

## **Simulação, Monitorização e Controlo de Viaturas no Aeroporto do Porto**

Ricardo Lapão<sup>1</sup>; Gabriel Pestana<sup>1</sup>; Miguel Mira da Silva<sup>1</sup>; Rui Silva<sup>2</sup>; António Grilo<sup>2</sup>; Mário Serafim<sup>2</sup>; Isabel Rebelo<sup>3</sup>; João Nunes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> INESC

<sup>2</sup> INOV

<sup>3</sup> ANA Aeroportos

(gabriel.pestana@inesc-id.pt; mms@dei.ist.utl.pt; rs@estig.ipbeja.pt; antonio.grilo@inov.pt; mario.nunes@inesc.pt; isabel.rebelo@ana-aeroportos.pt; jnunes@ana-aeroportos.pt)

---

### **Resumo**

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tradicionais permitem geo-referenciar e visualizar a informação em termos geográficos. Estes sistemas são usados cada vez mais para melhorar a interface com o utilizador em muitas aplicações, designadamente para a gestão de frotas. Hoje em dia, é prática comum recorrer-se ao SIG para gestão de frotas e monitorização das viaturas em tempo real utilizando GPS.

No entanto, os SIG tradicionais estão focados na visualização de informação geográfica mais recente, não estão focados para processar informação histórica para apoio ao processo de decisões. Por exemplo, as aplicações de gestão de frotas permitem visualizar apenas a localização actual das viaturas, não permitem análise do histórico e identificação de padrões ou tendências. Quando a análise do histórico é relevante para o processo de decisão, os SIG apresentam lacunas.

Por norma os decisores recorrem a sistemas de suporte à decisão específicos. Contudo, os sistemas de suporte à decisão normalmente não estão preparados para processar informação geográfica. Os decisores ficam assim sem capacidade de geo-referenciar e visualizar a informação do negócio em termos geográficos.

Este artigo apresenta uma proposta inovadora para integrar num único sistema de informação, com interface geográfica, tanto funcionalidades operacionais para visualização de informação geográfica, como funcionalidades para análise de informação histórica, por exemplo, da actividade dos veiculos num aeroporto. Por um lado, com funcionalidades de monitorização da informação recolhida, em tempo real com GPS, proporcionando informação operacional aos utilizadores para controlo do estado do sistema. Por outro lado, com funcionalidades de um sistema de apoio à decisão que permite recriar qualquer cenário adequadamente no tempo e no espaço.

A nossa proposta constitui uma componente de um projecto-piloto para controlo, monitorização e análise de viaturas que será implementado e testado no Aeroporto do Porto. A tecnologia de suporte baseia-se no SIG ArcGIS da ESRI, incluindo os ArcObjects com especial ênfase na família de objectos do Temporal Layer. O trabalho aqui apresentado integra-se no âmbito de um projecto europeu designado AirNet cujo objectivo é monitorizar e analisar frotas de viaturas num aeroporto, onde os requisitos de segurança e restrições à circulação de viaturas no solo são particularmente exigentes.

**Palavras-chave:** SIG, gestão de frotas, suporte à decisão, comunicações, A-SMGCS.

---

## 1 INTRODUÇÃO

A introdução dos SIG na gestão de frotas tem sido uma solução recorrente, aproveitando as funcionalidades tecnológicas de referência geográfica disponíveis hoje em dia. A utilização de sistemas de localização por GPS introduz benefícios acrescidos relativamente à monitorização, em tempo real, das actividades das viaturas que compõem, por exemplo, uma frota.

Um SIG reúne um conjunto de dados potencialmente normalizados num sistema de referência, tipicamente de carácter definitivo, como mapas. Esta informação constitui uma base (um conjunto de *layers*) que permite uma utilização adicional de informação de tempo real dando o contexto visual e temporal necessário.

O artigo apresenta o caso de estudo que está a ser desenvolvido no âmbito do projecto AirNet para a implementação de um sistema de monitorização de veículos para o Aeroporto Francisco Sá Carneiro (ASC), no Porto. Este caso de estudo tem a particularidade de ser exigente nos seus requisitos, uma vez que a segurança é fundamental, existindo um conjunto de regras que quando infringidas podem originar situações de grande perigosidade e colocar em causa a segurança dos passageiros e funcionários, bem como provocar o risco de colisão entre viaturas (veículos e aeronaves que circulam no solo) [AIRNET 2004]. Para além da componente de segurança os decisores (Oficiais de Placa e *Ground Handlers*) têm de gerir um elevado número de veículos, sendo-lhes exigido decisões em períodos de tempo muito curtos.

Apesar da implantação dos SIG nos sistemas actuais de gestão de frotas, estes sistemas não permitem processos de suporte à decisão, constituindo uma visão estritamente operacional sobre a actividade [Longley 2002]. Muitas vezes este requisito não é suportado, ou mesmo considerado, pelos sistemas existentes, nem mesmo por outros sistemas de suporte à decisão, dado tratarem-se de dados geográficos.

A componente do projecto que apresentamos neste artigo diferencia-se por ser um sistema integrado com uma única interface para gerir (i.e., controlar e monitorar) de forma automática o movimento de viaturas no espaço do aeroporto, mais especificamente no lado ar do aeroporto (zona do acesso restrito e com acesso directo aos caminhos de circulação de aeronaves). Para além das questões referentes à gestão operacional há a preocupação de permitir que o decisor no mesmo sistema tenha a possibilidade de visualizar o estado actual do sistema, bem como de monitorar eventos passados para períodos de tempo relativamente curtos.

Esta monitorização de eventos históricos baseia-se na utilização do conceito *temporal layers* [ESRI 2004]. Um *temporal layer* corresponde a um objecto que para além de armazenar dados estrutura-os em conformidade com requisitos temporais de informação para a gestão, apresentando funcionalidades para análises em tempo útil. Ou seja, apresenta de base funcionalidades que podem ser potencializadas para a gestão de frotas com uma actividade elevada durante longos períodos do dia. A dificuldade está em conseguir, por via dos Sistemas de Informação (SI) dar um contributo efectivo para a gestão das viaturas, libertando o decisor para actividades mais críticas e alertando-o apenas quando a situação requer a sua atenção ou imediata intervenção.

Neste quadro de referência, falamos de um sistema que com base num conjunto de regras de negócio (e.g., normas e restrições de circulação) é capaz de registar todas as infracções e diferenciar as mais graves ou as que embora graves foram prontamente rectificadas não necessitando de qualquer tipo de intervenção do decisor. A análise das ocorrências surge assim como um requisito natural e relevante para o processo de decisão, designadamente para averiguar responsabilidades ou detectar padrões que por serem recorrentes e persistentes indiquem uma necessária rectificação processual.

A abordagem do artigo centra-se por isso no contributo dos SIG na análise de dados históricos sobre o movimento de viaturas em zonas de acesso restrito. A nossa abordagem é no sentido de analisar os benefícios e implicações de uma solução que (em tempo útil) permita ao decisor explorar e visualizar, sobre uma base cartográfica, os dados sobre os movimentos das viaturas. A solução proposta inclui também a integração com os sistemas de informação existentes no

aeroporto ASC, de forma a viabilizar análises espaciais dos dados do negócio e não restringir a análise espacial apenas à componente de monitorização geográfica das viaturas no solo.

Embora o conceito de análise esteja subjacente a um universo de dados históricos, no nosso caso estamos interessados em operações de análise para um sistema que funciona quase em tempo real. Assim o período de análise restringe-se a alguns minutos, horas, no máximo um a dois dias após o registo de um conflito/infração.

Este artigo está organizado da seguinte forma. Na Secção 2 procedemos a uma identificação do problema. Na Secção 3 apresentamos a nossa proposta enquadrada no âmbito do projecto AirNet. Na Secção 4 descrevemos sucintamente o trabalho desenvolvido até ao momento. O artigo termina com as principais ilações obtidas até ao momento.

## 2 PROBLEMA

É fácil pensar num sistema de informação tradicional para a gestão e análise de frotas que considere todos os processos de negócio relevantes, mas que negligencie o valor da componente geográfica dos dados do negócio, factor que condiciona o processo de decisão quando baseado em factores geográficos. Um sistema desse tipo considera apenas informação implícita e necessita de ferramentas de apoio à decisão para explicitar o valor da informação.

Ao considerar um SIG como forma de representação e armazenamento dos dados do negócio aumenta-se a riqueza do sistema, contextualizando a informação analisada sobre uma base cartográfica, ou seja, através do suporte cartográfico e funcionalidades de geo-referenciação disponibilizada pelos SIG evidenciamos aspectos implícitos do negócio. Por exemplo, para análise do impacto de alteração nas regras de circulação ou para análise/estudo de cenário.

A título de exemplo, consideremos a actividade do controlador de tráfego aéreo responsável pela segurança dos veículos que circulam na zona de manobras (*manouvering area*) do aeroporto. Para além de controlar uma zona de acesso restrito, tem de supervisionar toda a actividade das viaturas (e.g., viaturas e aeronaves) nas zonas críticas e tomar decisões de forma a gerir com eficiência das operações nessas zonas do aeroporto.

Facilmente se deduz que quanto mais e melhor informação tiver maior segurança terá na gestão das operações no terreno (e.g., condutores das viaturas, pilotos, pessoal de manutenção das áreas envolventes à pista, etc.). Este decisor tem de tomar decisões operacionais que podem estrangular o normal funcionamento do aeroporto se a informação operacional de apoio à gestão das operações não estiver em conformidade com os factos no terreno, nomeadamente, o cumprimento ou não das regras de circulação de viaturas no solo.

Em situações de grande intensidade de tráfego (ou em situações de baixa visibilidade) o volume de informação que têm de gerir é de tal ordem que infrações de menor gravidade podem simplesmente não serem detectadas. No entanto, são situações que devem ser registadas pois podem originar incidentes ou acidentes com graves consequências. Perante este cenário é razoável pensar-se num sistema de informação para a poio a actividade operacional deste tipo de decisores. Exemplos de mensagens de alerta, referentes a infrações detectados de forma automática pelo sistema de informação:

- Uma aeronave com um movimento incorrecto em direcção a uma zona não autorizada ou fora dos limites de segurança definidos para a circulação de aeronaves. A combinação das regras de segurança com a informação geográfica permite a geração de alertas, para alertar em tempo útil para a rectificação do movimento da aeronave. No protótipo os desvios são identificados através de um *buffer* em redor das zonas de circulação. A localização de veículos para além desse *buffer* activa uma mensagem de alerta.
- A identificação de condutores que circulam com excesso de velocidade através do cruzamento da velocidade máxima permitida em cada troço (informação de negócio) com a posição e a velocidade do veículo (informação geográfica).

A necessidade de haver um sistema capaz de monitorar o movimento das viaturas e alertar para o perigo de infracções está na base do protótipo em desenvolvimento. Uma das dificuldades está em conseguir tornar o sistema suficientemente fiável para que os utilizadores confiem nele mesmo em situações de elevada actividade e com condições meteorológicas adversas. O sistema terá, por isso, de ser capaz de gerar mensagens de alerta e, simultaneamente, permitir monitorar a evolução das ocorrências para, por exemplo, permitir uma avaliação completa e apuramento de responsabilidades em casos de acidentes/incidentes.

A utilização dos SIG numa abordagem estritamente operacional é uma visão redutora, uma vez que o valor dos dados históricos é largamente aumentado quando é dada a possibilidade de os analisar no contexto espaço-temporal em que ocorreram. Esta possibilidade de rever situações passadas é essencial para uma optimização da gestão de frotas num espaço pequeno e onde as questões de segurança são críticas à actividade do negócio.

O protótipo em desenvolvimento será instalado num servidor central com uma conexão a um receptor EGNOS/GPS para sincronização do tempo de GPS com os tempos recepcionados referentes à localização dos veículos no aeroporto [AIRNET 2004]. As viaturas também estarão equipadas com um dispositivo EGNOS/GPS, por forma a enviarem periodicamente a sua posição para o sistema central.

### 3 PROPOSTA

Perante os desafios acima indicados propusemos o desenvolvimento de uma solução que consiste em estender as funcionalidades da aplicação ArcGIS através da utilização de *temporal layers* [ESRI 2004] para gestão do histórico sobre a informação dos veículos. A informação é guardada em temas que podem ser sobrepostos com outros dados geográficos.

O sistema é constantemente alimentado com a informação geográfica sobre os veículos que estão a ser monitorizados (e.g., localização, velocidade e direcção do movimento), bem como informação de negócio referente ao tipo de veículo, identificação do condutor, informação do voo, etc. Os dados são recepcionados com uma etiqueta de tempo (*tiemstamp*) que permite saber o instante a que se refere aquela informação. A abordagem proposta permite uma navegação visual no tempo e no espaço, criando condições para a tomada de decisões em tempo real.

Para cada mensagem recebida é possível prever a posição actual do veículo tendo em conta o atraso da mensagem, a etiqueta de tempo, a velocidade do veículo e a sua orientação (direcção de deslocação). O sistema permite cruzar a informação recepcionada com informação de negócio. Este cruzamento de dados baseia-se nos códigos identificadores (ID) do veículo, do condutor e informação de voo que são enviados em cada mensagem ou recolhidos do sistema central da ANA Aeroportos.

Com recurso aos *temporal layers* e às funcionalidades que lhes estão associadas é possível recuar no tempo (*backtrack*) e monitorar actividade do negócio, analisando o comportamento das viaturas para um determinado período de tempo. Dado o elevado volume de informação (refrescamento segundo a segundo da localização das viaturas), o histórico só é mantido activo durante dois dias, findos os quais é passado para um histórico permanente. A diferença está apenas no facto do histórico permanente não operar com dados em tempo real e de estruturar a informação para apoio à análise de informação histórica. Com esta separação beneficiamos ambos os sistemas; o operacional porque deixa de estar sobrecarregado com informação histórica desnecessária e o sistema analítico com um histórico permanente porque passa a dispor de uma estrutura multidimensional mais adequada à análise de dados históricos. Ou seja, não tem de opera com a estrutura de dados transaccional do sistema operacional.

Do exposto podemos concluir que o *backtrack* que permite dois tipos de análise distintas: uma de âmbito operacional e outra para apoio ao processo de decisão. Ao nível operacional, os utilizadores estão apenas interessados na monitorização automática dos veículos por forma a serem alertados sempre que o sistema detectar uma infracção. Dado existirem diferentes níveis de gravidade no tipo de infracções, a opção foi por introduzir um classificador capaz de

hierarquizar as infracções em conformidade com o seu nível de gravidade. Um simples clique na mensagem de alerta permite ao decisor visualizar, em tempo útil, informação de detalhe sobre os intervenientes que originaram a mensagem de alerta.

Ao nível do suporte à decisão os dados são tratados como dados históricos, ou seja, dados que ocorreram há algum tempo, por exemplo, há uma semana. Este tipo de análise não é de âmbito operacional uma vez que se destina fundamentalmente a identificar e compreender as situações que originaram determinadas infracções. O objectivo é perceber como melhorar o serviço e diminuir os riscos subjacentes aos processos operacionais. Neste contexto, o foco da interface é ao nível da integração e cruzamento da informação que no nível operacional está dispersa por diferentes tabelas/bases de dados. Ou seja, falamos em estruturar os dados para agregar informação correlacionada usando o modelo multidimensional [Pestana 2004]. Esta estruturação da informação para apoio à análise de dados históricos está fora do âmbito deste artigo e por isso não será abordada.

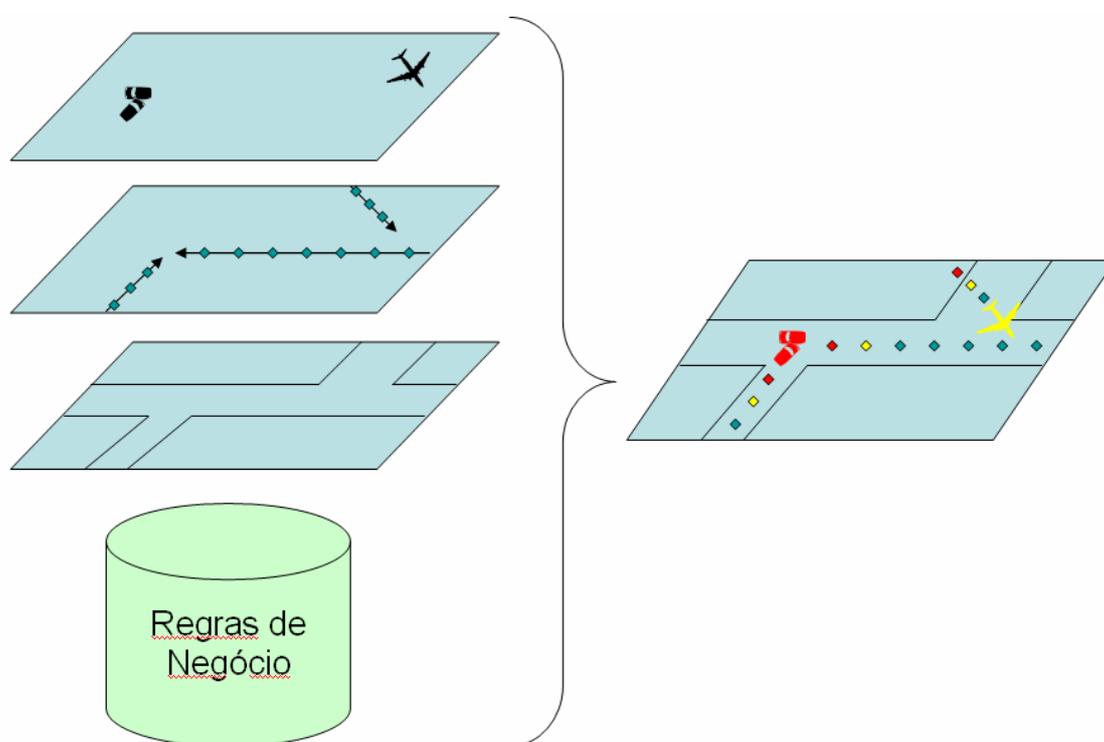


Figura 1: Exemplo de exploração de um cenário de análise.

A Figura 1 destaca a importância de se distinguir três tipos de informação geográfica. Os dois primeiros temas (ou camadas) reportam informação dinâmica, que pode ser actual ou histórica: a informação actual, referente ao instante mais recente (neste caso considerada informação de tempo real), e a informação histórica, correspondente aos trajectos efectuados por cada um dos veículos num determinado período. Finalmente, o terceiro tema reporta a informação estática representada sob a forma de um trajecto sobre uma base cartográfica.

Os mapas (ou elementos cartográficos) que servem de base ao processo de análise espacial da informação também estão sujeitos a evoluções ao longo do tempo. Todavia não são tão dinâmicos como a variação das posições das viaturas no aeroporto. A geometria dos elementos do mapa de um aeroporto não sofre alterações com muita frequência, razão pela qual designamos este tipo de informação por informação estática. Contudo, ao longo dos anos é possível registarem-se pequenas alterações na configuração do mapa, originando a necessidade

de se implementar um registo de versões com um atributo para assinalar qual a versão activa em cada instante do período em análise.

As infracções correspondem a quebras das regras de negócio num determinado contexto geográfico, envolvendo uma ou várias viaturas. Por forma a assegurar os elevados níveis de segurança existentes num aeroporto e simultaneamente permitir uma eficiente gestão dos recursos em caso de alerta é necessário a hierarquização das infracções. A Figura 1 ilustra um cenário onde um veículo e uma aeronave se encontram numa situação de alerta. A análise das trajetórias (*backtrack*) permite verificar que houve uma evolução do grau de alerta das mensagens (passagem da cor azul para amarelo e posteriormente para vermelho quando a infracção passou a ser de alto risco). Assim que o veículo rectificou a sua trajetória e deixou de estar em infracção o sistema voltou a mostrar a sua localização a cor azul, representando uma localização e direcção de movimento sem infracção.

Se considerarmos a acção de um controlador aéreo que tem um número elevado de veículos para monitorizar e onde todas as zonas apresentam restrições a diferentes níveis, é humano pensar-se este não se aperceba de todas as notificações de alerta gerados automaticamente pelo sistema, se as regras forem analisadas de forma cega.

O sistema deve por isso de ter a capacidade para diferenciar as infracções de baixo risco das infracções de alto risco, não sobrecarregando o decisor com informação desnecessária. Isto é conseguido através dos dados recebidos pelo sistema. Um veículo numa área não autorizada mas cujo movimento indicie uma mudança de direcção e, por conseguinte, uma acção de correcção por parte do condutor não activa o alerta, o sistema apenas regista a infracção. Já perante um cenário de um veículo em infracção contínua, por exemplo, um veículo de transporte de passageiros a movimentar-se numa zona de circulação de aeronaves (*Taxiway*) ou estacionamento de aeronaves (*Apron Area e Stands*) à qual está a chegar a respectiva aeronave, activa um alerta com sinal sonoro.

Apesar do sistema ter que diferenciar as situações de menor risco e ter que geri-las sem intervenção humana, existem situações de excepção contempladas na solução proposta. Por exemplo, atribuir um foco (*lightspot*) a um veículo por forma a que este possa circular livremente sem restrições (e.g., nenhum veículo pode circular na pista à excepção dos aviões, mas no caso de um derrame de óleo é necessária a intervenção dos veículos de apoio, o que iria gerar um conjunto de alertas de elevada gravidade injustificados).

Um sistema com esta característica/funcionalidade é fortemente enriquecido quando integrado com os restantes SI do aeroporto, permitindo identificar se um determinado condutor está habilitado a conduzir determinado tipo de veículos, bem como para apuramento de responsabilidades em caso de incidentes/acidentes. Neste caso pode ainda considerar-se o cruzamento com informação sobre o volume de tráfego, escala de serviço, qualidade das vias e condições meteorológicas existentes.

Dada a dificuldade/impossibilidade em testar situações de infracção, o sistema é alimentado (localização das viaturas e aeronaves) por um simulador que disponibiliza um conjunto de mensagens normalizadas, correspondentes aos movimentos dos veículos nas diversas áreas do aeroporto.

## **4 AVALIAÇÃO**

A proposta será validada através de um projecto-piloto a implementar no ASC. O protótipo constitui uma componente do projecto onde a ênfase é o desenvolvimento de um dos módulos do projecto-piloto, designadamente o módulo para controlo, monitorização e análise do movimento de viaturas.

### **4.1 Projecto-Piloto**

O crescimento contínuo do tráfego aéreo tem provocado um aumento significativo do número de acidentes e incidentes na zona de manobras e área de estacionamento de aeronaves nos

aerportos de grande e média dimensão. O controlo e vigilância dos movimentos de viaturas no solo é fundamentalmente baseado no princípio “*see and be seen*”. Nos casos de baixa visibilidade ou más condições meteorológicas, os controladores dispõem de pouca ou nenhuma informação sobre o tráfego de viaturas no lado ar do aeroporto. Nestas situações (baixa visibilidade ou más condições meteorológicas) a falta de informação origina frequentemente situações de risco de colisão entre viaturas, despistes, incursões em áreas protegidas, bem como acidentes diversos envolvendo funcionários ou equipamentos.

A gestão com segurança de frotas dentro do aeroporto (lado ar) constitui assim uma prioridade para os controladores, à medida que o volume de tráfego aumenta. O aumento do tráfego aéreo repercute-se no aumento do número de viaturas de apoio às aeronaves e, por conseguinte, no volume de tráfego em zonas de grande movimento, como a zona de estacionamento de aeronaves.

Embora a zona envolvente à pista seja uma zona sensível e para a qual existem maiores restrições à circulação de viaturas, é na zona de estacionamento que circulam viaturas com passageiros ou com produtos altamente inflamáveis (e.g., carros cisterna). O facto da circulação de pessoas e veículos estar condicionado a um conjunto muito rígido de regras de circulação, não é suficiente para evitar os acidentes e incursões de viaturas em zonas proibidas, incidentes que podem obrigar ao cancelamento de uma aterragem ou descolagem com inevitáveis consequências para os operadores.

O projecto AirNet (*AIRport NETwork for Mobiles Surveillance and Alerting*), co-financiado pela Comunidade Europeia no âmbito do 6º Programa Quadro, constitui a solução para este problema. O objectivo principal é melhorar a segurança em todas as áreas do lado ar do aeroporto [AIRNET 2004], designadamente dos utentes (funcionários, passageiros e pessoal externo). Este objectivo é conseguido por via da disponibilização de informação fiável e essencial sobre a localização dos veículos aos controladores. Para o efeito é necessário desenvolver-se uma infra-estrutura de baixo custo para a vigilância, controlo e monitorização dos veículos no aeroporto. Um outro requisito é a conformidade da solução com as recomendações do EUROCONTROL para os sistemas de A-SMGCS (*Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems*).

A recolha dos dados sobre a localização dos veículos usa o sistema de satélites EGNOS. O diagrama da figura 2 esquematiza a arquitectura da infra-estrutura do projecto AirNet.

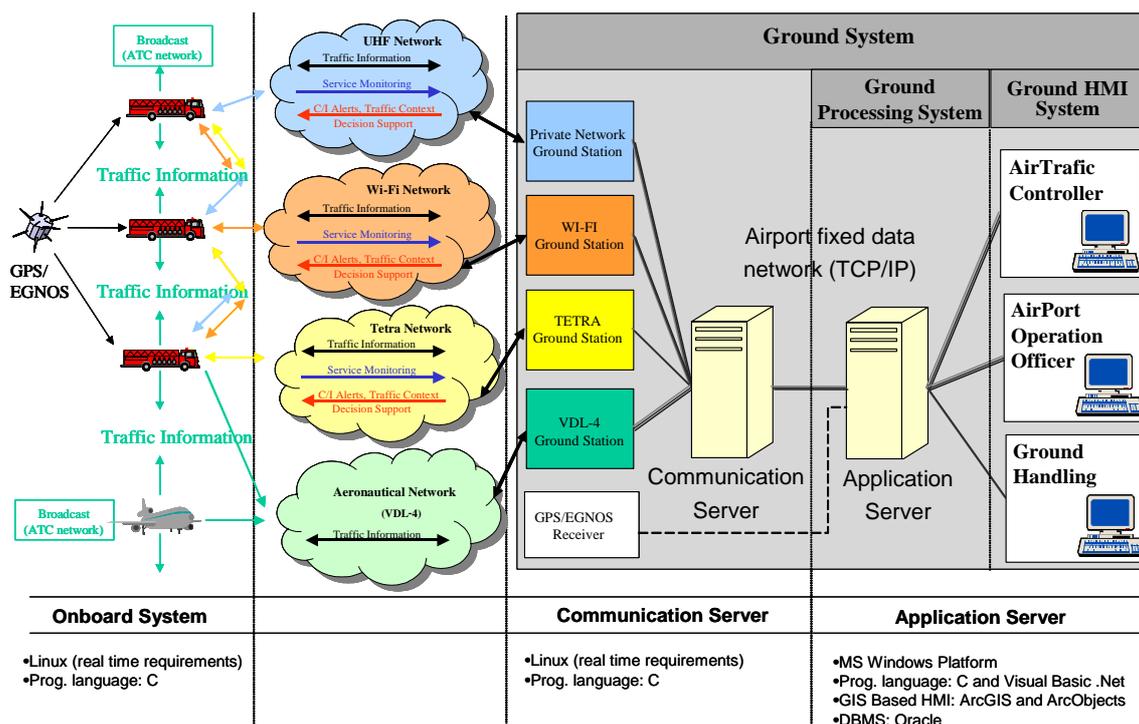


Figure 2. Arquitectura da infra-estrutura do projecto AirNet.

A infra-estrutura a implementar é modular, constituída pelos seguintes três subsistemas: o *on-board system*, com um retransmissor EGNOS a implementar em cada viatura, um sistema de comunicações, responsável pela gestão da rede de comunicação *wireless*, e um sistema central, responsável pelo processamento georeferenciado dos dados recepcionados via servidor de comunicações. No âmbito deste artigo o foco incide no servidor de aplicações onde será instalado o protótipo proposto.

A componente de interface homem-máquina (HMI) está a ser desenvolvida com base no GUI do ArcGIS. Para além do software de HMI, o servidor de aplicações acede às bases de dados dos sistemas existentes no aeroporto, designadamente à do sistema de gestão de operações e ao sistema de informação sobre voos. A localização das viaturas é determinada em tempo real pelo *on-board* e enviada para o servidor de comunicações via rede *wireless*, usando tecnologia TETRA ou Wi-Fi. O servidor de comunicações interage com diferentes tecnologias de comunicação *wireless*, efectua a gestão das comunicações e envia, via TCP/IP, os dados para o servidor de aplicações. O protocolo de comunicação usado para o envio dos dados é o protocolo ASTERIX.

## 4.2 Implementação

Por questões de compatibilidade com o ambiente de desenvolvimento existente na ANA Aeroportos, o protótipo foi desenvolvido em Visual Basic .NET usando a estrutura de objectos ArcObjects da plataforma ESRI. O GUI é de base o do SIG ArcGIS versão 9 com desenvolvimentos específicos para as funcionalidades de controlo, monitorização e análise dos movimentos de viaturas no aeroporto.

O protótipo considera um núcleo aplicacional que gere a informação geográfica e visualização da mesma. Nesta fase de desenvolvimento não é possível testar o protótipo em ambiente real pelo que foi desenvolvido um simulador que vai gerando um conjunto de informação referente a cenários variados.

Do conjunto de requisitos considerados até ao momento fazem parte o armazenamento e geoprocessamento dos dados recepcionados. Os dados enviados pelo simulador são:

identificador da viatura, identificador do condutor, velocidade e tempo GPS recolhido pelo *on-board system*, direcção e coordenadas (X,Y). Com base nestes dados o sistema posiciona os veículos no mapa, cruzando os dados recebidos com as regras definidas para a zona onde o veículo está. Para além desta gestão operacional com o objectivo de identificar ou antecipar situações de conflito o sistema também analisa se o tipo de veículo e condutor estão autorizados a circular na zona.

Qualquer infracção detectada pelo sistema na localização ou movimento da viatura activa uma mensagem de alerta em conformidade com a situação detectada, ou seja, a geração de alertas segue um conjunto de regras pré-definidas (estas regras podem estar associadas ao veículo, ao condutor, ao tipo de veículo, ao serviço, etc.). Existe situações onde é dada uma autorização especial para que o veículo possa circular em toda a zona do aeroporto sem activar qualquer tipo de alerta, mas nesses casos o sistema atribui um *lightspot* ao veículo por forma a assinalar que dispõe de autorização especial.

Com este protótipo foram ainda desenvolvidos alguns mecanismos de filtro de modo a otimizar os conjunto de regras a que cada veículo é submetido, bem como de identificação dos vários níveis de alerta filtrando o conjunto de infracções que apenas introduzem ruído para o controlador/decisor.

A plataforma ESRI tem a grande vantagem de ser altamente flexível permitindo fácil integração com bases de dados e sistemas externos, oferecendo um conjunto de interfaces que permitem desenvolver novas funcionalidades. As interfaces oferecidas pela plataforma ESRI permitem aceder a todos os objectos utilizados na plataforma, não só aos objectos geográficos mas sobretudo aos objectos (ArcObjects) da interface da própria aplicação, o que possibilita o desenvolvimento de sistemas complexos com um nível de abstracção elevado em relação à plataforma.

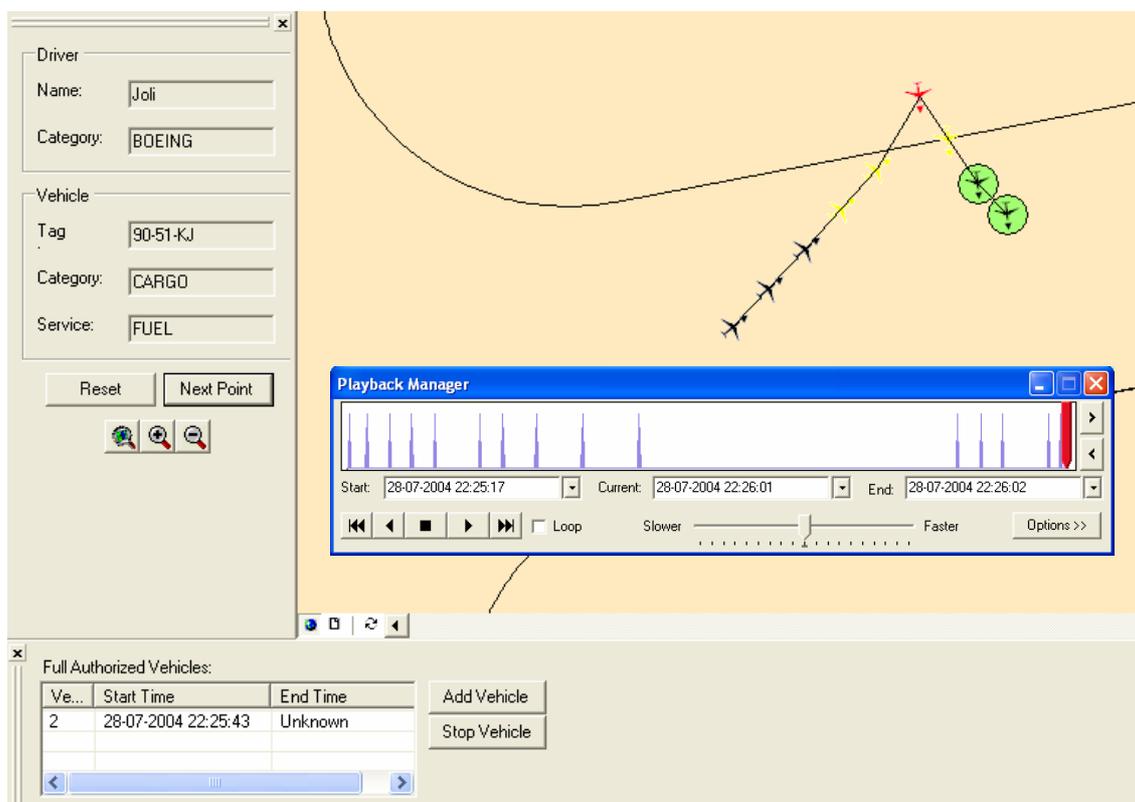


Figura 3: Interface da primeira versão do protótipo.

Na Figura 3 é possível ver uma imagem do primeiro protótipo desenvolvido, onde é feita a monitorização do movimento de uma aeronave em infracção. É visível ainda a evolução dos estados de alerta que lhe estão associados (amarelo, amarelo, vermelho amarelo, *lightspot*).

A Figura 3 mostra a janela que permite ao utilizador efectuar o *backtrack* de modo a perceber qual foi a trajectória da aeronave. Esta reprodução de cenários passados em tempo de decisão é possível através de uma funcionalidade da plataforma ESRI (*playback manager*) que permite para cada veículo ver o “filme” de um intervalo de tempo. Assim é possível a exploração de infracções detectadas a *posteriori*.

Do lado esquerdo é mostrada alguma informação de negócio sobre o veículo/aeronave seleccionado no momento. Em baixo é mostrada uma lista dos veículos que circulam no momento com um *lightspot*.

### 4.3 Resultados

A interligação por TCI/IP do protótipo com o simulador pretende testar situações práticas que ocorrem no dia a dia nas operações aeroportuárias, bem como testar cenários conceptuais que na prática seriam de execução difícil ou mesmo impossíveis de serem testados.

O protótipo desenvolvido permitiu obter um conhecimento alargado sobre a plataforma ESRI e das suas potencialidades tendo em vista os problemas a resolver. Com as funcionalidades implementadas conseguimos perceber que o problema da conjugação dos requisitos operacionais com os requisitos de suporte à decisão através de uma interface única e fontes de dados diversas é possível de ser implementado.

Apesar do conjunto de restrições operacionais para a gestão das viaturas ser bastante maior do que o implementado, foi possível identificar o potencial da solução proposta tornando possíveis cenários de *backtrack* de dados históricos no contexto geográfico adequado, bem como identificação dos veículos em estado de alerta.

## 5 CONCLUSÃO

Com a solução proposta demonstrou-se a mais valia criada pela introdução de uma componente operacional de suporte à decisão na gestão de frotas tradicional. Possibilitou ainda a identificação clara dos diferentes tipos de dados envolvidos num sistema deste tipo, as possíveis formas de relacionamento destes dados, bem como o benefício desta integração.

Este artigo evidencia o valor dos dados históricos na gestão operacional de frotas e propõem uma abordagem para a concepção de um sistema que junte estes dois processos numa única interface de forma sinérgica. Esta inovadora proposta não só cria a possibilidade de exploração de dados geográficos ao nível dos SIG na mesma interface do sistema operacional como possibilita executar processos de suporte à decisão com vista à identificação de padrões e qualidade do serviços prestados.

Os *temporal layers* no contexto da solução proposta são uma forma de persistir a informação geográfica e de negócio em camadas temáticas, otimizando-se o processamento, análise e visualização da informação.

Como trabalho futuro pretende-se terminar a aplicação para monitorização de veículos no solo, com elevados requisitos de segurança e decisão em tempo real. Uma solução deste tipo só faz sentido caso venha criar uma efectiva mais valia relativamente aos sistemas existentes, o que impõe elevados requisitos de usabilidade e navegabilidade. A avaliação do trabalho desenvolvido permite inferir que estes objectivos podem ser largamente atingidos através da extensão da plataforma da ESRI.

## 6 REFERÊNCIAS

ESRI (2004), "ArcGIS 9, Using ArcGIS Tracking Analyst", TASC Inc., 2004.

AIRNET (2004), AIRNET consortium, AIRNET Operational Services Requirements, Project deliverable, AIRNET/TN1.1/ANA/WP1.1/OP\_REQ/1.1, 1 July 2004.

Pestana, G., Silva, M., and Madeira, H. (2004), "A prototype Implementation of a Spatial Data Warehouse for Integrating Business, Historical and Spatial Data" Proc. of the 5th International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning, 2004.

Longley, P. A., Goodchild M. F., Magurie, D. J., and Rhind, D. W. (2002), Geographical Information Systems, Principals and Technical Issues, vol. 1, 2nd ed. John Wiley & Sons, 2002.