

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO TÉCNICO INDUSTRIAL DE SANTA MARIA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM REDES DE
COMPUTADORES**

**SISTEMA WIRELESS DE VERIFICAÇÃO DE
VIOLAÇÃO DE BAGAGEM DESPACHADA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Anderson Lopes Ramos

**Santa Maria, RS, Brasil
2015**

STRC/UFSM, RS RAMOS, Anderson Lopes **Tecnólogo em Redes de Computadores** **2015**

SISTEMA WIRELESS DE VERIFICAÇÃO DE VIOLAÇÃO DE BAGAGEM DESPACHADA

Anderson Lopes Ramos

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores do Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), como requisito parcial para obtenção de grau de

Tecnólogo em Redes de Computadores

Orientador: Prof. Dr. Claiton Pereira Colvero

**Santa Maria, RS, Brasil
2015**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO TÉCNICO INDUSTRIAL DE SANTA MARIA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM REDES DE
COMPUTADORES**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

**SISTEMA WIRELESS DE VERIFICAÇÃO DE VIOLAÇÃO DE
BAGAGEM DESPACHADA**

elaborado por
Anderson Lopes Ramos

Como requisito parcial para a obtenção de grau de
Tecnólogo em Redes de Computadores

COMISSÃO EXAMINADORA:

Claiton Pereira Colvero, PhD.
(Orientador)

Murilo Cervi, PhD.
(UFSM)

Fabio Teixeira Franciscato, Msc.
(UFSM)

Santa Maria. 03 de Julho de 2015

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximo a mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena muito obrigado. E um agradecimento especial aos meus pais e irmãos que sempre acreditaram em mim, me apoiaram, me ajudaram nos momentos difíceis só digo que cheguei até aqui com a ajuda dos melhores.

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
Colégio Técnico Industrial De Santa Maria
Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores
Universidade Federal de Santa Maria

SISTEMA WIRELESS DE VERIFICAÇÃO DE VIOLAÇÃO DE BAGAGEM DESPACHADA

AUTOR: ANDERSON LOPES RAMOS
ORIENTADOR: CLAITON PEREIRA COLVERO
DATA E LOCAL DA DEFESA: SANTA MARIA, 03 DE JULHO DE 2015.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um projeto para o monitoramento de bagagens despachadas em sistemas de transporte coletivo de longa distância, utilizando as funcionalidades da tecnologia de identificação por radiofrequência chamada de NFC (*Near Field Communication*), e aplicativos especialmente desenvolvidos baseados nos sistemas operacionais de dispositivos de comunicação mobile, como *smartphones* e *tablets*. Motivados pelo crescente aumento no número de passageiros que utilizam os serviços de transporte coletivo de longa distância e as atuais fragilidade de segurança dos processos de despacho, embarque e desembarque de bagagens despachadas, buscou-se desenvolver uma solução completa de segurança com baixo custo de implementação, livre de manutenção e operação sem riscos em qualquer ambiente controlado, como por exemplo em aeroportos. Através do aplicativo especialmente desenvolvido para este projeto, é possível realizar a verificação da integridade de uma bagagem despachada utilizando uma rede com tecnologia sem fio, e desta forma verificar de forma segura se houve em algum momento da viagem a violação da mesma. O usuário do sistema pode realizar a consulta de sua bagagem de forma simplificada antes da entrega pela companhia de transporte através da aproximação do seu dispositivo mobile, e em caso de violação, proceder o pedido de verificação e registro de ocorrência. Também importante, foi priorizado o desenvolvimento de um sistema de baixo custo, favorecendo a rápida difusão de uso, inclusive em modalidades patrocinadas pelas próprias companhias de transporte que buscam um serviço diferenciado e a satisfação de seus clientes.

Palavras-chave: Identificação eletrônica, NFC, bagagem despachada, violação, segurança.

ABSTRACT

Completion Of Course Work
Colégio Técnico Industrial De Santa Maria
Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores
Universidade Federal de Santa Maria

WIRELESS SYSTEM FOR VERIFICATION OF VIOLATION IN DISPATCHED LUGGAGE

AUTHOR: ANDERSON LOPES RAMOS
SUPERVISOR: CLAITON PEREIRA COLVERO
DATE AND PLACE OF DEFENSE: SANTA MARIA, JULY 03, 2015.

This paper presents the development of a project for monitoring of checked baggage in public transport systems of long-distance, using the features of radio frequency identification called NFC (Near Field Communication), and applications specially developed based on operating of mobile systems communication devices such as smartphones and tablets. Motivated by the increasing number of passengers using public transportation of long distance service and weakness of current security clearance procedures, boarding and checked baggage landing, we sought to develop a complete security solution with low implementation cost, Maintenance-free operation and without any risk controlled environment, such as at airports. Through the specially developed application for this project, it is possible to verify the integrity of a checked baggage using a network with wireless technology, and thus verify safely if there was at some point of the journey to the same violation. The system user can perform the query of its simplified baggage before delivery by the transport company by bringing your mobile device, and in case of violation, make the request for verification and case record. Also important was prioritized the development of a low cost system, favoring the rapid spread of use, including modalities sponsored by own transport companies who seek a differentiated service and customer satisfaction.

Keywords: Electronic identification, NFC, dispatched luggage, violation, security.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Reportagem sobre violação de bagagens vinculada no Bom Dia Brasil - Globo ...	15
Figura 2 – Representação do acoplamento do campo magnético de um sistema NFC	19
Figura 3 – Diagrama de fluxo dos dados no processo de leitura de um <i>tag</i> NFC	20
Figura 4 – Operação básica de um <i>reed-switch</i> acionado	22
Figura 5 – Configuração simplificada de operação de um circuito LDR	23
Figura 6 – Comparação das dimensões do <i>tag</i> NFC utilizado e uma moeda	29
Figura 7 – Tela do aplicativo <i>NFC Tools</i> da <i>Wak Dev</i>	30
Figura 8 – Projeto em CAD do invólucro do sensor de violação de bagagem.....	33
Figura 9 – Detalhe do dispositivo de acionamento do sensor de violação de bagagem.....	34
Figura 10 – Exemplo da tela de apresentação do aplicativo desenvolvido	37
Figura 11 – Demonstração gráfica do aplicativo no caso da bagagem não violada.....	38
Figura 12 – Demonstração gráfica do aplicativo para o status de bagagem violada.....	39
Figura 13 – Função do App para a realização de leitura através da tecnologia NFC.....	40
Figura 14 – Tratamento das informações recebidas do <i>transponder</i> - Apresentação gráfica ..	41
Figura 15 – Sensor de fabricação artesanal utilizado nos ensaios em laboratório - Armado ...	43
Figura 16 – Sensor de fabricação artesanal utilizado nos ensaios em laboratório - Acionado.	43
Figura 17 – Ensaios do sensor sob condições de altas temperaturas.....	44
Figura 18 – Testes de operação do sensor sob temperaturas negativas.....	45
Figura 19 – Violação da bagagem com abertura parcial do fecho com objeto pontiagudo	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações técnicas do <i>tag</i> NFC.....	29
Tabela 2 – Simulação das condições reais de transporte de bagagens	44
Tabela 3 – Descrição resumida dos resultados obtidos com o sistema	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
Android	Sistema Operacional do Google - Mobile
API	<i>Application Programming Interface</i>
CAD	Desenho Assistido por Computador
CD	Disco Óptico Compacto
CDC	Código de Defesa do Consumidor
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>
Linux	Sistema Operacional de Código Aberto
Li-Po	Lítio Polímero
MHz	MegaHertz
NFC	<i>Near Field Communication</i>
Nylon	Fibra Sintética de Poliamida
PVC	<i>Polyvinyl chloride</i> (Policloreto de polivinila)
RFID	<i>Radiofrequency Identification</i>
TAG	Etiqueta inteligente
Vr	Tensão de saída do divisor resistivo (LDR)
Web	Rede Mundial de Computadores - Teia

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
1.1. Descrição da demanda do projeto – Violação de bagagens despachadas.....	13
1.2. Tecnologia de identificação eletrônica por proximidade - NFC	16
1.2.1. Modos de operação da tecnologia NFC.....	18
1.3. Técnicas de Sensores de intrusão.	20
1.3.1. Sensores de intrusão do tipo reed-switch	22
1.3.2. Sensores de intrusão do tipo LDR	23
1.3.3. Sensores de intrusão do tipo mecânico.....	24
1.4. Plataforma Android®	25
2. MÉTODOS E TÉCNICAS.....	26
2.1. Recursos do projeto	27
2.1.1. Tecnologia de identificação eletrônica NFC	28
2.1.1.1. Ensaios com os <i>transponders</i> NFC	30
2.1.1.2. Bloqueio dos sinais de radiofrequência.....	31
2.1.2. Dispositivo sensor de violação	32
2.1.3. Aplicativo de usuário para plataforma Android®	35
2.1.3.1. Principais funções utilizadas no App.....	40
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
CONCLUSÃO.....	47
Sugestões para trabalhos futuros.	48
REFERÊNCIAS	50

INTRODUÇÃO

Mudanças de perfil e níveis de consumo da sociedade moderna têm incentivado a criação de novos produtos e serviços em ritmo acelerado. Da mesma forma, elas também têm popularizado a utilização em larga escala de serviços tradicionais que antigamente eram considerados de alto custo e utilização restrita. No setor de transporte coletivo de longas distâncias, observa-se um incremento considerável no número de passageiros e bagagens sendo transportadas, demonstrados através de rodoviários e aeroportos lotados em determinadas temporadas do ano. Esta condição de expansão do mercado de turismo não pode ser acompanhada de forma satisfatória pelos sistemas de controle e segurança oferecidos pelos prestadores destes serviços.

Uma vez que os usuários destes serviços de transporte optam por realizar o despacho de uma bagagem devido as suas dimensões não compatíveis com os compartimentos internos dos veículos, a vulnerabilidade das mesmas é muito grande. Nota-se que esse problema é ainda agravado pela impossibilidade da companhia de transportes em realizar o monitoramento em tempo real das condições da bagagem despachada em todo o processo de espera para o embarque e carregamento do porta-malas.

Uma situação muito desagradável, e que segundo os principais órgãos de defesa dos direitos dos consumidores é relativamente comum, é o problema de violação do interior de bagagens em serviços de transporte coletivo de longas distâncias, em especial em aeroportos e rodoviárias. O usuário é orientado a realizar o despacho de sua bagagem pessoal no porta-malas do ônibus ou avião, e a partir deste ponto ele perde o contato visual com os seus pertences, que ficam em uma área comum de estocagem até que sejam devidamente carregados e sigam para o seu destino final.

A falta de proteção, mesmo que por um pequeno intervalo de tempo, abre a possibilidade de que eventuais oportunistas abram a bagagem estocada e realizem a retirada de bens pessoais de valor do interior das mesmas. Embora muitos usuários utilizem cadeados e combinações para minimizar este risco de roubo, é comum desfazer uma parte do zíper com um objeto pontiagudo e acessar o interior da bagagem, voltando este zíper ao estado normal pelo simples deslocamento do mesmo pelo vão aberto nas duas direções de deslocamento.

Esta demanda de segurança das bagagens despachadas foi avaliada com uma excelente oportunidade de implementar uma nova forma de verificação eletrônica de integridade das

mesmas, através da utilização de recursos tecnológicos de comunicação e redes, no intuito de garantir de forma simplificada o controle durante este período do despacho.

Os atuais sistemas de comunicações sem fio disponíveis no mercado, assim como os sensores e atuadores comerciais, operam de forma econômica e com boa qualidade de serviço, proporcionando um bom custo-benefício e um baixo consumo de energia relativo. Com base nestas tecnologias, surgiram diversos ramos de desenvolvimento, com diferentes propósitos e aplicações. Dentro da ideia de monitoramento e identificação sem a necessidade de contato físico ou visual, tem-se destacado uma nova tecnologia baseada na comunicação por radiofrequência, semelhante ao sistema RFID de etiquetas, conhecida como NFC, ou Comunicação por Campo Próximo (*Near-Field Communication*).

Da mesma forma que os avanços em tecnologias de comunicação sem fio, outra área que também vem crescendo rapidamente é o desenvolvimento de aplicativos para operação em plataformas mobile, como *smartphones* e *tablets*. A popularização do uso destes equipamentos entre os usuários dos transportes coletivos de longa distância, assim com a grande disponibilidade de bibliografia e bibliotecas para as mais diferentes funcionalidades, possibilita o desenvolvimento simplificado de aplicativos dedicados para cada necessidade específica.

Este trabalho demonstra o desenvolvimento de um projeto de verificação de violação de bagagens despachadas através da utilização destas facilidades da comunicação remota disponíveis na tecnologia NFC, presente em grande parte dos dispositivos mobile. Embora tenham sido consideradas outras tecnologias em um momento inicial deste projeto, as vantagens de uso da tecnologia NFC se sobressaem principalmente pela facilidade de operação, o baixo custo de *hardware* e a operação em modo passivo do sensor. Esta última vantagem elimina a necessidade de utilização e manutenção de uma bateria interna para alimentação, o que poderia inclusive causar restrições de uso em aeroportos devido a emissão de radiação não ionizante e perigo de explosão da mesma, por excesso de calor ou problemas eletrônicos do dispositivo.

Através de um aplicativo especialmente desenvolvido para este projeto é possível realizar a verificação em tempo real se a bagagem foi violada durante o período de despacho, sem a necessidade de abrir a mesma ou efetuar a retirada. O sensor de verificação de abertura da bagagem é inserido no interior da mala que se deseja monitorar e após é inicializado antes do embarque, seguindo até o destino monitorando a sua integridade. No caso de a bagagem ser aberta antes da leitura no destino, essa informação poderá ser adquirida com o *smartphone* ou *tablet* do próprio usuário antes da retirada da mesma, comprovando a violação em tempo real.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este trabalho apresenta detalhadamente o desenvolvimento de um sistema completo para detecção rápida de violação de bagagens despachadas no transporte público de longas distâncias. Para atender aos requisitos mínimos do projeto foram utilizados diferentes tipos de tecnologias e áreas de conhecimento, desde princípios básicos de eletrônica, telecomunicações, redes sem fio, programação, propagação e bloqueio de sinais de radiofrequência, até mesmo de mecânica para a montagem do protótipo inicial de forma funcional e baixo custo.

Embora muitas destas tecnologias e ferramentas utilizadas sejam de conhecimento geral, é importante que sejam, mesmo que brevemente, fundamentadas neste capítulo para um melhor embasamento no decorrer do trabalho.

Inicialmente está sendo descrita e fundamentada a motivação para o desenvolvimento deste projeto, onde são abordadas as principais referências sobre o problema alvo, que é a violação de bagagens despachadas. Com esta pesquisa, pode-se verificar claramente que o problema é complexo e de grande realidade nestes sistemas de transporte, causando muito descontentamento pelos serviços prestados e dificuldades na apresentação de provas reais sobre a violação da bagagem após a retirada.

Como proposta de solução de baixo custo de implementação e facilidade de uso, está sendo detalhada de forma sucinta a tecnologia de identificação por radiofrequência de campo próximo, conhecida com NFC (*Near Field Communication*), que já se encontra presente uma fatia considerável de *smartphones* mais modernos. Essa tecnologia permite que o usuário possa realizar a leitura de uma determinada informação previamente gravada em etiquetas eletrônicas que viajam dentro da bagagem despachada, e desta forma monitoram as condições de integridade da mesma durante o trajeto.

A escolha de utilização desta tecnologia, além das barreiras de segurança contra emissão de radiação restrita que poderiam apresentar um limitador de utilização em aeroportos e viagens internacionais, baseia-se na possibilidade de leitura das informações de integridade da bagagem sem que seja necessária a retirada ou abertura da mesma, através da implementação de uma rede sem fio de baixa potência. Em caso de violação, o usuário pode optar pela não retirada da bagagem até que a mesma tenha sua abertura acompanhada por um fiscal da própria companhia de transporte ou órgão regulador de transporte, gerando uma prova incontestável de quebra de integridade desta bagagem pessoal durante o período de posse do transportador.

De forma semelhante, para o bom funcionamento do sistema foi necessária a seleção e o desenvolvimento de um sensor de violação adequado. Para resolver este problema, foram avaliados diferentes tipos de sensores e tecnologias de detecção, com suas particularidades e limitações. Embora apenas um deles tenha sido o escolhido com mais adequado para este projeto, neste capítulo estão sendo descritas algumas opções de desenvolvimento dos sensores que apresentam os melhores resultados. Diferentes níveis de sensoriamento, eficiência, praticidade e manutenção estão sendo comparados entre estes sensores, e inclusive propostos para o desenvolvimento de variações do projeto no capítulo de trabalhos futuros.

Como a ideia inicial está focada em desenvolvimento de baixo custo através da utilização de recursos disponíveis em *smartphones*, também se tornou necessário o estudo e aprendizado básico de programação de aplicativos nas plataformas destes equipamentos, sendo inicialmente escolhido o Android® como base de desenvolvimento. Não estão sendo tratados neste capítulo os princípios de funcionamento e detalhes técnicos deste sistema operacional, mas apenas as ferramentas e recursos necessário para o desenvolvimento de um aplicativo específico para a operação de forma satisfatória deste sistema em relação aos requisitos que se propôs neste projeto.

Concluindo este trabalho, também estão sendo avaliados os projetos mecânicos do conceito do sensor que é instalado no interior da bagagem, de forma muito simplificada, demonstrando apenas as possibilidades de implementação e operação, como a utilização de impressões em 3D de polímeros e injeção no caso de maiores quantidades.

1.1. Descrição da demanda do projeto – Violação de bagagens despachadas

Embora existam diferentes referências, em diversas áreas de conhecimento, sobre o tema da problemática de extravio e violação de bagagens durante o período de transporte de longas distâncias, optou-se pela apresentação de dados estatísticos e a legislação vigente como base de motivação e contextualização deste projeto. Nota-se que os órgãos reguladores, os usuários e até mesmo a própria imprensa estão preocupados com os atuais índices de problemas relacionados com este tema, onde a geração de provas reais tem sido o maior embate entre a rápida solução e uma grande dor de cabeça para os passageiros, tornando a reclamação ineficiente e cansativa, principalmente quando somados aos desgastes de uma viagem de longa distância.

Viagens de longa distância naturalmente representam um dos maiores filões de faturamento das companhias de transporte aéreos e rodoviários, onde a grande quantidade de passageiros e encomendas transportadas diluem os custos operacionais de forma mais eficiente. Também é natural de se observar, que em geral passageiros destas viagens transportam mais bens em suas bagagens devido a maior permanência nos destinos, ou até mesmo por oportunidade de melhores compras, como em viagens internacionais ou para destinos específicos. Esse grande volume de bagagens com maior valor agregado, aliado aos atuais sistemas de controle de despacho utilizados, gera a oportunidade fácil de violação das mesmas, sem que seja possível precisar onde e quando exatamente isto ocorreu.

Como base da motivação para o desenvolvimento deste projeto, observa-se que em uma reportagem que foi exibida no telejornal BOM DIA BRASIL (2015) foi realizada uma pesquisa sobre este tema. Nesta reportagem foi apresentado um dado alarmante sobre a fragilidade do sistema de despacho de bagagens, onde onze malas são perdidas ou roubadas por dia em aeroportos brasileiros. Também foi apresentada no telejornal BOM DIA BRASIL (2013) uma relação em nível mundial, onde neste ano, um total de 22 milhões de passageiros tiveram suas malas perdidas ou violadas em todo o mundo. A partir destes dados, também foi vinculada a notícia de que diversos aeroportos pelo mundo estão começando a buscar novas soluções de segurança de despacho de bagagens, inclusive apontando para a tendência de sistemas automatizados de manuseio para tentar diminuir, ou se possível, até eliminar esse problema. A Fig. 1 apresenta a reportagem vinculada no telejornal Bom Dia Brasil do dia 24 de março de 2015, onde demonstra algumas situações preocupantes em que as bagagens despachadas nos aeroportos nacionais passam quando não estão sob o cuidado dos próprios passageiros.

Em outra reportagem, segundo a ANAC - Agência Nacional da Aviação Civil em resolver os problemas com as bagagens transportadas no sistema aéreo com maior eficiência (2013), o procedimento padrão de um cliente da companhia aérea após a descoberta de que sua mala foi danificada, extraviada ou violada, é descrito como: "Procure a empresa aérea para relatar o fato logo que constatar o problema, preferencialmente ainda na sala de desembarque. Esse comunicado poderá ser registrado na empresa em até 7 dias após a data de desembarque. Além disso, se sua bagagem for violada, registre uma ocorrência na Polícia, autoridade competente para averiguar o fato." O maior problema para o cumprimento deste procedimento está na eficaz detecção da violação da bagagem antes da saída da sala de embarque, uma vez que o usuário necessita coletar a mesma na esteira e após realizar a abertura para conferir sua integridade. Neste momento da retirada, a bagagem já não está mais em posse da companhia de

transporte, e sim do usuário, o que gera dificuldade na comprovação da responsabilidade da empresa sobre os pertences que estão no interior da bagagem.



Figura 1 – Reportagem sobre violação de bagagens vinculada no Bom Dia Brasil - Globo
Fonte: <http://g1.globo.com/bom-dia-brasil>

Ainda segundo o vigente Código de Defesa do Consumidor (CDC), seja no aeroporto ou na rodoviária, a empresa é responsável pela bagagem do passageiro e deve indenizá-lo em caso de extravio ou danos. Também é importante verificar que segundo o art. 6.º, VI e 14 do CDC, estas coberturas estão bem definidas e dependem exclusivamente da apresentação das provas deste problema. No caso de a viagem ser contratada através de uma agência de turismo, a mesma também deve ser responsabilizada pela ocorrência.

Todos estes dados apresentados, assim como as devidas responsabilidades e processos para a obtenção de provas para o pedido de indenização sustentam o desenvolvimento deste projeto. Através da utilização deste sistema, o usuário pode rapidamente detectar problemas relacionados com a integridade de sua bagagem, e antes de tomar a posse da mesma, chamar um responsável do local para servir de prova real da violação. Da mesma forma, empresas de turismo e companhias de transporte, podem oferecer este serviço de segurança adicional para o despacho de suas bagagens como um diferencial competitivo, e desta forma fidelizar mais os seus clientes. Como se trata de um sistema de baixo custo, a sua implementação se torna facilmente viável por qualquer agência ou companhia de transporte ou viagem.

1.2. Tecnologia de identificação eletrônica por proximidade - NFC

Para o desenvolvimento deste projeto buscou-se a implementação de um sistema que apresentasse grande facilidade de utilização pelos usuários, mas que mantivesse um baixo custo final para a viabilização comercial em larga escala. Com estes requisitos bem definidos, foram pesquisadas diferentes tecnologias de comunicação e identificação eletrônica que se encaixavam na proposta.

Em um cenário idealizado, tecnologias de comunicação de banda larga também foram analisadas e consideradas, como por exemplo, interfaces de comunicação nos padrões Wi-Fi e Bluetooth. Essas tecnologias possuem grande inserção nas telecomunicações e redes hoje em dia, mas seu custo relativo dificultaria a larga proliferação de uso, principalmente em casos de cortesias das empresas de transporte ou agências de viagem especializadas. É evidente que redes de comunicação de banda larga oferecem a possibilidade de explorar muitos outros recursos deste sistema e não estão descartadas para trabalhos futuros.

Também é importante observar que a utilização de tecnologias de comunicação sem fio, que atendem aos requisitos deste sistema, apresentam a indesejável emissão de radiação no espectro eletromagnético como base de operação. Devido às rígidas regras de transporte de carga aérea e restrições de frequências de operação em diferentes países, buscou-se a utilização de um dispositivo de identificação por radiofrequência que, do ponto de vista da fonte de alimentação, fosse totalmente passivo. Essa característica especial, além de diminuir a manutenção para um nível quase zero, também não causa impedimento de embarque, uma vez que só tem a capacidade de emitir sinais de radiofrequência quando o mesmo é solicitado.

Preenchendo uma lacuna de identificação eletrônica sem a necessidade de contato físico deixada pelas atuais configurações e sistemas de códigos de barras, que obrigatoriamente necessitam de uma linha de visada direta entre o leitor e o *transponder*, surgiram os primeiros modelos de etiquetas de identificação por radiofrequência (RFID) passivas. Essas etiquetas possuem modernas técnicas de leitura e gravação de dados em curtas distâncias sem a necessidade de utilização de uma fonte de energia interna no *transponder*. Desta forma, cada vez que estas etiquetas são interrogadas pelo dispositivo leitor, a mesma responde informando o conteúdo de sua memória interna, fornecido através da captura e canalização da energia de radiofrequência acoplada na antena. Essa energia é suficiente para a resposta desta interrogação,

e após esse período, se nenhuma nova interrogação for realizada, a etiqueta não possui mais a capacidade de emitir sinais de radiofrequência e entra novamente em estado de inatividade.

Esta característica em especial de permanecer sem atividade de radiofrequência, foi um dos principais motivos para a proliferação da tecnologia RFID pelo mundo. Embora a etiqueta possa apresentar um custo muito baixo, da ordem de centavos de dólar dependendo do seu modelo e aplicação, os leitores, também conhecidos como interrogadores, possuem uma construção mais sofisticada e um maior custo de implementação.

Novas tecnologias de identificação por radiofrequência têm sido desenvolvidas nestes últimos anos visando a diminuição de custos através da adequação dos recursos para atividades bem específicas, como por exemplo, abertura de portas, certificações de pessoas e produtos, registro de eventos, entre outras. Essa limitação de recursos, como a distância de leitura próxima, permitem que sejam desenvolvidos dispositivos mais simplificados e baratos através de uso de frequências mais baixas e antenas menos elaboradas. Para este projeto, a utilização de leitura em campo próximo atende a todos os requisitos impostos, uma vez que a seletividade para leitura do sensor interno da bagagem é muito importante no caso de serem utilizadas em larga escala. A tecnologia NFC (*Near Field Communication*) é um desses exemplos descritos anteriormente, onde através de *transponders* (etiquetas) inteligentes é possível verificar o estado e realizar a leitura de dados, sem que haja contato físico ou linha de visada direta entre ele e o interrogador, através de *smartphones* e *tablets* especialmente equipados com estas funcionalidades.

Carter, J., e Faulkner, (2011), explicam de forma simplificada porque a tecnologia NFC está cada vez mais presente nos dispositivos pessoais de comunicação hoje em dia, como *smartphones* e *tablets*. As funcionalidades que a tecnologia deslumbra, como acesso simplificado com credencial segura a uma determinada conta bancária ou a um computador de uso pessoal, pagamentos sem uso de senhas e identificação segura são os principais motivadores desta proliferação. Segundo o autor, esta é uma tecnologia relativamente simples do ponto de vista do usuário, de curto alcance e baixa potência, com a capacidade de estabelecer um enlace de rede sem fio. Nesta comunicação, ao contrário do que acontece com o protocolo de comunicação utilizado na tecnologia Bluetooth, não é necessário realizar o emparelhamento dos dispositivos envolvidos na leitura e identificação, uma vez que a comunicação é mínima em termos de dados e de consumo de energia, onde o *transponder* NFC pode operar de forma passiva, ou seja, sem a utilização de uma bateria interna.

Segundo Nassar e Vieira (2014), a tecnologia NFC surgiu a partir da evolução natural dos dispositivos RFID passivos, onde foram agregadas novas funcionalidades para uma maior flexibilização do uso. A simples transferência das informações de identificação, de forma segura entre o *transponder* e o dispositivo leitor através de uma rede sem fio de curta distância, permite a implementação de um moderno sistema de credencial com praticidade de uso, apenas pela aproximação dos mesmos no ambiente de identificação.

Através de conclusões obtidas por Chen e Jin, (2012), nota-se que a proliferação em larga escala da tecnologia NFC integrada com equipamentos móveis e portáteis, dispositivos eletrônicos e objetos inteligentes em geral, tem motivado o desenvolvimento de diversas aplicações diferentes. Estas aplicações têm ganhado volume e praticidade no entretenimento e no trabalho dos usuários, uma vez que a tecnologia possibilita atividades como a realização de pagamentos, o acesso simplificado de catracas, a obtenção e a transmissão de conteúdo entre diferentes dispositivos, entre outras.

1.2.1. Modos de operação da tecnologia NFC

De acordo com Moreira (2013), a tecnologia NFC pode utilizar duas modalidades de operação de acordo com sua fonte de alimentação, sendo uma passiva e outra ativa. No caso de dispositivos passivos, o próprio sinal de radiofrequência, que é transmitido sem fio, é responsável pela alimentação do circuito de identificação. Já em dispositivos ativos, existe uma fonte de alimentação interna no *transponder* que é responsável por fornecer toda a energia no circuito de identificação, proporcionando a este a capacidade de enviar, receber e interpretar os sinais de comunicação da rede wireless.

Ainda segundo Moreira (2013), diferentemente das classificações anteriores de acordo com sua fonte de alimentação, ainda existem três formas de operação:

1. Modo *Read/Write* – Neste modo, o leitor possui a capacidade de realizar a leitura e a escrita de dados no *transponder*, assim como também realizar pequenas alterações em campos específicos de dados em um dispositivo NFC.

2. Modo *Card Emulation* – Um determinado dispositivo móvel equipado com esta tecnologia pode simular a operação de um *smart card* tradicional, mas, no entanto, requer que este possua um recurso programável dedicado para a implementação da criptografia compatível com a tecnologia.

3. Modo Ponto-a-Ponto – Utilizado para o estabelecimento da comunicação entre dois ou mais dispositivos NFC ativos. Esta função permite que se construa uma rede de dados adaptativa entre os dispositivos, aumentando seu alcance e funcionalidades.

Segundo Paiva (2012), a tecnologia NFC funciona bem quando observado em relação as suas limitações de operação, mas ainda sofre de altas barreiras de inserção no mercado devido a não existir uma padronização global estabelecida. Sem esta padronização é muito difícil gerar um modelo de negócio garantido para uso em larga escala, sendo esta a principal razão apontada pelo autor como um dos motivos para existir poucos serviços NFC ainda.

De acordo com Moreira (2013), o funcionamento dos dispositivos com tecnologia NFC são baseados no princípio da indução magnética transmitida pela antena, de forma que a incidência de um campo magnético sobre um circuito elétrico torna possível produzir uma corrente elétrica induzida neste circuito, conforme está demonstrado na Fig. 2. O leitor NFC induz um campo magnético no circuito do *tag* NFC através da transmissão deste campo pela antena acoplada. Sendo assim, a ativação do *transponder* NFC passivo só é efetuada quando outro dispositivo com NFC ativo, como por exemplo um *smartphone*, gera um campo magnético e o transmite pela antena. Esse campo é então acoplado pela antena do *transponder* criando um canal de comunicação de dados. Este exemplo demonstrado representa o modo descrito como comunicação *Read/Write* que está sendo utilizado neste trabalho.

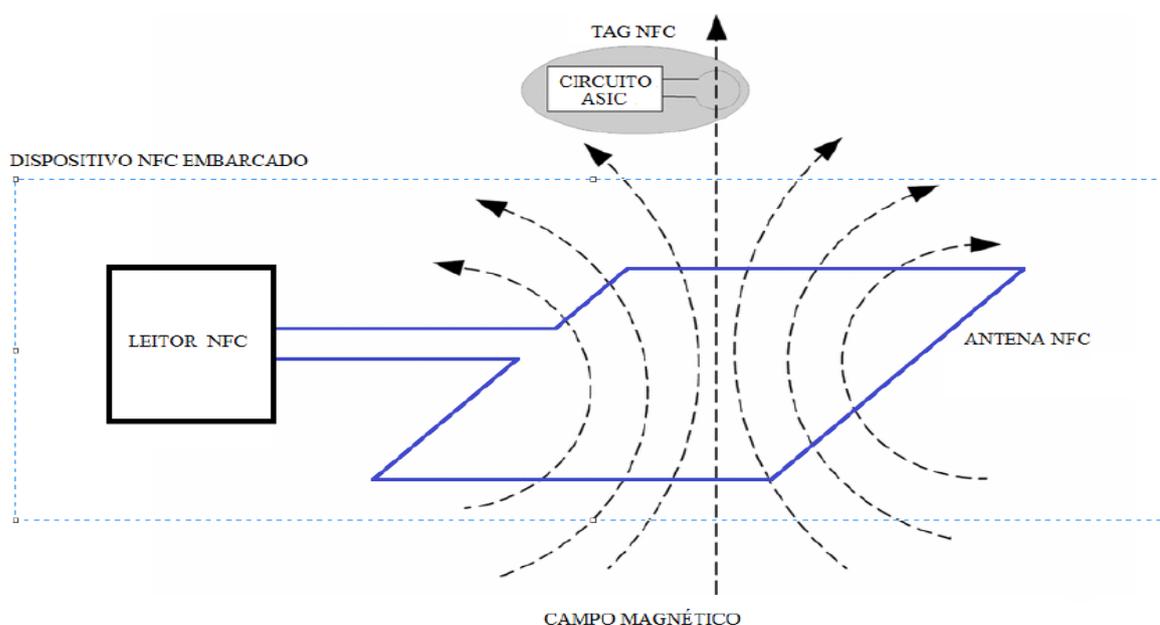


Figura 2 – Representação do acoplamento do campo magnético de um sistema NFC
Fonte: Moreira (2013)

Segundo Coshum (2013), no modo de leitura da tecnologia NFC passivo deste projeto, o dispositivo ativo ou leitor coleta os dados a partir de uma etiqueta inteligente que é excitada através do acoplamento de um campo magnético gerado a partir de uma frequência central de 13,56 MHz. Este acoplamento faz com que esta etiqueta responda à interrogação do leitor e envie as informações contidas na sua memória. Este procedimento de transferência de informação, que em geral é utilizada para uma chave de banco de dados ou pequenos status de operação, está demonstrado na Fig. 3. Nesta figura pode-se observar que o dispositivo ativo inicia o processo de leitura através da geração de um campo magnético na frequência de 13,56 MHz. Este campo é absorvido pelo *tag* NFC em forma de energia, que alimenta o circuito eletrônico para o envio das informações solicitadas. Este dispositivo leitor pode executar várias ações depois que efetua a leitura dos dados da etiqueta, de acordo com suas características construtivas e de operação.

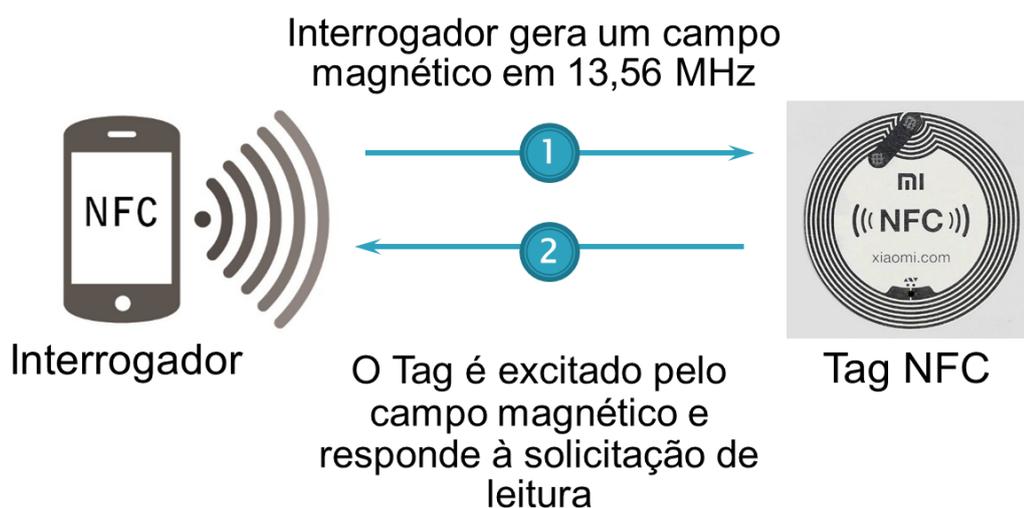


Figura 3 – Diagrama de fluxo dos dados no processo de leitura de um *tag* NFC

Fonte: Próprio Autor

1.3. Técnicas de Sensores de intrusão.

Para o desenvolvimento deste projeto foi necessária a definição de uma modelo de sensor de intrusão ou violação da bagagem que atendessem a todos os requisitos iniciais do mesmo, como fácil operação, baixa manutenção, baixo custo de implementação, confiabilidade relativamente alta, e compatibilidade com a tecnologia escolhida para a comunicação de dados.

Com estes requisitos bem definidos, foram selecionadas três tecnologias que mais se adaptam ao projeto, com suas peculiaridades e limitações. Embora apenas uma delas tenha sido efetivamente implementada, neste capítulo estão sendo brevemente detalhadas estas três modalidades de sensores, uma vez que são indicadas também para utilização em trabalhos futuros ou diferentes funcionalidades adicionais. Elas também servem de base de comparação para explicar os motivos da seleção dos sensores com acionamento mecânico para este projeto.

Sensores do tipo *reed-switch* foram apresentados por apresentarem grande eficiência e simplicidade de instalação e operação, proporcionando uma interface de acoplamento universal com qualquer tecnologia de comunicação escolhida. Como limitante de utilização, nota-se que é necessária a utilização de uma fonte de alimentação no sensor para gerar a corrente a ser detectada, ou sua interrupção. Essa opção, embora não origine nenhuma emissão de radiação de radiofrequência antes de ser acionada, tem essa condição alterada no momento do acionamento, iniciando o sistema de comunicações para o envio da mensagem de violação ao usuário.

No caso de utilização dos sensores com LDR (*Light Dependent Resistor*), a detecção de intrusão é realizada através da variação dos níveis de iluminação no interior da bagagem, originada pela abertura, mesmo que parcial da mesma. É um dos sensores que representa a melhor relação de detecção, sendo capaz de perceber pequenas variações da intensidade de luz. Sua limitação de uso, assim como no caso do *reed-switch* é a obrigatoriedade de utilização de uma fonte de energia dentro da bagagem para a alimentação do sistema e retenção de um relé de acionamento, o que de forma semelhante, pode causar restrições de uso em aeroportos e alto consumo de energia até a leitura no destino.

Como uma solução de operação mais simples, também foi avaliada a utilização de um modelo de detecção de intrusão baseado somente no acionamento mecânico de um dispositivo especialmente desenhado para esta finalidade. Com este acionamento não é necessária a utilização de uma fonte de energia no interior da bagagem, sendo aguardada apenas a tentativa de leitura dos dados pelo usuário no destino. Como no trajeto de despacho o sistema, mesmo acionado, não apresenta nenhuma emissão de radiofrequência ou possibilidade de explosão de baterias, pode ser utilizado em qualquer aeroporto do mundo sem restrições.

A seleção de uma técnica de sensoriamento contra intrusão com acionamento mecânico, embora tenha apresentado a maior aderência com os requisitos do projeto, necessita de um bom modelo de acionamento com base na abertura da bagagem, e a impossibilidade de rearme no caso de ser descoberta a sua presença no interior da mesma pelo oportunista. Esta tarefa de

apresentar um modelo eficiente, de baixo custo, alta confiabilidade e principalmente compatível com o sistema de comunicações de dados sem fio foi o principal desafio durante o desenvolvimento deste projeto.

1.3.1. Sensores de intrusão do tipo reed-switch

Como primeira opção entre as técnicas de sensoriamento contra intrusão selecionada, os sensores do tipo *reed-switch* apresentam uma boa confiabilidade, fácil acionamento e baixo custo, mas dependem de uma fonte de energia para manter o acionamento em caso de tentativa de rearme, além do interfaceamento com o sistema de comunicações de forma ativa. Diferentes formas de operação e acionamento podem ser utilizadas neste modelo, embora o princípio de funcionamento basicamente seja o mesmo em todos os casos na utilização de sensores magnéticos para verificação de violação.

Segundo afirma o Instituto NCB (2014), os sensores magnéticos em geral são compostos por um ímã de campo permanente associado a um *reed-switch* em série com o circuito monitorado. De uma forma simplificada, quando o ímã é afastado do *reed-switch* o mesmo realiza a abertura dos contatos internos, e desta forma interrompe a passagem de corrente no mesmo. Esta interrupção permite que seja acionado um circuito de detecção de circuito aberto, e desta forma seja acionado o sistema de comunicações deste projeto. Na Fig. 4 pode-se observar a operação básica de um *reed-switch* acionado por um ímã, onde a sua proximidade mantém a corrente circulando no circuito. No momento em que este ímã é afastado do *reed-switch*, o circuito é interrompido pela abertura dos terminais internos.

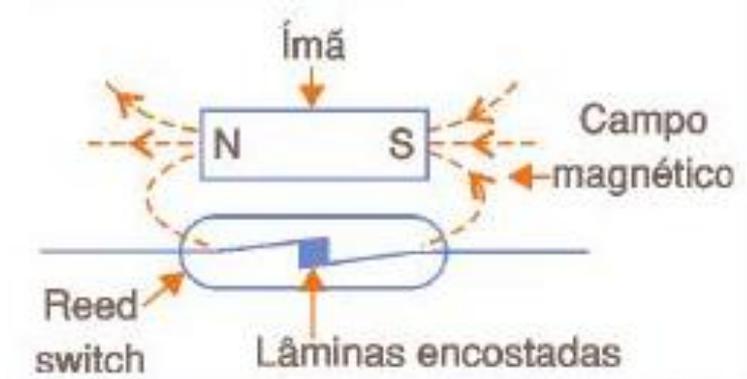


Figura 4 – Operação básica de um *reed-switch* acionado

Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABvu8AF/reed-switch>

1.3.2. Sensores de intrusão do tipo LDR

Como segunda opção de sensores de intrusão, foi avaliada a utilização de dispositivos LDR comerciais, que possuem a capacidade de perceber pequenas variações de energia luminosa em sua superfície sensível, e desta forma responder com a variação de sua resistência interna de forma proporcional. Esse acionamento é baseado na variação da tensão de saída do circuito através da variação dos valores de uma associação de resistores em série, o que representa uma opção bem precisa de detecção de pequenas aberturas da bagagem.

Este modelo de acionamento, conforme já foi comentado anteriormente também necessita de uma fonte de energia acoplada durante todo o período de operação, o que em caso de acionamento pode causar explosões da bateria ou emissão de radiação de radiofrequência restrita, que em geral não pode ser utilizado em aeroportos.

Segundo NCB (2014), um sensor com princípio de funcionamento fotoelétrico opera através de um processo de transformação de sinais luminosos (fótons) em sinais elétricos correspondentes, e desta forma pode ser acoplado a qualquer circuito elétrico de detecção ou retenção das informações. No caso específico dos dispositivos LDR, nota-se que sua praticidade de operação estimula diversas aplicações interessantes e simples, podendo inclusive utilizar em circuitos de corrente alternada, uma vez que se tratam de sensores bidirecionais. A Fig. 5 apresenta a configuração básica de montagem de um circuito para utilização do sensor LDR, onde pode-se observar que a tensão de saída V_r é proporcional à variação da resistência interna do sensor utilizado.

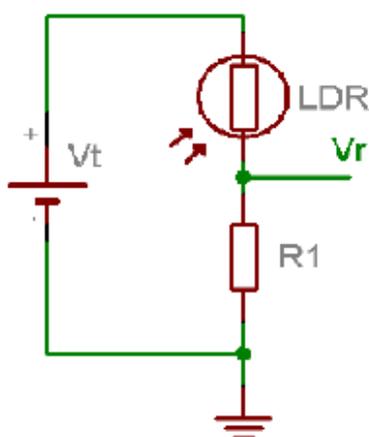


Figura 5 – Configuração simplificada de operação de um circuito LDR
Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAPOMAF/sensores-ldr>

A opção de utilização deste sensor no sistema proposto neste projeto representa uma das melhores técnicas de sensoriamento de violação da bagagem, pois elimina a utilização de partes móveis mecânicas na detecção de abertura. Porém, sua utilização também requer o acoplamento em uma fonte de energia que deve ser despachada junto com a bagagem, deixando de ser a melhor opção de conjunto de dispositivos para utilização neste projeto.

1.3.3. Sensores de intrusão do tipo mecânico

Como última das opções de acionamento do sistema de detecção de violação viável, encontra-se a operação totalmente mecânica. Nesta configuração não é necessária a utilização de nenhum circuito elétrico ou eletrônico associado para a detecção, sendo somente acionada através da variação de um estado representado pela aplicação de uma força mecânica, de ação ou reação, que seja capaz de manter o último estado na memória até a intervenção do usuário.

Embora um sistema totalmente mecânico de acionamento e retenção de estado não ofereça a possibilidade de interação direta com os sinais de dados elétricos necessários para a detecção da violação através de um aplicativo do *smartphone* ou *tablet*, pode-se operar o sensor como um componente de acoplamento ou desacoplamento da antena do NFC. Muitas técnicas de ajuste e casamento de impedância de sinais de radiofrequência são obtidas através da interação com componentes ferromagnéticos associados as antenas e componentes associados a esta.

Com base nestas funcionalidades e na possível interação deste tipo de sensor de detecção de violação mecânico com os *transponders* NFC sem a utilização de uma bateria como fonte de alimentação na bagagem, esta técnica foi selecionada como a mais adequada para a implementação em larga escala no sistema de despacho de bagagens das companhias de transporte coletivo de longa distância. A não emissão de radiação restrita mesmo com o acionamento do sensor qualifica o sistema para operação em qualquer aeroporto mundial sem a necessidade de homologação, além de apresenta um baixo custo de implementação.

O grande problema na implementação desta técnica é o desenvolvimento de um sistema de acionamento e retenção do estado acionado de forma mecânica que seja totalmente confiável. A não geração de falsos-positivos e o impedimento do rearme sem que seja percebido pelo usuário no destino representam o sucesso deste projeto. No próximo capítulo estão sendo discutidas as soluções para esta implementação no projeto.

1.4. Plataforma Android®

Para a implementação deste projeto com sucesso foi necessário em um primeiro momento selecionar uma plataforma de desenvolvimento que estivesse presente em uma grande parcela dos dispositivos móveis utilizados pelos usuários dos transportes coletivos de longas distâncias. Desta forma, para otimização dos recursos disponíveis neste período, foi escolhido desenvolver um aplicativo de leitura e visualização do status de integridade da bagagem na plataforma Android®.

Segundo Martins (2009), a plataforma Android® é um sistema operacional de fonte aberta para dispositivos de operação móvel baseado em Linux, que atualmente é controlado comercialmente pelo *Google*. Este sistema operacional utiliza a linguagem de programação Java, incluindo uma coleção de bibliotecas C/C++ que são usadas por várias componentes que compõem os dispositivos móveis, como o sistema de áudio, vídeo, gráficos, navegadores e entre outros. A arquitetura foi planejada para simplificar o reuso e a troca de componentes, e assim disponibilizar aos desenvolvedores a utilização das plataformas de interface de programação de aplicativos, chamadas de APIs (*Application Programming Interface*).

Segundo Lui (2011), os aplicativos desenvolvidos para a plataforma Android® são executados em uma máquina virtual Java chamada de *Dalvik*. Essa máquina virtual foi redesenhada e otimizada pelo *Google* para uma melhor operação em dispositivos móveis com as características de telas sensíveis ao toque e interatividade direta.

Utilizando essas facilidades disponíveis nos equipamentos móveis de comunicação, foi desenvolvido um aplicativo interativo e de fácil operação do usuário que é executado diretamente em seu *smartphone* ou *tablet* com tecnologia NFC embarcada, minimizando dos custos de implementação do sistema em larga escala.

2. MÉTODOS E TÉCNICAS

De acordo com o que foi definido no projeto deste trabalho, para o melhor andamento das atividades o desenvolvimento foi dividido em três etapas distintas para o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. Resumidamente destacam-se a pesquisa bibliográfica, o desenvolvimento das atividades de implementação e por último os ensaios e análise dos resultados obtidos.

A pesquisa bibliográfica foi realizada sobre os temas mais relevantes deste projeto, sendo utilizada para selecionar e definir as melhores formas de atuação dos sensores de violação de bagagem, a escolha da tecnologia de identificação eletrônica do status do sensor, com o objetivo de reduzir os custos sem comprometer a eficiência e a escolha da plataforma de desenvolvimento do aplicativo de usuário. Após a consolidação dos conhecimentos obtidos nesta etapa, foram realizadas a implementação do sistema e os ensaios em laboratório.

Por se tratar de um projeto com implementação de um protótipo físico para a realização de ensaios em laboratório, e considerando o tempo de execução limitado, foi utilizada esta metodologia de execução onde na etapa inicial foram realizadas pesquisas para contextualizar a problematização abordada e fornecer uma base tecnológica sobre os principais assuntos e tecnologias utilizadas.

Em uma segunda etapa foi realizada a aquisição dos recursos necessários para a execução do projeto e o desenvolvimento das atividades de montagem e testes iniciais, assim como a criação da interface de interação do usuário na plataforma Android®

Na terceira e última etapa deste projeto foram realizados os ensaios em um ambiente controlado, com o objetivo de obter informações sobre o desempenho do sistema e correção de prováveis erros. Para o desenvolvimento destas atividades foram simuladas diferentes situações de transporte e violação de bagagens no laboratório, buscando eventuais falhas de projeto ou acionamentos falsos. Com o término destes ensaios, foram analisados todos os resultados e realizada a consolidação dos mesmos para a elaboração deste relatório final.

O apoio na pesquisa e os recursos necessários serão fornecidos pelo orientador, assim como pelos demais professores do curso de Redes de Computadores.

Como objetivo deste projeto destaca-se o desenvolvimento de um sistema completo para a detecção de eventuais violações por terceiros na bagagem que está sendo despachada em separado do passageiro, em transportes coletivos, como ônibus ou aviões, entre outros meios.

Através das tecnologias de identificação eletrônica por proximidade e de redes de comunicação sem fio, o sistema sinaliza para o usuário se durante o período de posse da bagagem pelo transportador houve qualquer tentativa de abertura da bagagem não autorizada, de forma simples e direta, sem que seja necessária a retirada da mesma na esteira de entrega.

2.1. Recursos do projeto

Conforme foi definido na pesquisa bibliográfica, para o desenvolvimento das atividades deste projeto foram utilizadas tecnologias de comunicação e sensoriamento que representam a melhor relação de custo e benefício que atendem de forma satisfatória os requisitos básicos deste projeto. Variações e funcionalidades adicionais podem ser implementadas através da modificação dos recursos utilizados, como registro do horário da violação, posicionamento com GPS, entre outras, mas que neste momento não atendem aos requisitos de baixo custo e manutenção. Algumas melhorias e recursos adicionais deste projeto foram sugeridos para trabalhos futuros no final deste documento.

Como o desenvolvimento deste projeto contempla a implementação e a realização dos ensaios em laboratório, foi necessária a execução das atividades de forma seriada e organizada, para que todos os recursos utilizados fossem compreendidos em toda a sua plenitude. Os métodos e técnicas utilizados foram inicialmente implementados e testados em separado, através de procedimentos e ferramentas de uso geral. Assim que as provas de conceito foram amplamente testadas e aprovadas para uso no projeto, foram desenvolvidos os processos de integração para a operação no sistema proposto.

Como primeiro passo da implementação foi escolhida a tecnologia de identificação eletrônica NFC, onde buscou-se a maior quantidade possível de conhecimentos para nortear a definição dos outros passos do projeto, uma vez que a rede de comunicações representa o ponto chave deste trabalho. A partir do momento em que a tecnologia NFC estava compreendida e testada, iniciou-se o processo de interação com o sensor mecânico de violação, procurando uma solução prática e simplificada de operação em conjunto.

Através dos conhecimentos obtidos no curso sobre propagação e antenas, buscou-se alterar as propriedades do sistema de irradiação do *transponder* NFC dentro da bagagem pelo deslocamento mecânico de um módulo interno do sensor, assim que o mesmo fosse acionado pela abertura não autorizada durante o período de transporte.

Com esta integração da tecnologia NFC e o sensor de acionamento mecânico, foi necessário o desenvolvimento do aplicativo na plataforma Android® utilizada pelos dispositivos móveis, com *smartphones* e *tablets*. Este aplicativo permite que os usuários possam acessar as informações dos *transponders* NFC no interior da bagagem de forma simples e direta, sem que haja a necessidade de retirada da mesma.

Para um melhor entendimento, neste documento estão sendo apresentados os desenvolvimentos de acordo com a sequência natural do projeto.

2.1.1. Tecnologia de identificação eletrônica NFC

Para o desenvolvimento da rede de comunicações do projeto com baixo custo e utilização dos recursos disponíveis em *smartphones* e *tablets* mais modernos, foi escolhida a tecnologia de identificação eletrônica NFC passiva, onde o *tag* não possui fonte de alimentação própria, sendo esta energia fornecida pelo próprio leitor no momento da interrogação. Além do baixo custo dos *transponders*, também foi escolhida esta tecnologia pelo fato de a mesma não permanecer emitindo radiação de radiofrequência restrita após o acionamento, o que poderia causar a restrição de utilização em diversos aeroportos pelo mundo. Da mesma forma, principalmente companhias aéreas possuem fortes restrições de transporte de baterias em estado ativo, pela presença de materiais tóxicos pesados e o risco de explosão e fogo no caso de problemas relacionados com curtos circuitos ou descarga total, como no caso de baterias de Lítio Polímero (Li-Po).

Dentre as diversas opções de *transponders* comerciais disponíveis no mercado, optou-se pela utilização de etiquetas autoadesivas pela facilidade de instalação, além de possuírem as dimensões bem reduzidas. Na Fig. 6 pode-se observar o *transponder* NFC da companhia chinesa Xiaomi que foi utilizado neste projeto comparado com uma moeda de 25 centavos de real. Este *tag* NFC é do tipo *sticker*, construído a partir da impressão do circuito sobre um substrato não condutivo flexível e autoadesivo. As dimensões reduzidas da antena do *transponder* utilizado, de apenas 35 mm de diâmetro permitem a construção de um sensor pequeno e fácil de esconder no interior da bagagem, sendo difícil a sua percepção inclusive pelo raio x no caso de aeroportos. Também importante, os baixos custos destes dispositivos, de menos de 1 dólar por unidade, viabilizam a utilização de duas unidades por sensor, desta forma sempre atestando sua operação com a leitura garantida de pelo menos um deles.



Figura 6 – Comparação das dimensões do *tag* NFC utilizado e uma moeda
Fonte: Próprio autor

As especificações técnicas destes dispositivos selecionado para o projeto estão descritas na tabela 1, onde pode-se visualizar as principais características construtivas e os padrões utilizados comercialmente, totalmente compatíveis com os *hardwares* presentes nos *smartphones* e *tablets* com Android®.

Tabela 1 – Especificações técnicas do *tag* NFC

Detalhes Técnicos	Especificações
Cor: Transparente	Dimensão total: 45 mm x 45 mm
Formato: Quadrado	Tamanho da antena: 35 mm / 0,14 polegadas
Material: PVC	Circuito Integrado (CI): NXP NTAG203
Memória: 144 Bytes	Espessura: 120 μ m (Micrometro)
Regravável	Frequência central: 13,56 MHz
Pré formatado de fábrica	Protocolo: ISO 14443 A
Proteção contra gravação (opcional)	Sistema anticolisão de dados
Autoadesivo	Distância de leitura: até 10 cm
Flexível	Regravação: > 10.000 ciclos

Fonte: <http://www.xiaomiworld.com/xiaomi-nfc-functional-label-sticker.html>

Com a definição dos *transponders* NFC para utilização neste projeto, foram iniciados os primeiros ensaios de leitura e gravação de dados, para a compreensão dos recursos disponíveis e a seleção das ferramentas mais adequadas.

2.1.1.1. Ensaios com os *transponders* NFC

Para complementar os conhecimentos sobre a tecnologia NFC adquiridos na revisão bibliográfica, foram realizados diversos ensaios de leitura e gravação de dados, além de testes de propagação dos sinais em diferentes condições e distâncias. Para estes procedimentos, foi utilizado um *smartphone* com *hardware* NFC compatível com o *transponder* selecionado e um aplicativo comercial de uso livre na opção básica, chamado de *NFC Tools*, adquirido diretamente da loja do *Google Play Store*.

Este aplicativo *NFC Tools*, de criação da empresa francesa *Wak Dev*, permite que os usuários possam realizar leituras e gravações nos diferentes campos de memória dos *transponders* NFC, explorando todos os potenciais da tecnologia, conforme pode-se observar na Fig. 7 algumas de suas funcionalidades.

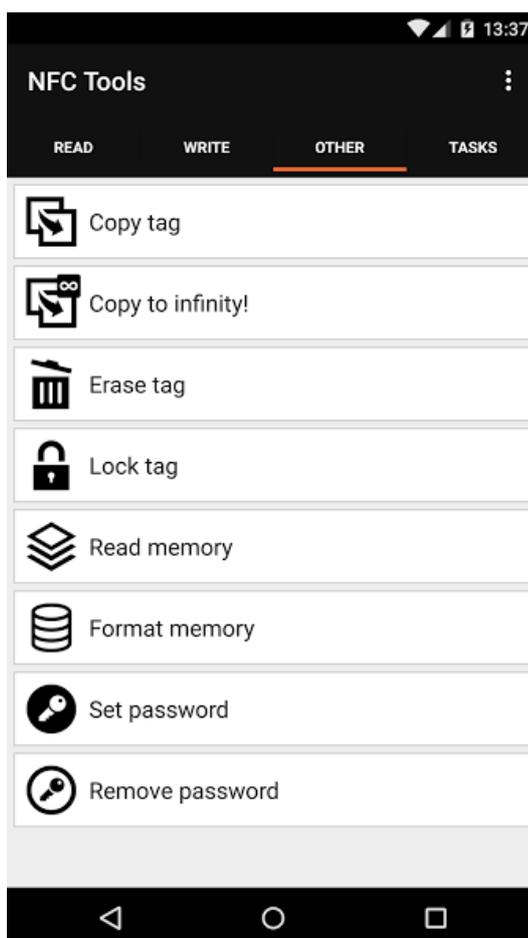


Figura 7 – Tela do aplicativo *NFC Tools* da *Wak Dev*

Fonte: <http://www.wakdev.com/apps/nfc-tools.html>

Através das funcionalidades deste aplicativo, foram realizados ensaios para a determinação da distância máxima de leitura. Em média, durante os experimentos realizados em laboratório, foi possível a leitura em visada direta de até 10 cm de distância entre o *transponder* e o leitor do *smartphone*, com a antena localizada na parte posterior do mesmo. Essa distância embora pareça pequena, foi considerada ideal para a maioria das aplicações, onde se pretende instalar o sensor exatamente na porta de abertura da mala. Outra vantagem da leitura de campo próximo se dá pelo fato da seletividade, onde na presença de outras bagagens no destino permite que o usuário realize apenas a leitura das informações relacionadas com sua mala despachada, ao invés de realizar uma varredura do ambiente.

Por se tratar de um *transponder* impresso diretamente sobre um substrato isolante de PVC flexível, não é recomendável que se modifique o circuito para realizar a integração com o sensor mecânico de violação. Desta forma, buscou-se alternativas mais simples de modificar as características de propagação da antena do *transponder* em caso de acionamento do sensor, e desta forma interferir na leitura de um determinado status do sensor.

2.1.1.2. Bloqueio dos sinais de radiofrequência

Conforme comentado anteriormente, as próprias características construtivas do *transponder* NFC passivo selecionado dificultam a modificação diretamente do seu *hardware* para a integração com o sensor mecânico. Alternativamente, buscou-se a utilização de um elemento estranho ao circuito de propagação dos sinais do *tag* NFC, construído de material condutivo, que permite que se altere as características construtivas da antena do *transponder* através da movimentação mecânica deste dentro do sensor.

Uma antena para emissão de sinais de radiofrequência é construída de tal forma que seja capaz de transmitir para o meio de propagação os sinais que ela recebe através de um condutor elétrico. Essa propagação para que seja eficiente, depende do cálculo preciso das características elétricas do circuito de alimentação e da relação de índices de refração dos meios, que define a impedância da antena. Com a introdução de um material condutivo próximo a uma antena indutiva, como o caso dos *transponders* NFC selecionados, ocorre uma modificação dos parâmetros de acoplamento pela mudança do índice de refração do meio, e desta forma o indutor sofre uma diminuição do comprimento efetivo relativo, perdendo a eficiência da transmissão dos sinais dos campos induzidos.

Desta forma, para este projeto manter o baixo custo e a simplicidade de implementação, optou-se pelo bloqueio dos sinais do *transponder* NFC através da inserção de um componente condutivo sobre a antena do mesmo. Quando o sensor for acionado devido a uma violação da bagagem, o componente condutivo irá sobrepor a antena do *tag* NFC, e desta forma reduzir a sua emissão de sinais a níveis abaixo do limiar de detecção do leitor. Uma vez que o leitor não possui mais a capacidade de realizar a leitura do *transponder* no interior da bagagem, isto indica que a mesma foi violada.

Com especial atenção para a prevenção de falsos positivos, como por exemplo a impossibilidade de leitura do *tag* NFC no interior da bagagem por estar com o *hardware* do leitor desabilitado, ou localização imprecisa da posição dentro da mala, foi decidido pela utilização de dois *transponders* semelhantes em cada sensor. Desta forma, sempre que for realizada uma leitura pelo *smartphone* um dos dois *transponders* deve responder com sua identificação, afirmando estar sendo localizado e operante.

O acionamento do sensor causa o deslocamento do elemento condutivo no interior do mesmo da superfície de um *tag* para o outro, desta forma bloqueando a leitura do segundo e possibilitando o acesso as informações contidas no primeiro. De forma resumida, através do deslocamento do bloqueador de sinais mecânico, sempre haverá um *transponder* apto para a leitura e outro sem sinal.

Durante a preparação dos *transponders* para a utilização dentro dos sensores mecânicos, pode-se gravar na memória principal de um deles a mensagem “Não Violada”, e no outro *tag* a mensagem “Violada”. Se o sensor não for acionado durante o trajeto correspondente ao despacho da bagagem, a memória do primeiro *transponder* será acessada e utilizada pelo *smartphone* passar o status de integridade ao usuário. No caso do sensor ser acionado durante a viagem, o elemento condutivo será deslocado, cobrindo o primeiro *tag* e proporcionando a leitura do segundo, que retornará ao usuário a mensagem de violação.

2.1.2. Dispositivo sensor de violação

Conforme foi comentado anteriormente, durante o desenvolvimento deste projeto constatou-se que a interação dos dispositivos de identificação eletrônica e comunicações deveria ocorrer sem a conexão elétrica com sensor, uma vez que por opção de não possuir bateria interna, ele possui a operação totalmente mecânica para a detecção da violação.

Com base neste requisito do projeto, foi elaborada a interação do sensor através de um mecanismo móvel, composto de material condutivo, que se desloca no interior do mesmo com o objetivo de cobrir e bloquear a emissão dos sinais de radiofrequência dos *transponders* NFC de forma controlada. Na Fig. 8 pode-se observar um modelo proposto em CAD deste sensor que utiliza uma peça móvel ferromagnética para a cobertura da área da antena de apenas um *transponder* de cada vez.



Figura 8 – Projeto em CAD do invólucro do sensor de violação de bagagem
Fonte: Próprio autor

Nesta figura pode-se observar que o sensor possui um invólucro maciço de PVC que acomoda no seu interior duas etiquetas passivas NFC, um bloqueador de sinais condutivo, uma mola antagonista também de PVC e um ímã permanente. De uma forma simplificada, entende-se que o bloqueador de sinais de radiofrequência possui a mesma dimensão das antenas dos *transponders* NFC do interior do sensor. Esse bloqueador possui um grau de liberdade que permite que ele se desloque dentro do invólucro do sensor apenas para cobrir um ou outro *tag*, mas nunca os dois ao mesmo tempo.

A mola antagonista possui a função de empurrar o bloqueador de sinais dos *transponders* de uma posição para a outra, e a ímã no fundo da estrutura mantém esse bloqueador de sinais preso na posição em caso de acionamento por violação da bagagem. Desta forma, uma vez que o sistema detecte uma tentativa de violação, o bloqueador se move para a

outra extremidade do sensor devido à força da mola e fica aderido ao ímã permanente, mantendo a memória mecânica do status de violado em algum momento do despacho. Como o bloqueador está preso pelo ímã permanente no interior do sensor, este impede que seja efetuado o rearme pela pessoa que violou a bagagem.

Na Fig. 9 pode-se observar o sensor em CAD, com uma tampa transparente para observação interna, pronto para a utilização no interior de uma bagagem. O dispositivo de acionamento também pode ser observado na parte inferior do sensor.



Figura 9 – Detalhe do dispositivo de acionamento do sensor de violação de bagagem
Fonte: Próprio autor

O mecanismo de acionamento, que é ativado através de um pino de segurança, fica preso diretamente na parte inferior do fecho da bagagem através de um tirante de Poliamida. Essa fixação do tirante permite que ao menor movimento de abertura da tampa da mala seja percebida e desta forma através da tração proceda o desengate do pino de segurança, liberando o bloqueador de sinais para se deslocar até o ímã permanente. Uma vez que o mesmo esteja nesta condição, não adianta mais proceder a recolocação do pino no sistema, pois o mesmo irá manter o status de violado como prioridade.

Como é de conhecimento, bagagens despachadas costumam sofrer muitos impactos, quedas, pressões, diferenças de temperatura, vibração, entre outros efeitos, o que poderia em

algum momento ocasionar o desprendimento do mecanismo de acionamento e gerar um falso positivo sem a abertura da mala. Para resolver este problema, o mecanismo de acionamento foi desenvolvido com material ferro magnético, ou seja, ele também é atraído pelo imã permanente do sensor enquanto está com status de não violado. Desta forma, mesmo com a acomodação das roupas dentro da bagagem, o sensor não consegue ser acionado, sendo necessária a força da alavanca de abertura do compartimento da mala para que ele se desprenda e deixe o bloqueador se movimentar, sinalizando a violação.

2.1.3. Aplicativo de usuário para plataforma Android®

Um dos fatores mais importantes para o sucesso da implementação deste projeto em larga escala está na simplicidade de utilização do mesmo por qualquer usuário ou companhia de transporte coletivo. A utilização dos recursos disponíveis em uma boa parte dos dispositivos de comunicação pessoal, como *smartphones* e *tablets*, facilita o desenvolvimento de interfaces de usuário mais interativas e simples. Inicialmente, foi escolhido o desenvolvimento de um aplicativo de leitura automática dos *transponders* NFC do interior do sensor somente na plataforma Android®, pelo simples motivo de possuir a disponibilidade de um leitor com este sistema operacional para a realização dos ensaios em laboratório.

Embora a tecnologia NFC ofereça inúmeros recursos interessantes, e até úteis para algumas funcionalidades adicionais deste sistema, foi realizada a opção pela simplicidade de operação por qualquer usuário. Os experimentos preliminares realizados com a tecnologia através da utilização do aplicativo comercial *NFC Tools* demonstraram que a excessiva quantidade de dados e informações disponíveis dificulta a tomada de decisões e de operação. O acesso a diferentes tipos de memória, campos de dados e endereços de identificação mascaram os dados que realmente são relevantes para o usuário no momento da retirada da bagagem, pois este ambiente de chegada de viagem geralmente exige maior atenção e cuidado por se tratar de um ambiente cheio de outros passageiros e muito cansativo.

Desta forma optou-se por desenvolver um aplicativo realmente simplificado, com o mascaramento de informações e campos para os usuários, que em um primeiro momento não são relevantes. Neste aplicativo priorizou-se a apresentação direta e automática do status da bagagem apenas com a aproximação do *smartphone* com a mesma, demonstrando de forma gráfica e intuitiva se a bagagem foi violada ou não.

Com base neste conceito simplificado, o aplicativo foi desenvolvido com apenas três funções básicas e teclas de fácil acesso, sendo elas:

Processo de Leitura: Permite que o usuário processe a leitura das informações contidas em uma área específica da memória de um *tag* NFC, previamente configurado.

Processo de Escrita: Permite que o usuário possa cadastrar ou modificar as informações dentro de uma determinada posição de memória do *tag* NFC, que será lida automaticamente pelo processo anterior no momento da interrogação do leitor. Com este procedimento é possível personalizar as mensagens do seu sistema, como no caso de utilização por companhias de transporte coletivo ou agências de viagem.

Processo de Teste do NFC: Detecta se o *hardware* responsável pelo gerenciamento dos recursos NFC do *smartphone* ou *tablet* está ativo ou não.

Como base de desenvolvimento do aplicativo proposto para este projeto, foram analisados os códigos abertos de aplicativos comerciais, como o "*NFC TagWriter by NXP*" e o "*NFC Data Reader/Writer*". A utilização dos conceitos aplicados nestes aplicativos em conjunto com os tutoriais de orientação disponíveis na web, como o de Medeiros (2012), Wondratschek (2013) e +Lib (2014), auxiliaram na implementação dos comandos relacionados com a inicialização e leitura de dispositivos NFC, assim como as noções básicas para a montagem de uma interface de usuário com recursos gráficos através da utilização de imagens e botões de fácil acesso e visualização.

De uma forma geral, o diferencial deste aplicativo especialmente desenvolvido para este projeto em relação aos demais gerenciadores de funcionalidades da tecnologia NFC disponíveis na loja da *Google Play Store* está na simplicidade de operação, com solicitação e resposta direta sobre a situação da bagagem despachada. Embora qualquer aplicativo NFC comercial possa efetuar a leitura do status do sensor, os dados precisam ser procurados e tratados entre as informações adquiridas, o que torna a operação mais complexa.

Optou-se por mascarar diversos comandos de leitura e configuração comuns para a tecnologia NFC, tornando mais simples e intuitiva a experiência do usuário com a aplicação. A utilização de elementos gráficos e a resposta a partir de um comando de solicitação único tornam prática e rápida a utilização, principalmente considerando as condições da situação de retirada da bagagem em um balcão ou esteira automática.

Para a utilização do sistema, inicialmente o usuário deverá realizar o rearme do sensor e o travamento na posição de não violada. A partir deste procedimento, deverá efetuar a

tentativa de leitura do status do *transponder* para certificar que está operando normalmente. Após esta confirmação, o sensor deve ser instalado no interior da abertura frontal da mala e o tirante de Poliamida deve ser preso no lado interno do fecho da mesma. Novamente o usuário deverá realizar mais uma tentativa de leitura com a bagagem fechada para verificar se ainda possui condições de identificação. A partir deste momento, a bagagem já pode ser despachada para o seu destino.

Uma vez que o passageiro se aproxime da sua bagagem do destino, ele deve inicializar o aplicativo em seu *smartphone* ou *tablet* para realizar a leitura do status do sensor contra intrusão. Na Fig. 10 pode-se visualizar a tela de inicialização do aplicativo especialmente desenvolvido para este projeto, onde aparece uma mensagem solicitando a aproximação do leitor com a bagagem recebida. Assim que o leitor consegue realizar a leitura da memória interna do *transponder* que não está coberto pelo bloqueador de sinais, ele executa o próximo passo para a apresentação do status da bagagem, com as informações “não violada” ou “violada”.

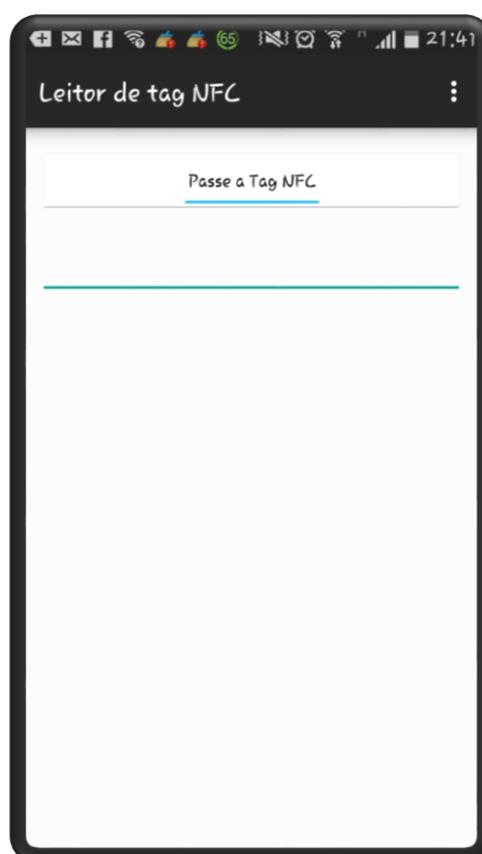


Figura 10 – Exemplo da tela de apresentação do aplicativo desenvolvido
Fonte: Próprio autor

No caso da bagagem ser recebida no destino sem que tenha sido aberta sem a autorização do usuário durante o período de traslado, o sensor não deverá estar acionado, desta forma mantendo o bloqueador de sinais sobre o *tag* NFC que não corresponde ao status real desta bagagem. Como o sistema possui dois *tags* NFC por sensor, o segundo *tag*, que não está coberto pelo bloqueador, retorna ao leitor os dados contidos em sua memória interna, informando que a bagagem não foi violada.

Na Fig. 11 está sendo demonstrada a tela de visualização do aplicativo no *smartphone* utilizado, indicando o status do sensor como “Não Violado”. Essa indicação corresponde a leitura das informações do *tag* no interior da bagagem, sem a necessidade abrir a mesma. Adicionalmente também foi associada uma imagem de uma mala fechada para a melhor visualização no momento da retira. Esse recurso gráfico foi utilizado para melhorar a experiência do usuário no ambiente cansativo de espera da bagagem, minimizando a leitura errada do status do sensor, caso este fosse apresentado somente no formato de texto.

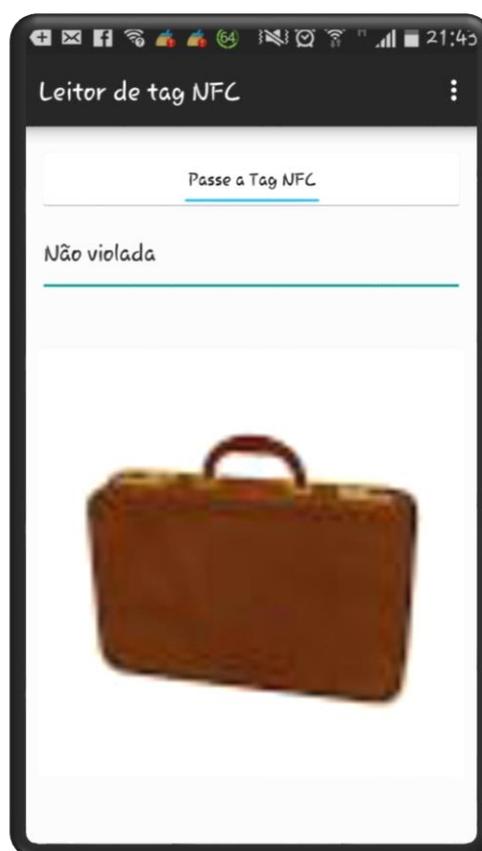


Figura 11 – Demonstração gráfica do aplicativo no caso da bagagem não violada
Fonte: Próprio autor

De forma complementar ao que foi descrito anteriormente, na Fig. 12 está sendo demonstrada a tela do aplicativo no *smartphone* no caso de uma abertura não autorizada durante o período de despacho da bagagem. Nota-se que neste caso o sensor foi acionado e permaneceu segurado na posição que retorna o status de “Violado”, para que o usuário possa realizar a reclamação ao setor responsável. Da mesma forma que a anterior, neste caso além do texto informativo também foi utilizado um recurso gráfico para a visualização do status do sensor, evitando erros de leitura no momento da retirada da bagagem.



Figura 12 – Demonstração gráfica do aplicativo para o status de bagagem violada
Fonte: Próprio autor

Estas telas apresentadas nas figuras anteriores correspondem as próprias interfaces de usuários capturadas através de uma função de *print screen* da própria plataforma Android® utilizada nos ensaios. Pode-se notar através deles que na interface de usuário foram priorizadas a simplicidade de uso e a apresentação das informações de forma visual e ampla, para que no momento de retirada da bagagem não seja necessário que se invista muita atenção ou tempo ao procedimento de coleta de dados. Não existem botões de acionamento ou de leitura que

obriguem o usuário a solicitar que seja realizada a coleta dos dados dos *transponders* NFC. Ao contrário disto, somente se torna necessária a aproximação do *smartphone* ou *tablet* da bagagem para que a leitura seja realizada. Embora também fosse possível idealizar a abertura do app através da aproximação com a bagagem, foi escolhida a opção de ter que abrir o aplicativo manualmente. Isto se justifica pelo fato da possibilidade de utilização deste sistema em larga escala, o que faria o *smartphone* ou *tablet* acionar o aplicativo cada vez que se aproximasse de uma bagagem com um dispositivo, mesmo que não fosse a intenção de leitura pelo usuário.

2.1.3.1. Principais funções utilizadas no App

O aplicativo desenvolvido foi implementado através da utilização do programa chamado Android Studio 1.2.1.1, assim como todos os testes foram realizados diretamente em um *smartphone* Samsung modelo S5, que possui a tecnologia de leitura NFC embarcada. Os ensaios iniciais e os de laboratório foram realizados utilizando diferentes informações gravadas nas memórias internas dos *transponders*. A interrogação para a leitura das informações contidas em cada *transponder* foi realizada diretamente pelo *smartphone*, capturando após este procedimento os dados emitidos pelo mesmo e realizando o devido tratamento para apresentar os resultados obtidos de forma gráfica e simplificada ao usuário.

Ao iniciar o aplicativo no *smartphone*, automaticamente é ativada a função de leitura dos dados através da tecnologia NFC, conforme pode-se observar na Fig. 13, onde a função representa a forma de chamada para o sistema. A partir deste momento, o aplicativo realiza a conexão com o sensor e realiza a conversão destas informações para uso do aplicativo.

```
private void formatTag(Tag tag , NdefMessage ndefMessage){
    try{
        NdefFormatable ndefFormatable = NdefFormatable.get(tag);
        if(ndefFormatable==null){
            Toast.makeText(this,"Tag não esta formatada no formato NDEF!", Toast.LENGTH_LONG).show();
        }
        ndefFormatable.connect();
        ndefFormatable.format(ndefMessage);
        ndefFormatable.close();
        Toast.makeText(this,"",Toast.LENGTH_LONG).show();
    }catch(Exception e){
        Log.e("formatTag", e.getMessage());
    }
}
```

Figura 13 – Função do App para a realização de leitura através da tecnologia NFC

Fonte: Próprio autor

Na Fig. 14 pode-se observar a função utilizada para receber as informações da memória do *transponder*, onde posteriormente é realizado o tratamento da mesma. Neste tratamento é selecionada, de acordo com o *transponder* lido, qual é a imagem a ser apresentada na tela do usuário.

```
private void readTextFromMessage(NdefMessage ndefMessage) {
    NdefRecord[]ndefRecords = ndefMessage.getRecords();
    if(ndefRecords != null && ndefRecords.length > 0){
        NdefRecord ndefRecord = ndefRecords[0];
        String tagContent = getTextFromNdefRecord(ndefRecord);
        String teste = tagContent;
        txtTagContent.setText(tagContent);
        String aux = new String("naoviolada");
        String aux2 = new String("violada");
        int i;
        int cont=0;
        for(i=0;i<tagContent.length();i++){
            cont=cont+1;
        }
        String re = String.valueOf(cont);
        if(cont==8){
            ImageView malaviolada = (ImageView) findViewById(R.id.imageView);
            malaviolada.setImageResource(R.drawable.malaviolada);
        }
        if(cont==12){
            ImageView imageView = (ImageView) findViewById(R.id.imageView);
            imageView.setImageResource(R.drawable.malanaoviolada);
        }
        if((cont!=8)&& (cont!= 12)){
            Toast.makeText(this,"Erro mensagem não reconhecida!!",Toast.LENGTH_LONG).show();
        }
    }else{
        Toast.makeText(this,"Não tem registro ",Toast.LENGTH_LONG).show();
    }
}
```

Figura 14 – Tratamento das informações recebidas do *transponder* - Apresentação gráfica
Fonte: Próprio autor

Para a operação correta do aplicativo através da apresentação da imagem correspondente ao estado da bagagem, foi necessária a criação de um contador para determinar quantos caracteres de memória cada *transponder* específico possuía. Após conhecer esta informação do tamanho do dado, foram criadas duas condições distintas, que determinam se a bagagem foi violada ou não, além de uma terceira para o caso de erros de leitura. Esta função é a que determina a apresentação das informações na tela do usuário, com o status das condições da bagagem na forma de texto com uma imagem correspondente de uma mala fechada ou aberta.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A última etapa para o fechamento do desenvolvimento deste projeto foi a realização dos ensaios em laboratório, simulando a operação do sistema através de procedimentos que se aproximam de um ambiente de transporte de bagagens real. Para isso, foi necessário definir algumas condições para a execução dos testes, fazendo com que os mesmos representassem da melhor forma possível um ambiente agressivo para acelerar a obtenção dos resultados.

A primeira condição, foi definir o local de instalação do sensor dentro de uma mala tradicional de uso em viagens. A opção por instalação na tampa foi avaliada como a mais indicada, assim como o gatilho de disparo do sensor preso diretamente no fecho da mesma, com o objetivo de monitorar qualquer movimento do mesmo. É de conhecimento que muitas vezes a violação é realizada com um objeto pontiagudo diretamente pressionado sobre o fecho, abrindo uma pequena região para a colocação da mão. Inicialmente este processo não seria identificado pelo sensor em uma parte considerável dos ensaios, porém a necessidade de fechamento do fecho após a violação é realizada com o deslocamento do mesmo sobre a área aberta. Neste momento o sensor é acionado e identifica a violação. Caso o fechamento não seja realizado nesta condição, a própria bagagem aberta na retirada identifica um problema de integridade do seu conteúdo durante o transporte.

A segunda condição foi a montagem de um protótipo de sensor que representasse a versão mais aproximada do projeto apresentado. Avaliou-se a utilização do processo de impressão 3D para a confecção do protótipo, uma vez que as dimensões são pequenas e o projeto foi idealizado em uma plataforma CAD, que facilita essa modalidade de impressão. Como a mola antagonista do sistema mecânico do sensor é parte estrutural do mesmo, e desta forma necessita ser impresso em 3D no mesmo processo, para que ela mantenha sua funcionalidade é fundamental a impressão em Poliamida, também conhecida comercialmente por Nylon. A grande maioria das impressoras 3D disponíveis não faz a impressão com Poliamida devido as altas temperaturas exigidas, além do aquecimento da base de sustentação para evitar deformações. Devido a estas condições adversas, e com objetivo de poupar recursos pouco disponíveis no momento, optou-se pela construção do sensor com materiais alternativos, como uma mola antagonista de aço especial e uma caixa de transporte de CDs como suporte do conjunto de *tags* e bloqueador de sinais. Na Fig. 15 está sendo demonstrado o modelo de sensor preliminar que foi utilizado na realização dos ensaios em laboratório na condição “armado”.

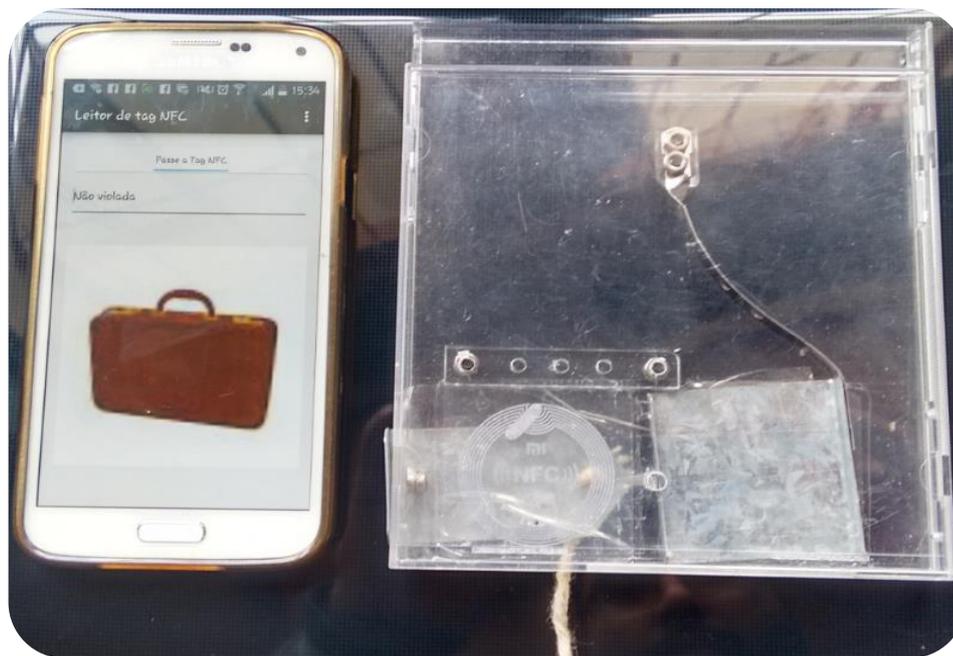


Figura 15 – Sensor de fabricação artesanal utilizado nos ensaios em laboratório - Armado
Fonte: Próprio autor

Na Fig. 16 pode-se observar o mesmo sensor de violação de bagagens apresentando a informação ao usuário de que o sistema foi “acionado” durante o transporte, ou seja, houve a sinalização de uma tentativa de abertura da bagagem durante o despacho.

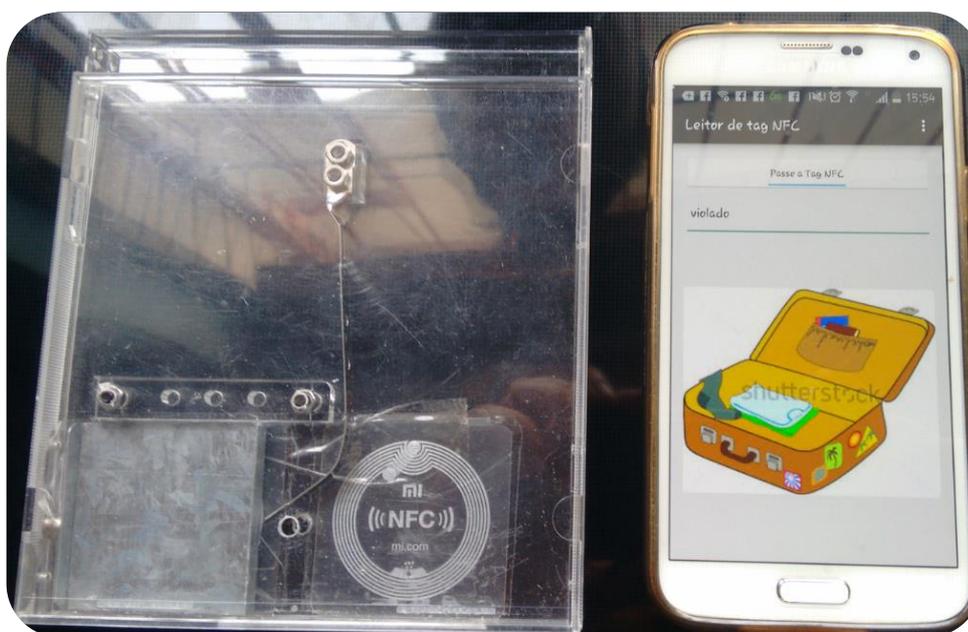


Figura 16 – Sensor de fabricação artesanal utilizado nos ensaios em laboratório - Acionado
Fonte: Próprio autor

Como última condição para a realização dos ensaios em laboratório, foram definidas algumas situações que correspondem a simulação do transporte da bagagem sem os devidos cuidados necessários, para a verificação de falsos positivos. Essas condições pretendiam contemplar situações de descaso e falta de cuidado durante o despacho das bagagens. Na Tabela 2 pode-se observar essas simulações, com a descrição do procedimento realizado e seu equivalente na realidade.

Tabela 2 – Simulação das condições reais de transporte de bagagens

Descrição da Simulação	Equivalente Real do transporte
Exposição ao calor excessivo – Variação da temperatura ambiente até 70° C.	Despacho em porta-malas com exposição contínua ao sol e clima muito quente
Exposição ao frio excessivo – Variação da temperatura ambiente até -4° C	Despacho em porta-malas não pressurizados em aviões ou rodoviário em climas frios
Quedas e impactos	Falta de cuidados no embarque/desembarque
Deformação	Empilhamento excessivo
Vibração	Despacho em porta-malas rodoviário

Fonte: Próprio autor

Na Fig. 17 pode-se observar a realização dos ensaios em condições de temperatura excessivamente altas, de até 70° C.



Figura 17 – Ensaio do sensor sob condições de altas temperaturas

Fonte: Próprio autor

De forma semelhante, a bagagem com o sensor instalado também foi submetida a variações de temperatura ambiente até -4° C, conforme está demonstrado na Fig. 18.



Figura 18 – Testes de operação do sensor sob temperaturas negativas

Fonte: Próprio autor

Durante a realização destes ensaios não foram detectados nenhum caso de falso positivo, uma vez que o dispositivo atuador preso no fecho da mala permanece bem aderido ao sistema de sensoriamento através do campo magnético do imã permanente.

Os ensaios realizados para a verificação da operação do sistema sob condições de violação também foram reproduzidos diversas vezes, sendo utilizadas diversas técnicas de abertura e subtração de bens de dentro da bagagem. A Fig. 19 demonstra um exemplo de violação de bagagem de forma parcial, onde o fecho é aberto em apenas uma pequena faixa de sua extensão.



Figura 19 – Violação da bagagem com abertura parcial do fecho com objeto pontiagudo

Fonte: Próprio autor

Esse tipo de abertura de bagagens é comumente utilizado para a subtração de pequenos objetos de valor do interior da mesma, previamente observados com o auxílio do raio x. Para que esta ação não seja percebida pelo usuário no momento da retirada da bagagem no destino, o oportunista em geral corre o comando do zíper do fecho de um lado para o outro, passando pelo orifício aberto e procedendo o fechamento, mantendo a aparência de integridade da mesma.

Com base em todas essas experiências adquiridas durante o desenvolvimento deste projeto e na realização de ensaios em laboratório repetidamente vezes, conclui-se que o sistema apresentou excelentes resultados globais. Naturalmente não era esperado que se atendesse satisfatoriamente a 100% das tentativas por se tratar de um protótipo de baixo custo. Novos experimentos e aprimoramentos devem ser implementados a partir destes resultados para um melhor desempenho na utilização em condições reais de transporte de bagagens despachadas. Na tabela 3 pode-se visualizar a média de sucesso de operação do sistema em casos específicos de tentativa de violação, onde os resultados estão demonstrados em função da porcentagem de acertos do sistema em relação a 10 tentativas de reprodução do mesmo evento.

Tabela 3 – Descrição resumida dos resultados obtidos com o sistema

Descrição da Tentativa de Violação	Detecções Corretas/Número de Tentativas
Abertura total da tampa da mala	100 %
Abertura total do fecho sem abertura da tampa da mala	100 %
Abertura parcial do fecho – Com tentativa de fechamento	80 %
Abertura parcial do fecho – Sem tentativa de fechamento	0 %
Movimentação parcial do fecho sem abertura da mala	100 %

Fonte: Próprio autor

CONCLUSÃO

Neste projeto foi desenvolvido um sistema completo de verificação de eventuais violações efetuadas em bagagens despachadas em transportes coletivos de longa distância, como ônibus e aviões. Através da utilização das facilidades da comunicação remota sem fio da tecnologia NFC, presente em grande parte dos dispositivos mobile hoje em dia, foi possível o desenvolvimento com baixo custo e simplicidade de utilização. A tecnologia NFC se mostrou a mais adequada para implementação neste projeto pelo baixo custo dos dispositivos utilizados como sensores, assim como a possibilidade de não utilizar uma bateria para alimentação dos circuitos. Essa última vantagem elimina a necessidade de manutenção de uma bateria interna, assim como sua presença poderia causar restrições de uso em aeroportos devido a emissão de radiação não ionizante e perigo de explosão da mesma, por excesso de calor ou problemas eletrônicos do dispositivo.

A opção de utilização de sensores de violação da bagagem durante o seu traslado sem auxílio de uma bateria representou um dos maiores desafios para a integração e boa operação do sistema. A necessidade de operar um sensor totalmente mecânico no interior da bagagem interagindo com o circuito eletrônico do *transponder* NFC foi atendida de forma satisfatória através do descasamento da antena de transmissão. Esse procedimento faz com que não seja possível realizar a leitura dos *tags* sobre a influência de um bloqueador de sinais mecânico. Adicionalmente, também foram apresentadas algumas soluções para diminuir os falsos positivos pelos métodos de transporte não adequados, assim como uma segurança contra o rearme sem que seja efetuada pelo próprio usuário.

Do ponto de vista do usuário, o requisito principal do desenvolvimento era a simplicidade do uso através das funcionalidades do próprio *smartphone* ou *tablet*. Com um aplicativo especialmente desenvolvido para este projeto foi possível realizar a verificação em tempo real se a bagagem foi violada durante o período de despacho, sem a necessidade de abrir a mesma ou efetuar a retirada. O sensor de verificação de abertura da bagagem foi inserido no interior de uma mala no laboratório de ensaios, sendo após inicializado o sensor e realizado diferentes sequências de eventos, simulando maus cuidados durante o transporte. Nos casos em que o sensor percebeu a tentativa de abertura não autorizada da bagagem, o sistema rapidamente trocou de status para violado e permaneceu desta forma até a leitura pelo *smartphone*. Essa informação pode ser rapidamente obtida pelo aplicativo, sinalizando para não proceder a retirada da mesma antes de encaminhar uma reclamação ao setor responsável ou à companhia de transporte.

Para a realização deste trabalho, foram executadas atividades referentes a estudos sobre a tecnologia de identificação por radiofrequência de campo próximo, conhecida como NFC, noções de leitura e gravação de dados por redes sem fio, princípios de propagação e bloqueio de sinais de radiofrequência, noções de mecânica e design de dispositivos sensores, programação de aplicativos para a plataforma Android® e elaboração de procedimentos de ensaios de laboratório simulando ambientes reais. Com base nos resultados e nas experiências adquiridas nestes estudos foi concluído o desenvolvimento deste projeto para a detecção de violação de bagagens despachadas em serviços de transporte coletivo de passageiros de longa distância.

Em geral os resultados obtidos em laboratório foram todos satisfatórios, sendo que foi possível implementar um sistema completo como prova de conceito que conseguiu detectar diferentes formas de violação de bagagem em situações simuladas. Da mesma forma que o sistema de sensoriamento, o aplicativo em plataforma Android® também apresentou resultados igualmente satisfatórios, sendo necessária apenas a aproximação *smartphone* com a bagagem para a rápida e precisa resposta do sensor, indicando o status de “violada” ou “não violada”. Adicionalmente também foram realizados ensaios com as técnicas utilizadas para diminuir os erros de falsos positivos ou de leitura não disponível da tecnologia NFC, também apresentando todos os resultados de acordo com o esperado. Para estes ensaios a bagagem foi exposta a diferentes condições de maus tratos e armazenagem inadequada, como impactos e vibrações de alta intensidade, entre outros.

Embora no projeto inicial deste trabalho tenha sido proposto como objetivo específico desenvolver um sistema de baixo custo para a proliferação de uso em larga escala, alguns recursos adicionais interessantes foram mapeados durante o desenvolvimento. Estes recursos, embora não possam ser implementados neste modelo apresentado, representam um grande ganho na área de aplicações para este mesmo conceito de monitoramento de bagagem, e desta forma estão sendo relacionados a seguir como sugestões para trabalhos futuros.

Sugestões para trabalhos futuros.

Como este trabalho teve como objetivo implementar um sistema de monitoramento de integridade da bagagem despachada em viagens de longa distância com a utilização reduzida de recursos, muitas funcionalidades não foram viáveis de serem implementadas em um primeiro momento. Com a modificação do conceito de comunicação e sensoriamento, embora haja um aumento considerável dos custos de implementação, também são adicionadas novas

funcionalidades que podem viabilizar essa diferença de valores. Seguem algumas dessas melhorias listadas como sugestão de trabalhos futuros:

1 – Avaliar a utilização de um circuito de detecção de intrusão ativo, com sensores LDR ou reed-switch. Essa modificação impõe a utilização de uma fonte de alimentação interna na bagagem, mas pode apresentar resultados mais precisos em casos de pouca abertura da bagagem para retirada de bens pequenos, assim como também permite que sejam implementados sistemas de comunicação mais potentes, com capacidade de estabelecer redes adaptativas para comunicar eventuais violações de forma mais rápida.

2 – Implementar um sensor de violação microprocessado, que embora também apresente os problemas de exigir uma fonte de energia no interior da bagagem, possui a grande flexibilidade de adicionar recursos conforme as demandas que foram sendo apresentadas, como registro da hora e local onde houve a violação, realizar registros de imagens como prova física, entre outras funcionalidades.

3 – Desenvolver modelos específicos para utilização em larga escala por companhias de turismo ou empresas de transporte de passageiros, que possam oferecer mais segurança para as bagagens de seus clientes sem custos adicionais, além de oferecer inventários precisos das condições das bagagens sobre os seus cuidados durante todo o período de traslado.

4 – Desenvolver o aplicativo deste projeto para as outras plataformas mobile mais utilizadas, como IOS e Windows. Adicionalmente desenvolver uma rede colaborativa de aquisição de dados multiplataforma para a disponibilização de informações anônimas do traslado de bagagens na web, auxiliando na rápida localização e verificação de integridade de bagagens despachadas para destinos errados ou extraviadas. Qualquer leitor habilitado pode reconhecer os dados de uma bagagem despachada e enviar de forma colaborativa para uma central, sendo capaz de verificar apenas o status de bagagens de sua propriedade.

5 - Habilitar e realizar mais ensaios com as funções já implementadas no aplicativo, mas ainda não disponíveis aos usuários. Desenvolver uma função nova para introdução de senha no *tag*, impedindo que outra pessoa não autorizada modifique as configurações. Um exemplo desta função pode ser encontrado no *app "NFC TagWriter da NXP"*. Como melhoria estética, uma mudança na parte gráfica do aplicativo com técnicas de design poderia deixar ele mais interativo e intuitivo aos usuários menos familiarizados.

REFERÊNCIAS

ANAC – Agência Nacional da Aviação Civil. **Perguntas Frequentes**, disponível em: <http://www2.anac.gov.br/anac/faq.asp>. Acessado em 2015.

BANKS, J. et al. **RFID Applied**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.

CARTER, J., and FAULKNER, C. **What is NFC and why is it in your phone?** TechRadar, Technology and Tested. November 20, 2011. Disponível em: <http://www.techradar.com/news/news/phone-and-communications/>. Acesso em 2015.

CDC (Código de Defesa do Consumidor). **Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências** <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18078.htm. Acessado 2015.

CHEN, X. Y.; Jin, Z. G. **Research on Key Technology and Applications for Internet of Things**. International Conference on Medical Physics and Biomedical Engineering 2012. Physics Procedia v.33 pp. 561–566. 2012.

COSHUM, V., Ok, K., and Ozdenizci, B. (2013). **Professional NFC Application Development for Android**. John Wiley and Sons.

DOBKIN, Daniel M. **The RF in RFID: Passive UHF RFID in Practice**. Newnes. Massachusetts, 2007, p. 504.

FINKENZELLER, Klaus. **RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification**. 2º Edição. Wiley & Sons LTD. Munich 2003, p 446.

FISCHER, J., **NFC in Cell Phones: The new paradigm for an interactive world** [Near-Field Communications]. Communications Magazine, IEEE, Juny, 2009.

GLOVER, B. BHATT, H. **RFID Essentials**. United States: O'Reilly. 2006.

GLOVER, B. BHATT, H. **Fundamentos de RFID**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2008.

LAHIRI, S. (2006). **RFID Sourcebook**. IBM Press.

Instituto NCB, 2014. **Como funcionam os sensores**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br>> Acessado em 2015

MARTINS, R. J. W. A.; **Desenvolvimento de Aplicativo para Smartphone com a Plataforma Android**. Trabalho de conclusão de curso - PUC-RIO. Rio de Janeiro 2009

MATIAS, Sandra Regina. **Identificação por rádio frequência**. Disponível em: http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/sandra_santana/rfid_02.html. Acesso em: 03/09/2014.

MEDEIROS, W. N. **Utilizando ImageView no Android**. 2012. Disponível em: <http://www.devmedia.com.br/utilizando-imageview-no-android/27783>. Acessado em 2015.

MIKKO Koskela, Jorma Ylinen and Pekka Loula, **A Framework for Integration of Radio Frequency Identification and Rich Internet Applications**, Telecommunication Research Center Proceedings of the ITI 2007 29th Int. Conf. on Information Technology Interfaces, June 25-28, 2007, Cavtat , Croatia.

MOREIRA, A. L.; **Sistema móvel baseado em Android - NFC para conexão autônoma em hotspots**. Trabalho de conclusão de curso da Universidade do Estado do Amazonas - UEA. Manaus, 2013.

NASSAR, V., VIEIRA, M. L.; **A internet das coisas com as tecnologias RFID e NFC**, In: Anais do 11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, p. 3238-3250, Blucher Design Proceedings, v. 1, n. 4. São Paulo: Blucher, 2014.

NFC Tools. <http://www.wakdev.com/apps/nfc-tools.html>.

PAIVA, F. 2012. **Falta padronização no modelo de negócios para pagamentos via NFC**. Disponível em: <<http://www.teletime.com.br/26/09/2012/falta-padronizacao-no-modelo-de-negocios-para-pagamentos-via-nfc/tt/302989/news.aspx>>. Acessado em 2015

PINHEIRO, J.M.S. **Identificação por Radiofrequência: aplicações e vulnerabilidades da tecnologia RFID**. Cadernos UniFoa, Volta Redonda, ano 1, n.2, nov.2006. Disponível em: <http://www.unifoa.edu.br/pesquisa/caderno/edicao/02/18.pdf>. Acesso em: 24 ago.2014.

RFID JOURNAL, Artigo: **The History of RFID Technology**. Disponível em <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1338>. Acesso em 06/06/2014.

RFID Systems. Disponível em: <http://www.rfidsystems.com.br>. Acesso em 01 set.2014.

SANGHERA, Paul. **RFID+: Study Guide and Practice Exam**. Syngress Publishing. Massachusetts, 2007. p 352.

SANTINI, A. G. **RFID: Conceitos, aplicabilidades e impactos**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

TELEJORNAL BOM DIA BRASIL, Rede Globo de Produções. **Anac cria regras para diminuir reclamações de bagagens extraviadas**. Edição do dia 03/04/2013.

TELEJORNAL BOM DIA BRASIL, Rede Globo de Produções. **Onze malas são perdidas ou roubadas por dia nos aeroportos brasileiros**. Edição do dia 24/03/2015.

THORNTON, Frank. **RFID Security**. Syngress Publishing. Massachusetts 2006. Página 264.

WANT, R. **The Magic of RFID**. ACMQueue, v.2, n.7, out.2004. Disponível em: <http://www.acmqueue.org/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=216>. Acessado em: 10 nov. 2014.

WEIS, S. **Security and privacy in Radio-Frequency Identification Devices**. Thesis (Master) – Department of Electrical Engineering and Computer Science, Massachusetts Institute of Technology, USA, 2003.

WONDRATSCHEK, R. 2015, **Leitura NFC Etiquetas com Android**. Disponível em: <http://code.tutsplus.com/tutorials/reading-nfc-tags-with-android--mobile-17278>>. Acessado em 2015.

+Lib . 2014. **NFC para Iniciantes** <<http://pt.pluslib.com/tecnologia/nfc-para-iniciantes-parte-8-como-programar-facilmente-nfc-etiquetas.php>> Acessado em 2015.