



# O SISTEMA DE BILHETAGEM ELETRÔNICA DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS A SERVIÇO DO MAAS\*

---

BOAS PRÁTICAS PARA UM SISTEMA EFICAZ

\* MaaS = Mobility as a Service



# EDITORIAL

A venda de bilhetes de Transporte de Passageiros, além da sua função inicial de cobrança de receitas de transporte de Passageiros, é agora considerada o «braço armado» da Mobilidade como um Serviço, o MaaS. A bilhetagem eletrônica de Transporte de Passageiros deve permitir a combinação de serviços de mobilidade e oferecer aos passageiros uma oferta de transporte coerente, de ponta a ponta do trajeto e facilmente acessível.

Mas esta novo alvo da bilhetagem eletrônica bilhetagem eletrônica só será possível com base em sistemas bem concebidos e altamente evolucionais e escaláveis. Com efeito, este é o grande desafio: com a aceleração contínua das novas necessidades, ligadas nomeadamente ao MaaS, a exigência de flexibilidade, notadamente dos sistemas de bilhetagem eletrônica nunca foi tão elevada. No entanto, a bilhetagem eletrônica, por vezes associada a sistemas “de prateleira” proprietários, nem sempre é capaz de fornecer as soluções adequadas para este desafio.

O objetivo deste documento é mostrar que existem regras da arte, boas práticas, para que um sistema de bilhetagem eletrônica tenha as qualidades e desempenhos esperados, e que é uma ferramenta nas mãos das Autoridades Organizadoras do transporte de Passageiros e dos Operadores de Transporte de Passageiros para desenvolver as suas políticas de mobilidade.



# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>DEFINIÇÕES E ACRÔNIMOS</b> .....	8
<b>1. AS PRINCIPAIS VANTAGENS DE UM SISTEMA DE BILHETAGEM ELETRÔNICA SEM CONTATO</b> .....	10
> 1.1 - Melhorar a experiência do cliente	10
> 1.2 - Facilitar o funcionamento e a implementação de uma política de preços	10
> 1.3 - Melhorar a luta contra a fraude	11
> 1.4 - Facilitar a interoperabilidade	12
> 1.5 - Contribuir para MaaS	12
<b>2. DESAFIOS ECONÔMICOS E INDUSTRIAIS</b> .....	13
> 2.1 - Garantir a escalabilidade do sistema	13
> 2.2 - Garantir um nível de segurança elevado e constante	14
> 2.3 - Implementar uma política Tarifária	14
> 2.4 - Controlar o custo total de propriedade	14
<b>3. AS CONDIÇÕES PARA CONTROLAR O SISTEMA DE EMISSÃO DE BILHETES</b> .....	15
> 3.1 - Dominar e possuir o seu modelo de dados	15
> 3.2 - Possuir e gerenciar as suas chaves criptográficas	16
> 3.3 - Confiar em uma arquitetura modular e API	16
> 3.4 - Exigir fontes duplas em todos os níveis do sistema	18
<b>4. O VALOR DE SOLUÇÕES ABERTAS E PADRONIZADAS</b> .....	19
> 4.1 - Confiar em normas e padrões abertos	19
> 4.2 - Usar software Open Source	21
<b>CONCLUSÃO</b> .....	23
<b>AVALIE O SEU SISTEMA DE BILHETAGEM ELETRÔNICA</b> .....	24

# INTRODUÇÃO

Os Operadores de Transporte de Passageiros e as Autoridades de Transporte de Passageiros enfrentam um duplo desafio: melhorar o serviço ao cliente e, ao mesmo tempo, maximizar as suas receitas. Os viajantes que outrora eram considerados utilizadores tornaram-se clientes e exigem um serviço eficiente e um acesso sem discontinuidades às redes Públicas ou Privadas de Transporte Coletivo. A procura de um equilíbrio económico no sistema obriga os operadores a otimizar as suas receitas e simultaneamente de enfrentar a luta contra a fraude que é um dos seus principais objetivos.

A bilhetagem eletrônica é certamente um dos meios que mais contribui para estes dois objetivos de uma rede de transportes. Por esta razão a bilhetagem eletrônica está no cerne da Mobilidade como um Serviço, o MaaS., porque deve ser a porta de entrada para a mobilidade e a liberdade de circular para todos; a bilhetagem eletrônica não é apenas um meio de pagamento, deve ter um papel fundamental no equilíbrio dos modais, garantindo simultaneamente as receitas essenciais para o equilíbrio económico do sistema. Mas, para que uma rede de transporte possa tirar partido de todas as possibilidades oferecidas pela bilhetagem eletrônica, tem ainda de ser capaz de gerenciar o seu sistema de forma otimizada.

## **Quais são as melhores práticas e recomendações para instalar um novo sistema de bilhetagem eletrônica, ou adaptar um sistema existente, para responder aos desafios da mobilidade sustentável?**

A concepção ou renovação de um sistema de bilhetagem eletrônica envolve atualmente escolhas entre uma grande variedade de tecnologias, esquemas de arquitetura e modalidades de aplicação e de execução: código NFC ou QR, cartão ou sistema centralizado, pré-pagamento ou pós-pagamento são, entre outras, questões importantes. Mas a experiência mostra que a eficácia real da bilhetagem eletrônica depende sobretudo da sua flexibilidade e capacidade para satisfazer novas necessidades ao longo de toda a vida do sistema. Sem esta escalabilidade, a bilhetagem eletrônica não pode ser uma ferramenta eficaz para as políticas de Mobilidade como um Serviço.

As necessidades que pontuam o ciclo de vida de um sistema de bilhetagem eletrônica são numerosas: novo apoio ou novo serviço para os clientes, implementação de um regime de interoperabilidade, alterações de preços, acolhimento de um novo prestador de serviços de mobilidade, etc. Mas a sua implementação revela-se muitas vezes difícil, com custos elevados que podem levar o cliente a renunciar a muitas destas evoluções que são essenciais para ampliar e garantir a segurança dos seus negócios de Mobilidade como um Serviço.

O design original do sistema é decisivo: um design em caixa preta do sistema coloca o cliente numa situação de dependência do seu fabricante. Embora os preços iniciais tenham sido bem contidos devido ao processo licitatório de abertura a concorrência, quando o sistema foi adquirido, os futuros desenvolvimentos só podem ser geridos numa base de negociação direta de balcão, portanto os preços estão sujeitos às consequências sem controle.

**O desafio essencial é ter controle do seu sistema. O nível certo de domínio necessário é aquele que permite, para qualquer evolução significativa do sistema, de colocar a sua realização e a sua implementação em concorrência.**

As regras da arte e as boas práticas a seguir a este respeito são sobretudo de senso comum. A responsabilidade pela sua aplicação é do comitente, que deve levar em conta o custo de propriedade do sistema e não apenas o custo de aquisição inicial.

**A presente nota enumera as melhores regras da Arte da Mobilidade e as boas práticas. Elas são genéricas e universalmente aplicáveis, mas podem, naturalmente, ser adaptadas e completadas de acordo com o contexto.**

# DEFINIÇÕES E ACRÔNIMOS

## • ABT OU SISTEMA CENTRAL

Um sistema ABT (Account Based Ticketing) é um sistema de emissão de bilhetes em que os bilhetes são armazenados num servidor central e ligados a uma conta de cliente, servindo o objeto portátil apenas como um meio de identificar o cliente e ligá-lo à sua conta. O processamento de software dos bilhetes é então executado pelo servidor central.

## • API PARA TERMINAL

Uma API (Interface Programável de Aplicação Programável) para terminal define uma interface comum para gerenciamento de aplicações de software. Em um terminal de ticketing, várias APIs podem existir, desde o gerenciamento de acopladores sem contato até aplicações de ticketing de nível superior.

## • CEN

O CEN (Comité Europeu de Normalização) é uma associação de organismos nacionais de normalização de 34 países europeus. O CEN é um organismo de normalização reconhecido pela União Europeia como responsável pelo desenvolvimento e definição de normas a nível europeu, em colaboração com a ISO.

## • CHIP

Chip ou componente eletrônico, projetado e fabricado por fabricantes especializados em silício, conhecidos como fundidores. O chip é integrado em objetos portáteis, como cartões, e é o elemento inteligente que armazena e processa dados.

## • EMV

Europay Mastercard Visa, abreviado como EMV, é o padrão internacional de segurança de cartões de pagamento (Cartões Smart Card) desde 1995.

## • FILEIRA TECNOLÓGICA

Os sistemas de bilhetagem eletrônica sem contato baseiam-se em tecnologias seguras de intercâmbio de dados entre os objetos portáteis dos clientes e os terminais dos operadores. Tal área tem apelação de "fileira tecnológica". Os níveis de desempenho, em termos de fiabilidade, segurança, rapidez de transação, cumprimento das normas internacionais, destas fileiras são variáveis. Mifare, Calypso, Felica, Desfire, Cipurse são as fileiras tecnológicas mais conhecidas.

## • INTEROPERABILIDADE

Interoperabilidade é a capacidade de um sistema ou produto funcionar com outros sistemas ou produtos sem exigir ação adicional do viajante.

## • ISO

A ISO (Organização Internacional de Normalização) é uma organização internacional independente e não governamental cujos 164 membros são os organismos nacionais de normalização. Reúne especialistas de todos os países para desenvolver normas internacionais.



## • MAAS - MOBILIDADE COMO SERVIÇO

Este conceito emergente baseia-se no princípio da mobilidade onde o serviço permite deslocar as pessoas do ponto A para o ponto B, independentemente do modo de transporte utilizado, público ou privado. Baseia-se numa unificação dos serviços de mobilidade e numa fusão dos instrumentos (ITS) de bilhetagem eletrônica, de informação multimodal e de gerenciamento dos veículos (ativos ou não) do Transporte dos Passageiros.

## • MODELO DE DADOS

O objetivo do modelo de dados é descrever como a informação é codificada e fornecida no objeto portátil e suas regras de negócios. O modelo de dados é uma linguagem comum que permite a interoperabilidade entre os agentes de mobilidade que partilham os mesmos meios de comunicação com os clientes.

## • MÓDULO DE SEGURANÇA (SAM)

O módulo de segurança autentica o objeto portátil (cartão), o terminal e todos os dados trocados entre eles. É basicamente um cartão inteligente, mas uma vez que os serviços são agora frequentemente fornecidos por servidores remotos, também pode ser um componente de hardware integrado num servidor (HSM).

## • OBJETO PORTÁTIL COM OU SEM-CONTATO

Um smart card sem contato, um cartão java sem contato, um telefone celular NFC, uma chave USB com uma interface sem contato ou qualquer outro meio sem contato disponível aos clientes.

## • PAGAMENTO ABERTO

Um sistema de pagamento aberto é um sistema de emissão de bilhetes do tipo ABT onde o viajante usa seu cartão de pagamento bancário sem contato diretamente nos terminais de validação da rede de transporte para pagar por seu «direito de viajar» na rede.

## • SISTEMA DE CARTÃO "CARD CENTRIC", COM OU SEM CÓPIA DELE NO SISTEMA CENTRAL

Num sistema de bilhetagem eletrônica baseado no cartão ("card centric"), os títulos são armazenados no objeto portátil do passageiro. Mesmo quando os títulos são copiados para um servidor central, o conteúdo do objeto portátil é o que prevalece. O processamento de títulos por software em tempo real é geralmente efetuado pelos terminais front-office do sistema (e.g. validador).

## • SOFTWARE DE CÓDIGO ABERTO

Software Open Source é um software cujo código fonte é livre e livremente acessível, utilizável e modificável, distribuído sob uma licença aprovada pela Open Source Initiative e que garante o cumprimento das regras relacionadas.

# 1. AS PRINCIPAIS VANTAGENS DE UM SISTEMA DE BILHETAGEM ELETRÔNICA SEM CONTATO

A definição de um sistema de bilhetagem eletrônica, ou a descrição das suas funções, já foi objeto de muitos estudos. Este número enumera, sem pretender ser exaustivo, tudo o que faz pelo cliente, pelo operador, pela entidade organizadora, o valor acrescentado da bilhetagem eletrônica em termos de qualidade de serviço, facilidade de acesso ao transporte e contribuição multimodal para a MaaS.

## > 1.1 - MELHORAR A EXPERIÊNCIA DO CLIENTE

Em primeiro lugar, um sistema de bilhetagem eletrônica sem contato permite ao utilizador de uma rede de transporte validar o seu bilhete de uma forma simples e fluida, com um suporte não alterável num gesto rápido e natural.

Um cliente em posse de um objeto portátil sem contato pode armazenar vários bilhetes diferentes de acordo com suas necessidades e recarregá-lo automaticamente a qualquer momento usando máquinas de vendas ou aplicações on-line.

Graças à possibilidade de guardar os perfis no suporte, o viajante não tem de apresentar provas de tarifas especiais no momento da verificação.

O cliente se beneficia da reconstituição de suas ações em caso de perda do suporte, quando este estiver registrado.

O apoio do cliente pode igualmente permitir-lhe aceder a outros serviços de mobilidade baseados em acordos de interoperabilidade existentes.

Este meio, na maioria das vezes um cartão sem contato, tem uma vida útil muito longa e degrada muito pouco.

## > 1.2 - FACILITAR O FUNCIONAMENTO DA REDE E A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA POLÍTICA DE PREÇOS

A implementação de um sistema de bilhetagem eletrônica sem contato permite acelerar o acesso à rede de transporte através de transações muito rápidas, pouco mais de 0,1 segundos, e absorver grandes fluxos de passageiros. Por exemplo, em La Défense, o centro de negócios de Paris, a utilização da tecnologia sem contato permite a passagem de 60 passageiros por minuto pelas portas de acesso do metrô.

Um sistema de bilhetagem eletrônica sem contato oferece também ao operador de transporte a possibilidade de implementar uma política tarifária mais elaborada graças ao desempenho técnico dos meios utilizados (armazenamento de perfis e bilhetes, gestão de ligações, etc.).

A rede de transportes pode recolher dados estatísticos sobre os fluxos de passageiros em pontos específicos da rede, a fim de afinar o seu plano de transporte de modo a que este seja tão sensível quanto possível às necessidades de mobilidade dos utilizadores.

Finalmente, a tecnologia sem contato reduz os custos de manutenção associados à remoção de módulos mecânicos dos terminais de validação.

### › 1.3 - MELHORAR A LUTA CONTRA A FRAUDE

Um sistema de bilhetagem eletrônica sem contato permite sistematizar o processo de validação à entrada da rede, particularmente nos validadores a bordo (autocarros, eléctricos, etc.), facilitando assim a detecção de passageiros sem bilhete.

Quando se baseia em mecanismos de segurança padrão de última geração, o risco de fraude tecnológica ou o uso de mídia roubada é significativamente reduzido.

As principais ameaças de fraude tecnológica que um sistema de bilhetagem eletrônica enfrenta são:

- contrafação, que consiste em imitar bilhetes de transporte para utilização ou venda como se fossem bilhetes autênticos emitidos pela rede,
- clonagem, que consiste na duplicação idêntica de um título de transporte existente para poder utilizá-lo várias vezes, pelo mesmo passageiro ou passageiros diferentes,
- alteração de conteúdo, que consiste em modificar o conteúdo de um suporte para alterar a natureza e/ou quantidade dos títulos que contém.

A fim de proteger contra estas ameaças, um sistema de bilhetagem eletrônica sem contato baseia-se em várias medidas de segurança:

- a segurança física intrínseca do objeto portátil, que impede a leitura e a modificação não autorizadas dos dados nele armazenados,
- a proteção de elementos secretos que protegem as transações, geralmente chaves criptográficas, dentro de módulos de segurança de hardware,
- a implementação de um sistema de detecção de fraudes, através da detecção de anomalias temporais estatísticas que permitam detectar a utilização do mesmo suporte em diferentes locais num intervalo de tempo demasiado curto,
- o estabelecimento de listas de oposição nos terminais para recusar o acesso aos meios de comunicação social declarados roubados ou detectados como fraudulentos.

Corretamente aplicadas e regularmente atualizadas de acordo com o estado da arte, estas várias medidas de segurança permitem reduzir significativamente os riscos de fraude tecnológica.

Outras Técnicas complementares, não ligadas diretamente a bilhetagem eletrônica, (reconhecimento facial, biometria, ...) estão aparecendo neste mercado, mas não comprovaram ainda resultados e maturidades na resolução das fraudes remanentes do transporte coletivo de passageiros justificando os custos recuperáveis de sua expansão.

## > 1.4 - FACILITAR A INTEROPERABILIDADE

Um sistema de bilhetagem eletrônica sem contato melhora, sem dúvida, as possibilidades de interoperabilidade entre os vários parceiros de mobilidade dentro da mesma bacia de viagem e mesmo entre bacias. Na verdade, a mídia sem contato pode oferecer:

- Interoperabilidade de mídia simples: o usuário pode carregar e usar títulos de redes diferentes na mesma mídia. Este modelo não implica qualquer acordo comercial ou tarifário entre os diferentes operadores de transporte.
- Interoperabilidade dos títulos de transporte: o utilizador pode viajar em diferentes redes de transporte com o mesmo título de transporte, o que implica um acordo comercial e tarifário entre os diferentes operadores de transporte em causa e a mediação da(s) Autoridade(s) do MaaS se as redes tem diferentes Autoridades do MaaS.

## > 1.5 - CONTRIBUIR PARA MAAS

A contribuição da bilhetagem eletrônica para a MaaS, «Mobilidade como Serviço», é agora considerada, em linha com a função original de cobrança de receitas, como um papel essencial da bilhetagem eletrônica.

A emergência do conceito de MaaS levou à integração de muitos novos serviços de mobilidade, tais como car sharing, bicicletas self-service, parques de estacionamento, táxis, etc., nas redes de transportes públicos tradicionais. Para passar do ponto A ao ponto B, o viajante dispõe de vários serviços de mobilidade, interligados entre si, com uma livre escolha de alternativas de acordo com as suas preferências, com informação multimodal disponível em todo o lado e a todo o momento, com acesso fácil e sem restrições e transição de um serviço para outro.

A bilhetagem eletrônica sem contato, desde que a sua tecnologia seja suficientemente acessível e aberta é portanto, um acelerador para a implementação do MaaS, uma vez que oferece soluções concretas para facilitar o acesso a todas as formas de mobilidade, integrando preocupações de desenvolvimento sustentável e influenciando o equilíbrio modal.

Com a emergência do MaaS, a bilhetagem eletrônica recuperou seu papel principal como porta de entrada para a mobilidade e a liberdade de circulação para todos, depois de ter sido erroneamente percebida como um meio simples de pagar pelo transporte.

## 2. DESAFIOS ECONÓMICOS E INDUSTRIAIS

Um sistema de bilhetagem eletrônica representa um investimento importante para um operador de transporte de passageiros ou uma autoridade organizadora de transportes. Um tal investimento só deve ser feito se a sua sustentabilidade estiver garantida durante pelo menos 15 anos, o que implica que o sistema possa evoluir a um custo razoável. Por exemplo, a adaptação às novas necessidades dos viajantes, o acompanhamento da emergência de novas tecnologias, a atualização harmoniosa com o contexto das medidas de segurança ou a aplicação de uma política tarifária reativa. O custo de propriedade do sistema é o indicador destas capacidades do sistema e é a medida preferida da eficiência econômica do investimento em bilhetes.

### › 2.1 - GARANTIR A ESCALABILIDADE DO SISTEMA

**Para garantir a capacidade de evolução de um sistema de bilhetagem eletrônica, é necessário levar em conta algumas precauções na escolha da solução, dos fornecedores e dos métodos de implementação.**

**Garantir a possibilidade de lançamento de licitações a longo prazo.**

Os fabricantes, integradores, fabricantes de terminais ou fornecedores de cartões-chips podem ser tentados a promover as suas próprias soluções exclusivas, tornando mais difícil integrar a concorrência entre fornecedores durante toda a vida de um sistema. Acontece também que alguns provedores não mais garantem a continuidade do serviço de um sistema proprietário, o que coloca em grande dificuldade as redes que o adotaram.

Consequentemente, é necessário garantir que a tecnologia de um sistema de bilhetagem eletrônica não seja oferecida por um único fornecedor, a fim de poder beneficiar de soluções compatíveis fornecidas por outros fabricantes em caso de falha do fornecedor inicial do sistema

**Garantir a capacidade do sistema de evoluir.**

É provável que um sistema de bilhetagem eletrônica evolua ao longo do seu ciclo de vida a fim de se adaptar facilmente às extensões da rede, à integração de novos operadores, às alterações de preços, à emergência de novas tecnologias, etc. Portanto, é necessário projetar desde o início um sistema que seja escalável e configurável.

A emergência de novos desenvolvimentos, como a bilhetagem eletrônica móvel NFC, o pagamento baseado em contas (ABT), o pagamento aberto (Open Payment), etc., envolve frequentemente novos intervenientes para além dos fornecedores históricos. A adição destas soluções por estes novos intervenientes pode então revelar-se complexa, dispendiosa e demorada, especialmente se o sistema original não se basear em normas abertas.

Se um operador de transportes quiser garantir a durabilidade e a escalabilidade do seu sistema, deve, por consequência, ter o controle sobre ele e confiar em soluções abertas que não sejam específicas de um único fabricante.

## > 2.2- GARANTIR UM NÍVEL DE SEGURANÇA ELEVADO E CONSTANTE

Durante a sua implementação, um sistema de bilhetagem eletrônica, na maioria das vezes, implementa mecanismos de segurança de última geração e, portanto, está bem protegido contra fraudes tecnológicas conhecidas na época.

No entanto, o nível de ameaça aumenta constantemente à medida que as técnicas de pirataria evoluem. Em todas as áreas dos sistemas de informação, são necessárias atualizações periódicas para manter um nível de segurança constante.

**Um sistema de bilhetagem eletrônica deve atualizar regularmente os seus mecanismos de segurança para se adaptar às novas ameaças.**

## > 2.3- IMPLEMENTAR UMA POLÍTICA TARIFÁRIA

Uma rede de transportes ou uma autoridade organizadora do transporte de passageiros deve ter o controle sobre a sua política tarifária. Com efeito, é uma das alavancas mais importantes para organizar a mobilidade dentro de uma determinada área geográfica e, como tal, é um tema estratégico para os políticos locais.

**Um sistema de bilhetagem eletrônica deve permitir adaptar uma política tarifária de forma flexível e simples.**

## > 2.4- CONTROLAR O CUSTO TOTAL DE PROPRIEDADE

O Custo Total de Propriedade (TCO) representa o custo total de um ativo, como um sistema de computador, durante todo o seu ciclo de vida. Tem em conta não só os custos diretos de materiais, equipamentos, infra-estruturas de rede, software, desenvolvimentos específicos, licenças, etc., mas também todos os custos indiretos, ou custos ocultos, tais como evoluções, manutenção, administração, formação de utilizadores e administradores, apoio técnico e custos recorrentes (consumíveis, electricidade, aluguel, etc.).

Durante sua vida útil, um sistema de bilhetagem eletrônica tem que oferecer modalidades flexíveis e simples de evolução: novas tecnologias, atualizações de segurança, nova política de preços, mas também um fornecedor potencialmente novo após a falha do fornecedor inicial.

Os custos de evolução desempenham um papel importante no TCO de um sistema de bilhetagem eletrônica e podem, por vezes, constituir um verdadeiro limite à realização dos objetivos.

**Para minimizar o TCO ao longo da vida útil, um operador ou autoridade de transporte deve ter controle sobre seu sistema em todos os seus aspectos.**

### 3. AS CONDIÇÕES PARA CONTROLAR O SISTEMA DE EMISSÃO DE BILHETES

Para um operador ou uma autoridade organizadora, o controle do seu sistema de bilhetagem eletrônica pode parecer um esforço considerável e dispendioso. Muitas vezes preferem delegar toda a responsabilidade ao integrador industrial, porque consideram este controle demasiado técnico para ser tratado diretamente. Mas se não tiverem esta oportunidade de integrar as competências necessárias nas suas equipas, podem delegar as tarefas descritas a seguir a atores neutros que atuam em seu nome, a fim de garantir a sua efetiva implementação.

#### › 3.1 - DOMINAR E POSSUIR O SEU MODELO DE DADOS

O modelo de dados de bilhetagem eletrônica de uma rede de transportes coletivo de passageiros representa a «tradução» informática da sua política tarifária, nomeadamente para que possa ser implementado através dos seus terminais e objetos portáteis.

O comprador do sistema de bilhetagem eletrônica deve ter todos os direitos para utilizá-lo livremente, adaptá-lo e transmiti-lo a terceiros. Ele deve ter uma compreensão e controle do seu modelo de dados.

Este controle exige um verdadeiro investimento, que continua a ser muito limitado em relação aos riscos incorridos pelas redes a médio e longo prazo: a impossibilidade de realizar mudanças importantes, como a interoperabilidade com outras redes, a aplicação de uma nova política tarifária, ou a possibilidade de o fazer apenas a um custo muito elevado.

Com efeito, se o responsável principal não o tiver previsto nas suas especificações, o fornecedor de sistemas pode desenvolver um modelo de dados privativo sem o comunicar à rede de transporte. E mesmo que o faça, terá uma vantagem concorrencial inegável sobre os seus concorrentes potenciais em futuras licitações. Pior ainda, a experiência mostra que pode haver discrepâncias entre a versão do modelo de dados efetivamente implementado no equipamento e a versão comunicada pelo fornecedor.

Se o problema do controle do modelo de dados pela rede de transporte coletivo de passageiros não estiver integrado desde a fase de projeto, então, no mínimo, é necessário exigir que o fornecedor transmita este modelo e prever um sistema de sanções significativas no caso de um desvio da realidade na implementação do sistema.

Recomenda-se, quando disponível, a utilização de modelos de dados abertos, como a norma Intercode na França, adaptados às necessidades específicas da rede e independentes dos fornecedores de terminais, cartões ou sistemas de bilhetagem eletrônica.

## CONTROLAR O SEU SISTEMA: A RESPONSABILIDADE DO COMITENTE

O controle do seu sistema de bilhetagem eletrônica é da responsabilidade do contratante, quer se se trate de uma autoridade organizadora, de um operador de transportes ou de qualquer tipo de entidade responsável pelo sistema. Ele deve se preocupar com o custo de possuir seu sistema, não apenas com o custo de compra.

Minimizar apenas o investimento inicial, sem levar em conta o TCO, é geralmente sinónimo de uma compra de uma «caixa preta», sem qualquer controle. Pelo contrário, a integração do custo de propriedade na escolha da solução permite, com base numa avaliação económica que leve em conta todos os custos de operação e manutenção e a estimativa dos custos de evolução, a escolha de uma solução modular, escalável e controlada.

### > 3.2- POSSUIR E GERENCIAR AS SUAS CHAVES CRIPTOGRÁFICAS

O gestor do sistema, a autoridade de transporte de passageiros ou o operador de transporte coletivo de passageiros devem possuir as chaves utilizadas para garantir a escrita e a leitura dos dados constantes dos cartões ou de qualquer outro suporte que circule na sua rede.

Os fornecedores de sistemas de bilhetagem eletrônica devem, em consequência, fornecer ao gestor a descrição técnica das chaves e a sua aplicação nos módulos de segurança (SAM) utilizados nos diferentes equipamentos de bilhetagem eletrônica.

O gestor do sistema deve também poder utilizá-los livremente, dentro dos limites das regras de segurança estabelecidas localmente.

No que concerne à arquitetura de segurança do sistema, recomenda-se a utilização de uma solução normalizada que possa ser implementada por diferentes fornecedores, em especial para o processo de criação de chaves, que deverá ser implementado por um terceiro experiente, independente dos fornecedores de cartões, terminais ou sistemas.

**Em todos os casos, é necessário solicitar a especificação do sistema de segurança, incluindo o procedimento para desenhar chaves, para poder regenerá-las se necessário.**

### > 3.3- CONFIE EM UMA ARQUITETURA MODULAR E API

AAs redes de transporte coletivo de passageiros devem exigir que seus fornecedores baseiem suas soluções em uma arquitetura modular que garanta a escalabilidade. Isto permitirá modificar um módulo independentemente dos outros sem ter que redesenhar completamente o sistema de ticketing.

A implementação deste tipo de arquitetura modular requer interfaces abertas e publicadas entre cada módulo e com outros sistemas.



O objetivo é dispor de um sistema que integre de forma fácil e rentável uma abordagem interoperável. Isto é, que permita que se faça:

- a recuperação e/ou a repartição de quaisquer atividades ou ações relacionadas a todos os tipos de títulos de viagem, interoperáveis ou não, segundo o objeto portátil depositário do título,
- interagir facilmente com uma câmara de compensação para uma melhor distribuição das receitas entre os diferentes parceiros integrados num sistema de interoperabilidade.

Independentemente do número de fornecedores industriais, cada um deles deve fornecer à rede de transmissão os APIs que utilizam para controlar os equipamentos periféricos, de forma que a rede os possa adaptar ou transmitir a terceiros. Isso facilita a licitação competitiva de fornecedores quando os contratos são renovados, permitindo assim:

- não correlacionar o ciclo de vida do equipamento e das aplicações nele instaladas,
- abrir a instalação das suas aplicações nos equipamentos existentes a fornecedores terceiros.

Além disso, é importante exigir que os sistemas sejam abertos, compartilháveis e compreensíveis por outros atores que não sejam dos departamentos de bilhetagem, a fim de permitir, por exemplo, que a interface com sistemas comerciais agregue um conjunto de dados como bilhetagem, SAE, contagem, etc.

Assim, é possível:

- proporcionar uma visão clara da utilização da rede e da adequação da oferta às necessidades,
- integrar novas soluções para melhorar a luta contra a fraude,
- oferecer ao usuário uma experiência de mobilidade homogênea e personalizada através de uma única aplicação móvel que integre, por exemplo, pesquisa de itinerários, compra e validação de bilhetes, informação em tempo real dos veículos em circulação em cada linha.

## CONSULTE ARQUITETURAS MODULARES E INTERFACES ABERTAS

Alguns países emitiram recomendações sobre a arquitetura dos sistemas de bilhetagem eletrônica.

Na França, a AFIMB, a Agência Francesa de Informação Multimodal e Bilhetagem, desenvolveu um sistema de referência «Arquitetura e Segurança de Sistemas de Bilhetagem». Este documento destina-se a ajudar os diretores das autoridades de transporte e/ou dos operadores de transporte coletivo franceses a escrever as suas especificações. A conformidade com esta norma garante que o software do sistema é produzido de acordo com as melhores práticas e com interfaces bem especificadas. É assim possível mudar o GESTOR durante a vida do sistema.

### › 3.4- EXIGIR FONTES DUPLAS A TODOS OS NÍVEIS DO SISTEMA

A fim de controlar o seu sistema e garantir uma verdadeira independência industrial, é necessário assegurar que não exista uma fonte de abastecimento única para qualquer elemento do sistema.

Um único componente de fonte única dentro de um sistema representa um grande risco, não só para o controlo do sistema, mas também para a sua sustentabilidade. Uma falha no fornecimento de um componente, independentemente da causa, pode levar a um mau funcionamento do sistema e potencialmente ao seu desligamento.

O único controle real deste risco é ter uma fonte dupla em todos os componentes do sistema de bilhetagem eletrônica e, em consequência, garantir antecipadamente a sua existência.

Os cartões são obviamente uma questão crítica, uma vez que a falta de fornecimento pode obrigar muito rapidamente o operador a abrir as suas redes por um período de tempo indefinido e, em consequência, a perder receitas. Já ocorreram casos desta natureza nos sistemas de bilhetagem eletrônica existentes.

As causas das perturbações do aprovisionamento podem ser temporárias: atrasos na produção, escolha dos clientes prioritários pelo fabricante, problemas técnicos, movimentos sociais, etc., ou definitivas, por exemplo, a decisão estratégica do fabricante de abandonar uma atividade considerada insuficientemente rentável.

Em consequência, é importante assegurar-se que o cartão escolhido, ou mesmo o canal tecnológico escolhido, não seja fornecido por um único fabricante, ao contrário dos produtos de bilhetes sem contato, que não cumprem qualquer norma reconhecida e são pertencentes a sistemas proprietários de um único fabricante.

#### O CHIP DE CARTÃO, UM ELEMENTO SENSÍVEL DO SISTEMA

Ter várias fontes de suprimento para todos os elementos do sistema é uma regra obrigatória. Nenhum deles deve ser proveniente de uma única fonte, de um único fornecedor, isso só é possível se o comitente tenha domínio e propriedade de todas as especificações.

O chip de cartão sem contato é um elemento do sistema que nem sempre é percebido como crítico, pois está escondido atrás do cartão, que é, na verdade, objeto de uma vasta oferta industrial competitiva. No entanto, é necessário assegurar a existência de uma dupla fonte de chip no setor escolhido. As apostas são elevadas, porque uma simples interrupção do abastecimento a este nível interrompe o sistema de bilhetagem eletrônica.

As estratégias das fundições de componentes eletrônicos estão fora do controle dos operadores de transporte. As frequentes fusões e aquisições de empresas neste ramo tornam as estratégias industriais imprevisíveis, com riscos significativos de abandono definitivo das linhas de produção. Isso já aconteceu na década de 2000, com um líder mundial em componentes eletrônicos, a Motorola, que de repente decidiu interromper suas atividades sem contato; as redes que fizeram essa escolha sofreram danos significativos.

Por conseguinte, é necessário assegurar a existência de, pelo menos, duas fontes independentes de fornecimento na cadeia tecnológica utilizada para cada tipo de demanda.

## 4. O VALOR DE SOLUÇÕES ABERTAS E PADRONIZADAS

O controle de um sistema de bilhetagem eletrônica baseia-se na capacidade do cliente de colocar em concorrência as suas evoluções e a sua manutenção ao longo de toda a sua vida útil.

Exigir o cumprimento de todas as normas e padrões existentes é a melhor maneira de garantir que não haja deriva proprietária no sistema, ou pelo menos limitá-la. Para ir ainda mais longe, e para evitá-lo completamente, o cliente pode impor, quando disponível, o uso de software Open Source, que tem a vantagem de ser acessível e utilizável por todos.

### > 4.1 - CONFIAR EM NORMAS E PADRÕES ABERTOS

As redes de transporte coletivo de passageiros devem garantir que as soluções de bilhetagem eletrônica sem contato implementadas pelos seus fornecedores se baseiam exclusivamente em objetos portáteis baseados em normas e padrões abertos, conhecidos de todos os fornecedores e cujo cumprimento é assegurado por um procedimento de certificação.

Isto é tanto mais necessário quanto a rede prevê a interoperabilidade com outros parceiros; a comunicação entre um objeto portátil sem contato e um terminal exige o entendimento das várias regras técnicas a fim de garantir a interoperabilidade técnica entre diferentes fontes de terminais e objetos portáteis.

Quando estas regras são aplicadas, tornam-se uma norma de facto, apoiada por um grupo de utilizadores e podem tornar-se uma norma oficial se forem aceites por um organismo maior (nacional, como a AFNOR ou a DIN, ou internacional, como o CEN na Europa ou a ISO para o mundo).

Por exemplo, o CEN publicou uma norma, CEN TS 16794, baseada na ISO 14443, para especificar as regras a respeitar em termos de comunicação sem contato entre objetos portáteis e terminais no setor dos transportes coletivo de passageiros.

Esta norma, que abrange tanto os terminais como os cartões sem contato, é interoperável com as especificações do Fórum NFC para telefones NFC e compatível com a norma EMVCo de nível 1 utilizada para pagamentos. A Smart Ticketing Alliance definiu um procedimento de certificação associado a esta norma, tanto do lado do cartão como do lado do terminal, implementado por vários organismos e laboratórios de certificação europeus. Se fizermos a analogia com sistemas bancários, é o equivalente a EMV Nível 1 para transporte.

Os objetos portáteis Calypso estão abrangidos por um certificado de conformidade com as especificações de referência, aberto a todos os fornecedores e que completa a certificação de nível 1. É o equivalente ao nível 2 da EMV no setor bancário.

A combinação destes dois tipos de certificação garante a interoperabilidade ao nível da comunicação sem contato e da aplicação de objetos portáteis de diferentes fornecedores.

Permite assim que as redes concorram entre si, garantindo simultaneamente a interoperabilidade destes produtos a partir de diferentes fontes.

## CERTIFICAÇÕES A EXIGIR NAS LICITAÇÕES

Somente a dupla certificação de trocas entre objetos portáteis e terminais, no nível de radiofrequência (RF) e no nível de especificações funcionais, pode garantir a capacidade de interoperar sistemas de bilhetagem.

- **Certificação RF:** O CEN publicou a norma CEN TS 16794 e a Smart Ticketing Alliance definiu um procedimento de certificação associado a esta norma, implementado por vários organismos e laboratórios de certificação europeus.
- **Certificação funcional:** para os utilizadores da norma Calypso, a associação da rede Calypso estabeleceu um procedimento de certificação funcional em relação às especificações de referência, aberto a todos os fornecedores.

## > 4.2- USAR SOFTWARE OPEN SOURCE

O modelo Open Source baseia-se na organização de uma relação equilibrada entre todos os potenciais colaboradores de um projeto, de forma a incentivar o envolvimento de todos, limitando a reapropriação por apenas um dos stakeholders.

Software Open Source é um software cujo código fonte é livre e livremente acessível por todos, utilizável e modificável, distribuído sob uma licença aprovada pela Open Source Initiative. Estas licenças são contratos livres para conceder direitos de propriedade intelectual em todo o mundo durante toda a duração dos direitos, para todos os usos e em todos os tipos de mídia.

Embora a utilização de normas abertas e das respectivas certificações garanta a interoperabilidade e uma concorrência satisfatória para os objetos portáteis sem contato, ainda não existe equivalente para os terminais, cuja aplicação pelos integradores de bilhetagem eletrônica continua a ser exclusiva e, na maioria dos casos, efetuada em caixas pretas.

As redes de transporte coletivo de passageiros são, por consequência, aconselhadas a pedir aos seus integradores de sistemas de bilhetagem eletrônica que utilizem software de fonte aberta, quando este exista.

Uma vez que o software de fonte aberta é acessível a todos os fornecedores nas mesmas condições, todos são livres de fazer uma oferta que satisfaça as necessidades expressas pela rede de transportes coletivo de passageiros, o que, em última análise, contribui para uma concorrência leal e aberta

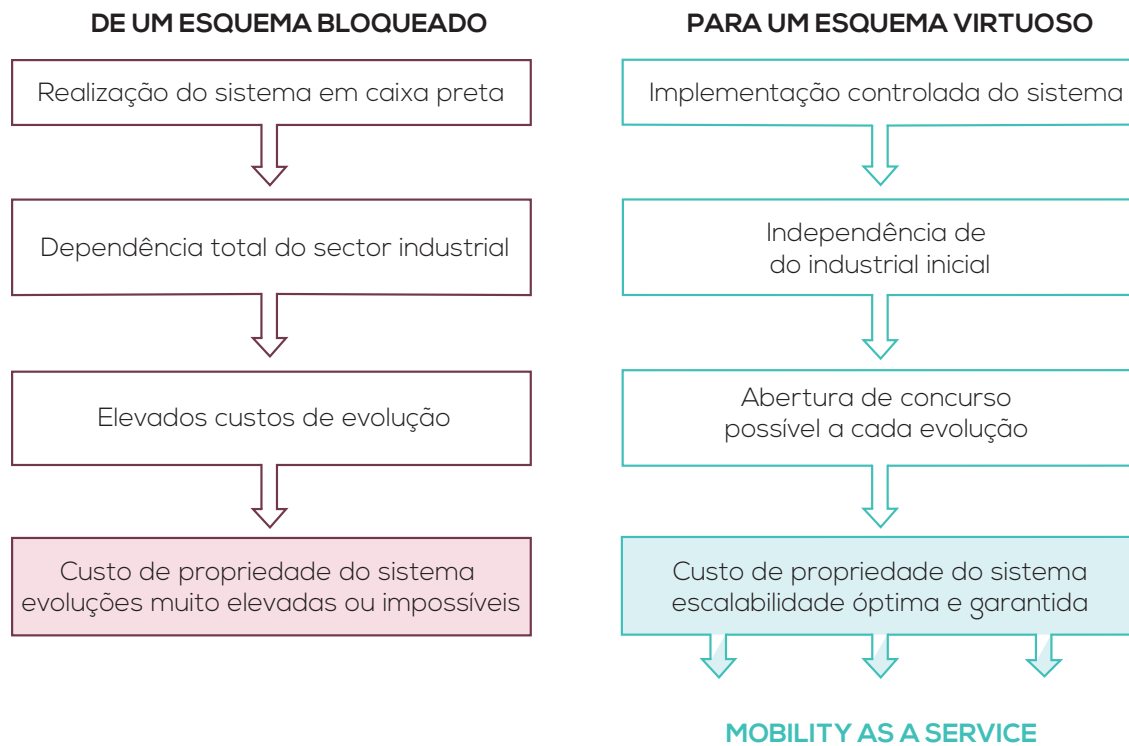
### O IMPACTO ECONÔMICO DO USO DE SOFTWARE OPEN SOURCE

Quando o software é propriedade do desenvolvedor do sistema, não só o uso de modificações no mercado de balcão obviamente tem um impacto negativo no custo de implementação, mas por causa do efeito «caixa preta», também é muito difícil ter uma estimativa objetiva do custo real da modificação. Por consequência, é difícil estabelecer objetivos de negociação com o fabricante e perde-se a noção da ordem de grandeza do preço.

Com o uso de software Open Source, muitos desenvolvedores são capazes de medir o impacto real da evolução solicitada e fazer uma estimativa precisa. Pode haver diferenças que vão de 1 a 10; por exemplo, uma evolução proposta em 500 000 euros pelo fornecedor num contexto OTC, por um montante de 50 000 euros, é realizada por um desenvolvedor de software de fonte aberta. Estes são casos reais realmente encontrados pelos diretores.

# PROPRIETÁRIO VS ABERTO

## AS CONSEQUÊNCIAS SOBRE O CICLO DE VIDA DE UM SISTEMA



## CONCLUSÃO

A implementação de um sistema de bilhetagem eletrônica por uma rede de transportes coletivo de passageiros representa um investimento importante e é provável que sua duração de vida é elevada, frequentemente entre 15 e 20 anos. O sistema deve permitir muitas evoluções funcionais e tecnológicas ao longo da sua vida. É, pois, necessário fazer as escolhas certas desde a concepção do sistema e aplicar todas as medidas que garantam a sua capacidade de evolução, a concorrência permanente entre fornecedores e o controle dos preços, que é uma das alavancas mais importantes das políticas de transporte público.

As recomendações contidas neste documento tendem todas para os mesmos objetivos e podem ser aplicadas independentemente do modelo de arquitetura escolhido: cartão centrado, ABT, Open Payment, etc.

Estas recomendações garantem as melhores condições para a implementação da interoperabilidade entre sistemas e são particularmente adaptadas ao MaaS (Mobility as a Service) para agregar todas as formas de mobilidade, incluindo as mais leves. Estes novos serviços de mobilidade serão assim muito mais fáceis de integrar num sistema aberto, Open Source, respeitando as normas, com APIs abertas.

A implementação do MaaS, que ainda está na sua infância, só pode ser verdadeiramente eficaz se forem respeitadas as regras de senso comum desenvolvidas neste documento para a concepção de futuros sistemas integrados de bilhetagem eletrônica.

### BOAS PRÁTICAS PARA UM SISTEMA BILHETAGEM ELETRÔNICA BEM-SUCEDIDA

**O comprador de um sistema de bilhetagem eletrônica deve sempre assegurar-se disso:**

- **O sistema é baseado em normas existentes e reconhecidas.**
- **Os componentes do sistema estão disponíveis em duas fontes.**
- **A arquitetura do sistema é modular e baseada em APIs bem definidas, publicadas e livres de royalties.**
- **As chaves criptográficas do sistema são sua propriedade e pode administrá-las.**
- **O modelo de dados é propriedade dele e ele tem controle total sobre ele.**
- **O software de código aberto é preferido onde ele existe.**

# AVALIE O SEU SISTEMA DE BILHETAGEM ELETRÔNICA

Você está preparando um novo sistema de emissão de bilhetes ou já tem um sistema em operação.

As melhores modalidades e boas práticas, objeto deste documento, são todos elementos factuais que são objeto do questionário abaixo.

Pode assim avaliar o seu nível de controle do seu sistema de bilhetagem eletrônica, e consequentemente a sua capacidade de evoluir e atingir os seus objetivos.

## AVALIAÇÃO DO SEU NÍVEL DE CONTROLE DO SEU SISTEMA

Perguntas / Respostas	Sim	Não
Você pode colocar seus desenvolvimentos de sistema em competição uns com os outros?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alguma vez foi incapaz de implementar uma evolução?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tomou precauções especiais para assegurar a continuidade do serviço em caso de falha de um dos seus fornecedores?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Você tem acesso ao código fonte do software em seu sistema?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Você pode facilmente mudar os preços (regras tarifárias, bilhetes, etc.)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Você consegue integrar novos fornecedores à medida que avança?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pode acolher novos parceiros, operadores privados ou públicos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Em geral, como você classifica o controle do seu sistema em uma escala de 1 a 5?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Comente suas respostas	<input type="text"/>	



## AVALIAÇÃO DAS BOAS PRÁTICAS MENCIONADAS NO DOCUMENTO

Perguntas / Respostas	Sim	Não
Você é dono do seu modelo de dados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Caso contrário, quem o faz? Autoridade de Transportes / Operadores / Integradores / Outros</i>		
Você definiu meios internos ou de subcontratação para gerenciar seu modelo de dados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Você possui as chaves criptográficas do seu sistema?		
<i>Caso contrário, quem o faz? Autoridade de Transportes / Operadores / Integradores / Outros</i>		
Seu sistema é baseado em uma arquitetura modular, com interfaces duplas?		
O software do seu sistema usa APIs abertas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Seu sistema é especificado com base em um repositório nacional ou internacional?		
Todos os componentes do seu sistema existem em fonte dupla?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A tecnologia escolhida para o seu sistema tem pelo menos duas fontes de chips para cartões?		
Seu sistema está em conformidade com todas as normas existentes aplicáveis?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Você exige todas as certificações de conformidade com a norma do produto (cartões, terminais) onde elas existem?		
Listar as certificações necessárias:		

## REFERENCIAS

<https://www.revuetec.com/revue/maas-mobility-as-a-service/>

<https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/outil-acquisition-systemes-intelligents-transport>

<https://www.linkedin.com/pulse/open-payment-account-based-ticketing-back-future-step-vappereau/>

<https://services.snapper.co.nz/whitepaper-account-based-ticketing-not-same-as-emv/>

<https://www.intelligenttransport.com/transport-articles/76233/ticketing-open-standard-source-project/>



**Calypso Networks Association**

**Obrigado aos colaboradores deste white paper:**

**Joel Eppe - SNCF**

**Ralph Gambetta - Smart Ticketing Alliance**

**Nicolas Generali - CNA**

**Philippe Guillaumin - CNA**

**Salah Merzouk - Setim**

**Jeremy Rubel - SETEC ITS**

**Francis Sykes - RATP Smart Systems**

**Ludovic Teixeira Costa - Galitt**

**Philippe Vappereau - CNA**

**Valentina Zajackowski - CNA**

**Guy Vankeer ( versão português) - CNA Brasil**

**Fernando Portella ( versão português) - CNA Brasil**

**Calypso Networks Association**

76 rue Royale – 1000 Brussels

[contact@calypsonet-asso.org](mailto:contact@calypsonet-asso.org)

[www.calypsonet-asso.org](http://www.calypsonet-asso.org)