



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ETIQUETA RFID UHF APLICADA A DETECÇÃO
DO MOVIMENTO HUMANO**

SAMUEL MEDEIROS ARAÚJO MORAIS

CAMPINA GRANDE – PB
MARÇO DE 2018

SAMUEL MEDEIROS ARAÚJO MORAIS

ETIQUETA RFID UHF APLICADA A DETECÇÃO
DO MOVIMENTO HUMANO

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande como
parte dos requisitos necessários para a obtenção do
grau de Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Telecomunicações

Orientador:

Professor Alexandre Jean René Serres, D. Sc.

Campina Grande – PB

Março de 2018

SAMUEL MEDEIROS ARAÚJO MORAIS

ETIQUETA RFID UHF APLICADA A DETECÇÃO
DO MOVIMENTO HUMANO

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande como
parte dos requisitos necessários para a obtenção do
grau de Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Telecomunicações

Aprovado em: / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Alexandre Jean René Serres, D. Sc.
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho a toda a minha família pela
paciência e companheirismo ao longo de toda essa
jornada. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, meu guia, minha luz e minha força. Ele que permitiu que tudo ocorresse da melhor maneira e me capacitou para chegar até aqui.

Aos meus pais, Oriel e Maria do Desterro, meus melhores amigos e maiores cúmplices; obrigado por nunca medirem esforços para tornar minhas lutas mais fáceis. Também aos meus irmãos, Gabrielly e Fillipe, meus companheiros de todas as alegrias (e algumas poucas discussões).

Aos meus avós Moaci, Cândida e Maria de Lourdes, que sempre cuidaram de mim e me apoiaram; e a Aduino Morais (*In Memoriam*), que mesmo não tendo conhecido, tenho certeza de que estaria muito feliz agora. Também aos meus tios, Mahra e Leiliano, e meus primos, Maria Ritha e João Pedro, por sempre estarem ao meu lado.

Ao meu orientador Prof. Alexandre Serres, por todas as oportunidades e orientações concedidas ao longo desses últimos anos; obrigado pela paciência, amizade e disposição em ajudar sempre. E também a Georgina Serres pela contribuição quando decidi embarcar nesse universo da Radiometria.

Aos meus amigos e colegas do curso de Engenharia Elétrica, pelo companheirismo e por todos os momentos que passamos nessa jornada. Também à equipe que faz o Departamento de Engenharia Elétrica da UFCG pela paciência e por todo o trabalho árduo. Vocês são demais!

Finalmente a todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa história comigo. Não existem palavras suficientes para expressar minha gratidão a vocês.

“[...] tudo que Ele fez é apropriado em seu tempo.”

(Eclesiastes 3, 11)

RESUMO

Com a crescente difusão do conceito de Internet das Coisas e os avanços na eletrônica de baixa potência, a tecnologia RFID (identificação por radiofrequência) tem ganhado bastante espaço no campo de pesquisa e nas aplicações cotidianas, indo desde o entretenimento até a medicina, por exemplo. Sua capacidade de sensoriamento e processamento de sinal permite destacar essa tecnologia como uma das principais soluções na redução do custo e da complexidade dessas aplicações. Este trabalho apresenta um estudo sobre a utilização de uma etiqueta RFID operando na frequência UHF americana de 915 MHz, para a detecção de movimentos humanos. Inicialmente, será feito um estudo teórico acerca do tema, seguido da proposta e simulação da estrutura para a etiqueta, bem como a sua confecção e testes para validação dos resultados.

Palavras-chave: RFID, sensoriamento, processamento de sinal, UHF, detecção de movimentos humanos.

ABSTRACT

With the growing diffusion of the Internet of Things concept and the advances in low-power electronics, the RFID (radiofrequency identification) technology has gained space in research and daily applications, in areas from entertainment to medicine, for example. Its sensing and signal processing capability allows us to highlight this technology as one of the main solutions in cost and complexity reduction for these applications. This work presents a study about the use of a RFID tag operating in the American UHF frequency of 915 MHz, for human motion detection. Initially, a theoretical study on the subject will be done, followed by the proposal and simulation of the tag geometry, as well as its production and validation tests.

Keywords: RFID, sensing, signal processing, UHF, human motion detection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura básica de um sistema RFID.....	15
Figura 2 – Estrutura e distribuição de energia em etiquetas RFID passivas (esquerda) e ativas (direita).....	17
Figura 3 – Sistema IFF.....	20
Figura 4 – Aplicação do RFID no tratamento de pacientes em hospitais.....	21
Figura 5 – Placa de desenvolvimento contendo o acelerômetro tri-axial ADXL345.....	22
Figura 6 – Placa de desenvolvimento contendo o giroscópio LPY503AL.....	23
Figura 7 – Dispositivo baseado em acelerômetro para detecção do movimento humano.....	23
Figura 8 – Etiqueta RFID como sensor na detecção de movimentos.....	24
Figura 9 – Resposta do sistema com acelerômetro (a) e do sistema RFID (b).....	25
Figura 10 – Curvas de variação do RSSI em função do tempo durante a realização do movimento.....	25
Figura 11 – Estrutura da etiqueta proposta.....	27
Figura 12 – Modelo 3D da etiqueta proposta (a) e vista lateral da mesma (b).....	28
Figura 13 – Coeficiente de reflexão (S_{11}) da etiqueta.....	29
Figura 14 – Impedância de entrada da etiqueta.....	29
Figura 15 – Diagrama de irradiação polar da etiqueta.....	30
Figura 16 – Distribuição dos campos elétrico (a) e magnético (b) na etiqueta.....	30
Figura 17 – Variação do coeficiente de reflexão S_{11} da etiqueta em função do parâmetro a	31
Figura 18 – Variação do coeficiente de reflexão S_{11} da etiqueta em função do parâmetro d	31
Figura 19 – Protótipo final da etiqueta ($a = 110\text{mm}$).....	32
Figura 20 – Protótipo final da etiqueta ($b = 20\text{mm}$).....	33
Figura 21 – Protótipo final da etiqueta (plano de terra).....	33
Figura 22 – Etiqueta colocada sobre o braço.....	34
Figura 23 – Primeiro <i>setup</i> de medição.....	34
Figura 24 – Curva do RSSI em função do tempo para o primeiro <i>setup</i> de medição.....	35
Figura 25 – Transformada de Fourier do sinal do primeiro <i>setup</i> de medição.....	35
Figura 26 – Segundo <i>setup</i> de medição.....	36
Figura 27 – Curva do RSSI em função do tempo para o segundo <i>setup</i> de medição.....	36
Figura 28 – Transformada de Fourier do sinal do segundo <i>setup</i> de medição.....	37
Figura 29 – Etiqueta colocada sobre a perna.....	37

Figura 30 – Terceiro <i>setup</i> de medição.....	38
Figura 31 – Curva do RSSI em função do tempo para o terceiro <i>setup</i> de medição.....	38
Figura 32 – Transformada de Fourier do sinal do terceiro <i>setup</i> de medição.....	39
Figura 33 – Quarto <i>setup</i> de medição.....	39
Figura 34 – Curva do RSSI em função do tempo para o quarto <i>setup</i> de medição.....	40
Figura 35 – Transformada de Fourier do sinal do quarto <i>setup</i> de medição.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela I – Faixas de frequência RFID.....	18
Tabela II – Valores dos parâmetros da estrutura proposta.....	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 MOTIVAÇÃO.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.3 METODOLOGIA.....	14
2. TECNOLOGIA RFID.....	15
2.1 UMA VISÃO GERAL.....	15
2.1.1 ETIQUETAS RFID.....	16
2.1.2 LEITORES RFID.....	18
2.1.3 CONTROLADORES RFID.....	18
2.1.4 FAIXAS DE OPERAÇÃO.....	18
2.2 UM BREVE HISTÓRICO SOBRE A TECNOLOGIA RFID.....	19
3. DETECÇÃO DO MOVIMENTO HUMANO.....	22
4. DESENVOLVIMENTO DE ETIQUETA RFID PARA DETECÇÃO DO MOVIMENTO HUMANO.....	27
4.1 ESTRUTURA PROPOSTA E SIMULAÇÕES.....	27
4.2 TESTES E RESULTADOS.....	32
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

1. INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (IoT) pode ser entendida como uma convergência entre diversas áreas – comunicação por redes sem fio, identificação, localização em tempo real, redes de sensores e computação pervasiva, por exemplo, que possibilitam à internet chegar ao mundo real dos objetos físicos através da conexão destes com serviços *web* [1].

Os avanços nos sistemas de identificação por radiofrequência (RFID) tem os tornado atrativos para diversas aplicações no paradigma da IoT, incluindo logística, gestão, rastreamento e monitoramento. A operação desses sistemas sem a necessidade de visada direta, bem como a capacidade de longos alcances de leitura e a habilidade para armazenamento de informações, os coloca como candidatos ideais a substituir tecnologias atuais, como o código de barras [2].

Graças às inovações na eletrônica de baixa potência, atualmente é possível imaginar dispositivos sofisticados baseados em etiquetas RFID com a habilidade de fornecer monitoramento em tempo real de sinais biomédicos como temperatura, pressão sanguínea, batimentos cardíacos e o comportamento humano [3]. Nesse contexto, etiquetas passivas (sem bateria) desempenham um papel importante uma vez que, comparadas aos sensores biomédicos atuais, oferecem um maior grau de pervasividade graças ao baixo custo e às propriedades de aproveitamento de energia [1,4].

O grande problema destas aplicações está intrinsecamente ligado ao fato de que o corpo humano degrada significativamente o desempenho das antenas em comparação às aplicações no espaço livre. Devido à natureza não magnética dos seus tecidos, o corpo humano exerce uma influência sobre alguns parâmetros da antena como impedância de entrada, diagrama de irradiação e ganho [5,6]. No entanto, esses efeitos podem ser previstos e considerados previamente no projeto das antenas, de forma que algumas técnicas de desacoplamento possam ser aplicadas para minimizar sua influência no desempenho final do sistema.

1.1 MOTIVAÇÃO

A detecção do movimento humano é de extrema importância para diversas aplicações médicas como o diagnóstico de problemas de sono e problemas neurológicos, bem como a reabilitação de pacientes com deficiências motoras, monitoramento remoto de pacientes idosos ou pacientes com risco de ataques cardíacos e epilepsia e o monitoramento de pessoas que trabalham em ambientes de risco como bombeiros e mineradores [7].

Atualmente, as aplicações de monitoramento humano são realizadas com dispositivos sem fio, integrados a sensores como acelerômetros e giroscópios. No entanto, esses dispositivos são ativos, ou seja, necessitam de uma fonte de energia (bateria) e não são viáveis para aplicações em roupas, por exemplo, que serão constantemente lavadas e eventualmente descartadas [7]. Dessa forma, a tecnologia RFID passiva apresenta-se como uma potencial candidata para esta finalidade.

Etiquetas integradas a roupas tornam possível o monitoramento remoto da atividade humana. Além disso, sensores vestíveis são uma tecnologia em ascensão que podem também ser combinados com as etiquetas RFID [4].

Quando a etiqueta é colocada sobre um membro, o tronco ou qualquer outra parte do corpo humano, sua resposta incluirá uma modulação dependente dos movimentos – sendo sensível até mesmo a movimentos mais fracos. Os movimentos humanos podem ser associados às mudanças da potência refletida pelas etiquetas em função do tempo. Essas variações na potência geram sinais que são modulados por diferentes movimentos de acordo com padrões específicos a serem classificados e aplicados posteriormente à identificação [7].

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma etiqueta RFID UHF para aplicar na detecção do movimento humano em um ambiente *indoor*.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Pesquisa bibliográfica sobre a utilização de etiquetas RFID passivas para a detecção do movimento humano, bem como as principais geometrias utilizadas;
- Desenvolver antena casada com as características do chip utilizado (simulações);
- Implementar fisicamente as etiquetas;
- Realizar testes com as etiquetas e validação do seu funcionamento para a aplicação desejada;

1.3 METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho envolveu a realização de pesquisa e atualização bibliográfica sobre o tema proposto.

No início foram investigadas técnicas e geometrias de etiquetas para aplicação em detecção de movimentos humanos via pesquisa bibliográfica. As estruturas foram simuladas utilizando o software *Electronics Desktop* da ANSYS®, no intuito de obter uma forma geométrica de melhor eficiência.

Em paralelo foi feito o levantamento e a aquisição do material necessário para a produção das etiquetas (chip, substrato, entre outros). Após a escolha do chip disponível a ser utilizado, as simulações foram focadas no casamento de impedâncias entre o chip e a antena da etiqueta.

Em seguida, a etiqueta foi produzida e os testes foram realizados de forma a verificar sua aplicabilidade na detecção de movimentos.

2. TECNOLOGIA RFID

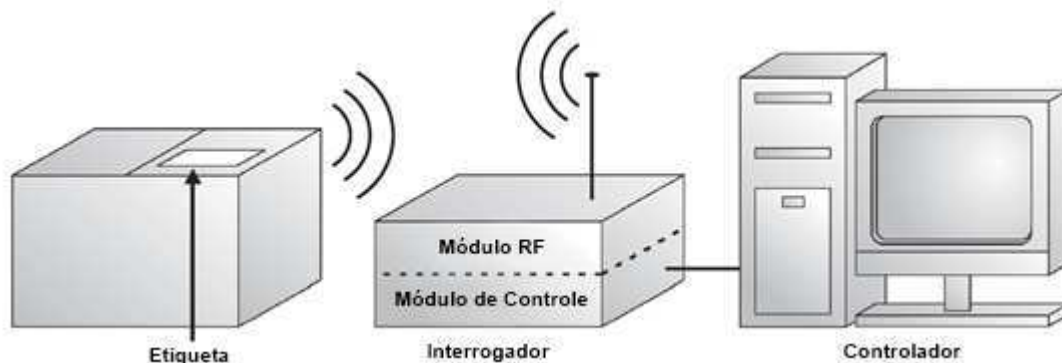
2.1 UMA VISÃO GERAL

A identificação por radiofrequência ou RFID (*Radio Frequency Identification*) surgiu há décadas como uma tecnologia automática, sem fio e com inúmeras aplicações possíveis.

O princípio fundamental por trás de um sistema RFID é o de marcar itens (objetos ou pessoas, por exemplo) com etiquetas e identifica-los através da reflexão das ondas de rádio nestas etiquetas [8]. Existem três componentes principais em um sistema RFID [9], como mostra a Figura 1:

- uma **etiqueta** (*tag*), muitas vezes conhecida como *transponder*, que é composta de um chip semicondutor, uma antena e, algumas vezes, uma bateria;
- um **interrogador**, também chamado de leitor, composto por uma antena, um módulo RF e um módulo de controle;
- um **controlador**, que na maioria das vezes é um computador, responsável pela parte de processamento da informação.

Figura 1 – Estrutura básica de um sistema RFID.



Fonte: adaptado de [9].

A etiqueta e o leitor (interrogador) comunicam-se um com o outro através de ondas de rádio. Quando o objeto que se quer identificar – ou seja, o objeto onde foi colocada a etiqueta – entra na região de alcance do leitor, este emite um sinal para que a etiqueta transmita a sua informação [9]. As etiquetas podem armazenar informações diversas, dependendo da aplicação; por exemplo, em um supermercado, onde estas etiquetas seriam colocadas nos produtos em substituição ao código de barras, elas armazenariam informações como: preço, data de fabricação e validade do produto, entre outras. Uma vez que o leitor recebe o sinal

refletido na etiqueta, este passa para o controlador onde a informação contida neste sinal será extraída e processada.

Um sistema RFID pode consistir de diversos leitores espalhados ao longo de um ambiente. No entanto, todos esses leitores estarão conectados a um mesmo controlador. Da mesma forma, um mesmo leitor pode se comunicar com mais de uma etiqueta simultaneamente. De fato, no estado atual desta tecnologia, a comunicação simultânea permite a leitura de milhares de etiquetas por segundo, com uma eficiência acima de 98% [9].

Uma das principais vantagens da tecnologia RFID, em relação a outros sistemas de identificação como o código de barras e o código QR, é não necessitar da visada direta entre o leitor e a etiqueta. Associado a eficiência conseguida com a comunicação simultânea, esta tecnologia permite uma verdadeira revolução nos processos de identificação como conhecemos atualmente.

2.1.1 ETIQUETAS RFID

A função básica de uma etiqueta RFID é armazenar as informações e transmiti-las para o leitor. Na forma mais básica, uma etiqueta RFID é composta de uma antena e um chip, que contém uma memória onde a informação será armazenada [9]. As etiquetas podem ainda conter ou não uma bateria, permitindo classifica-las em passivas e ativas.

Etiquetas passivas não possuem fonte de energia própria. Através da antena, o campo eletromagnético vindo do leitor fornece toda a energia necessária para a operação da etiqueta. Para transmitir a informação da etiqueta para o leitor, o sinal vindo do leitor é modulado e refletido de volta ao mesmo. Isso significa que a energia emitida pelo leitor é usada para transmitir nas duas direções (leitor – etiqueta e etiqueta – leitor). Portanto, uma etiqueta passiva estando fora da região de alcance do leitor não possui energia e não será capaz de enviar sinais [10].

Etiquetas ativas possuem sua própria fonte de energia (em forma de uma bateria ou célula solar, por exemplo) que é usada para prover energia ao chip. Neste caso, o sinal recebido do leitor não é mais necessário para alimentar o chip e, portanto, sistemas RFID ativos podem operar com campos bem mais fracos que os sistemas passivos. Isso faz com que o alcance efetivo dos sistemas ativos seja maior [10]. No entanto, devido à presença da fonte de alimentação externa, o custo de produção destas etiquetas é bem maior em comparação as etiquetas passivas.

A Figura 2 mostra um comparativo entre as estruturas básicas e a distribuição de energia nas etiquetas ativas e passivas. Na etiqueta passiva, uma quantidade P_{chip} da energia (potência) P_1 enviada pelo leitor, é utilizada para excitar o chip; o restante da energia, aproximadamente $P_1 - P_{\text{chip}}$, é utilizada para enviar a informação contida no chip de volta para o leitor. Na etiqueta ativa, por sua vez, a energia para excitar o chip vem da bateria e, aproximadamente, toda a energia P_1 enviada pelo leitor é refletida de volta ao mesmo.



Fonte: adaptado de [10].

As etiquetas podem ainda ser classificadas como semi-passivas, que realizam a comunicação da mesma forma que as etiquetas passivas, mas, possuem uma bateria para alimentação de sensores externos; e também como etiquetas semi-ativas, que só entram em atividade após receber o sinal do leitor, prolongando a vida da bateria e, conseqüentemente, da própria etiqueta [11].

A impedância de entrada da antena da etiqueta é projetada em conformidade com o chip utilizado. Se a impedância do chip é dada por $X - jY$, a impedância de entrada da antena deve ser o mais próximo do conjugado desse valor, ou seja, $X + jY$, de forma a garantir o casamento de impedâncias e, conseqüentemente, a máxima transferência de potência no sinal refletido.

Existem ainda etiquetas RFID sem chip, que funcionam basicamente como filtros para algumas frequências. A modulação do sinal vindo do leitor está intimamente relacionada à geometria da etiqueta e a informação é extraída a partir das frequências de ressonância do sinal refletido.

As etiquetas podem assumir diversos formatos, incluindo formatos bioinspirados, que tem ganhado bastante popularidade nesta área atualmente, graças a sua contribuição na redução do tamanho das antenas. O formato da etiqueta está altamente ligado a sua aplicação [9].

2.1.2 LEITORES RFID

Um interrogador (leitor) RFID age como uma ponte entre a etiqueta e o controlador. Suas funções básicas incluem [9]:

- ler as informações contidas na etiqueta RFID;
- escrever informações na etiqueta;
- transmitir informações da etiqueta para o controlador ou vice-versa;
- fornecer energia para a etiqueta (no caso de etiquetas passivas).

Leitores RFID são basicamente pequenos computadores compostos por uma antena, uma interface RF (responsável por comunicar-se com a etiqueta) e uma unidade de controle (responsável por comunicar-se com o controlador) [9,10].

Ainda existem leitores RFID mais complexos capazes de realizar, além das quatro funções básicas citadas anteriormente, funções relativas ao tratamento de colisões, autenticação e autorização de acesso ao sistema e criptografia de dados [9].

2.1.3 CONTROLADORES RFID

Os controladores são os “cérebros” de qualquer sistema RFID. Eles são usados para conectar múltiplos leitores e centralizar o processamento da informação. Este controlador na maioria das vezes é um computador [9].

2.1.4 FAIXAS DE OPERAÇÃO

Os sistemas RFID podem usar diferentes bandas de frequências para realizar a comunicação dependendo da sua finalidade:

Tabela I – Faixas de frequência RFID.

Bandas RFID de baixas frequências	<i>Low frequency (LF)</i>	125 – 134kHz
	<i>High frequency (HF)</i>	13,56 MHz
Bandas RFID de altas frequências	<i>Ultra-high frequency (UHF)</i>	860 – 960MHz
	<i>Microwave (MW)</i>	acima de 2,5GHz

Fonte: [9].

Os sistemas que operam nas bandas de baixas frequências (LF e HF) utilizam campos próximos e acoplamento indutivo para realizar a comunicação e o alcance de leitura é pequeno. Já os que operam nas bandas de altas frequências (UHF e MW), utilizam acoplamento eletromagnético para sua comunicação e possuem alto alcance de leitura, podendo chegar até 100 metros. Dentre estes últimos, o sistema UHF é preferível, já que permite a utilização de etiquetas passivas [12].

A escolha da frequência afeta diversas características do sistema, tais como: região de alcance, taxa de dados, tamanho e tipo da antena, preço, capacidade de interferência em outros sistemas via rádio, dentre outros [9].

A banda UHF representa o estado atual da arte. Avanços recentes na tecnologia de chips têm reduzido os preços de etiquetas UHF ao ponto de se tornarem competitivas aos sistemas de identificação já solidificados no mercado [9]. A frequência RFID UHF de operação no Brasil é a mesma frequência americana de 915 MHz, enquanto na Europa é de 870 MHz.

2.2 UM BREVE HISTÓRICO SOBRE A TECNOLOGIA RFID

Entre os anos de 1600 e 1800, houve uma explosão de conhecimento observacional de eletricidade, magnetismo e óptica acompanhado por um crescimento da base de observações matemáticas relacionadas [13].

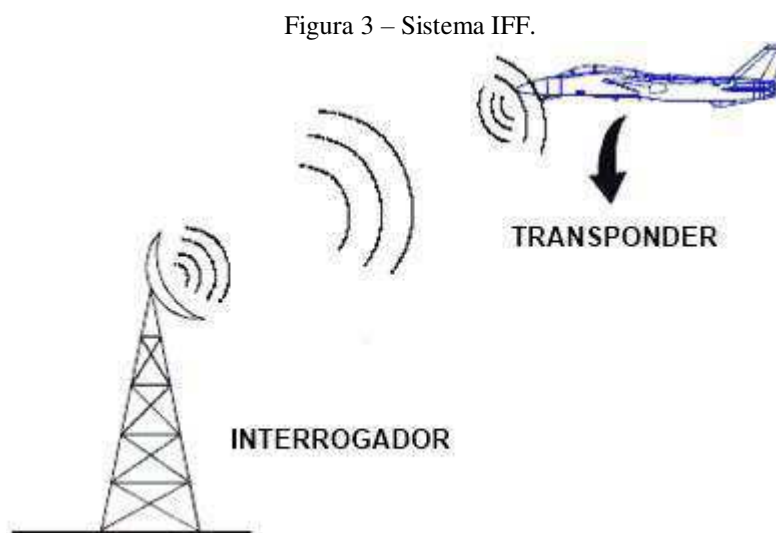
Na última metade do século XIX, muitos avanços foram alcançados no entendimento da energia eletromagnética, graças aos estudos de Michael Faraday e James Clerk Maxwell que apresentaram uma série de leis descrevendo sua natureza. Por volta de 1896, cientistas como Guglielmo Marconi, Ernst F. W. Alexanderson e outros aplicaram essas leis às radiocomunicações e radares. Além deles, o físico alemão Heinrich Rudolf Hertz, confirmou a teoria eletromagnética de Maxwell e é conhecido como o primeiro a transmitir e receber ondas de rádio. O trabalho dessa época gerou os blocos sob os quais muitas tecnologias se construíram, entre elas a identificação por radiofrequência [9,13].

Em 1906, Alexanderson demonstrou a primeira geração e transmissão de sinais de rádio por onda contínua (CW). Essa conquista marca o início das comunicações por rádio modernas, onde todos os aspectos das ondas de rádio são controlados [13].

Cientistas e engenheiros continuaram seus estudos nessas áreas procurando cada vez mais usos civis. Em outubro de 1948, foi publicado o artigo “*Communications by Means of Reflected Power*” de Harry Stockman [14], que em retrospectiva é o mais próximo do nascimento da tecnologia RFID [9].

Outros desenvolvimentos como o transistor, o circuito integrado, o microprocessador e as redes de comunicação ainda eram necessários para a consolidação dessa tecnologia [13].

Durante os anos de 1950, muitos sistemas relacionados à RFID foram explorados pelos pesquisadores, gerando algumas importantes publicações na área. Durante a Segunda Guerra Mundial, o exército americano desenvolveu uma aeronave com uma forma inicial da tecnologia RFID chamada de *Identification, Friend or Foe*, ou IFF [9]. Basicamente, as aeronaves eram associadas a um código específico contido em seus *transponders*, o que permitia identifica-las (Figura 3). O sistema foi inicialmente criado apenas para essa função de distinguir entre aeronaves amigas e inimigas, no entanto, evoluiu bastante até os dias atuais, tanto que o termo IFF hoje se refere a todos os modos de operação, incluindo o uso de aeronaves civis e estrangeiras [15].



Fonte: adaptado de [15].

As décadas de 1960 e 1970 marcaram um crescente envolvimento dos laboratórios de pesquisa e mesmo de algumas empresas na busca por aplicações comerciais na área. Por volta de 1978, um *transponder* passivo na faixa de micro-ondas foi conseguido [16].

Os anos de 1980 trouxeram as primeiras aplicações comerciais em larga escala desses sistemas, incluindo gestão de gado e sistemas de acesso pessoal. Em 1987, a primeira aplicação em pedágio foi realizada na Noruega e, em seguida, em Dallas no ano de 1989 [17].

O preço das etiquetas ainda era a grande barreira que impedia a viabilidade de substituição do código de barras pelo RFID. No início dos anos 2000, tornou-se claro que o barateamento das etiquetas seria possível e um dia a substituição poderia acontecer, o que atraiu bastante a atenção da indústria para esta tecnologia [9]. Atualmente, percebe-se que a

aplicabilidade do RFID na indústria e no dia a dia só tende a crescer cada vez mais com a popularização do paradigma da Internet das Coisas.

O uso do RFID na medicina, por exemplo, está apenas começando. As organizações de saúde esperam que essa tecnologia possa ajudar a reduzir custos e aumentar a segurança do paciente. Alguns hospitais já realizam testes com o uso de etiquetas para rastrear equipamentos e identificar pessoas [18]. A Figura 4 mostra um exemplo de aplicação de RFID nas pulseiras médicas, tornando possível, por exemplo, acessar e atualizar todo o prontuário do paciente de forma mais prática.

Figura 4 – Aplicação do RFID no tratamento de pacientes em hospitais.



Fonte: [19].

No Brasil, a utilização da tecnologia RFID na área médica começou no início dessa década, com a implantação de etiquetas para localização de equipamentos e monitoramento da temperatura das geladeiras no hospital Albert Einstein em São Paulo [20].

3. DETECÇÃO DO MOVIMENTO HUMANO

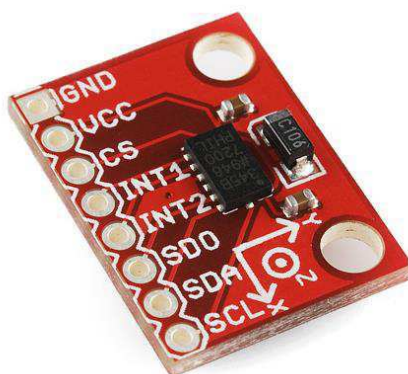
A detecção do movimento humano é um tópico de bastante aplicabilidade na área de interação homem-máquina e entretenimento, como por exemplo, automação de ambientes e jogos de realidade virtual. Mais importante ainda, essa atividade encontra diversas aplicações na medicina em situações tais como o diagnóstico de problemas do sono e neurológicos, a reabilitação de pessoas com problemas motores e o monitoramento remoto de pacientes. Além disso, pode ser usado também no monitoramento de pessoas em ambientes de risco como bombeiros, mineradores e astronautas [7].

Esse estudo em um ambiente real é uma tarefa difícil, uma vez que pessoas interagem umas com as outras, formam grupos e podem mover-se de formas inesperadas. Isso requer um método robusto, que identifique os diferentes movimentos sem ser afetado por oclusões ou mudanças no ambiente [21].

As aplicações de monitoramento sem fio do movimento humano são realizadas normalmente fazendo-se uso de dispositivos integrados a sensores como acelerômetros e giroscópios que necessitam de uma fonte de energia (bateria).

Acelerômetros (Figura 5) são dispositivos que medem a aceleração, ou seja, a taxa de variação da velocidade de um objeto, em metros por segundo ao quadrado (m/s^2) ou em função da aceleração da gravidade (g). São dispositivos eletromecânicos que sentem tanto as forças estáticas (como a gravidade) quanto as forças dinâmicas (vibrações e movimentos) da aceleração, podendo medi-la em um, dois ou três eixos. Geralmente, os acelerômetros contêm internamente placas capacitivas, algumas fixas e outras que se movem de acordo com a força que atua no sensor. Conforme essas placas se movem, a capacitância entre elas varia e a partir dessas variações é possível definir a aceleração [22].

Figura 5 – Placa de desenvolvimento contendo o acelerômetro tri-axial ADXL345.



Fonte: [22].

Os giroscópios (Figura 6) são usados para determinar orientação e são encontrados na maioria dos sistemas de navegação autônoma. Diferentemente dos acelerômetros, são dispositivos que medem velocidade angular ao redor de um dos três eixos: x, y ou z. Velocidade angular é uma medida da velocidade de rotação e é expressa em graus por segundo ($^{\circ}/s$) ou revoluções por segundo (rps). Quando este dispositivo é girado, uma pequena massa ressoadora se desloca conforme a velocidade angular muda; esse movimento é convertido em sinais elétricos de baixa corrente que podem ser amplificados e lidos por um microcontrolador [23].

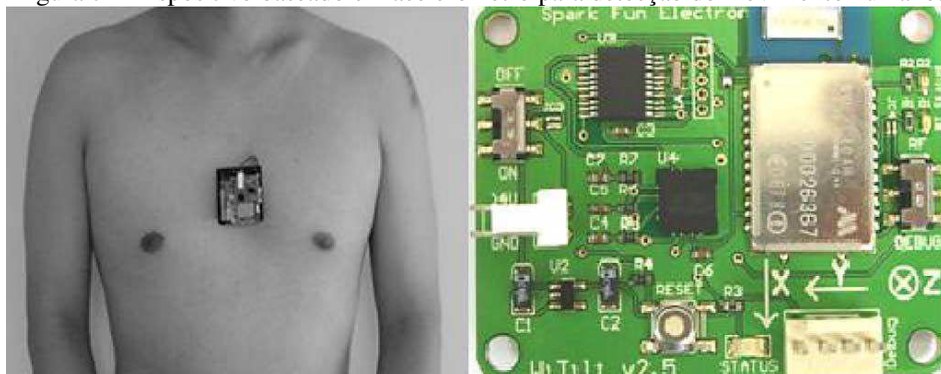
Figura 6 – Placa de desenvolvimento contendo o giroscópio LPY503AL.



Fonte: [23].

Em [24], os autores propõem um sistema utilizando um acelerômetro tri-axial, onde o sensor é colocado sobre o tórax do indivíduo, como mostra a Figura 7. O sistema identifica se o indivíduo se encontra em pé, deitado ou sentado, por exemplo, através da análise dos sinais de aceleração fornecidos pelo sensor.

Figura 7 – Dispositivo baseado em acelerômetro para detecção do movimento humano.



Fonte: [24].

A necessidade de utilização de componentes ativos desses sistemas os torna não viáveis para aplicações em roupas, por exemplo, que serão constantemente lavadas e eventualmente

descartadas. Além disso, o custo e a complexidade desse tipo de aplicação limitaram bastante a sua disseminação. Graças aos avanços na eletrônica de baixa potência é possível associar a habilidade de sensoriamento e processamento de sinal da tecnologia RFID e usá-la como uma alternativa promissora a reduzir a maioria desses problemas [3,25].

Uma etiqueta RFID passiva colocada sobre um objeto é capaz de transmitir informações sobre seu estado físico e sua evolução com o tempo sem a necessidade de um sensor integrado. De fato, quando a etiqueta é colocada sobre um membro do corpo humano e ele se move na região de campo irradiado por uma antena interrogadora, o sinal refletido será modulado de acordo com o movimento e informações intrínsecas ao comportamento humano podem ser extraídas posteriormente por um controlador apropriado [7,25].

Dentre as principais vantagens da utilização de um sistema RFID passivo neste intuito, além do funcionamento sem a necessidade de bateria, podemos destacar [7]:

- a portabilidade do sistema;
- a possibilidade de identificar diversos usuários simultaneamente;
- o potencial de integrar o sistema de monitoramento do movimento humano com outras arquiteturas e serviços através do paradigma da Internet das Coisas (IoT).

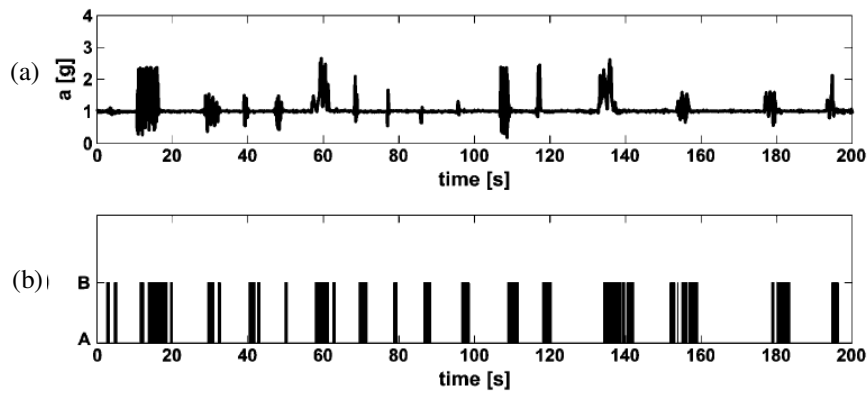
Em [3], os autores discutem o projeto de uma etiqueta RFID para monitoramento contínuo do movimento humano. Nos testes realizados, foi colocada sobre o braço da pessoa tanto a etiqueta RFID confeccionada quanto um dispositivo convencional baseado em acelerômetro e esta pessoa realizava movimentos contínuos de levantar e baixar o braço. O *setup* de medição adotado é mostrado na Figura 8. As respostas de ambos os sistemas foram analisadas a título comparativo e, conforme mostra a Figura 9, existe uma correlação visível entre ambos os sensores em termos de número de movimentos, tempo e duração.

Figura 8 – Etiqueta RFID como sensor na detecção de movimentos.



Fonte: adaptado de [3].

Figura 9 – Resposta do sistema com acelerômetro (a) e do sistema RFID (b).



Fonte: [3].

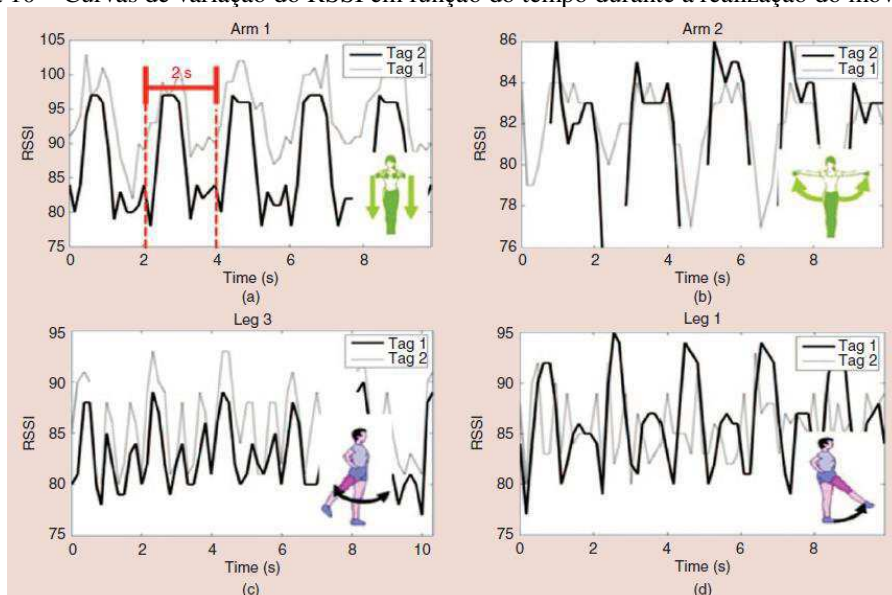
A qualidade do sinal recebido pelo leitor RFID é expressa por um parâmetro conhecido como RSSI (*Received Signal Strength Indicator*), que relaciona a potência desse sinal recebido (P_{rec}) com uma potência de referência (P_{ref}), geralmente de 1mW.

$$RSSI = 10 \log \left(\frac{P_{rec}}{P_{ref}} \right)$$

O sinal coletado pelo leitor é dependente da posição relativa entre leitor e etiqueta, uma vez que os diagramas de irradiação dessas antenas são geralmente não isotrópicos. Através do RSSI, ou outra quantidade equivalente identificada pelo leitor, é possível, então, determinar mudanças no objeto de interesse [1].

A Figura 10 mostra alguns padrões obtidos pelas curvas de variação do RSSI de uma etiqueta RFID passiva colocada sobre o braço ou a perna de um indivíduo em função do tempo durante a realização de um movimento específico.

Figura 10 – Curvas de variação do RSSI em função do tempo durante a realização do movimento.



Fonte: adaptado de [7].

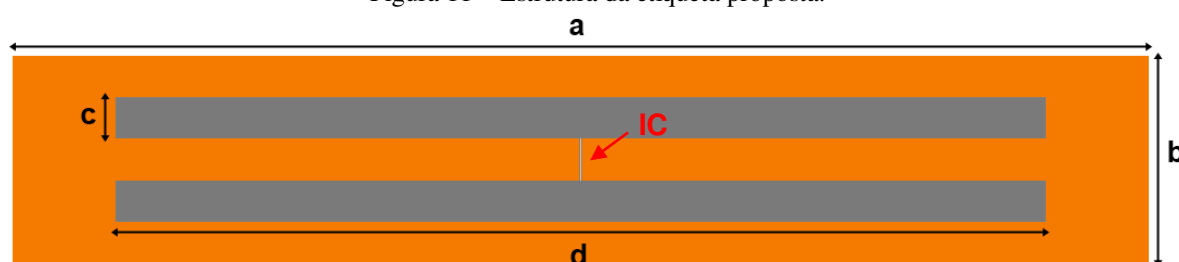
No entanto, é importante destacar que o material no qual a etiqueta está fixada e também o ambiente onde este sistema será aplicado exercem grande influência no desempenho da etiqueta. A proximidade com o corpo humano causa mudanças na impedância da antena, frequência de ressonância e absorção de energia irradiada, de forma que grande parte das pesquisas nessa área se dedica a superar esses efeitos. A utilização de um plano de terra é uma das técnicas mais comuns aplicadas na isolação entre a antena e o corpo humano [26,27].

4. DESENVOLVIMENTO DE ETIQUETA RFID PARA DETECÇÃO DO MOVIMENTO HUMANO

4.1 ESTRUTURA PROPOSTA E SIMULAÇÕES

A estrutura da etiqueta proposta para detecção do movimento humano encontra-se na Figura 11 a seguir, onde foi usada a técnica de casamento com um *slot* em forma de “H” indicada em [28]. A região laranja representa o material condutor, enquanto a região cinza representa o material dielétrico. O *slot* indicado por IC (*Integrated Circuit*) representa o local onde será soldado o chip.

Figura 11 – Estrutura da etiqueta proposta.



Os valores de cada um dos parâmetros que compõem a estrutura da etiqueta estão apresentados na Tabela II. Esses parâmetros finais foram determinados após uma gama de simulações realizadas sequencialmente, com parametrização das variáveis, de forma a sintonizar a etiqueta na frequência de operação desejada.

Tabela II – Valores dos parâmetros da estrutura proposta.

Parâmetro	Valor
a	110mm
b	20mm
c	4mm
d	90mm

O modelo 3D da etiqueta é apresentado na Figura 12a e a vista lateral da mesma na Figura 12b.

Figura 12 – Modelo 3D da etiqueta proposta (a) e vista lateral da mesma (b).



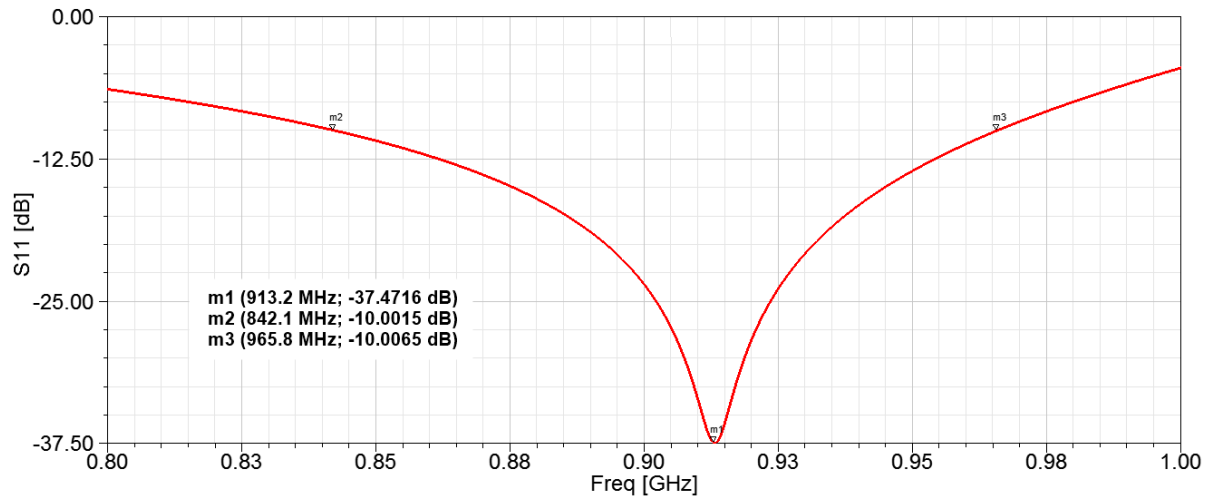
Pela vista lateral é possível perceber que a etiqueta possui um plano refletor na face oposta à da geometria, no intuito de reduzir a influência do corpo humano no desempenho do sistema, como já mencionado anteriormente.

As simulações foram realizadas no software *Electronics Desktop* da ANSYS®, uma plataforma de análise eletromagnética que permite projetar esse tipo de estrutura em duas ou três dimensões e simular parâmetros como coeficiente de reflexão, impedância de entrada, diagrama de irradiação, entre outros. Para realizar a simulação foram modeladas as seguintes camadas e suas respectivas características:

- Geometria da etiqueta: material condutor (cobre) com espessura de 0,035mm;
- Substrato: material dielétrico (FR4) com $\epsilon_r = 4,4$; $\text{tg}\sigma = 0,019$ e espessura 60 mil (1,52mm);
- Plano refletor: material condutor (cobre) com espessura de 0,035mm.

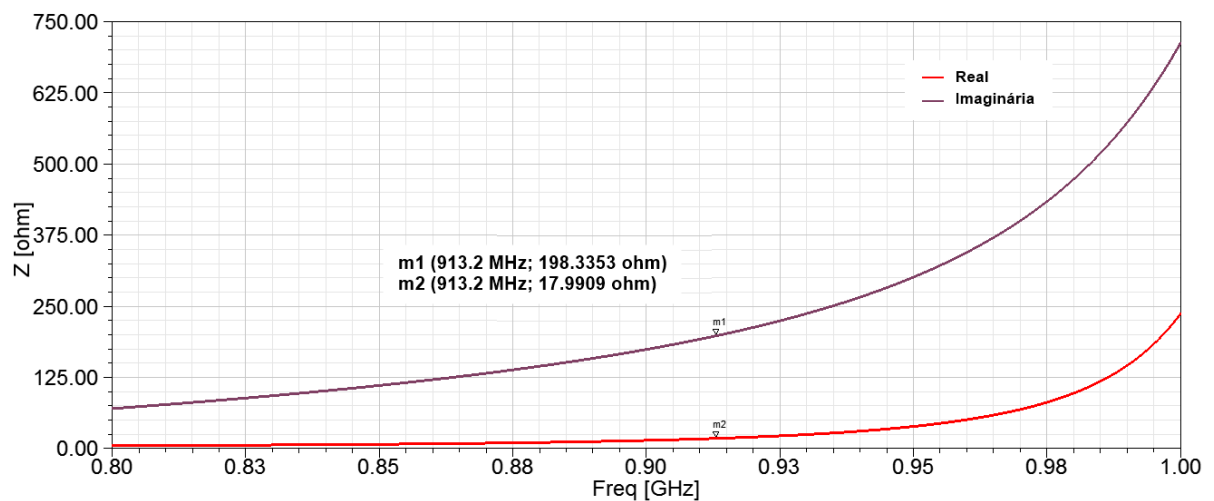
O chip escolhido para a confecção da etiqueta foi o SL3S4011/4021 da NXP®. Para a frequência UHF de 915 MHz, este chip apresenta uma impedância característica $Z_{\text{chip}} = 12,7 - j199 \Omega$. Dessa forma, para representar o chip na simulação, é colocada uma porta de mesma impedância no local onde ele será soldado.

A Figura 13 mostra o resultado obtido com a simulação do coeficiente de reflexão da etiqueta. A frequência de ressonância obtida foi 913,2 MHz com uma intensidade de -37,47 dB. Verificou-se ainda que dentro da faixa de frequências que vai de 842,1 MHz a 965,8 MHz, o parâmetro S_{11} está abaixo de -10 dB.

Figura 13 – Coeficiente de reflexão (S_{11}) da etiqueta.

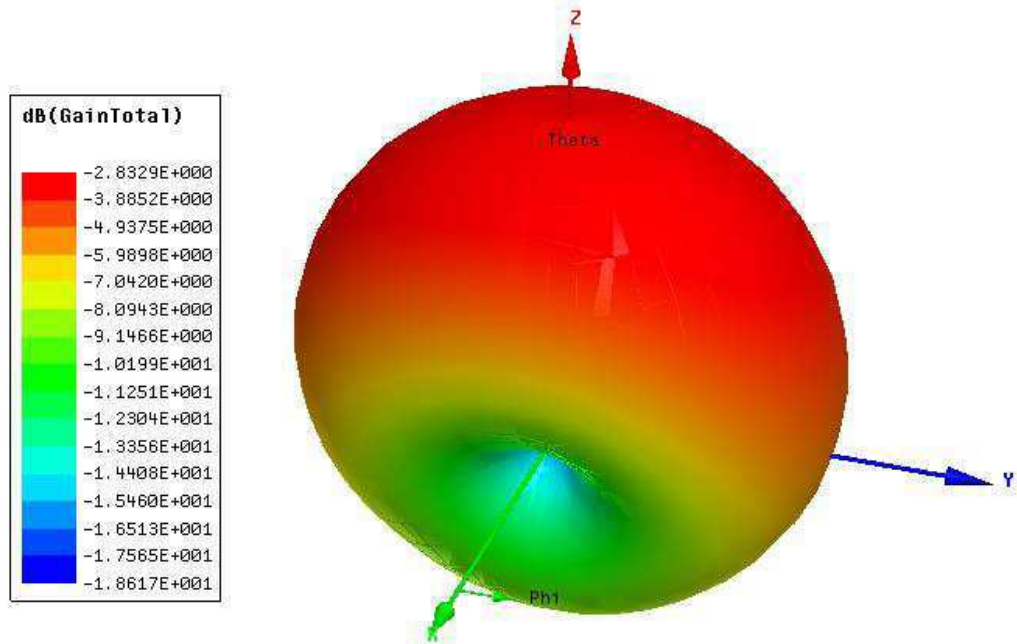
Na Figura 14 é apresentado o resultado obtido para a impedância de entrada da etiqueta, Z_{in} . O ideal é que esta impedância seja o mais próximo possível do conjugado da impedância do chip que será utilizado ($Z_{in} = Z_{chip}^* = 12,7 + j199 \Omega$). É possível perceber que o valor obtido ($\approx 18 + j198 \Omega$) está próximo do esperado, o que representa um bom casamento de impedância.

Figura 14 – Impedância de entrada da etiqueta.



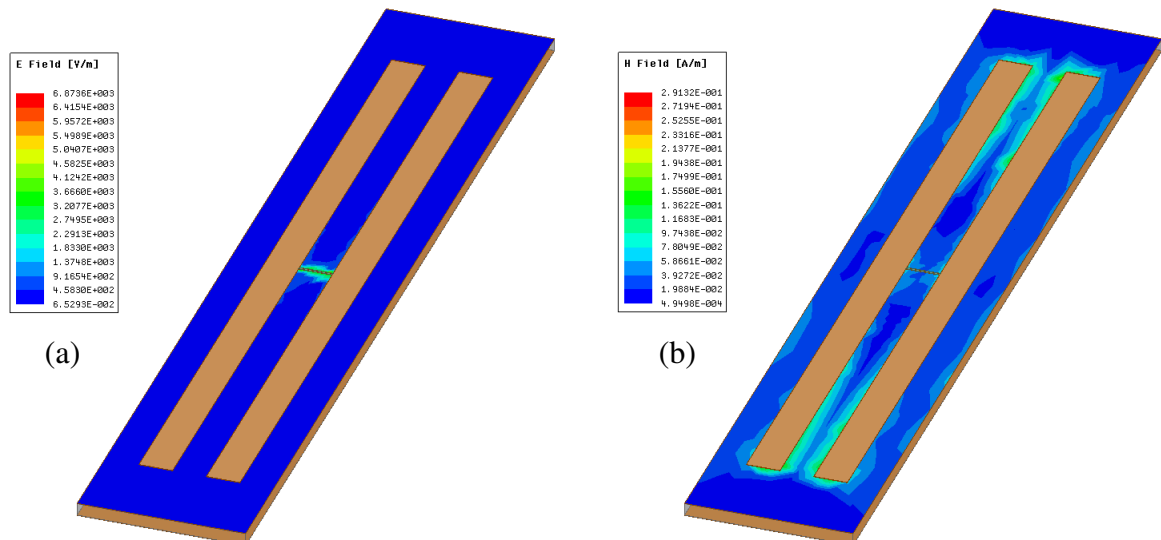
Observando o diagrama de irradiação polar da etiqueta (Figura 15), pode-se notar que a direção de radiação máxima se dá na direção perpendicular a etiqueta ($\theta = 0^\circ$) com um ganho de aproximadamente -2,8329 dB ou 27,1671 dBm.

Figura 15 – Diagrama de irradiação polar da etiqueta.



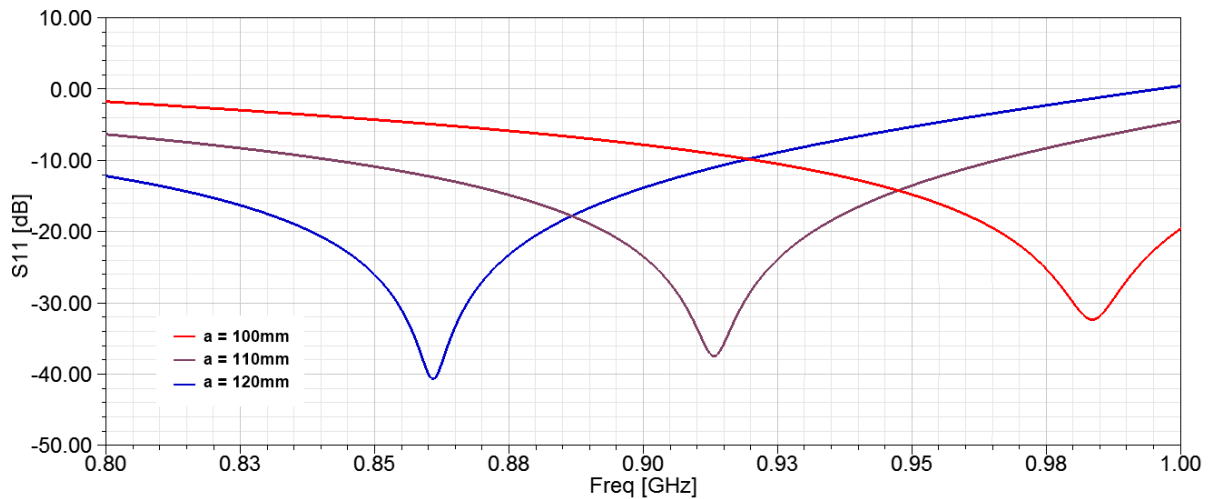
Segundo [5], como os tecidos humanos são materiais não magnéticos, o melhor desempenho em termo de robustez no desacoplamento com o corpo humano será apresentado por antenas onde a máxima densidade de energia elétrica se encontra na parte central da mesma e a máxima densidade de energia magnética próxima às bordas. A Figura 16 mostra a distribuição dos campos elétrico e magnético na etiqueta proposta, que atendem às características de desacoplamento especificadas.

Figura 16 – Distribuição dos campos elétrico (a) e magnético (b) na etiqueta.



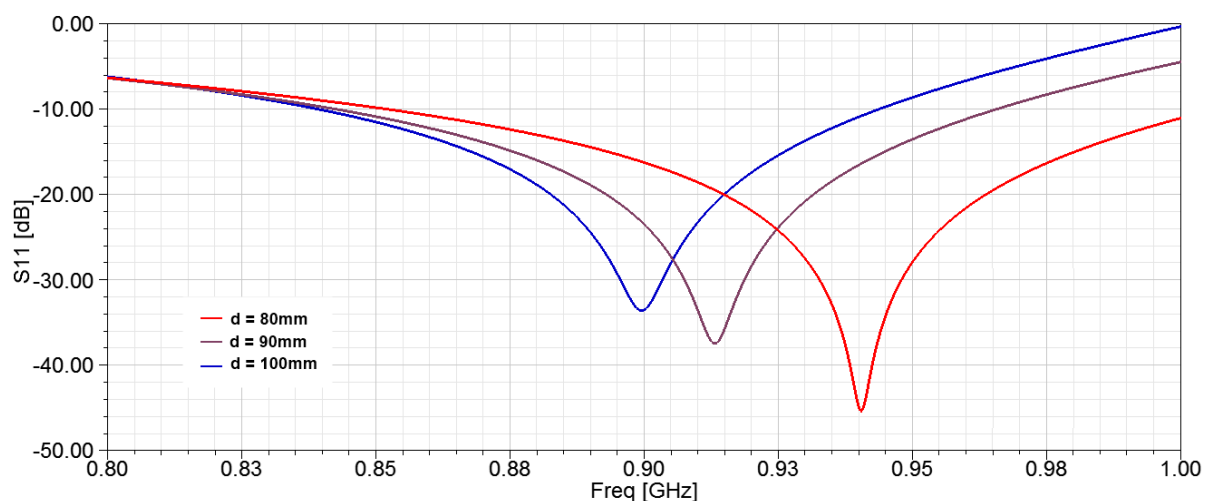
A resposta da etiqueta, em termos de frequência de ressonância, é sensível a modificação dos parâmetros que compõem sua geometria. Com o HFSS é possível criar variáveis para esses parâmetros e analisar sua influência nos resultados obtidos. A Figura 17 mostra a variação no coeficiente de reflexão S_{11} da etiqueta em função do parâmetro a .

Figura 17 – Variação do coeficiente de reflexão S_{11} da etiqueta em função do parâmetro a .



Já na Figura 18 podemos ver a variação no coeficiente de reflexão S_{11} da etiqueta também em função do parâmetro d .

Figura 18 – Variação do coeficiente de reflexão S_{11} da etiqueta em função do parâmetro d .



Isso permite que através das parametrizações seja possível encontrar um ponto de bom casamento de impedância dessa etiqueta com vários chips presentes no mercado. Além disso, torna possível sua utilização em diferentes faixas de frequência: por exemplo, pode-se perceber na Figura 17 que, para $a = 110$ mm, a etiqueta está sintonizada na frequência UHF de

915 MHz (EUA e Brasil) e, para $a=120\text{mm}$, conseguimos sintonizá-la na frequência UHF europeia de 870 MHz.

4.2 TESTES E RESULTADOS

A etiqueta foi confeccionada na Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da UFCG fazendo-se uso de uma fresadora que, a partir do modelo exportado do software, faz o corte da placa metálica no tamanho específico da etiqueta e a raspagem do metal para obtenção da geometria desejada.

Após a confecção, o chip citado anteriormente foi soldado no local especificado e o protótipo final é apresentado nas Figuras de 19 a 21 a seguir, destacando-se suas dimensões e o plano refletor no lado posterior.

Figura 19 – Protótipo final da etiqueta ($a = 110\text{mm}$).

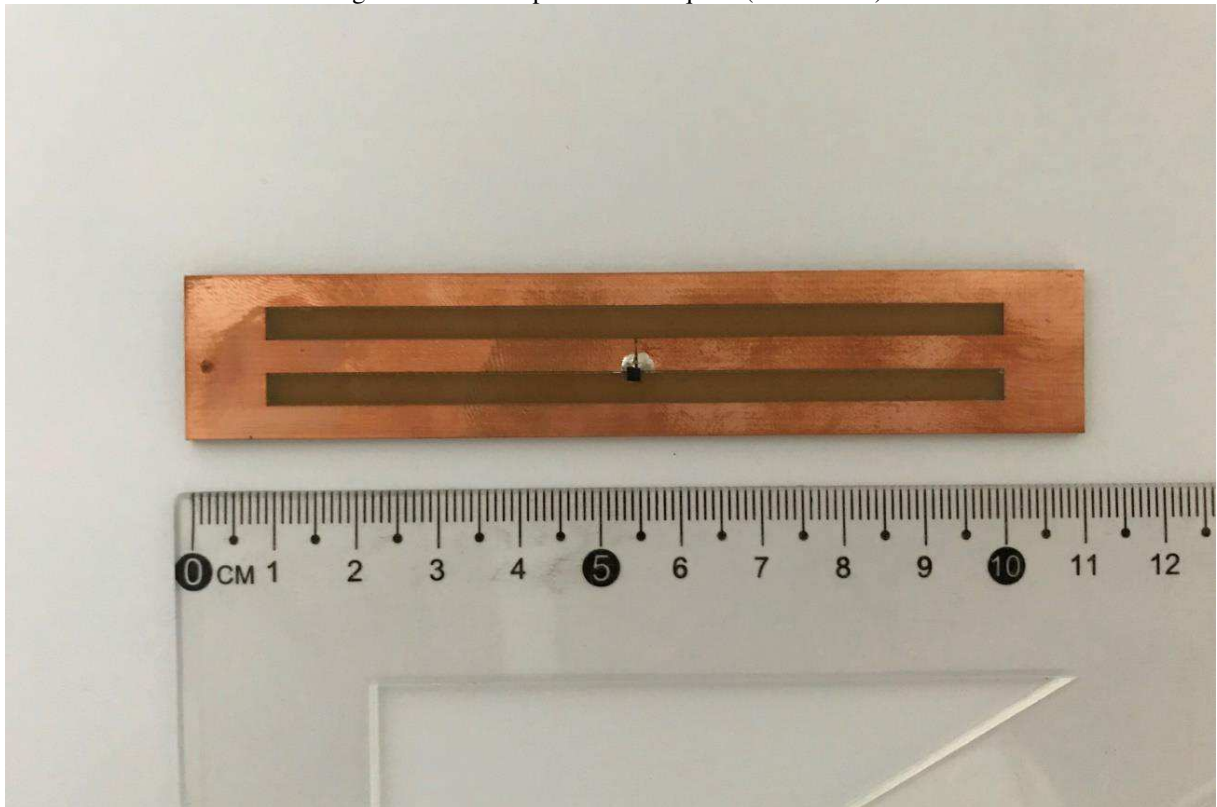


Figura 20 – Protótipo final da etiqueta (b = 20mm).

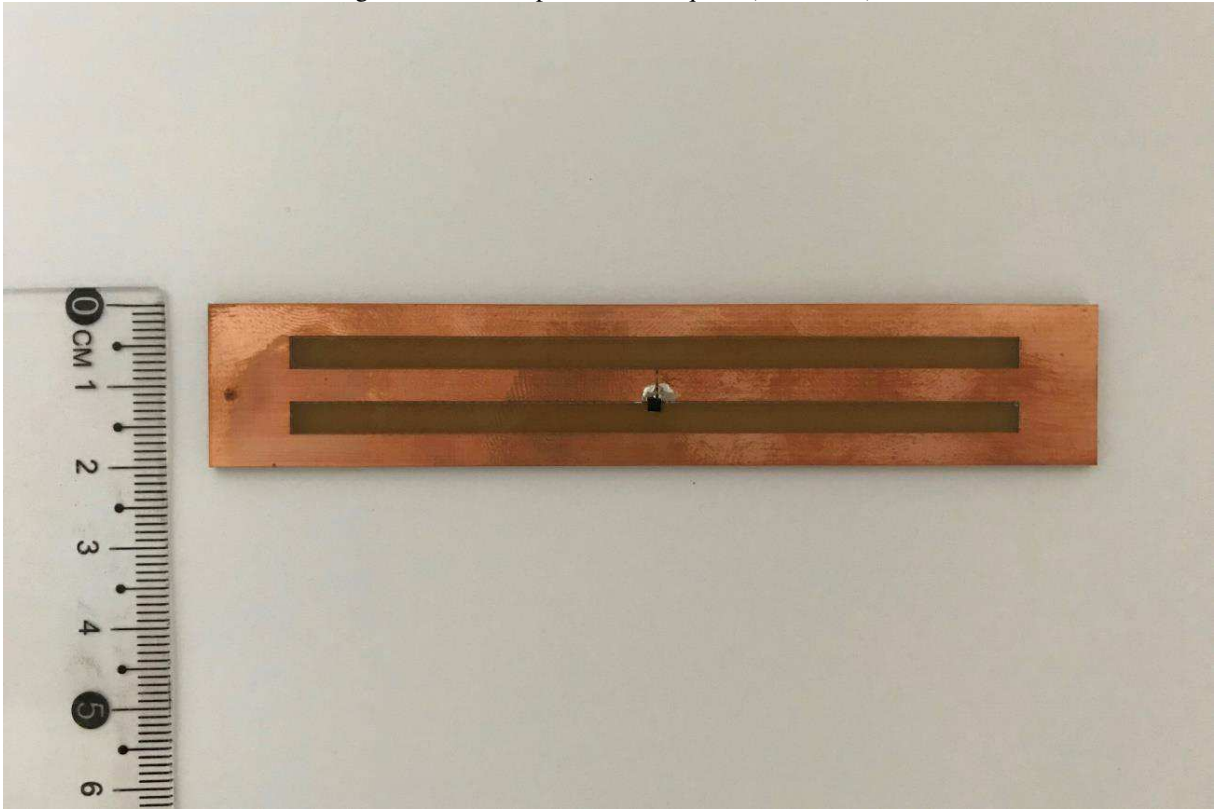


Figura 21 – Protótipo final da etiqueta (plano refletor).



Finalizado o processo de fabricação, foram realizados os testes de validação do uso da etiqueta para a detecção de movimentos humanos na frequência desejada. Para isso, utilizou-se no leitor uma antena de polarização circular com ganho 9dBic na faixa de frequência UHF (902 – 928 MHz).

Os *setups* de medição consistiram em colocar a etiqueta sobre o braço ou sobre a perna e para cada caso realizou-se dois movimentos distintos. Vale salientar que a potência é baixa e controlada, o que permite colocar a etiqueta junto ao corpo sem maiores preocupações.

Os movimentos eram contínuos e repetidos a cada 2 segundos, aproximadamente, correspondendo a uma taxa de 0,5 Hz. A antena do leitor foi posicionada a uma distância de 90 cm da etiqueta para todos os casos.

Na primeira situação, a etiqueta foi colocada sobre o braço como mostra a Figura 22 e realizou-se o movimento indicado na Figura 23.

Figura 22 – Etiqueta colocada sobre o braço.

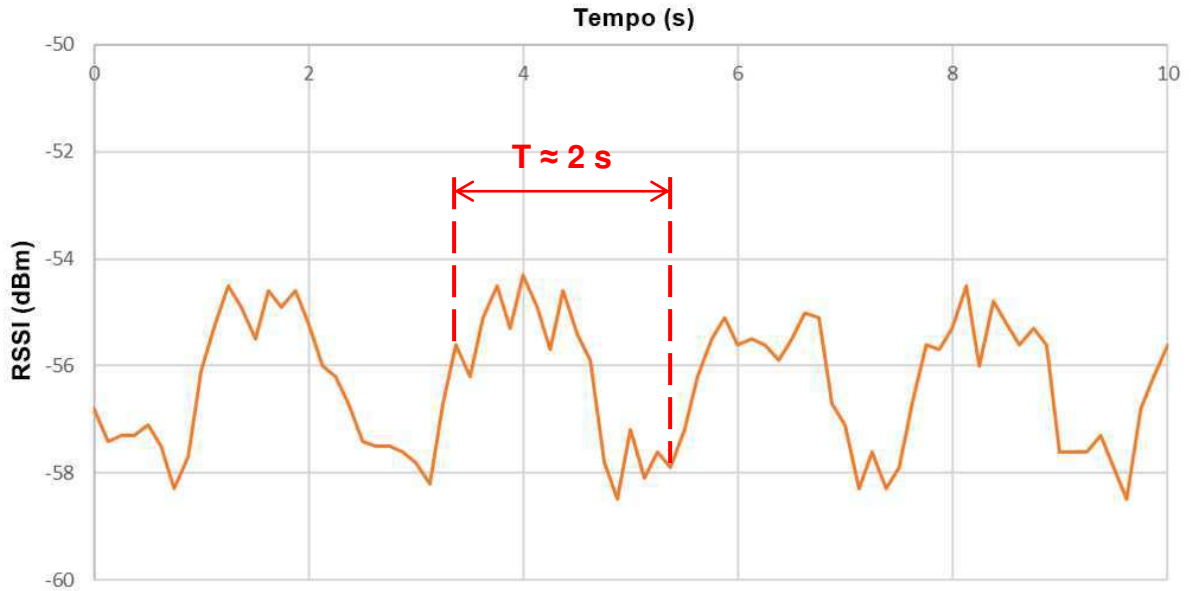


Figura 23 – Primeiro *setup* de medição.



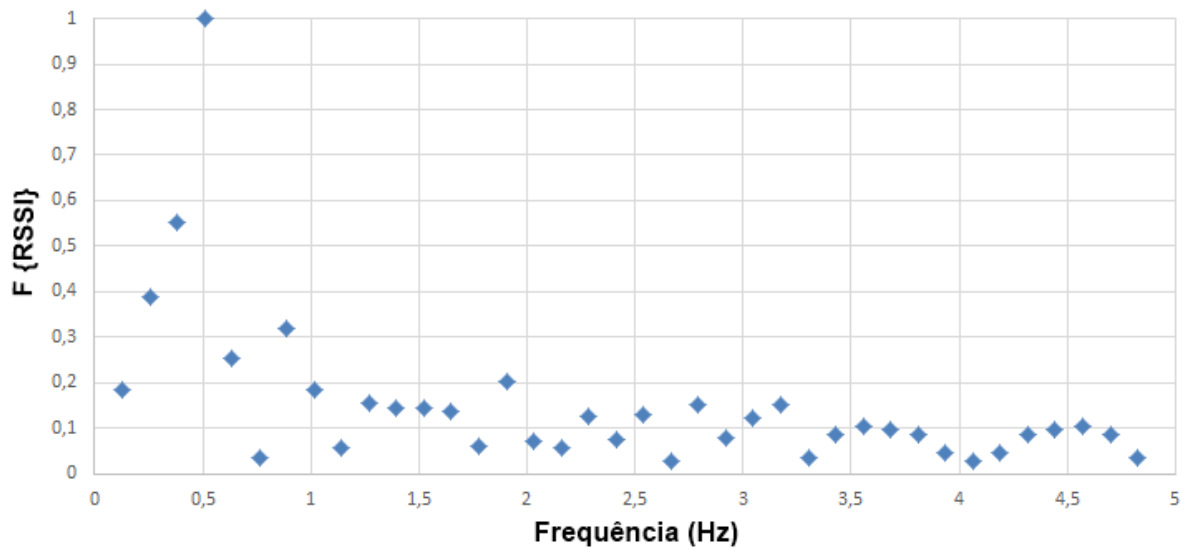
A curva do RSSI em função do tempo obtida com o teste é apresentada na Figura 24, onde é possível ver a variação periódica desse parâmetro dentro da faixa de -54 dBm e -58 dBm em consequência do movimento realizado.

Figura 24 – Curva do RSSI em função do tempo para o primeiro *setup* de medição.



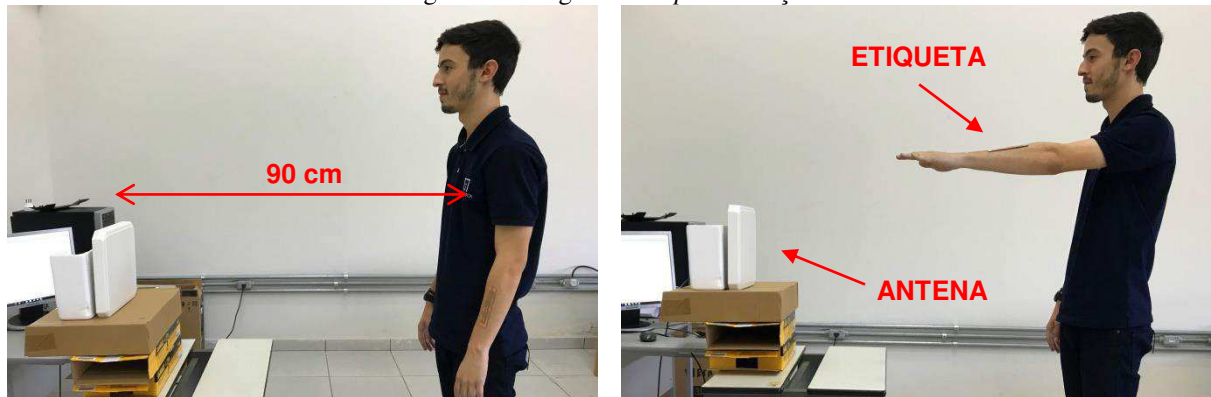
Obteve-se também a FFT (Transformada Rápida de Fourier) do sinal anterior, ilustrada na Figura 25. A componente principal do sinal está muito próxima da taxa de 0,5 Hz na qual o movimento era realizado.

Figura 25 – Transformada de Fourier do sinal do primeiro *setup* de medição.



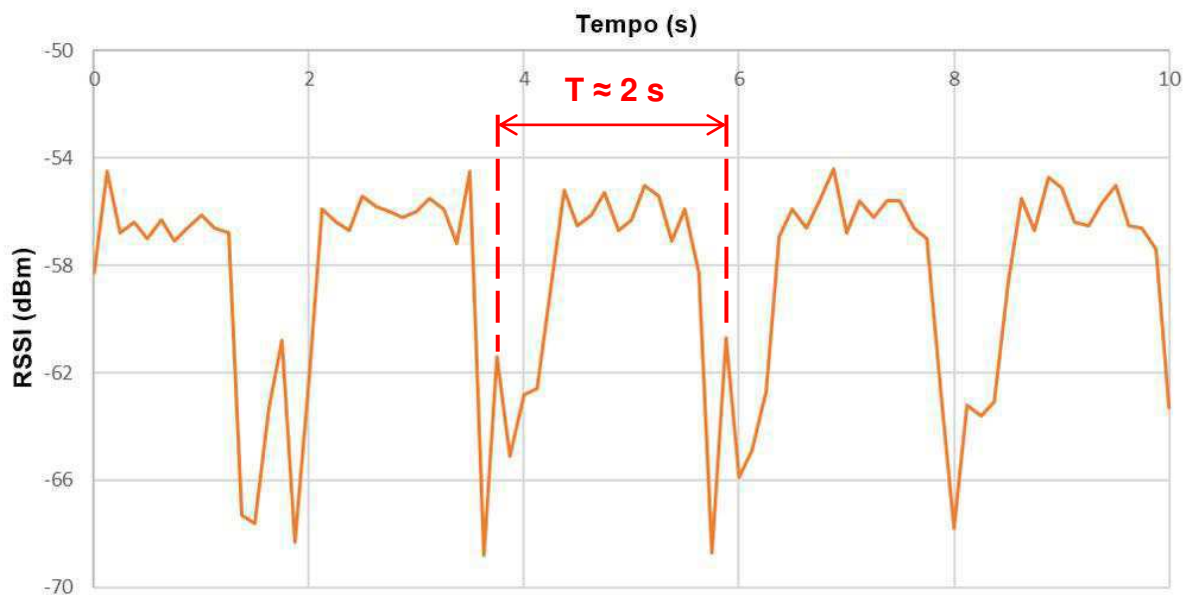
Na segunda situação, ainda com a etiqueta sobre o braço, realizou-se o movimento indicado na Figura 26.

Figura 26 – Segundo *setup* de medição.

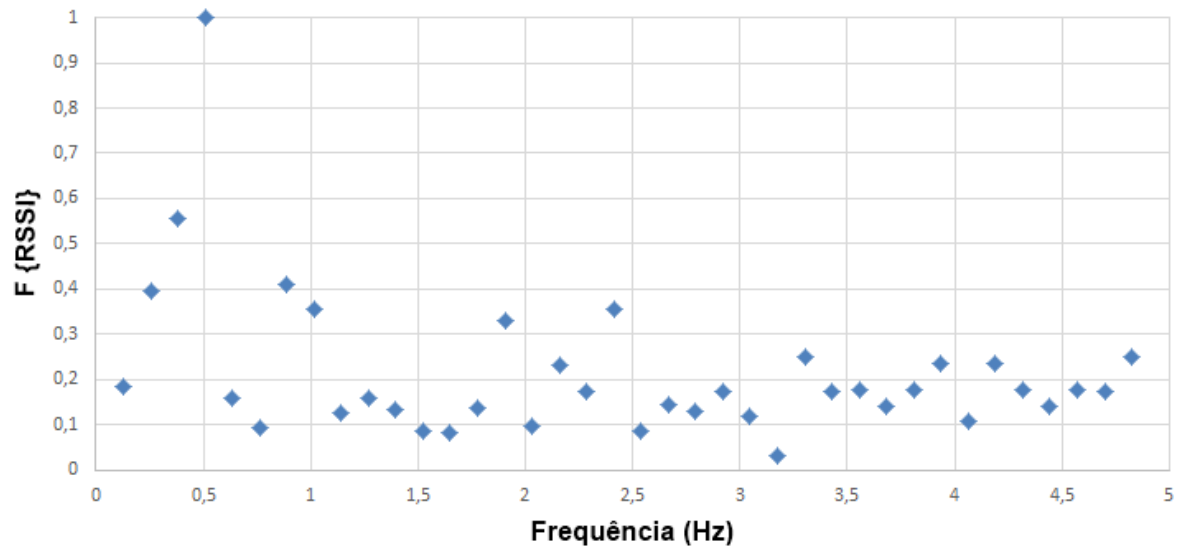


A curva do RSSI em função do tempo obtida é apresentada na Figura 27. Comparado à situação anterior, a realização desse movimento provocou uma variação bem maior no RSSI, dentro da faixa de -54 dBm e -70 dBm. Essa diferença no padrão de variação contribui para a diferenciação entre os movimentos realizados apenas com o processamento do sinal.

Figura 27 – Curva do RSSI em função do tempo para o segundo *setup* de medição.



A transformada de Fourier do sinal é apresentada na Figura 28. Mais uma vez a componente principal deste comprova a realização de um movimento periódico a uma taxa de 0,5 Hz.

Figura 28 – Transformada de Fourier do sinal do segundo *setup* de medição.

No terceiro *setup* de medição, a etiqueta foi colocada sobre a perna como mostra a Figura 29 e realizou-se o movimento representado na Figura 30.

Figura 29 – Etiqueta colocada sobre a perna.



Figura 30 – Terceiro *setup* de medição.

O gráfico do RSSI obtido com esse terceiro *setup* é apresentado na Figura 31 e sua transformada de Fourier na Figura 32. Para este movimento, novamente o RSSI variou periodicamente a uma taxa de 0,5 Hz dentro da faixa de -58 dBm e -70 dBm.

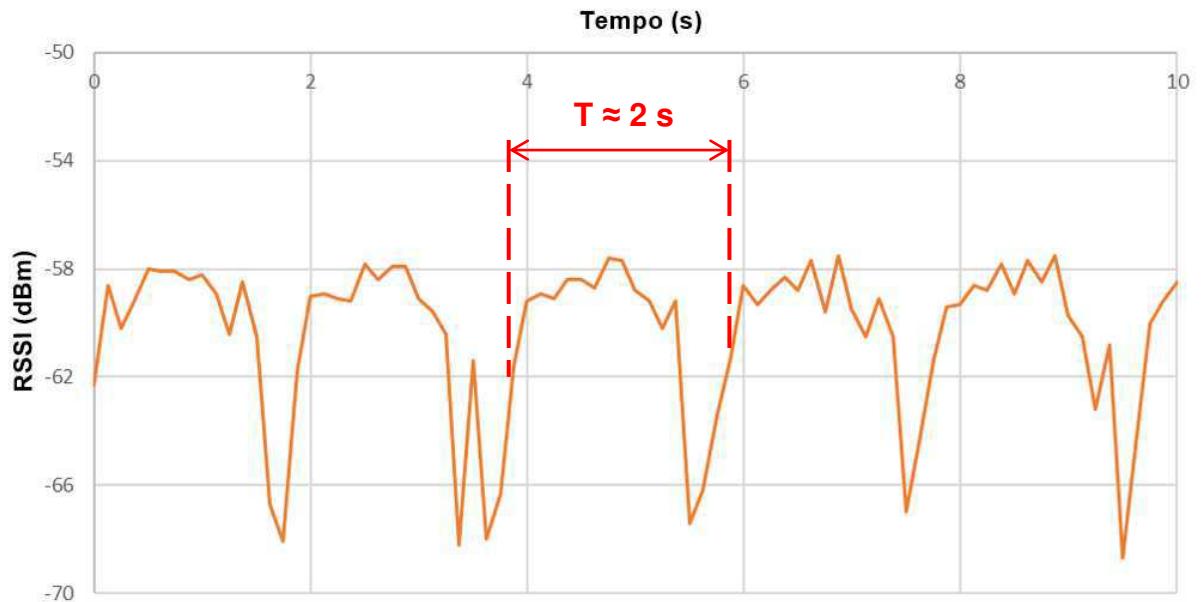
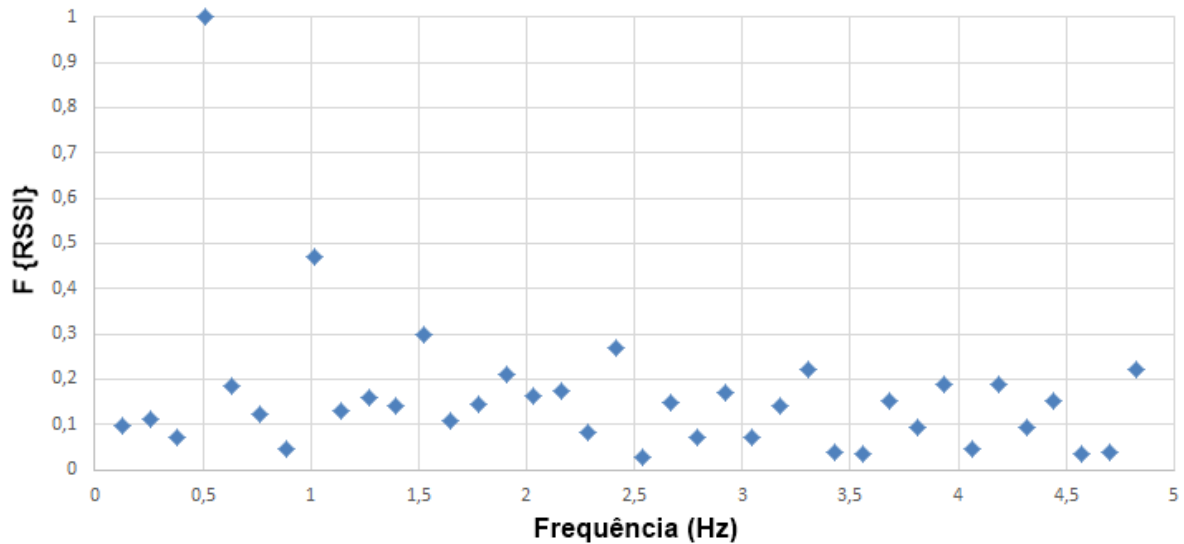
Figura 31 – Curva do RSSI em função do tempo para o terceiro *setup* de medição.

Figura 32 – Transformada de Fourier do sinal do terceiro *setup* de medição.

Para o quarto e último *setup*, com a etiqueta também sobre a perna, realizou-se o movimento representado na Figura 33. A curva do RSSI e transformada de Fourier respectivos estão nas Figuras 34 e 35.

Apesar do gráfico do RSSI mostrar claramente a variação na potência recebida causada pelo movimento, com a FFT é possível notar que, dentre todos os casos analisados, esse foi o que apresentou mais distorção no sinal: além da componente de frequência em 0,5 Hz, o sinal contém mais duas componentes preponderantes em 1 Hz e 1,5 Hz. As distorções presentes nestes sinais se devem a vários influentes nos procedimentos de teste, como o ruído e interferências externas e o fator humano – tempo de percepção e de resposta, equilíbrio, dentre outros.

Figura 33 – Quarto *setup* de medição.

Figura 34 – Curva do RSSI em função do tempo para o quarto *setup* de medição.

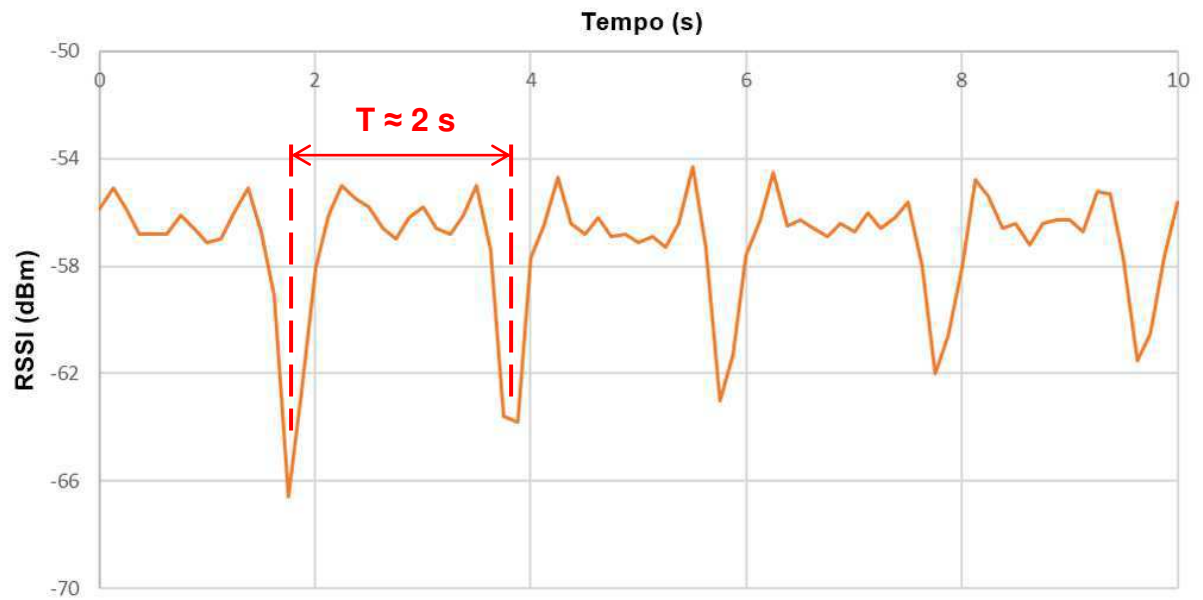
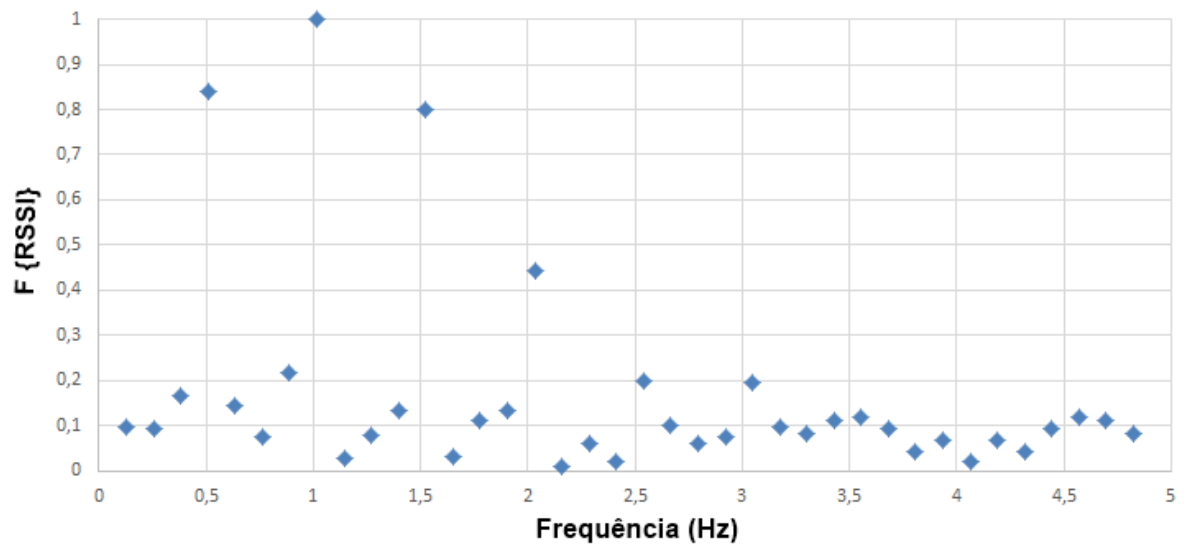


Figura 35 – Transformada de Fourier do sinal do quarto *setup* de medição.



5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho, foi discutida a tecnologia de identificação por radiofrequência: seu princípio de funcionamento, os componentes e suas respectivas funções dentro do sistema, as frequências de operação, além de um histórico de seu desenvolvimento.

Também se discutiu a importância da detecção dos movimentos humanos na área médica e como o RFID passivo pode vir a contribuir na redução do custo e complexidade dos sistemas atuais aplicados nesse objetivo.

A etiqueta proposta consiste em uma estrutura com *slot* em “H” para ajustar o casamento de impedâncias e foi fabricada sobre um substrato de FR4, que apresenta como principal vantagem o custo reduzido. Após a fabricação da etiqueta, foram realizados os testes que comprovaram seu funcionamento para a detecção dos movimentos humanos através da análise da variação da potência recebida pelo leitor, quantificada pelo parâmetro RSSI.

Os sinais coletados nos testes mostraram claramente a influência do movimento na curva do RSSI, confirmado pela correspondência entre a taxa de realização dos movimentos e a frequência principal do sinal obtida pela transformada de Fourier.

Como sugestão de trabalhos futuros nesta área, verificar a utilização de múltiplas etiquetas para a identificação do movimento de mais de um membro simultaneamente, bem como a implementação de filtros para atenuação do ruído que afeta o sinal recebido pelo leitor. Com esse progresso, pode-se objetivar a concepção de um sistema de monitoramento em tempo real desses movimentos e a possível integração ao sensoriamento de outros sinais biomédicos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Marrocco, "Pervasive electromagnetics: sensing paradigms by passive RFID technology," in *IEEE Wireless Communications*, vol. 17, no. 6, pp. 10-17, December 2010.
- [2] H. Rajagopalan and Y. Rahmat-Samii, "Conformal RFID antenna design suitable for human monitoring and metallic platforms," *Proceedings of the Fourth European Conference on Antennas and Propagation*, Barcelona, Spain, 2010, pp. 1-5.
- [3] C. Occhiuzzi, S. Cippitelli and G. Marrocco, "Modeling, Design and Experimentation of Wearable RFID Sensor Tag," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 58, no. 8, pp. 2490-2498, Aug. 2010.
- [4] S. Manzari, S. Pettinari and G. Marrocco, "Miniaturized and tunable wearable RFID tag for body-centric applications," *2012 IEEE International Conference on RFID-Technologies and Applications (RFID-TA)*, Nice, 2012, pp. 239-243.
- [5] F. Tucconi, G. A. Casula, G. Montisci and G. Mazzarella, "Robustness of wearable UHF-band ungrounded antennas to human-body proximity," *2016 URSI International Symposium on Electromagnetic Theory (EMTS)*, Espoo, 2016, pp. 454-456.
- [6] M. H. Lin and C. W. Chiu, "Human-body effects on the design of card-type UHF RFID tag antennas," *2011 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation (APSURSI)*, Spokane, WA, 2011, pp. 521-524.
- [7] S. Amendola, L. Bianchi and G. Marrocco, "Movement Detection of Human Body Segments: Passive radio-frequency identification and machine-learning technologies.," in *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 57, no. 3, pp. 23-37, June 2015.
- [8] R. Weinstein, "RFID: a technical overview and its application to the enterprise," in *IT Professional*, vol. 7, no. 3, pp. 27-33, May-June 2005.
- [9] HUNT, V. D.; PUGLIA, A.; PUGLIA, M. RFID – A guide to Radio Frequency Identification. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2007.
- [10] FINKENZELLER, K. RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication. 3rd ed. United Kingdom: John Wiley & Sons, 2010.
- [11] RFID: Identificação por Rádio Frequência. **Etiquetas**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/grad/15_1/rfid/etiquetas.html> Acesso em: 17 jan. 2018.
- [12] A. I. Petrariu, V. Popa and A. Chirap, "Metal mountable microstrip patch UHF RFID tag antenna," *2015 International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS)*, Iasi, 2015, pp. 1-4.
- [13] J. Landt, "The history of RFID," in *IEEE Potentials*, vol. 24, no. 4, pp. 8-11, Oct.-Nov. 2005.

- [14] H. Stockman, "Communication by Means of Reflected Power," in *Proceedings of the IRE*, vol. 36, no. 10, pp. 1196-1204, Oct. 1948.
- [15] RF Cafe. **IFF – Identification Friend or Foe**. Erie, Pensilvânia. Disponível em: <<http://www.rfcafe.com/references/electrical/ew-radar-handbook/iff-identification-friend-or-foe.htm>> Acesso em: 04 fev. 2018.
- [16] M. Epstein and B.W. Jordan, Identification system using coded passive transponders, June 20 1978, US Patent 4,096,477.
- [17] Li Yang, A Rida, and Manos Tentzeris, Design and development of radio frequency identification (rfid) and rfid-enabled sensors on flexible low cost substrates, 1 (2009), 1–89.
- [18] Shang-Wei Wang, Wun-Hwa Chen, Chorng-Shyong Ong, Li Liu and Yun-Wen Chuang, "RFID Application in Hospitals: A Case Study on a Demonstration RFID Project in a Taiwan Hospital," *Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'06)*, 2006, pp. 184a-184a.
- [19] Prescouter. **Medical In Vivo-diagnostic And Treatment Through RFID-Application**. Maio 2012. Chicago, IL. Disponível em: <<https://prescouter.com/2012/05/medical-in-vivo-diagnostic-and-treatment-through-rfid-application/>> Acesso em: 11 fev. 2018.
- [20] ILOS. **O uso do RFID no segmento hospitalar**. Fev. 2015. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br/web/rfid-no-segmento-hospitalar/>> Acesso em: 04 fev. 2018.
- [21] N. Zarka, Z. Alhalah and R. Deeb, "Real-Time Human Motion Detection and Tracking," *2008 3rd International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications*, Damascus, 2008, pp. 1-6.
- [22] SparkFun Electronics. **Accelerometers Basics**. Niwot, Colorado. Disponível em: <<https://learn.sparkfun.com/tutorials/accelerometer-basics>> Acesso em: 10 fev. 2018.
- [23] SparkFun Electronics. **Gyroscope**. Niwot, Colorado. Disponível em: <<https://learn.sparkfun.com/tutorials/gyroscope>> Acesso em: 10 fev. 2018.
- [24] A. M. Khan, Y. K. Lee, S. Y. Lee and T. S. Kim, "A Triaxial Accelerometer-Based Physical-Activity Recognition via Augmented-Signal Features and a Hierarchical Recognizer," in *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 14, no. 5, pp. 1166-1172, Sept. 2010.
- [25] C. Occhiuzzi, C. Vallese, S. Amendola, S. Manzari and G. Marrocco, "Multi-channel processing of RFID backscattering for monitoring of overnight living," *2014 XXXIth URSI General Assembly and Scientific Symposium (URSI GASS)*, Beijing, 2014, pp. 1-4.
- [26] A. Rashee, E. Iranmanes, W. Li, X. Fen, A. S. Andrenk and K. Wan, "Experimental study of human body effect on temperature sensor integrated RFID tag," *2017 IEEE International Conference on RFID Technology & Application (RFID-TA)*, Warsaw, 2017, pp. 243-247.

- [27] Z. Wei *et al.*, "Comparison of wearable passive UHF RFID tags based on electro-textile dipole and patch antennas in body-worn configurations," *2017 IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS)*, Phoenix, AZ, 2017, pp. 204-206.
- [28] T. Phatarachaisakul, T. Pumpoung, C. Phongcharoenpanich and S. Kosulvit, "Tag antenna using printed dipole with H-slot for UHF RFID applications," *2014 International Electrical Engineering Congress (iEECON)*, Chonburi, 2014, pp. 1-4.