



ETIQUETAS DE IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA: CLASSIFICAÇÃO E APLICAÇÕES

VICENTE SILVA NETO – vicente.neto@ufr.edu.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCar

FABIO MOLINA DA SILVA – fabio@dep.ufscar.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCar – DEP-CCET

ROBERTO FERNANDES TAVARES NETO – tavares@dep.ufscar.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCar – DEP-CCET

ÁREA: 10. EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

SUBÁREA: 10.1 - ESTUDO DA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO

RESUMO: A TECNOLOGIA RFID (RADIO-FREQUENCY IDENTIFICATION) TEM ATRAÍDO GRANDE INTERESSE CIENTÍFICO E INDUSTRIAL, SENDO UTILIZADA EM DIVERSAS ÁREAS PARA A CAPTURA AUTOMÁTICA DE DADOS. ESTA TECNOLOGIA PERMITE CONTROLAR E IDENTIFICAR OBJETOS EM TEMPO REAL VIA RADIOFREQUÊNCIA, COM APLICAÇÕES EM LOGÍSTICA, SEGURANÇA, PAGAMENTOS, CONTROLE DE ESTOQUE, ENTRE OUTROS. RFID É UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO SEM FIO QUE TRANSMITE DADOS ENTRE DISPOSITIVOS. A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA RESULTOU EM UMA VARIEDADE DE ETIQUETAS ELETRÔNICAS (TAGS) E DIVERSOS TIPOS DE LEITORES, TORNANDO A TECNOLOGIA MAIS ACESSÍVEL E VIÁVEL ECONOMICAMENTE. CONSIDERANDO QUE EXISTE UMA AMPLA GAMA DE TIPOS DE ETIQUETAS, É ESSENCIAL ESCOLHER O MELHOR SISTEMA RFID PARA CADA SITUAÇÃO. ASSIM, O OBJETIVO DESTES ESTUDO É IDENTIFICAR AS CLASSES DE ETIQUETAS E INDICAR OS TIPOS DE APLICAÇÃO CONFORME SUAS CARACTERÍSTICAS. A METODOLOGIA ADOTADA FOI EXPLORATÓRIA, COM A BUSCA POR ARTIGOS ACADÊMICOS, LIVROS, TESES E DISSERTAÇÕES QUE COLABORASSEM PARA APRESENTAR AS CLASSIFICAÇÕES E TIPIFICAÇÕES DAS ETIQUETAS RFID. AS ETIQUETAS PODEM SER CLASSIFICADAS COMO PASSIVAS, SEMIATIVAS E ATIVAS. OUTRA CLASSIFICAÇÃO IMPORTANTE DAS ETIQUETAS É A DAS FAIXAS DE FREQUÊNCIAS OPERACIONAIS: LF, HF, UHF E SHF. A ESCOLHA DA FREQUÊNCIA AFETA O ALCANCE DE LEITURA, A VELOCIDADE DE TRANSFERÊNCIA E A RESISTÊNCIA A INTERFERÊNCIAS. COM ESTAS INFORMAÇÕES, ESTE MATERIAL APRESENTA AS CLASSIFICAÇÕES E APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA RFID EM DIVERSOS CONTEXTOS, COM BASE EM ESTUDOS E ENSAIOS REALIZADOS.

PALAVRAS-CHAVE: ETIQUETAGEM ELETROMAGNÉTICA. TIPOS DE TAGS. CLASSIFICAÇÃO DE ETIQUETAS RFID. IDENTIFICAÇÃO RÁDIO FREQUÊNCIA. IDENTIFICAÇÃO RFID.

RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION LABELS: CLASSIFICATION AND APPLICATIONS

ABSTRACT: *RFID (RADIO-FREQUENCY IDENTIFICATION) TECHNOLOGY HAS ATTRACTED GREAT SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL INTEREST, BEING USED IN VARIOUS AREAS IN AUTOMATIC DATA CAPTURE. THIS TECHNOLOGY ALLOWS YOU TO CONTROL AND IDENTIFY OBJECTS IN REAL TIME VIA RADIO FREQUENCY, WITH APPLICATIONS IN LOGISTICS, SECURITY, PAYMENTS, INVENTORY CONTROL AMONG OTHERS. RFID IS A WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM THAT TRANSMITS DATA BETWEEN DEVICES, ITS EVOLUTION HAS GENERATED A VARIETY OF ELECTRONIC TAGS (TAGS) AND DIFFERENT TYPES OF READERS, MAKING THE TECHNOLOGY MORE ACCESSIBLE AND ECONOMIC. WITH A HUGE RANGE OF LABELS TYPES, IT IS NECESSARY TO CHOOSE WHICH IS THE BEST RFID SYSTEM FOR EACH SITUATION. SO THE OBJECTIVE OF THIS STUDY IS TO IDENTIFY THE CLASSES OF LABELS AND INDICATE THE TYPES OF APPLICATION ACCORDING TO THEIR CHARACTERISTICS. THE METHODOLOGY ADOPTED WAS EXPLORATORY THROUGH THE SEARCH FOR ACADEMIC ARTICLES, BOOKS, THESES AND DISSERTATIONS THAT COLLABORATE TO PRESENT THE CLASSIFICATIONS AND TYPIFICATIONS OF RFID TAGS. LABELS CAN BE CLASSIFIED AS PASSIVE, SEMIATIVE AND ACTIVE. ANOTHER IMPORTANT CLASSIFICATION OF LABELS IS THE OPERATING FREQUENCY BANDS LF, HF, UHF AND SHF, THE CHOICE OF FREQUENCY AFFECTS THE READING RANGE, TRANSFER SPEED AND INTERFERENCE RESISTANCE, WITH THIS INFORMATION ON THE LABELS THIS MATERIAL PRESENTS THE CLASS IFICATIONS AND APPLICATIONS OF TECHNOLOGY IN EACH CONTEXT IN OTHER STUDIES OR TESTS CARRIED OUT.*

KEYWORDS: *ELECTROMAGNETIC LABELING. TYPES OF TAGS. CLASSIFICATION OF RFID TAGS. RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION. RFID IDENTIFICATION.*

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, muitas tecnologias se tornaram disponíveis e acessíveis para o desenvolvimento de novas aplicações, essa afirmação é corroborada pelo movimento da IoT (Internet das Coisas – *Internet of Things*) e da Manufatura 4.0, movimentos que estão fundamentados no emprego de tecnologia para monitoramento e controle de processos e objetos. Dentro deste contexto, é importante lembrar que, com a rápida evolução tecnológica e a ampla variedade de dispositivos disponíveis, os recursos tecnológicos desenvolvidos há mais tempo tornaram-se mais baratos e robustos, permitindo que sejam utilizados em processos em que o custo de aquisição desses componentes era impeditivo no passado.

Entre esses recursos tecnológicos, o presente trabalho tratará da tecnologia de Identificação por Rádio Frequência, RFID (*Radio-Frequency Identification*). O RFID pode ser compreendido como um sistema de comunicação sem fio baseado em radiofrequência, projetado para transmitir dados entre dispositivos. A evolução desta tecnologia, resultou em uma crescente variedade de etiquetas eletrônicas (*tags*) e de diversos tipos de leitores. Esse desenvolvimento tem contribuído para tornar a tecnologia RFID mais acessível e viável economicamente.

A tecnologia RFID (*Radio-Frequency Identification*), segundo Finkenzeller (2010) pode identificar os objetos em tempo real, via radiofrequência com aplicações em transportes logísticos, segurança de acesso, pagamentos e controle de estoque, entre outros. Entretanto, dada a variedade de etiquetas disponíveis e a infinidade de aplicações, faz-se necessário escolher o sistema RFID ou as etiquetas que estejam mais adequadas aos requisitos funcionais da aplicação de cada processo.

Tendo em vista essa dificuldade, este artigo tem o objetivo de identificar as classes de etiquetas e indicar quais tipos de aplicação seriam mais adequadas para sua utilização. Apesar de a RFID ser uma tecnologia bastante consolidada, entendemos que a evolução dessa tecnologia trouxe novas possibilidades para as áreas da engenharia de produção e é de fundamental importância que o engenheiro de produção tenha conhecimento das particularidades dessa tecnologia para participar de projetos de automação.

Para realização da classificação das etiquetas, foram consultados livros e relatórios técnicos encontrados por meio de pesquisas nas bases de dados Scopus e Web of Science, utilizando as seguintes palavras chaves para identificar artigos que tratavam de RFID: (*"Electromagnetic tagging" AND "Electronic identification" AND "Radio tagging" AND*

"Radio Frequency Identification") e "RFID". E, para restringir aos objetivos de classificação, utilizaram-se as seguintes palavras-chaves: "Classification OR Typification OR Application".

2. CLASSIFICAÇÃO DAS ETIQUETAS ELETRÔNICAS

A tecnologia RFID é baseada na utilização de ondas eletromagnéticas de radiofrequência, que permitem transmitir dados de identificação ou localização de produtos.

Essa tecnologia é caracterizada pela capacidade de comunicação sem fio entre os dispositivos, possibilitando a transmissão de informações de forma eficiente e em tempo real. RFID é um termo genérico para tecnologias que utilizam ondas de rádio para identificar automaticamente Hu e Xiang (2020).

Segundo Finkenzeller (2010), o sistema básico RFID é composto por:

- Etiquetas (*tags* ou transponder), que são os objetos a serem identificados;
- Antena, que é o dispositivo que capta sinal do leitor e transforma a energia eletromagnética gerada em sinal de rádio frequência entre as etiquetas RFID;
- Leitor ou gravador, que é o dispositivo de leitura/gravação ligado a um computador;
- Computador com software de gerenciamento do sistema de leitura.

A Figura 01 apresenta um esquema lógico com a utilização do sistema RFID.

FIGURA 01: Sistema RFID



Fonte: Autoria própria (2024).

2.1 - Classificação relacionada a fonte de energia

Segundo Montalvão (2016), as etiquetas podem ser classificadas quanto a sua fonte de energia em etiquetas: passivas, semiativas e ativas. A presença de uma fonte de alimentação influenciará nas seguintes características das etiquetas: custo, tempo de vida, volume da

etiqueta, capacidade de transmissão e capacidade de processamento.

Etiquetas passivas são aquelas que não possuem bateria. Portanto, a alimentação dessas etiquetas é realizada por campos magnéticos gerados pelo leitor que envia um sinal para etiqueta. O funcionamento desse processo ocorre da seguinte forma:

1. O leitor envia um sinal para a etiqueta passiva;
2. O circuito integrado da etiqueta recebe este sinal;
3. Este sinal é utilizado como alimentação do circuito integrado;
4. E após o processamento a etiqueta responde ao leitor.

Esse tipo de etiqueta possui tamanho menores e baixo custo tanto de aquisição quanto de manutenção por não utilizar baterias, fatores que a tornam atraentes para o monitoramento de itens em alto volume. Contudo, por não utilizarem bateria, sua capacidade de transmissão é restrita pela necessidade de aproximação com o leitor das etiquetas. A Figura 02 apresenta uma imagem ilustrativa de um rolo de etiquetas passivas.

FIGURA 02: *Tag* passiva



Fonte: Andrade (2021).

Etiquetas semiativas possuem uma fonte de energia interna (bateria) que fornece energia, possibilitando um alcance de transmissão maior. A comunicação é iniciada, somente após uma requisição de comunicação do equipamento de recepção (leitor), ou seja, a etiqueta não pode iniciar comunicação, mas quando esta é iniciada, ela utiliza uma bateria para ampliar sua capacidade de transmissão e de processamento. Essa estratégia permite uma utilização econômica da bateria.

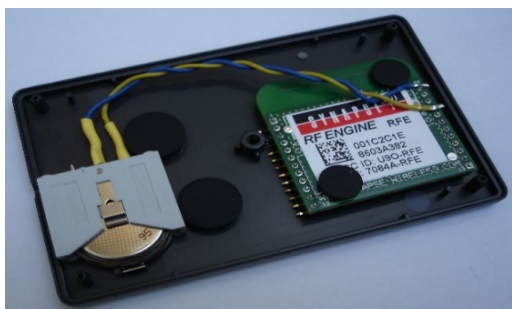
Por possuírem baterias, as etiquetas semiativas têm um custo de aquisição, manutenção e tamanho mais elevados em comparação com as etiquetas passivas. Como principal vantagem, têm um alcance maior em capacidade de transmissão e na capacidade de processamento se comparado com as etiquetas passivas.

Etiquetas ativas possuem uma fonte de energia interna (bateria) e podem iniciar a comunicação emitindo o próprio sinal para o leitor. Seus transmissores podem atingir vários quilômetros e coletar dados em movimento. Este tipo de etiqueta possui duas formas de operação: a primeira, na qual a etiqueta envia dados instantaneamente conforme sua

programação e inicia o processo de comunicação com o receptor; e a segunda, na qual a comunicação é iniciada a partir de uma requisição do receptor (semelhante às etiquetas passivas e semiativas).

As etiquetas ativas podem ser integradas com outros dispositivos, como GPS (*Global Positioning System*), que envia sua localização exata. Por terem todas essas características de maior controle, têm um valor comercial alto e são utilizadas apenas em produtos de alto valor agregado. A figura 03 apresenta uma imagem de etiqueta ativa.

FIGURA 03: Tag ativa



Fonte: Couto, Malafaia (2019).

2.2. Classificação por memória

Venkatalakshmi, Vijayalakshmi e Manjula (2019) citam que as etiquetas também podem ser classificadas pela sua memória, ou seja, de acordo com sua capacidade de armazenamento e de ler e gravar dados: *Read Only* (RO), *Write Once Read Many* (WORM), *Read-Write* (RW).

As etiquetas do tipo RO possuem memória somente para a leitura, sendo programados pelos fabricantes de maneira permanente. As etiquetas do tipo WORM possuem memória de gravação única e leitura múltipla, considerando que Yu *et al.* (2023) descrevem que este tipo etiqueta é possível que os dados precisem apenas configurar o estado da leitura e não a permissão de gravação, permitindo assim a atualização dos dados presentes na memória.

As etiquetas do tipo RW possuem a capacidade de serem lidas e gravadas diversas vezes. Segundo contribuições de Kolarovszki (2014), Montalvão *et al.* (2016) e Teleco (2022), foi elaborada a Tabela 01, adaptada com os tipos de etiquetas em relação ao tipo de memória.

TABELA 01: Vantagens e Desvantagens em relação ao tipo de memória

Tipo de Memória	Vantagens	Desvantagens
<i>Read Only (RO)</i>	- Possuem menor custo de aquisição; - Não há a necessidade de uma atividade para gravar a informação por conter um código incluso; - São facilmente encontradas no mercado;	- Requerem a leitura do código para associar ao objeto; - As etiquetas requerem um sistema para dar significado ao código; - Impossibilidade de escolher o código da etiqueta;
(WORM)	- Possibilidade de escolher o código e as informações a serem armazenadas na etiqueta;	- Requer equipamentos que possibilitem a escrita na memória da etiqueta WORM; - Não é possível atualizar os dados armazenados na memória;
Read-Write (RW)	- Possibilidade de atualizar os dados armazenados; - Geralmente, esse tipo de etiqueta possui maior capacidade de armazenamento;	- Requer um sistema de escrita na memória; - Geralmente, essas etiquetas possuem baterias internas; - Vida útil limitada pela capacidade de escrita e pela bateria; - Estão mais sujeitas a erros; - Etiquetas com maior custo.

Fonte: Autoria própria, 2024

2.3 Classificação por faixas de frequências

Outra classificação muito utilizada é pela faixa de frequência de comunicação utilizada no sistema, conforme descrito em Sullivan e Happek (2005). A frequência de transmissão das etiquetas influencia na distância da comunicação e na velocidade de transmissão. Quanto mais baixa é a frequência de operação, menor será a distância de alcance. As ondas eletromagnéticas são influenciadas pelo ambiente de sua atuação, por isso, a escolha da frequência deve considerar o ambiente de operacional. A Tabela 02 apresenta as faixas de frequência mais utilizadas em sistemas RFID, destacando suas faixas, *vantagens* e *desvantagens*.

TABELA 02: Classificação por Bandas de Frequência

Bandas de Frequência			
Faixa	Frequência	Benefícios	Desvantagens
Baixa - Frequência (LF)	125 - 135 KHz	- Trabalha perto de metal; - Muito utilizada em ambientes internos.	- Alcance de leitura inferior a 1 metro; - Impraticável para operações de armazém.
Alta - Frequência (HF)	13.56 MHz	- Trabalha perto de metal; - Maior a rapidez na leitura da <i>tag</i> , em comparação com a etiqueta passiva.	- Alcance de leitura inferior a 1,5 metros;
Ultra - Alta - Frequência (UHF)	433 - 956 MHz	- Maior alcance de leitura, até 100 metros.	- Não funciona corretamente em ambientes úmidos. - As <i>tags</i> apresentam desafinação quando próximas umas das outras.
Ultra - Alta - Frequência (UHF) e Super - Alta - Frequência (SHF)	2.45 ou 5.9 GHz	- Alcance de leitura Similar ao UHF; - Crescente uso comercial.	- Desenvolvimento de sistemas complexos; - Alto custo para aquisição deste modelo.

Fonte: Autoria própria, 2024. (Adaptado de Sullivan e Happek, 2005)

2.4 Classificação EPC Global

A EPC Global é uma organização dedicada a apoiar a utilização das RFID e promover a padronização dos sistemas, entre outras funções. É responsável pela EPC (*Electronic Product Code*), utilizado para identificar diferentes itens em escala global, atribuindo a cada objeto etiquetado uma identidade única e fornecendo informações de rastreamento para uso conjunto com as etiquetas eletrônicas (RFID). A EPC Global apresenta uma classificação das etiquetas eletrônicas considerando faixa de frequência, fonte de alimentação e tipo de memória.

A Tabela 03 e Tabela 04 demonstram a classificação da EPC Global, categorizando as classes de operação conforme a faixa de frequência:

TABELA 03: Classes de *tags* EPC Global

Classificação de <i>Tags</i> EPC		
Classe	Frequência	Alcance
Classe 0 - Classe 1	125 - 135 KHz	Baixa - Frequência (LF)
Classe 2	125 - 135 KHz	Baixa - Frequência (LF)
Classe 3	13.56 MHz	Alta - Frequência (HF)
Classe 3	433 - 956 MHz	Ultra - Alta - Frequência (UHF)
Classe 4	2.45 GHz	Ultra - Alta - Frequência (UHF)
Classe 5	5.9 GHz	Super - Alta - Frequência (SHF)
Gen 2	860 - 930 MHz	Ultra - Alta - Frequência (UHF)

Fonte: Autoria própria, 2024

TABELA 04: Classificação EPC Global e Funcionalidades

Classificação EPC Global		
Classe	Memória	Funcionalidade
Classe 0	- Somente Leitura.	- <i>Tags</i> Passivas para identificação.
Classe 1	- Apenas uma gravação/ Várias leituras.	- <i>Tags</i> Passivas para identificação.
Classe 2	- Permite uma gravação, tornando-se um tipo mais flexível, pois pode agregar mais informações.	- <i>Tags</i> Passivas com a mesma funcionalidade da classe 1, com maior memória e criptografia.
Classe 3	- Reprogramável/ Várias leituras.	- <i>Tags</i> semiativas com a mesma funcionalidade das etiquetas Classe 1 e Classe 2, com bateria e comunicação de banda larga.
Classe 4	- Regraváveis, os dados podem ser sobrepostos várias vezes.	- <i>Tags</i> Ativas, que se comunicam com leitores e outras <i>tags</i> na mesma banda de frequência.
Classe 5	- Leitura/Gravação, os dados podem ser sobrepostos várias vezes. - Pode energizar e ler identificadores das classes 1, 2 e 3, ler identificadores das classes 4 e 5.	- <i>Tags</i> Ativas com as mesmas funcionalidades das classes anteriores, comunicando-se entre si em banda larga com outras etiquetas ou leitores
Gen 2	- Protocolo classe 1 geração 2, implementação de segurança, melhora na distância de leitura em até 10 metros.	- <i>Tags</i> passivas desta categoria permitem que até 4 leitores comuniquem com uma única etiqueta, facilitando a operação em um ambiente mais complexo.

Fonte: Autoria própria, 2024. (Adaptado de Sullivan e Happek, 2005)

4. EXEMPLOS DE APLICAÇÕES

As *tags* passivas são uma solução econômica para o rastreamento e controle de um grande volume de itens, pois são significativamente mais baratas do que as *tags* semiativas e ativas. Sua flexibilidade de aplicação permite o uso em lojas de varejo, controle de acesso, monitoramento de bens de consumo e patrimônio, rastreabilidade de processos de produção e logística, além de serviços que não necessitem de uma contínua troca de informações.

Cruz *et al.* (2018) as empregaram para localização e controle de livros de biblioteca, Freitas (2020) utilizou as *tags* passivas para controle de patrimônio, e Kandemir *et al.* (2023) as aplicaram na identificação de animais. Apesar de serem utilizadas em contextos diferentes, observa-se que a aplicabilidade é a mesma, sendo utilizadas para realizar a identificação de objetivos. Neste caso, a localização é de responsabilidade do registro transacional do sistema de informações que utiliza a codificação dos objetos.

Os autores Škiljo *et al.* (2020), mencionam a utilização em grande escala das *tags* passivas em uma loja de varejo para garantir a rastreabilidade contínua dos produtos e reduzir perdas por furtos, o que contribui consideravelmente para a segurança do estoque. A Tabela 05 demonstra o uso das *tags* passivas para localização interna.

TABELA 05: A utilização das tags como uma localização interna

<i>Tags</i>	Aplicações	Estudo de caso ou simulação usando RFID
<i>Tags passivas</i>	- Localização e controle de livros da biblioteca	- Cruz <i>et al.</i> (2018)
	- Controle de patrimônio	- Freitas (2020)
	- Sistema em lojas de varejo	- Škiljo <i>et al.</i> (2020)
	- Identificação de animais	- Kandemir <i>et al.</i> (2023)

Fonte: Autoria própria, 2024

Kolarovszki (2014), utiliza estes tipos de etiquetas passivas em centros de transporte postal, onde as *tags* são anexadas em caixas, conforme vão sendo transportadas, passam por uma estrutura com antenas que as identificam e informam sua localização.

Rogel, Souza e Nazaré (2018) realizam um estudo de caso utilizando as *tags* passivas como uma chave de controle de acesso para cada usuário, registrando as entradas e saídas e enviando essas informações para um banco de dados. Day (2016) realiza um trabalho mais complexo onde as *tags* passivas não apenas fornecem acesso a áreas de uma emissora de rádio, mas também trabalham em conjunto com outros sensores para automação e segurança.

Oner, Ustundag e Budak (2017) utilizaram as *tags* passivas em um sistema de rastreamento para o processo de produção de jeans. Embora esse uso possa parecer fora do contexto de localização interna, ele se configura dessa forma, pois as *tags* são empregadas no processo interno de produção, registrando cada etapa pela qual a peça passou. Isso comprova sua flexibilidade de aplicação em diversos setores, além da capacidade de rastreamento e controle de um grande volume de itens.

Hu e Xiang, (2020), apresentam um modelo de rastreabilidade da logística baseando na tecnologia RFID e EPC. Na conclusão, destacam que as *tags* são fáceis de ser adquiridas e monitoradas pelos clientes. Considerando a utilização das *tags* como localizadoras, esses autores também abordam a aplicação de rastreamento de processo conforme a Tabela 06.

TABELA 06: A utilização das *tags* como rastreamento de processo

<i>Tags</i>	Aplicações	Estudo de caso ou simulação usando RFID
<i>Tags passivas</i>	- Gerenciamento e controle postal	- Kolarovszki (2014)
	- Controle de acesso e desbloqueio automáticos	- Rogel, Souza e Nazaré (2018), Day (2016),
	- Sistema de rastreamento para processo de produção de jeans	- Oner, Ustundag e Budak (2017)
	- Rastreabilidade e logística	- Hu e Xiang. (2020)

Fonte: Autoria própria, 2024

A diferença das *tags* semiativas dos outros dois tipos de *tags* é a relação quanto à sua capacidade de funcionamento autônomo. As *tags* semiativas possuem uma fonte de energia interna, que é utilizada para ativar periodicamente e transmitir dados por intervalos de tempo

específico ou em resposta ao leitor.

Decorrente dessa forma de trabalho, sua vida útil de bateria é maior e apresenta maior poder de comunicação do que as etiquetas passivas. As *tags* semiativas são recomendadas em aplicações que requerem rastreamento e monitoramento de longo prazo com uma transmissão contínua de dados.

Um exemplo de utilização das *tags* semiativas é a pesquisa realizada por Jedermann, Ruiz-Garcia e Lang (2009), que utilizou essas etiquetas para monitorar o transporte de alimentos perecíveis, transmitindo informações sobre a temperatura em paletes. Em outro contexto, mas utilizando a mesma etiqueta, Colella *et al.* (2021) e Colletta *et al.* (2023), que utilizaram esta *tag* semiativa em conjunto com outros sensores para realizar a captação dos movimentos humanos para análise biomecânica.

Tanaka *et al.* (2015) desenvolveram um sistema de monitoramento baseado na tecnologia RFID utilizando *tags* semiativas de banda UHF para transmitir informações do monitoramento da bobina de aterramento em sistema ferroviário. Com uma sinalização simples, quando ocorria a falha, os trabalhadores recebiam o sinal da etiqueta e assim efetuavam as manutenções na bobina rompida.

A Tabela 07 apresenta as *tags* semiativas e indica os autores que utilizaram esta tecnologia. É importante observar que nos artigos obtidos, as etiquetas RFID são utilizadas em conjunto com outros sensores para auxiliar no controle temperatura, na captação de movimentos e no monitoramento de estruturas.

TABELA 07: *Tags* semiativas e aplicações.

<i>Tags</i>	Aplicações	Estudo de caso/simulação usando RFID
<i>Tags</i> semiativas	- Transporte de alimentos perecíveis e controle de temperatura	- Jedermann, Ruiz-Garcia e Lang (2009)
	- Monitoramento de bobina de aterramento	- Tanaka <i>et al.</i> (2015)
	- Captura de movimento e análise biomecânica	- Colella <i>et al.</i> (2021), Colletta <i>et al.</i> (2023)

Fonte: Autoria própria, 2024

As *tags* ativas se diferenciam das outras etiquetas pela capacidade de comunicação contínua e independente, permitindo um rastreamento e monitoramento eficiente e preciso devido à sua própria fonte de energia. Elas podem enviar sinais de rádio de forma intervalada ou contínua, podendo ser detectadas a longas distâncias.

Kolarovszki *et al.* (2016) realizaram testes utilizando *tags* ativas e passivas em coexistência mútua. Eles aplicaram esses testes em laboratórios, onde colocaram *tags* passivas e ativas em bandejas contendo cartas. Após os testes, foi possível afirmar que é viável utilizar a identificação ativa para monitoramento devido ao alto nível de legibilidade das informações

das *tags* ativas. Por outro lado, as *tags* passivas sofreram interferência das *tags* ativas, resultando em leituras duvidosas.

Chocholac *et al.* (2020) demonstraram o uso de tecnologias de identificação automática logística para o rastreamento de automóveis de passageiros. Este artigo compara o uso da tecnologia GPS (Sistema de Posicionamento Global) com *tags* ativas para o rastreamento de automóveis.

O estudo de Wang *et al.* (2021) apresenta uma *tag* ativa operando na frequência de 2.4 GHz, testada em um cenário residencial para avaliar seu desempenho em termos de alcance e detecção de múltiplos alvos simultâneos, diferenciando objetos da detecção de humanos no ambiente.

A Tabela 08 demonstra que este tipo *tag* trabalha em conjunto com um sensor GPS para a localização, sendo uma etiqueta muito utilizada na área logística, cadeia de suplementos, entre outros.

TABELA 08: *Tags* ativas e aplicações.

<i>Tags</i>	Aplicações	Estudo de caso/simulação usando RFID
<i>Tags</i> ativas	- Rastreamento e gerenciamento postais e logísticos	- Kolarovszki <i>et al.</i> (2016)
	- Rastreamento de automóveis	- Chocholac <i>et al.</i> (2020);
	- Rastreamento de longo alcance e detecção de sinais vitais	- Wang <i>et al.</i> (2021)

Fonte: Autoria própria, 2024

Além disso, as etiquetas ativas são mais caras do que as passivas e semiativas devido à complexidade de seu design. No entanto, sua eficiência e confiabilidade em operações que exigem alta precisão e atualização constante de dados justificam seu uso em muitos setores industriais e comerciais. Vale ressaltar que, embora aplicações mais simples podem ser realizadas por etiquetas RFID com uma maior complexidade, não são recomendadas devido ao custo muito elevado e à subutilização das funcionalidades dessa etiqueta.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo sobre as classificações de etiquetas RFID revelou a variedade e a diversidade dessa tecnologia, apresentando características inerentes de cada tipo de etiqueta. A análise detalhada das diferentes classificações de etiquetas RFID, como passivas, semiativas e ativas, evidencia suas distintas características e indica suas aplicações específicas, proporcionando uma compreensão das funcionalidades e limitações.

As etiquetas passivas, que dependem exclusivamente da energia emitida pelo leitor para funcionar, são amplamente utilizadas devido ao seu baixo custo e à mínima necessidade de manutenção. Por outro lado, as etiquetas semiativas e ativas, que possuem fontes de

energia próprias, oferecem maior alcance de leitura e funcionalidades avançadas, sendo preferidas em aplicações que exigem monitoramento em tempo real e confiabilidade no processamento de dados.

Outro fator essencial na escolha do tipo de etiqueta é a frequência operacional: baixa frequência (LF), alta frequência (HF), ultra alta frequência (UHF) e super alta frequência (SHF). Essa escolha impacta diretamente o desempenho das etiquetas em termos de alcance de leitura, velocidade de transferência de dados e resistência a interferências. Etiquetas UHF são ideais para leitura em massa e maior alcance, enquanto etiquetas LF e HF são mais adequadas para ambientes com interferência de metais e controle de níveis de líquidos.

Com os avanços tecnológicos e a evolução das normas e padrões para RFID, houve significativa expansão e integração dessas etiquetas em sistemas de IoT (Internet das Coisas), melhorando a eficiência operacional na gestão de estoques, logística da cadeia de suprimentos, controle de acesso e segurança.

As classificações de etiquetas RFID oferecem uma visão clara para auxiliar na seleção e implementação adequadas dessa tecnologia conforme o cenário de trabalho. Um entendimento detalhado das características e das aplicações específicas de cada tipo de etiqueta é fundamental para aproveitar os benefícios associados ao uso de RFID. Este estudo contribuiu significativamente para o avanço do conhecimento e aplicação da tecnologia RFID.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. H. S. DE. **Contributo para a digitalização da indústria do mármore com identificação automática por sistemas RFID**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecatrônica) - Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia, 2021.

VENKATALAKSHMI, B.; VIJAYALAKSHMI, P.; MANJULA, S. **Smart Shop Floor – A Case Study on RFID Enabled Metal Tube Manufacturing Process**. RFID & Sensors Lab, Velammal Engineering College, Chennai, Índia. 2019. Disponível em: <<https://www.rfidjournal.com/wp-content/uploads/2019/07/272.pdf>>. Acesso em: 03 mar 2024.

CHOCHOLAC, J.; SOMMERAUEROVA D.; SVAB M.; JIRASKOVA A.; POLAK M. **Logistic technologies for tracking manufactured passenger cars on consolidation areas: Interpretative case study**. International Scientific Conference on Horizons of Railway Transport. V. 23, p. 266-273; 2021.

COLELLA, R.; TUMOLO, M. R.; SABINA, S.; LEO, C. G.; MINCARONE, P.; ROBERTO, G.; CATARINUCCI, L. **Design of UHF RFID Sensor-Tags for the Biomechanical Analysis of Human Body Movements**. IEEE Sensors Journal, v. 21, n. 13, p. 14090-14098; 2021.

COLELLA, R.; SABINA, S.; MINCARONE, P.; CATARINUCCI, L. **Semi-Passive RFID Electronic Devices With On-Chip Sensor Fusion Capabilities for Motion Capture and Biomechanical Analysis**. IEEE Sensors Journal, v. 23, n. 11, p. 11672-11681, 2023.

COUTO, G. D.; MALAFAIA, T. S. **RFID RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION**. DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA E DE COMPUTAÇÃO, Redes de Computadores I-2019.1. Disponível em: <<https://www.gta.ufrrj.br/ensino/eel878/redes1-2019-1/vf/rfid/>>. Acesso em: 19 mai 2024.

CRUZ, M. O.; TORRES, T. C.; DE OLIVEIRA, D. R.; MEDEIROS, D. L. DE; LEITE, R. B. **SISTEMA RFID DE BAIXO CUSTO PARA LOCALIZAÇÃO DE ACERVO BIBLIOGRÁFICO**. V. 19: Edição Especial - 6º Workshop de Negócios e Inovação Tecnológica, 2018.

DAY, K. C. **AUTOMAÇÃO DE SEGURANÇA E CONTROLE DE ACESSO DE SALA EM EMISSORA DE RÁDIO E TV**. Dissertação (Mestrado em Mecatrônica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Santa Catarina, 2016.

FINKENZELLER, K. **RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near Field Communication**. 3ª Ed. tradução: Dörte Müller. Wiltshire-UK: Wiley and sons. 2010.

FREITAS, R. B. D. **Controle E Segurança Patrimonial Por RFID No Departamento Acadêmico De Eletrônica Da UTFPR Campo Mourão**. Dissertação (Mestrado em Inovações Tecnológicas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2020.

HU, L. N; XIANG, C.; QI,.; **Research On Traceability Of Cold Chain Logistics Based On RFID and EPC**. IOP Conference Series: Materials. Science and Engineering, v. 790, n. 1, p. 012167, 2020.

JEDERMANN, R.; RUIZ-GARCIA, L.; LANG, W. **Spatial temperature profiling by semi-passive RFID loggers for perishable food transportation**. Computers and electronics in Agriculture. v. 65, n. 2, p. 145-154, 2009.

KANDEMIR, Ç.; BAYTÖRE, C.; TAŞKIN, T.; KOŞUM, N.; TEKIN, B. A. **Performance Evaluation Of Leg And Ear Numbers In Radio Frequency Identification Systems (RFID) In Sensitive Livestock Products In Goat Breeding**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 53:6, e20210801, 2023.

KOLAROVSKI, P.; KOLAROVSKÁ, Z.; PERAKOVIC, D.; PERIŠA, M. **LABORATORY TESTING OF ACTIVE AND PASSIVE UHF RFID TAGS**. Transport and Telecommunication, Volume 17, n. 2, p. 144-154, 2016.

KOLAROVSKI, P. **Research Of Readability And Identification Of The Items In The Postal And Logistics Environment**. Transport and Telecommunication, v. 15, n.3, p.196-208, 2014.

MONTALVÃO, A. C. P. S. **Estudo da conversão de polarização linear-circular em antenas dual-band para leitores RFID portáteis usando metasuperfícies miniaturizadas**. 191f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e de Computação) - Centro de Tecnologia,

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/21543>>. Acesso em 09 de nov. de 2023.

MONTALVÃO, A. O. C. P. S.; MONTALVÃO, E.S.R.; NETO, A. G.; CAMPOS, A. L. P. S.; SILVA, S. G.; **Dual-Band Antenna Circularly Polarized For Handheld Rfid Reader Using Metasurfaces**. Microw. Optar. Tecnologia, v. 58, Issue 10, p. 2294-2300, 2016.

ONER, M.; USTUNDAG, A.; BUDAK, A. **An RFID-Based Tracking System For Denim Production Processes**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 90, n. 1, p. 591-604, 2017.

RODRÍGUEZ, L.; HUERTA, M.; ALVIZU, R.; CLOTET, R. **Overview of RFID Technology In Latin America**. Proceedings of the 6th Andean Region International Conference, Andescon, p. 109–112, 2012.

ROGEL, S. M.; SOUZA, L. W. V; NAZARÉ, T. B. **Protótipo De Um Controle De Acesso Com RFID**. XI Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial; ISSN – 2176, 2018.

SILVA JÚNIOR, C. A. **Classificação De Ambientes Prediais Para Usuários Utilizando Tags RFID Ativas E Filtro De Kalman**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília, 2012.

ŠKILJO, M.; ŠOLIĆ, P.; BLAŽEVIĆ, Z.; PERKOVIĆ, T. **Analysis Of Passive RFID Applicability In A Retail Store: What Can We Expect?** Sensors 20, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/s20072038>>. Acesso em: 09 jun. 2024.

SULLIVAN, M.; HAPPEK, S. **Demystifying RFID In The Supply Chain: An Overview Of The Promise And Pitfalls**. UPS Supply Chain Solutions, 2005. Disponível em: >https://www.mailinnovations.com/solutions/white_papers/wp_RFID.pdf<. Acesso em: 18 mai 2024.

TANAKA, M.; TAKAHASHI, N.; IKEDA, R.; YODA, H.; SUZUKI, M. **Development and evaluation of a ground coil monitoring system using semi-passive sensor tags**. IEEE International Conference on RFID Technology and Applications, pp. 141-146, 2015.

TELECO. **RFID: Faixas de Frequências e Protocolos**. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrfid/pagina_3.asp>. Acesso em: 03 mar 2024.

WANG, J.; RODRÍGUEZ, D.; MISHRA, A.; NALLABOLU, P. R.; KARP, T.; LI, C. **24-GHz Impedance-Modulated BPSK Tags for Range Tracking and Vital Signs Sensing of Multiple Targets Using an FSK Radar**. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, v. 69, n. 3, p. 1817-1828, 2021.

YU, Z.; ZHAO, X.; AI, C.; FANG, X.; ZHAO, X.; WANG, Y.; ZHANG, H.; **Two-Terminal Nonvolatile Write-Once-Read-Many-Times Memory Based on All-Inorganic Halide Perovskite**. Micromachines 2023, p. 14-93. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/mi14010093>>. Acesso em: 10 mar 2024.