

**Palavras-chave:** RFID; caldeiraria pesada; logística industrial; rastreabilidade; eficiência.

**Abstract**

This study analyzes how RFID technology can optimize logistics in heavy boiler manufacturing companies, emphasizing its role in improving material traceability, reducing operational errors, and increasing overall productive efficiency. The research combines a literature review with an analysis of the sector's specific needs, aiming to demonstrate improvements in control, accuracy, and supply chain resilience.

**Keywords:** RFID; heavy boiler manufacturing; industrial logistics; traceability; efficiency.

**Maió/2025**

**1. INTRODUÇÃO**

O setor de caldeiraria pesada constitui um pilar fundamental na cadeia de produção de bens de capital e infraestrutura, abrangendo a fabricação de estruturas metálicas de alta complexidade

---

<sup>1</sup> Formando Silva, Bruno Tiago

<sup>2</sup> Mestre em Metalurgia pela Escola em Engenharia de São Carlos, EESC-USP 1991  
ivar.benazzi@fatec.sp.gov.br

e dimensões consideráveis. As organizações que atuam neste segmento industrial enfrentam o desafio de gerenciar itens de expressivo valor econômico, dimensões que impõem restrições logísticas significativas e cronogramas de produção e entrega que demandam alta precisão e confiabilidade. Nesse contexto operacional complexo, a gestão logística, compreendendo tanto o fluxo interno de materiais quanto a movimentação externa para entrega aos clientes, emerge como um fator determinante para o sucesso operacional e a manutenção da competitividade no mercado global (Ballou, 2006).

Entretanto, é notório que uma parcela considerável das empresas de caldeiraria pesada ainda se apoia em metodologias de controle logístico baseadas em processos manuais intensivos ou em sistemas de informação com limitada capacidade de integração e automação. Diante desse cenário de desafios logísticos inerentes ao setor, a adoção estratégica de tecnologias inovadoras que visam otimizar o fluxo de materiais, elevar a rastreabilidade a um nível superior de precisão e proporcionar maior confiabilidade e visibilidade em toda a cadeia de produção torna-se não apenas uma vantagem competitiva, mas uma necessidade premente para a sustentabilidade e o crescimento a longo prazo dessas empresas.

## **2. METODOLOGIA**

Esta pesquisa adota uma abordagem metodológica mista, combinando a revisão bibliográfica abrangente com a análise das necessidades logísticas específicas do setor de caldeiraria pesada. A escolha desta abordagem permite, por um lado, fundamentar teoricamente a aplicação da tecnologia RFID (Radio-Frequency Identification) no contexto da logística industrial e, por outro, compreender as particularidades e os desafios práticos enfrentados pelas empresas do setor, direcionando a análise para as áreas onde o RFID (Radio-Frequency Identification) pode gerar maior impacto.

## **3. DESENVOLVIMENTO**

A tecnologia RFID (Radio-Frequency Identification) tem se estabelecido como uma solução tecnológica disruptiva com potencial significativo para revolucionar a gestão logística em ambientes industriais caracterizados pela complexidade e pelo volume de operações, como é o

caso da caldeiraria pesada. Por meio da utilização de etiquetas eletrônicas (tags) equipadas com microchips capazes de armazenar e transmitir dados de identificação fazendo uso de ondas de radiofrequência, o RFID possibilita a identificação e o rastreamento automático de uma ampla gama de ativos – desde componentes metálicos individuais e ferramentas especializadas até matérias-primas em grandes volumes e produtos acabados paletizados – sem a exigência de contato físico direto ou de uma linha de visada desobstruída entre a etiqueta e o dispositivo de leitura (Want, 2006).

Figura,1 - Identificação por radiofrequência



Fonte: Balluff Brasil (2024)

Quando aplicada de maneira estratégica e adaptada às particularidades do setor de caldeiraria pesada, o RFID (Radio-Frequency Identification) oferece aos gestores uma capacidade inédita de obter visibilidade em tempo real da localização exata e do status de cada item dentro do ambiente fabril, abrangendo desde o momento do recebimento das matérias-primas até a etapa final de expedição dos produtos acabados.

A maior vantagem dessa tecnologia consiste na sua capacidade de realizar a leitura e a transmissão de dados de forma remota, sem a necessidade de contato físico direto ou de uma linha de visada desimpedida entre a etiqueta e o leitor, contrastando significativamente com as limitações inerentes aos sistemas tradicionais de leitura de códigos de barras (Finkenzeller, 2010).

Um sistema RFID (Radio-Frequency Identification) funcional é tipicamente composto por três elementos fundamentais que interagem de maneira sinérgica para possibilitar a identificação e o rastreamento eficaz de objetos e ativos:

- Tag (etiqueta ou transponder): Este dispositivo eletrônico miniaturizado integra um microchip de silício capaz de armazenar uma quantidade específica de informações de identificação, que podem ser exclusivas para cada item ao qual a tag está fisicamente anexada. As tags podem ser projetadas em diversos formatos e materiais para se adaptarem a diferentes tipos de superfícies e condições ambientais, sendo fixadas em peças de metal, equipamentos industriais, ferramentas especializadas, embalagens de transporte ou paletes de movimentação, de acordo com as necessidades específicas de cada aplicação logística.
- Leitor RFID (reader): O leitor atua como o componente ativo do sistema, sendo responsável por gerar e emitir ondas de rádio em uma frequência predefinida por meio de uma ou mais antenas..
- Middleware/Sistema: Esta camada de software especializada desempenha um papel crucial na arquitetura do sistema RFID (Radio-Frequency Identification), atuando como uma interface de comunicação entre os dados brutos coletados pelos leitores RFID (Radio-Frequency Identification) e os sistemas de gestão empresarial da organização, tais como o ERP (Enterprise Resource Planning), o WMS (Warehouse Management System) ou outros sistemas de controle de produção e logística. O middleware é responsável por processar, filtrar, agregar e integrar os dados brutos do RFID (Radio-Frequency Identification).

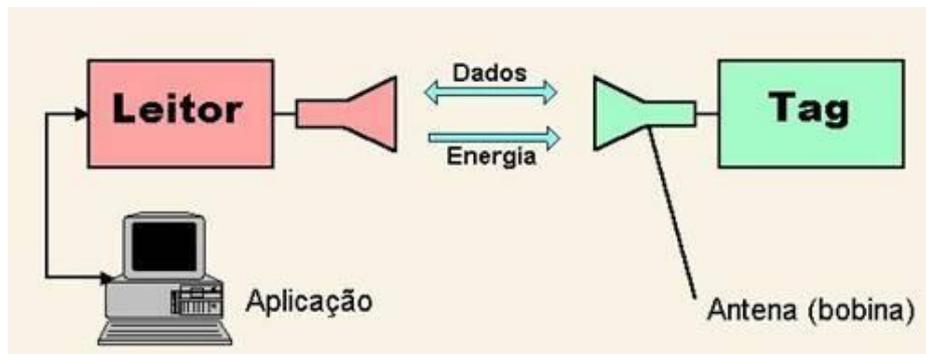
As tags RFID (Radio-Frequency Identification), podem ser categorizadas em dois tipos principais: passivas e ativas.

- Tags Passivas: Essas tags representam a forma mais comum e econômica da tecnologia RFID (Radio-Frequency Identification). A característica definidora das tags passivas é a ausência de uma fonte de energia interna (bateria). Em vez disso, elas dependem da energia eletromagnética emitida pelo leitor RFID para serem ativadas e para transmitir as informações armazenadas no seu microchip. As tags passivas geralmente oferecem um custo unitário significativamente menor em comparação com as tags ativas e possuem uma vida útil teoricamente ilimitada, uma vez que não estão sujeitas ao desgaste de uma bateria. No entanto, o alcance de leitura das tags passivas é tipicamente mais limitado, variando em média de alguns centímetros a até aproximadamente 10

metros, dependendo da frequência de operação, da potência do leitor e das condições ambientais. Em aplicações específicas na indústria de caldeiraria pesada, onde os itens rastreados podem ser predominantemente metálicos, a utilização de espaçadores ou de etiquetas especialmente projetadas para superfícies metálicas pode ser crucial para mitigar a interferência eletromagnética e otimizar o desempenho das tags passivas (Klautau et al., 2012).

- **Tags Ativas:** As tags ativas são equipadas com uma fonte de energia interna, geralmente uma pequena bateria, que alimenta o microchip e permite que a tag gere e transmita sinais de rádio de forma autônoma. Essa capacidade de transmissão ativa confere às tags ativas diversas vantagens significativas, incluindo um alcance de leitura substancialmente maior, que pode se estender até 100 metros ou mais, dependendo do modelo e das condições ambientais.

Figura 2 - Sistema simples RFID (Radio-Frequency Identification) funcional



Fonte: Universidade Federal do Rio de Janeiro

A implementação é estruturada em três fases interconectadas: controle de expedição de equipamentos, controle de recebimento em locais de instalação e controle de montagem em campo. A seguir, detalham-se as especificações e funcionalidades de cada uma dessas fases.

A primeira fase do sistema visa monitorar com precisão a saída de componentes e grandes estruturas da unidade fabril. Para tanto, cada equipamento – independentemente de seu tamanho ou complexidade – será identificado com uma tag RFID passiva de frequência UHF (Ultra High Frequency), especificamente projetada para aplicações "on-metal" ou "near-metal". A seleção de tags UHF é crucial devido à sua capacidade de leitura a longa distância e em ambientes com grande volume de itens.

Figura 3 - Monitoramento descentralizado com RFID



Fonte: Turck (2025)

A leitura dessas tags será realizada por dispositivos leitores fixos estrategicamente instalados nas docas de expedição da fábrica. A automatização deste processo elimina a necessidade de contagens e registros manuais, que são historicamente fontes de erro humano e retrabalho.

A segunda fase concentra-se na recepção e conferência dos equipamentos nos seus respectivos destinos finais, como refinarias, plantas petroquímicas ou canteiros de obras de grande porte. Essa capacidade de leitura automatizada possibilita a conferência precisa e ágil dos itens recebidos em comparação com os dados contidos nos documentos eletrônicos de transporte e nos sistemas ERP dos locais de destino.

A fase final do sistema abrange o monitoramento detalhado das atividades de montagem dos equipamentos no próprio local da obra. Através do uso de leitores portáteis ou coletores de dados robustos equipados com antenas RFID, os engenheiros e técnicos responsáveis pela montagem poderão registrar cada item no instante em que ele for fisicamente instalado. Essa rastreabilidade granular e em tempo real é de suma importância para garantir a conformidade técnica e operacional com os projetos e normas de segurança, facilitando auditorias internas e externas.

A adoção de tecnologias de identificação por radiofrequência (RFID) tem se consolidado como uma solução estratégica para diversos setores industriais, especialmente naqueles que exigem rastreabilidade, precisão logística e controle rigoroso de ativos, como é o caso da indústria de caldeiraria pesada. A eliminação de processos manuais na leitura e registro de dados reduz significativamente a incidência de falhas humanas, como registros incorretos, perdas de informação ou conferências imprecisas.

Neste contexto, em que o envio de peças fora de especificação pode comprometer cronogramas e gerar elevados custos com retrabalho, a acuracidade garantida pelo RFID representa um diferencial crítico para a confiabilidade dos processos logísticos e operacionais. A automação da leitura de informações permite uma economia de tempo significativa nas etapas de expedição, recebimento e montagem de equipamentos. A tecnologia RFID possibilita a leitura

simultânea de múltiplas etiquetas, sem a necessidade de linha de visada direta, como ocorre com os códigos de barras. Além disso, o sistema viabiliza a integração com plataformas de gestão empresarial (ERP), permitindo atualizações automáticas dos estoques, emissão de alertas e relatórios gerenciais em tempo real.

No ambiente de montagem industrial, essa funcionalidade também favorece a segurança, ao possibilitar o controle da ordem de instalação dos componentes, garantindo o cumprimento das normas técnicas e prevenindo falhas estruturais. A seguir serão explorados exemplos práticos que demonstram como a aplicação estratégica da tecnologia RFID.

A fabricação de fornos do tipo UGH impõe desafios logísticos e construtivos consideráveis, dada a vasta quantidade de tubos, serpentinas complexas e estruturas metálicas envolvidas. Com o uso de tags UHF on-metal resistentes a altas temperaturas e ao manuseio intensivo, cada elemento crítico do forno UGH é mapeado digitalmente. Essa digitalização permite consultas de status e localização em tempo real, além da integração direta com o sistema de gestão da produção (MES/ERP).

As unidades de Hidrotratamento (HDT) são sistemas sensíveis e de valor estratégico, cujo desempenho na purificação de correntes de hidrocarbonetos exige um controle rigoroso desde a fase de fabricação até a instalação final. A aplicação da tecnologia RFID nestas unidades viabilizou um controle apurado de materiais de alto valor agregado e, crucialmente, a rastreabilidade detalhada das soldagens e dos Ensaio Não Destrutivos (ENDs) realizados em cada módulo.

Nos trocadores de calor, cuja montagem envolve centenas de componentes metálicos, muitos com variações dimensionais mínimas e tolerâncias apertadas, a implementação do RFID gerou benefícios notáveis no processo de conferência e organização das peças. Anteriormente, o controle era predominantemente manual, suscetível a erros humanos que resultavam em atrasos e retrabalhos onerosos na linha de montagem.

A fabricação e montagem de uma torre fracionadora de grande porte, com aproximadamente 28 metros de altura, destinada a uma refinaria no estado do Rio de Janeiro, constituiu um estudo de caso emblemático para a aplicação integral da tecnologia RFID. Dada a natureza modular da torre, fabricada em múltiplas seções, o projeto demandava um controle rigoroso de logística. Cada seção da torre foi equipada com uma tag RFID de alta durabilidade, resistente à exposição solar, umidade e impactos mecânicos, assegurando a integridade e acessibilidade dos dados mesmo durante o transporte em condições adversas. No pátio de montagem da refinaria, o uso de leitores RFID móveis e robustos permitiu confirmar, minutos antes da içagem, a posição exata de cada módulo e a presença de todos os acessórios especificados em projeto..

Um dos desafios mais proeminentes na implantação do RFID reside na complexa integração com as plataformas de gestão de dados já consolidadas na empresa, tais como os Sistemas de Gestão Empresarial (ERP), Sistemas de Execução da Manufatura (MES) e Sistemas de Gestão do Ciclo de Vida do Produto (PLM).

A introdução de uma nova tecnologia como o RFID exige um programa de capacitação abrangente e contínuo para todos os colaboradores que interagirão com o sistema, desde os operadores de chão de fábrica até os engenheiros e gestores. A falta de uma compreensão clara dos benefícios do sistema, o receio de que a tecnologia possa levar à substituição de postos de trabalho ou a percepção de uma maior complexidade nas tarefas diárias podem gerar atritos e dificultar a adesão.

Para mitigar essa resistência, é fundamental a implementação de programas de treinamento bem estruturados, acompanhados de uma comunicação transparente e proativa sobre os objetivos da implementação e os impactos esperados.

A tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID), embora já solidamente estabelecida em uma miríade de aplicações industriais, encontra-se em um ponto estratégico de sua evolução. Esse momento é impulsionado de forma decisiva pelos princípios da Indústria 4.0 e pela crescente e ubíqua adoção de sistemas interconectados, alicerçados na Internet das Coisas (IoT – Internet of Things). Nesse cenário dinâmico, o RFID emerge não apenas como uma ferramenta de rastreamento, mas como um elo na cadeia de dados industriais em tempo real.

Com o avanço exponencial da computação em nuvem e a proliferação de plataformas de Supervisão e Controle de Aquisição de Dados (SCADA) e de Gestão Empresarial (ERP) baseadas em arquiteturas IIoT, os sistemas RFID estão se tornando cada vez mais sofisticados e proativos. As etiquetas mais modernas já incorporam sensores embarcados capazes de monitorar parâmetros como temperatura, umidade, pressão ou vibração. Isso expande significativamente o escopo de monitoramento de ativos críticos em ambientes industriais de caldeiraria pesada, como vasos de pressão, trocadores de calor de alta performance e linhas de produção com requisitos rigorosos de controle ambiental e de processo.

Chaves et al. (2013) enfaticamente salientam a criticidade da criptografia dos dados transmitidos pelas etiquetas RFID e da autenticação rigorosa de todos os dispositivos conectados à rede. Medidas de segurança como o uso de certificados digitais, a implementação de firewalls industriais de última geração, a utilização de protocolos de comunicação seguros (como HTTPS e MQTT com TLS/SSL) e a segmentação lógica de redes são estratégias crescentemente recomendadas para ambientes que integram RFID e IoT.

Adicionalmente, no contexto brasileiro, a entrada em vigor da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) impõe que os dados coletados por sistemas RFID, especialmente aqueles que podem estar associados à rastreabilidade de processos que envolvam dados pessoais (como a localização de um técnico ou o histórico de manutenção atribuído a um operador), sejam tratados em estrita conformidade com os princípios de segurança, finalidade clara, minimização e transparência.

#### **4. CONCLUSÃO**

A implementação de sistemas de identificação por radiofrequência (RFID) no setor de caldeiraria pesada representa uma ruptura significativa nos modelos tradicionais de gestão, conferindo à rastreabilidade e à digitalização um papel estratégico na excelência operacional. Com isso, elimina-se a fragilidade dos registros manuais, minimizam-se os erros operacionais e potencializa-se uma tomada de decisão ágil e baseada em dados confiáveis, elementos essenciais à competitividade em mercados altamente exigentes. Neste cenário, o RFID não é apenas uma ferramenta: é uma ponte entre a complexidade fabril e a inteligência organizacional.

## REFERÊNCIAS

- BALLOU, R. H. *Business Logistics/Supply Chain Management*. 5. ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2006.
- CHRISTOPHER, M. *Logistics & Supply Chain Management*. 5. ed. Harlow: Pearson Education, 2016.
- FINKENZELLER, K. *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication*. 3. ed. New York: Wiley, 2010.
- LAMBERT, D. M. *Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance*. Sarasota, FL: Supply Chain Management Institute, 2004.
- RUSHTON, A.; CROCKER, P.; BAKER, P. *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. 6. ed. London: Kogan Page, 2017.
- NOGUEIRA, Amarildo de Souza. *Logística empresarial: um guia prático de operações logísticas*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- CHIAVENATO, Idalberto. *Administração de materiais: uma abordagem introdutória*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- HESSEL, Fernando. *Implementando RFID na cadeia de negócios*. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012.

### Artigos:

KOH, S. C. L.; GUNASEKARAN, A.; GOODHUE, D. L.; THAKURIAH, P. Adoption of RFID technology in logistics and supply chain management. *International Journal of Logistics Management*, v. 23, n. 3, p. 330-352, 2012.

WANT, R. An introduction to RFID technology. *IEEE Pervasive Computing*, v. 5, n. 1, p. 25-33, 2006.

OLIVEIRA, Cristiano Manhães de et al. RFID e suas aplicações na cadeia de suprimentos no Brasil: estado da arte. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/312043261\\_RFID\\_E\\_SUAS\\_APLICACOES\\_NA\\_CADEIA\\_DE\\_SUPRIMENTOS\\_NO\\_BRASIL\\_ESTADO\\_DA\\_ARTE](https://www.researchgate.net/publication/312043261_RFID_E_SUAS_APLICACOES_NA_CADEIA_DE_SUPRIMENTOS_NO_BRASIL_ESTADO_DA_ARTE). Acesso em: 25 abr. 2025.

- NASSAR, Victor; VIEIRA, Milton Luiz Horn. A aplicação de RFID na logística: um estudo de caso do sistema de infraestrutura e monitoramento de cargas do Estado de Santa Catarina. Disponível em: <https://fateclog.com.br/anais/2021/parte2/882-1172-1-RV.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2025.

#### **Material institucional:**

- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. *Sistema Brasil-ID – Sistema Nacional de Identificação, Rastreamento e Autenticação de Mercadorias*. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Brasil\\_ID](https://pt.wikipedia.org/wiki/Brasil_ID). Acesso em: 27 abr. 2025.
- RFID BRASIL. *Tecnologia RFID: a revolução na logística*. Disponível em: <https://www.rfidbrasil.com/blog/ebook-tecnologia-rfid-a-revolucao-na-logistica>. Acesso em: 26 abr. 2025.