

3º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA (3)

VIRTUAL TICKET PARA ACESSO ÀS ESTAÇÕES DO METRÔ-DF

INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos no campo das telecomunicações têm alavancado o crescimento das tecnologias móveis e a forma com que as pessoas se comunicam e realizam suas transações financeiras diárias. Neste contexto, observa-se em alguns setores uma acelerada obsolescência nos meios utilizados para os pagamentos eletrônicos.

Um exemplo disso ocorre em grande parte dos sistemas de transporte público urbano em todo o mundo e, principalmente, no Brasil, em que ainda se observam grandes filas para compra de bilhetes e, conseqüente, morosidade para o acesso aos sistemas.

Na esteira destes avanços, o uso sinérgico das redes sociais e dos meios de pagamento eletrônicos em que, ao mesmo tempo em que o indivíduo efetua suas compras, também agrega informações à sua rede social acerca do item comprado ou da localização onde efetuou

a transação, amplia a percepção dos usuários sobre seu produto, bem como a assertividade das ofertas por parte dos vendedores.

Atualmente, os principais operadores de meios de pagamento oferecem cartões de crédito virtuais, os quais podem ser utilizados por meio de smartphones com tecnologia a Near Field Communication (NFC), em que as transações são registradas de forma instantânea, garantindo maior segurança para quem paga e para quem recebe.

O conceito aplicado às tecnologias embarcadas em aparelhos móveis é relativamente antigo. A tecnologia NFC para dispositivos móveis foi criada em 2004, portanto, há 12 anos, contudo sua principal utilização se dava para o controle de acesso, a exemplo de testes realizados pela NEC em telefones celulares no Metrô de Tóquio. Entretanto, não se prosperou com tal tecnologia, porque sua aplicação em aparelhos móveis carecia de melhorias nos protocolos de segurança e na implementação de criptografia que exigia sobremaneira os equipamentos em utilização até então.

Hoje, os smartphones possuem capacidade de processamento imensamente superior aos seus ancestrais, os celulares. Da mesma forma, as redes de comunicações também se valem de melhores protocolos de segurança, o que possibilita uma oferta multiplataforma aliada à tecnologia NFC.

No que diz respeito ao Metrô-DF, no início de sua operação comercial no ano 2000, o atendimento ao usuário para acesso ao sistema se dava por meio de bilhetes em papel do tipo Edmonson para viagens unitárias e cartões contactless. Ao longo dos últimos 16 anos, a utilização de bilhetes em papel foi substituída pelos bilhetes de cartão inteligente com

tecnologia NFC no padrão MIFARE Classic, com capacidade de armazenamento de 1k. Apesar da implementação de tecnologia para acesso um pouco mais avançada, os sistemas para pagamento e acesso continuam obsoletos, necessitando de uma melhoria no parque de máquinas para aumento da agilidade de atendimento aos usuários.

O tempo que se gasta para a validação de bilhetes e acesso por meio dos sistemas de bloqueios é considerável, observando-se a obsolescência de softwares e equipamentos utilizados para tanto, o que acarreta em grandes filas nas bilheterias e linhas de bloqueios em horários de pico.

Além de todos os problemas elencados, o sistema retorna poucas informações sobre o acesso às estações, limitando-se aos quantitativos de usuários sem maiores informações que possibilitem inferência quanto às estações de origem/destino e, tampouco, quanto às possibilidades de adequação de oferta de forma dinâmica (on demand).

Assim sendo, neste trabalho se apresenta uma proposta para o desenvolvimento de uma ferramenta que possibilite uma melhoria no acesso dos usuários ao sistema, mediante a utilização de tecnologia NFC em aparelhos de telefonia móvel, a partir da manutenção do atual parque de máquinas do Metrô-DF.

A utilização do NFC em aparelhos móveis possibilitará uma rapidez na aquisição de bilhetes e maior liberdade para o usuário do sistema, ao passo que o mesmo não necessitará adquirir seus créditos nas bilheterias das estações.

A manutenção do atual parque de máquinas do sistema de bilhetagem propiciará uma redução de custos de investimento para o Metrô-DF, haja vista a atual situação econômica do

país e a possibilidade de se dar um salto tecnológico, dada a implementação de software adequado aos aparelhos móveis, compatível com os atuais equipamentos de controle de acesso às Estações do Metrô-DF.

Com a utilização de smartphones, espera-se uma sensível melhoria no tempo de acesso às estações haja vista o aparelho possibilitar leitura mais rápida que a de um cartão normal. Além disso, outra melhoria esperada é quanto aos aspectos de segurança, em que protocolos adicionais poderão ser implementados em aparelhos móveis, visando duplicidade de validação e controle de créditos de forma rastreável.

Esperam-se, ainda, facilidades para o usuário como a consulta de saldos e de frequência de usos no próprio software instalado no aparelho móvel, além da implantação de novos serviços como os Smart Posters, que são cartazes sensíveis à tecnologia NFC que podem trazer informações para o equipamento do usuário como mapas de arredores.

E por fim, os dados obtidos poderão auxiliar o controle dinâmico da Oferta em função das flutuações da Demanda ao longo do dia, apuradas mediante o uso dos equipamentos móveis para acesso às estações.

O projeto para utilização de aparelhos móveis como forma de acesso às estações por meio da utilização de Tecnologia NFC se originou no LIMa – Laboratório de Inovações Metroferroviárias do Metrô-DF e foi denominado como Virtual Ticket, ou somente vTicket.

Como primeiro passo, fez-se necessário o entendimento do mecanismo de comunicação entre os atuais equipamentos e cartões, o que resultou na criação de uma placa de interface encarregada de registrar o protocolo.

Em seguida, procedeu-se a identificação dos protocolos e, como as informações são armazenadas nos cartões, sendo que, no presente momento está em desenvolvimento a identificação dos parâmetros de formatações dos setores nos cartões para criação de setores virtuais para o vTicket que será carregado no equipamento móvel. Espera-se até a metade do segundo semestre de 2016 o teste de um primeiro protótipo funcional do vTicket.

Foi possível identificar que o vTicket é promissor, haja vista que o parque de máquinas existente no Metrô-DF é compatível com a tecnologia NFC, presente na maioria dos smartphones atuais. Não há dúvidas que tal implementação resultará em maior segurança para as transações que envolvem o acesso às estações e, ao mesmo tempo, fornecerá dados importantes para a operação e para o planejamento do sistema metroferroviário.

O presente artigo se estrutura da seguinte forma: no item intitulado "diagnóstico" é apresentado todo o referencial teórico sobre pagamentos móveis e quanto aos benefícios do dimensionamento dinâmico da demanda por transportes públicos. Posteriormente, na seção "resultados", são abordados os passos já tomados no desenvolvimento da solução, seu desfecho bem como o momento atual da pesquisa. Por fim, são apresentadas as "conclusões" sobre o presente trabalho e a "expectativa" sobre quais próximos passos precisam ser dados em direção do lançamento definitivo da plataforma.

DIAGNÓSTICO

A obsolescência dos métodos de pagamento tem transformado, sobretudo, os formatos de negócios através do mundo. Os métodos criados e aprimorados tendem a acompanhar um cenário cada vez mais dinâmico e impessoal das transações realizadas diariamente.

Tomando como ponto de partida o trabalho elaborado por Dahlberg *et al.* (2008), que analisou de maneira sistemática as publicações sobre novos métodos de pagamento e comparou tais métodos sob o prisma das cinco forças competitivas de Porter, observa-se que os dois fatores mais estudados à época eram as tecnologias de pagamento móveis e a perspectiva dos consumidores acerca dos pagamentos móveis.

A percepção do público sobre esses meios de pagamento foi aferida por Mallat (2007) em seu trabalho, culminando numa análise dos fatores que influenciam a adoção de modos de pagamento móveis e seus efeitos (positivos ou negativos), reproduzida na Tabela 1.

Tabela 1 - Fatores que afetam a adoção de pagamentos móveis pelo consumidor (Adaptado de Mallat, (2007))

Fator de Adoção	Itens Contribuintes	Efeito
Vantagem Relativa	Pagamento independente de local ou horário	+
	Isenção de filas	+
	Melhoria da disponibilidade de meios de pagamento	+
Compatibilidade	Complementariedade ao dinheiro	+
	Alta com serviços de conteúdo digital	+
	Alta com pequenos valores de compra nos postos de venda	+
Complexidade	Baixa com compras de altos volumes	-
	Entradas de dados complexas, códigos e números de serviço	-
	Gestão de múltiplas contas independentes onerosa	-
Custos	Procedimentos de registro complexos	-
	Precificação "premium" e elevados custos de transação	-
Extensão das redes	Desconfiança dos vendedores/comerciantes	-
	Serviços/equipamentos proprietários	-
Confiança	Nos vendedores	+

	Nas companhias de telecomunicações	+
	Nas instituições financeiras	+
Riscos de segurança percebidos	Uso não autorizado	-
	Erros na transação	-
	Falta de registros das transações e documentação	-
	Transações vagas	-
	Preocupações sobre o dispositivo e a segurança da rede	-
	Preocupações sobre a privacidade	-

No que se refere aos efeitos negativos, vários fatores se alteraram com a popularização e o crescimento dos métodos de pagamento móveis. Um exemplo é a prática comum da ampla documentação das transações realizadas via celular, sendo que os comprovantes de pagamento realizados por esse meio apresentam o mesmo efeito legal que aqueles obtidos nos caixas eletrônicos.

Outro elemento negativo superado é a discussão acerca da privacidade do indivíduo. O Estado, imbuído de sua função básica de prever e prover, inclusive quanto à mobilidade urbana, possui mecanismos suficientes para dissociar a personalidade dos dados coletados, mantendo apenas os dados de necessidade direta (Baroni e Souza, 2015). Dessa maneira, desde que coletas de dados sejam realizadas pela própria empresa metroferroviária, sendo essa estatal, não há perigos legais iminentes nesse tipo de operação.

Por outro lado, quanto aos fatores positivos, eles foram ainda mais reforçados pela adoção enérgica de campanhas a favor dos meios de pagamento eletrônicos. Essa verificação pode ser obtida através do trabalho proposto por Dahlberg *et al.* (2015), que evidenciou um crescimento de quatro vezes na quantidade total de trabalhos acadêmicos sobre pagamentos móveis.

Os transportes públicos, por sua vez, não se apresentam imunes a essas mudanças e dinâmizações. Dentro do cerne metroferroviário, destacam-se iniciativas como a da ferrovia austríaca Westbahn que, em 2012, lançou uma tecnologia de pagamento a bordo de seus trens, com a ajuda dos produtos da Apple e da tecnologia móvel prestada pela VeriFone. No mesmo sentido, a operadora de telefonia móvel China Telecom Pequim Limited Company testou, com resultados bastante promissores, formas de pagamento móvel através do programa "e-surf Card Traffic". Contemporaneamente, vale a pena ressaltar os esforços do Metrô da cidade do México, onde parte da bilhetagem é realizada através de pagamentos via NFC, e do Metrô da Tailândia que, através da plataforma AISmpay, realiza o ingresso de passageiros usando o NFC dos aparelhos celulares, conforme visto na Figura 1.



Figura 1 – Entrada de passageira no Metrô, na Tailândia, usando bilhetagem NFC - AISmpay (Fonte: <http://mobiledista.com/archives/63671>)

No contexto brasileiro, estudos similares foram realizados pela FETRANSPOR, em 2013, no Rio de Janeiro, para aplicação de pagamentos em ônibus usando a tecnologia NFC, presente em celulares. Os estudos não se limitam a esses apresentados, tendo uma vasta gama de material publicado acerca do tema.

Anteriormente a esse período Mallat *et al.*, (2004) apresenta estudos bastante relevantes sobre pagamentos através de plataforma remota para os transportes públicos, sendo apresentado pelos autores o fato de que os usuários podem, por exemplo, pagar pelo uso dos transportes públicos remotamente, sem a necessidade de visitar caixas eletrônicos, guichês ou "ticket machines".

Em avanço a essa realidade, os atores envolvidos no planejamento dos transportes públicos, bem como na sua operação, reconhecem que a apresentação de múltiplas formas de pagamento é o horizonte de médio e longo prazo para os transportes públicos (Araújo, 2007). Nesse mesmo sentido, Di Pietro *et al.* (2015) aborda o Modelo Integrado na Aceitação de Pagamentos Móveis (Integrated Model on Mobile Payment Acceptance - IMMMPA) aplicado aos transportes públicos.

Embora os motivadores apresentados, por si, justifiquem a implantação de sistemas de pagamento móvel (m-payment) para os transportes públicos, inúmeros horizontes adicionais se abrem à medida que as possibilidades são analisadas através do prisma do planejamento da operação dos transportes públicos.

Modelos tradicionais de planejamento, como o modelo de quatro etapas, não podem descrever precisamente a demanda de viagens variáveis através do tempo (dentro de um dia, ou uma semana, por exemplo) e as características de fluxo de tráfego dinâmico, tornando os problemas de demanda por mobilidade em cidades indissolúveis. Tampouco podem oferecer suporte para a tomada de medidas de gestão de qualquer tipo dentro dos modelos de operação metroferroviária (Zou *et al.*, 2013).

Com o advento de novas tecnologias, novos meios de comunicação e, por consequência, novas formas de interação pessoal, o acesso à informação foi universalizado, tornando o mundo mais dinâmico. Tal amplitude no dinamismo com que as atividades econômicas e sociais são exercidas, possibilita que velhos conceitos organizacionais sejam inovados, principalmente por meio da exploração de novas posturas e da oportunidade de tecnologias disruptivas romperem barreiras e desbravarem novos mercados (Bower e Christensen, 1995).

De acordo com Zou *et al.* (2013) e Liu e Ceder (2015), modelos estáticos de planejamento da operação de transporte público apresentam distanciamento entre o que se planeja e o que o usuário demanda, gerando insatisfação com serviço prestado por não atender às necessidades de mobilidade e acessibilidade eficientes nos sistemas de transporte.

Dessa maneira, é possível teorizar formas de planejamento da operação disruptivas, que tomem posse de informações sobre a demanda em tempo real, seguindo os modelos de demanda flexível, conforme o transporte sob demanda (Demand Responsive Transport - DRT) (Mageean e Nelson, 2003).

Avançando um pouco mais na escala tecnológica, pode-se, ainda, pensar no trabalho através da previsão da demanda, com base em modelos de geografia espaço-temporal e o deslocamento dos passageiros dentro do tecido urbano, agregando características ambientais que expliquem determinados comportamentos.

Um breve exercício mental pode ser proposto nesse ponto para elucidação das possibilidades.

- Os estudos, de maneira geral, ocorrem em dias normais, ou seja, em dias em que excepcionalidades relevantes não são observadas. Sobre os dados desses dias, constroem-se todos os planejamentos e os planejamentos da operação dos transportes metroferroviários;
- Num determinado dia, ocorre uma primeira externalidade, até certo ponto previsível: uma chuva acima da média prevista pelos meteorologistas 24 horas antes de ocorrer. Essa é uma situação que, quando ocorre isoladamente, pode ter planos previstos para contingenciamento;

- Nesse mesmo dia, os rodoviários decidem realizar uma paralização relâmpago, deixando parte da população sem o atendimento. Essa é uma situação que, quando ocorre isoladamente, pode ter planos previstos para contingenciamento;
- Qual é o efeito prático da sobreposição desses fenômenos? Como a operação deve proceder? A população se comportará como? Existem outros fatores alterando o comportamento? Existem planejamentos que podem ser realizados e transformados em estratégias ou a solução deve sempre ser na operação (dinâmica e particular)?

Embora parte das perguntas do último item do exercício mental tenham uma característica inicialmente intangível, caso houvesse um modo de captar o deslocamento dos potenciais usuários dos transportes metroferroviários dentro do tecido urbano o planejamento da operação seria possível antever parte do comportamento, permitindo que trens fossem injetados no circuito em tempo mais satisfatório (aumentando a disponibilidade antes de existir retenção da demanda) ou que os mesmos fossem retirados das linhas e estacionados (aumentando a economia). Dessa maneira, o planejamento da operação se aproximaria da metodologia dos DRT, apresentando uma oferta de serviço diretamente associada à expectativa ajustada da demanda, abandonando os modelos de oferta estáticos ou semi-estáticos.

Pensando em ambas as escalas abordadas, o Metrô-DF iniciou um circuito de desenvolvimento em seu LIMA de uma ferramenta com as seguintes características:

- Um sistema de bilhetes embarcado no celular, através de aplicativo próprio, com procedimentos de recarga, acompanhamento de acessos ao sistema e segurança ampliada, que use a tecnologia NFC com as mesmas características que aquelas já

presentes no parque de máquinas instalado e compatível com o maior número de aparelhos celular possível, com finalidade de substituir parte dos cartões de embarque ora comercializados;

- Manutenção do parque de máquinas e sistemas pré-existentes, sejam eles proprietários ou de terceiros, sem qualquer alteração ou adaptação dos mesmos;
- Sistema de cercas eletrônicas e acompanhamento discreto de rotinas (a exemplo do já realizado por aplicativos como Waze e Google Now) que indiquem, em tempo real, para a operação a aproximação dos usuários das estações, bem como apresentem um histórico agregado e anonimizado de utilizações e deslocamentos.

Através da fundamentação supracitada, fica explícita a relevância do projeto para a eficiência do ecossistema metroferroviário, tanto na esfera da bilhetagem, um assunto delicado e recorrente, devido a sua importância, quanto pela ótica do planejamento da operação (e também do planejamento de médio e longo prazo), dadas as informações raras que serão levantadas pelo sistema. Levando em consideração que o presente projeto, intitulado Virtual Ticket, ou somente, vTicket foi iniciado na segunda quinzena de maio, os passos do desenvolvimento até o presente momento galgados, bem como os resultados já obtidos serão apresentados no item a seguir.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Partindo da premissa de não realizar nenhuma alteração na infraestrutura do parque de máquinas, quanto aos softwares, o primeiro passo realizado foi a análise sistêmica dos processos inerentes à operação atual. Dessa maneira, foi possível averiguar os meandros dos processos de geração de créditos, validação e gravação de cartões para a venda ao público. O resultado obtido neste primeiro processo levou a equipe a concluir que seria totalmente viável a criação de um "novo tipo de cartão", que seria intitulado de cartão virtual, nos moldes dos cartões normais. Com essa criação seria possível, dentro dos sistemas atuais, gerar números de série válidos para os aplicativos de celulares, sendo transportado para os bloqueios através das listas normais.

Os sistemas e os equipamentos presentes no Metrô-DF utilizam cartões do tipo Cartão MIFARE ISO 14443-A com chip EEPROM 1K de memória, operando a uma frequência de 13,56MHz, com cifra de criptografia CRYPTO-1 e com uma distância de operação de, aproximadamente, 7cm. Essa mesma frequência de NFC é encontrada em aparelhos de celular de diferentes fabricantes, em diferentes faixas de preço, evidenciando uma possível alta penetração no mercado alvo. A estrutura interna dos cartões MIFARE pode ser observada na Tabela 2.

Dentro da estrutura padronizada para este tipo de cartão, cada vez que um determinado dado é solicitado pelo leitor para o cartão, é realizada uma troca de criptografias baseada nas chaves A e B, gravadas em cada um dos setores do cartão. Um diagrama simplificado desse mecanismo de transação, pode ser observado na Figura 2. Essa metodologia de acesso garante que os dados presentes em cada um dos setores possuam um mecanismo de criptografia

diferenciado e totalmente independente dos demais. Essa forma de autenticação é conhecida como autenticação em três passos.

Tabela 2 - Estrutura lógica do cartão MIFARE Classic de 1k (Adaptado de Souza (2011))

Número do setor	Número do Bloco	Conteúdo (16 bytes)							
00	00	BCC, UID, Fabricante (somente leitura)							
	01. Dados/Valor	Dados ou Valor							
	02. Dados/Valor	Dados ou Valor							
	03. Trailer	Chave A	Condições de Acesso				U	Chave B	
01	04. Dados/Valor	Dados ou Valor							
	05. Dados/Valor	Dados ou Valor							
	06. Dados/Valor	Dados ou Valor							
	07. Trailer	Chave A	Condições de Acesso				U	Chave B	
02	08. Dados/Valor	Dados ou Valor							
	09. Dados/Valor	Dados ou Valor							
	10. Dados/Valor	Dados ou Valor							
	11. Trailer	Chave A	Condições de Acesso				U	Chave B	
03	12. Dados/Valor	Dados ou Valor							
	13. Dados/Valor	Dados ou Valor							
	14. Dados/Valor	Dados ou Valor							
	15. Trailer	Chave A	Condições de Acesso				U	Chave B	
▪									
▪									
▪									
15	60. Dados/Valor	Valor	Valor	Valor	00	FF	00	FF	
	61. Dados/Valor	Valor	Valor	Valor	00	FF	00	FF	
	62. Dados/Valor	Dados ou Valor							
	63. Trailer	Chave A	Condições de Acesso				U	Chave B	

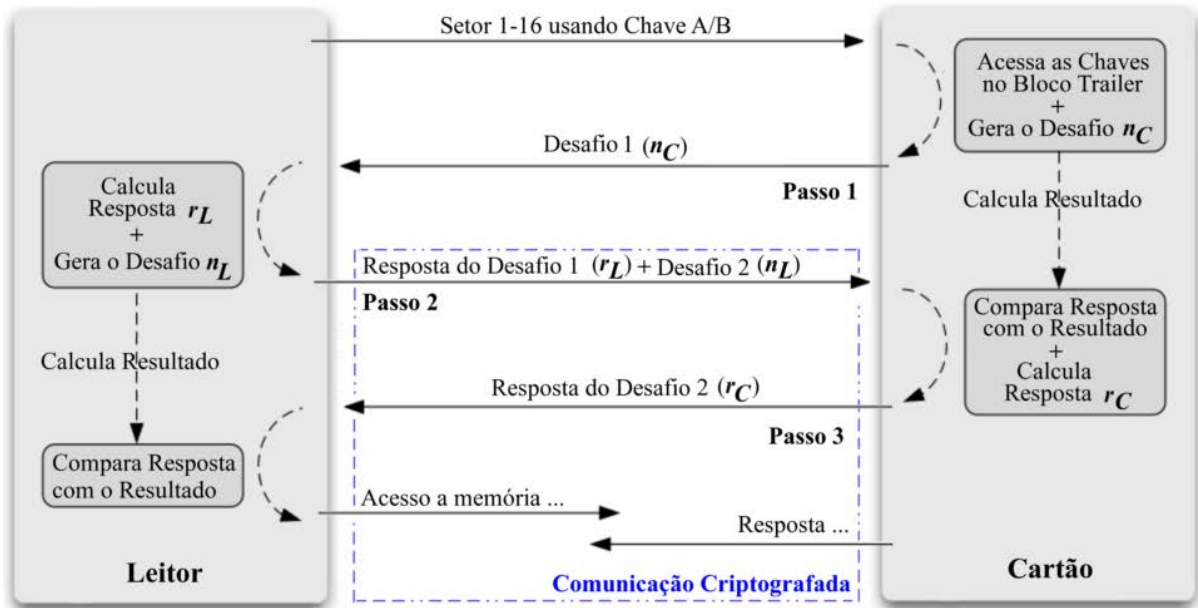


Figura 2 – Fluxograma da autenticação em três passos (Souza, 2011)

O passo lógico seguinte consistiu no aprofundamento do conhecimento dos métodos de validação atual, ou seja, um conhecimento mais abrangente sobre os cartões usados atualmente. O levantamento realizado nos demonstrou uma série de potenciais problemas de segurança ligados ao cartão e aos processos que recarregam o mesmo (Souza, 2011).

Entretanto, aproveitar as falhas de segurança conhecidas para determinar as características intrínsecas do cartão contraria a premissa de não realizar qualquer tipo de alteração no ecossistema vigente, sendo imediatamente descartado por toda equipe.

Observando os trabalhos de Liu *et al.* (2013) bem como o de Gans e Hoepman (2008) notamos que o processo de comunicação entre o cartão e o leitor de cartões obedece, impreterivelmente, ao mesmo processo de comunicação. Esse protocolo pode ser observado de maneira elucidativa na Figura 3.

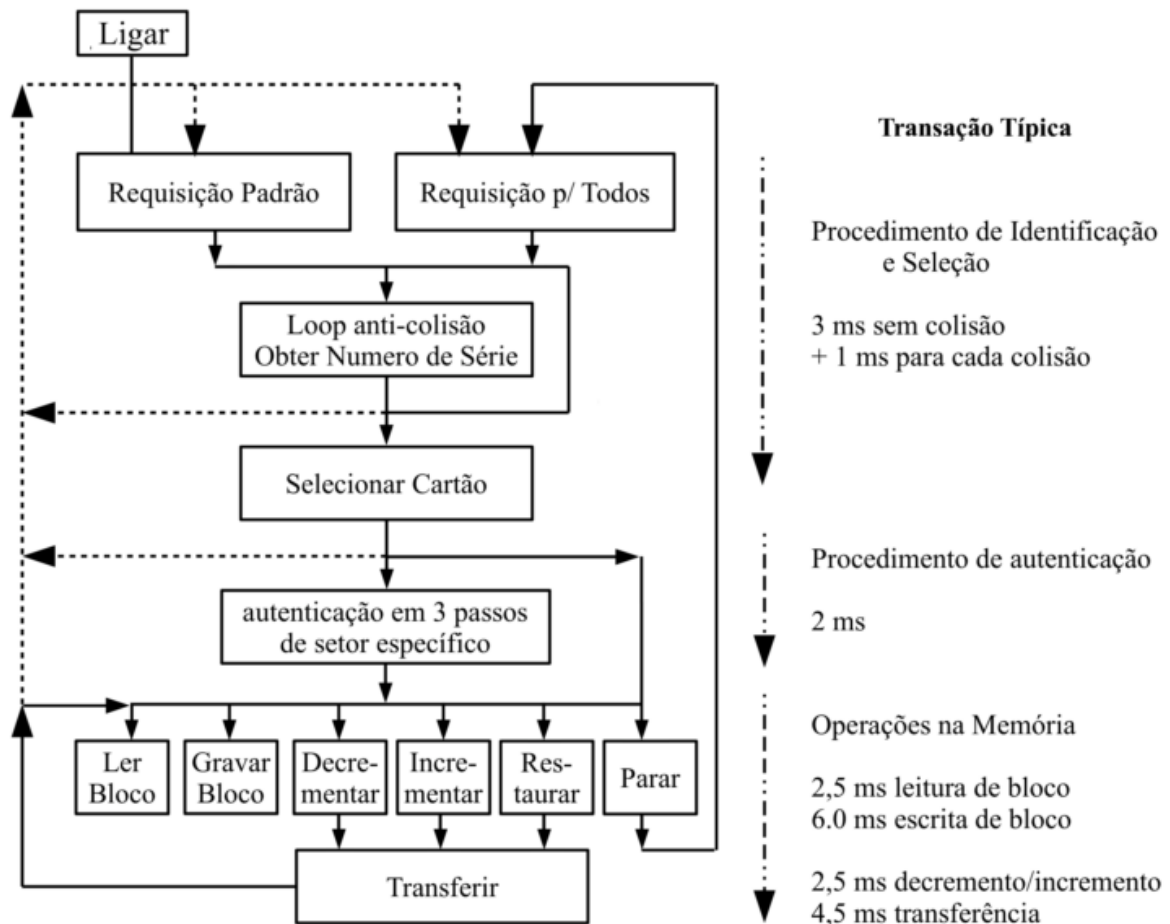


Figura 3 – Fluxo típico da comunicação utilizada nos cartões MIFARE Classic (Souza, 2011)

Se valendo desta característica e tendo como meta o aproveitamento do parque de máquinas instalado, foi desenvolvido no LIMA uma placa eletrônica com a finalidade de estabelecer uma interface entre o leitor no bloqueio e o cartão. Essa placa não interfere, em momento algum, na comunicação entre os bloqueios e os cartões. Sua função é, simplesmente, captar os pacotes trocados no processo de comunicação e autenticação, para uma melhor compreensão dos mecanismos de comunicação.

Aproveitando, ainda, de outras duas características dos cartões MIFARE Classic 1k, é possível identificar o que é gravado em cada um dos setores dos cartões, ressaltando-se que os

elementos protegidos por criptografia não são lidos. Contudo, sua natureza é passível de identificação indireta.

Assim sendo, tais características permitem que, sabendo previamente o que está gravado em um determinado cartão, (número de série, quantidade de créditos, etc) é possível saber em quais setores estão gravadas cada uma das informações dos cartões. Vale ressaltar que essa atitude não quebra os mecanismos de segurança do cartão ou mesmo dos sistemas e equipamentos envolvidos, vez que as chaves de criptografia se mantem intactas, ela apenas revela o que está por trás do véu da comunicação entre esses elementos.

Esse é o momento exato em que a pesquisa se encontra. A fim de dar credibilidade e estabilidade nos resultados, estão programados para a atual fase do projeto algumas centenas de iterações com diferentes cartões, com diferentes informações e formatos, para que seja possível determinar com precisão em quais setores estão contidas determinadas informações e como elas se comportam nos processos de comunicação. Os testes de conceito, usando cartões produzidos pelo LIMA, especificamente para esse fim, foram positivos, rendendo resultados com confiabilidade superior a 98,5%.

Paralelamente, foi desenvolvido um sistema "vazio", que testa somente a ativação das cercas eletrônicas e a comunicação com servidores de teste. Este sistema também obteve sucesso em seu intento, provando que, de maneira impessoal e agregada, é possível realizar a ativação de cercas eletrônicas nos aparelhos celulares, convergindo esses dados para informações de extrema relevância para eficiência do planejamento da operação.

Mediante o cenário promissor, o item a seguir apresenta os tópicos conclusivos referentes ao presente trabalho.

CONCLUSÕES

O referencial teórico aventado demonstra que o caminho sinérgico para as formas de bilhetagem e monetização dos transportes públicos encontram-se na iminência de uma mudança estrutural. Os valores, em planos secundários para o momento, que podem ser agregados à bilheteria são imensos, indo desde medidas de marketing direcionado gerando lucratividade agregada aos serviços metroferroviários na venda de smart posters até a possibilidade de políticas e métodos de tarifação diferencial (integração tarifária) mais justa e equânime entre os cidadãos.

Entretanto o protagonismo do trabalho fica centrado na bivalência dos eixos: bilhetagem e planejamento dinâmico da demanda. Se por um lado, no primeiro eixo, a redução de filas para a compra de passagens nas estações metroferroviárias, reduzindo assim a mobilização de mão de obra alocada para a tarefa e aumentando a celeridade da entrada dos passageiros no circuito de deslocamento urbano é uma vantagem de fácil dedução. Por outro lado, a capacidade de prover um serviço de qualidade, ajustado à demanda real e suas flutuações, gerando economia para os operadores sem, entretanto, impactar na percepção de qualidade dos passageiros é o diferencial necessário para a melhoria da qualidade da prestação de serviços através da percepção dos usuários.

Adicionalmente, cabe ressaltar que a ampliação dos meios possíveis de pagamento para ingresso nos sistemas de transporte traz para os passageiros uma melhor permeabilidade nos sistemas, atraindo cada vez mais novos passageiros.

Dentro do estudo proposto neste trabalho, os resultados dos testes preliminares, provas de conceito e balizamentos realizados até o momento são extremamente positivos, no sentido de apontarem para um provável caminho. A direção apontada pelos estudos e seus resultados se faz no melhor cenário possível, ou seja, um cenário no qual 100% dos sistemas e equipamentos em funcionamento são aproveitados, reduzindo abruptamente o desembolso necessário para a implantação dessa forma complementar de bilhetagem.

Os passos vindouros, em especial o teste em fase alfa, onde pessoas selecionadas serão convidadas a utilizar o sistema de ingresso via celular, deve demonstrar a capacidade de funcionamento do sistema em escala natural, uma vez que em uma escala local já foi provado nos testes que é completamente praticável.

A adoção de tal sistema deve gerar economias (compra e produção de cartões NFC pelo Metrô-DF e racionalização da operação em momentos de vale), receita (venda de marketing direcionado através dos smart posts e demais ações, aumento da permeabilidade e penetração dos transportes públicos), vantagens estratégicas (dimensionamento dinâmico da oferta e demanda, séries históricas do uso, previsão da demanda, dimensionamento da demanda latente e reprimida), entre outras inúmeras vantagens.

Esse projeto deve gerar ainda possibilidades de estudos em parcerias, ao passo que atrai a atenção de outros operadores do transporte metroferroviário. Essas parcerias tentem a solidificar os conhecimentos ora obtidos pelo LIMA e pelo Metrô-DF, difundir a produção intelectual e consultiva do Metrô-DF e promover a melhoria dos pares, no exercício de sua função de operar os sistemas de transporte de passageiros de massa.

Todas as ações anteriormente demonstradas, justificadas e testadas fomentam a eficiência, eficácia e efetividade dos transportes metroferroviários, racionalizando investimentos, aperfeiçoando culturas e maximizando resultados para a população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo, G. J. da C. (2007) Sistemas de pagamento eletrônico no setor de transporte urbano de passageiros: impactos, tendências e perspectivas. COPPE/UFRJ.

Baroni, T. H. F., e Souza, Y. T. de. (2015) Impacto da regulação da coleta de dados nos métodos de coleta automatizada e no planejamento dinâmico dos transportes. XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET (p. 2332–2341). ANPET, Ouro Preto. Obtido de <http://www.anpet.org.br/xxixanpet/anais/documents/AC789.pdf>

Bower, J. L., e Christensen, C. M. (1995) Disruptive Technologies: Catching the Wave. *Harvard Business Review*, 73(1), 43–53.

Dahlberg, T., Guo, J., e Ondrus, J. (2015) A critical review of mobile payment research. *Electronic Commerce Research and Applications*, 14(5), 265–284.
doi:10.1016/j.elerap.2015.07.006

Dahlberg, T., Mallat, N., Ondrus, J., e Zmijewska, A. (2008) Past, present and future of mobile payments research: A literature review. *Electronic Commerce Research and Applications*, 7(2), 165–181. doi:10.1016/j.elerap.2007.02.001

Di Pietro, L., Guglielmetti Mugion, R., Mattia, G., Renzi, M. F., e Toni, M. (2015) The Integrated Model on Mobile Payment Acceptance (IMMPA): An empirical application to

public transport. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 56, 463–479.

doi:10.1016/j.trc.2015.05.001

Gans, G. D. K., e Hoepman, J. (2008) A practical attack on the MIFARE Classic. *Smart Card Research and Advanced Applications*, 5189(September), 267–282.

doi:http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-85893-5_20

Liu, T., e Ceder, A. (2015) Analysis of a new public-transport-service concept: Customized bus in China. *Transport Policy*, 39, 63–76. doi:10.1016/j.tranpol.2015.02.004

Liu, Y., Gu, D., Li, B., e Qu, B. (2013) Legitimate-reader-only attack on MIFARE Classic.

Mathematical and Computer Modelling, 58(1–2), 219–226. doi:10.1016/j.mcm.2012.07.020

Mageean, J., e Nelson, J. D. (2003) The evaluation of demand responsive transport services in Europe. *Journal of Transport Geography*, 11(4), 255–270. doi:10.1016/S0966-

6923(03)00026-7

Mallat, N. (2007) Exploring consumer adoption of mobile payments - A qualitative study.

Journal of Strategic Information Systems, 16(4), 413–432. doi:10.1016/j.jsis.2007.08.001

Mallat, N., Rossi, M., e Tuunainen, V. K. (2004) Mobile banking services. *Communications of the ACM*, 47(5), 42. doi:10.1145/986213.986236

Souza, W. B. de. (2011) Cartão MIFARE classic ataques e medidas de contorno. Dissertação apresentada ao Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências. Universidade de São Paulo.

Zou, M., Chen, X. (Michael), Yu, H., Tong, Y., Huang, Z., Li, M., e Zou, H. (2013) *Dynamic Transportation Planning and Operations: Concept, Framework and Applications in China*.

Procedia - Social and Behavioral Sciences, 96(Cictp), 2332–2343.

doi:10.1016/j.sbspro.2013.08.262