

# DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DO MÓDULO DE VIGILÂNCIA DE UM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) DE BAIXO CUSTO, COM MONITORAMENTO POR MEIO DE UM DISPOSITIVO MÓVEL

Marihelly Santini\*

Rogéria Ramos\*\*

## RESUMO

No presente artigo demonstram-se as etapas do desenvolvimento de um protótipo do módulo de vigilância de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). O projeto compreende a identificação e a configuração de uma câmera IP, para a captura de vídeos aéreos, e o desenvolvimento de um *software* para o sistema operacional Android, que possibilite a visualização dos vídeos capturados em tempo real mediante um dispositivo móvel. Foram selecionadas tecnologias de comunicação, equipamentos de *hardware* e técnicas de programação que melhor atendessem aos requisitos do projeto. Para atingir tais objetivos, diversas atividades de pesquisa e levantamento de bibliografias foram necessárias. Por intermédio delas, pode-se analisar e compreender o funcionamento das tecnologias e equipamentos escolhidos para o projeto, contribuindo para um melhor entendimento de cada item. Durante o desenvolvimento da pesquisa, foram obtidos resultados esperados quanto às tecnologias e técnicas adotadas, possibilitando a visualização das imagens capturadas pela câmera no VANT em um *smartphone*, com a qualidade esperada. Dessa forma, concluiu-se que o protótipo desenvolvido nesse projeto servirá como base para o desenvolvimento de aplicações reais para o controle e o monitoramento de VANTs, ampliando possibilidades de estudos em diversas outras áreas da computação.

Palavras-chave: Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). Câmeras IP. Android. Monitoramento remoto.

## 1 INTRODUÇÃO

Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) ou *Drones* são aeronaves de pequeno porte (como um aeromodelo) projetadas para voos sem a presença de um piloto a bordo. Esses tipos de aeronaves sempre tiveram sua maior aplicação direcionada às áreas militares. Diversos estudos e pesquisas têm sido realizadas, de modo a possibilitar a utilização destas aeronaves nos setores comercial e industrial (NONAMI et al., 2010).

Entre as vantagens no uso dos VANTs está o custo operacional, considerado mais barato que o uso de aeronaves tripuladas para a coleta de dados, e o fato de permitir acesso a locais restritos. Essas aeronaves já são realidade no setor de sensoriamento remoto em vários países do mundo. Setores como monitoramento agrícola, avaliação de desastres e segurança pública enxergam nesses veículos oportunidades de executar levantamentos com maior agilidade e autonomia de voo, em ambientes nos quais não é possível ter acesso com aviões tripulados (D'OLIVEIRA, 2005).

A Universidade do Oeste de Santa Catarina, por meio do projeto Unoesc de *Aerodesign*, também se dedica à construção e ao aprimoramento de um VANT. Em 2011, os Cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia de Computação também foram incorporados ao projeto, para acrescentar ao VANT um sistema computacional que possibilite o monitoramento e o controle da navegação, estabilidade, obtenção de imagens aéreas e, conseqüentemente, da comunicação entre a aeronave e uma estação de monitoramento em terra.

\* Graduanda da 9ª fase do Curso de Engenharia de Computação da Universidade do Oeste de Santa Catarina; marihelly\_santini@hotmail.com

\*\* Mestre em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina; Mestre em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina; Professora do Curso de Engenharia de Computação na Universidade do Oeste de Santa Catarina; rogeria.ramos@unoesc.edu.br

A fim de contribuir nesta pesquisa teve-se por objetivo aperfeiçoar e continuar com esses trabalhos buscando desenvolver o protótipo do módulo de vigilância do VANT. O desenvolvimento do módulo abrange tanto a parte da aquisição das imagens aéreas quanto a construção da aplicação móvel para o sistema operacional Android, tornando possível a aquisição de vídeos remotos por meio do VANT e possibilitando que eles sejam visualizados em dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*, por exemplo.

VANTs com esse tipo de tecnologia podem ser empregados no monitoramento do meio ambiente, em virtude da facilidade de captura das imagens aéreas e do nível de detalhamento dessas imagens. A captura de imagens aéreas com VANTs oferece um grau de liberdade muito maior do que a alternativa, que é a captura de imagens do meio ambiente mediante satélites, além de produzir imagens com resolução, ou seja, quantidade de informações, com muito mais detalhes (UAVs FOR ENVIRONMENT MONITORING, 2013). Ainda há outras aplicações, como o monitoramento de linhas de transmissão de energia para realizar manutenção nelas.

Para uma melhor organização, este documento está dividido em quatro seções, além desta. Primeiramente, é realizada uma revisão bibliográfica das tecnologias, técnicas e assuntos importantes relacionados a esse projeto. Em um segundo momento, é apresentada a metodologia utilizada, descrevendo os processos de funcionamento, as ferramentas e os componentes utilizados para a implementação do projeto e, posteriormente, são apresentados os resultados obtidos e as dificuldades encontradas. Por último, são apresentadas as conclusões obtidas com a pesquisa realizada e as sugestões para trabalhos futuros.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção são descritas as tecnologias envolvidas para o desenvolvimento do projeto de *hardware* e de *software* necessários para a realização das tarefas do projeto.

### 2.1 ANDROID

O Android é um sistema operacional desenvolvido para dispositivos móveis originalmente criado pelo grupo *Open Handset Alliance*, liderado pela Google. O Android é uma plataforma totalmente livre, de código aberto (*open-source*) e foi construída baseada no *kernel 2.6* do Linux, em que o próprio sistema operacional é responsável por gerenciar a memória, processos, *threads*, redes e *drivers* do dispositivo móvel, permitindo que aplicações em segundo plano sejam executadas sem que o usuário perceba (LANCHETA, 2013).

O ambiente de desenvolvimento da plataforma Android é moderno e bastante rico em recursos, proporcionando ao programador grande controle sobre as várias funcionalidades do aparelho móvel, podendo ser integradas em aplicações elegantes e fáceis de criar. Utiliza a linguagem de programação Java, que possui sua sintaxe voltada para a orientação a objetos e que possui acesso a bibliotecas de classes que ajudam no desenvolvimento de aplicativos de forma bastante rápida (DEITEL et al., 2013).

Aplicações em Android podem ser criadas em ambientes de desenvolvimento integrado (IDE), como Eclipse ou Netbeans, e são feitas sobre uma máquina virtual otimizada para a execução de dispositivos móveis, chamada de *Dalvik*. Do ponto de vista conceitual, ele assemelha-se à *Java Virtual Machine (JVM)*, a máquina virtual da linguagem de programação Java. Assim, o programador escreve aplicações em Java e essas são, posteriormente, traduzidas para um formato binário que *Dalvik* é capaz de emular (LANCHETA, 2013).

### 2.2 TECNOLOGIA DE COMUNICAÇÃO GSM/GPRS

A tecnologia *Global Systems for Mobile Communication (GSM)* foi criada com o objetivo de desenvolver um sistema de telefonia móvel padrão que pudesse ser utilizado dentro da Europa. Essa rede é responsável por equipar os dispositivos móveis sendo capaz de fornecer chamada de voz, mensagens de texto e serviços de dados sem limites de território nacional ou continental (SVERTZUT, 2005).

Como todas as redes de telefones celulares, a rede GSM depende de uma série de torres de transmissão para permitir que dispositivos móveis, equipados com essa tecnologia, enviem e recebam dados. Desenvolvido com base

na tecnologia *Time Division Multiple Access (TDMA)*, o padrão GSM utiliza canais com 200kHz de largura, em que um único canal físico pode compartilhar oito canais lógicos. Por meio desse padrão, foram inseridos no mercado os *chips* removíveis, chamados de cartão *Subscriber, Identify Module (SIM)* e também o *General Packet Radio Service (GPRS)*, *Short Message System (SMS)* e o *Enhanced Data for GSM Evolution (EDGE)*, demonstrando um contínuo fluxo de evolução da telefonia móvel (SILVA et al., 2011).

A tecnologia GPRS possibilita o tráfego de dados por pacotes, para que a rede de telefonia móvel seja integrada à internet. O sistema GPRS integrado ao GSM recebeu o nome de 2.5G. Perante o progresso dos sistemas de celulares ao longo dos anos, da evolução da internet e da crescente demanda por novos serviços e aplicações, surgiu a 3G. Essa geração surgiu no início de 2001, e trouxe cobertura com qualidade superior, comparada com as tecnologias anteriores, aprimoramento da transmissão de dados e voz e oferecendo maiores velocidades de conexão, entre outros serviços (SVERTZUT, 2005).

A mais nova rede de celulares do mercado é a 4G. Ela tem como objetivo oferecer serviços de dados com taxas de transmissão mais elevadas do que as oferecidas pela rede 3G. Esse novo padrão de redes móveis está disponível apenas em algumas capitais brasileiras, sua disponibilização em todo o território brasileiro depende da liberação da frequência de 700MHz, utilizada hoje pelos canais de TV analógica, e apenas deve deixar de operar no Brasil entre 2016 e 2018 (CARRIEL, 2013).

## 2.3 CÂMERAS IP

Existem vários tipos de câmeras para serem usadas em monitoramento por vídeo, inclusive de vários tamanhos e pesos. A escolha depende de como as imagens serão transmitidas e também do custo associado a cada uma. Basicamente, existem câmeras analógicas e câmeras IP (AXIS COMMUNICATIONS, 2012).

As câmeras IP são câmeras de vigilância que possuem o seu próprio endereço IP. Além da conectividade direta com a rede, elas apresentam características de um servidor *web*, com funções de digitalização e compactação de vídeos. Após a captura das imagens, elas são transmitidas através de protocolos de redes, podendo ser visualizados por *softwares* de monitoramento e/ou gravados em computadores. Um sistema de vídeo em rede realiza o processamento nas próprias câmeras IP, dessa forma, essas câmeras dispensam a necessidade de ampla banda de internet e permitem a utilização da infraestrutura de rede existente, ampliando a capacidade de conectividade em um sistema de vigilância (ROSS, 2011).

Sistemas de monitoramento que utilizam essas câmeras oferecem uma grande flexibilidade quando é necessário ampliar o número de câmeras do sistema. O fato de esses dispositivos serem baseados em IP e utilizarem a tecnologia *wireless* (sem fio) faz com que sejam possíveis câmeras de diferentes fabricantes coexistirem em um mesmo sistema (AXIS COMMUNICATIONS, 2012).

Por fim, no que diz respeito à evolução de um sistema de vigilância, as câmeras IP se apresentam mais flexíveis e adaptáveis, pelo motivo de utilizarem padrões abertos de comunicação e uma arquitetura baseada em *plugins*, permitindo que novas funcionalidades possam ser acrescentadas mediante esse recurso (AXIS COMMUNICATIONS, 2012).

### 2.3.1 Reprodução de fluxos de vídeos

O Motion JPEG (M-JPEG ou MJPEG) é um nome informal para uma classe de formatos de compressão de vídeo em que cada frame de vídeo comprimido separadamente como uma imagem JPEG. Esse formato foi desenvolvido originalmente para aplicações multimídia em computadores pessoais, nos quais formatos mais avançados se sobressaíram. O formato M-JPEG é usado por muitos dispositivos portáteis de captura de vídeo, como câmeras digitais, câmeras IP, e webcams (BOHRER; LANGE; SILVA, 2010).

### 3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi necessário dividi-lo em etapas para uma melhor organização. A primeira etapa do projeto consistiu na instalação de uma câmera IP e na realização das configurações necessárias para a aquisição e transmissão das imagens. Em seguida, os esforços foram dedicados ao desenvolvimento do *software* do dispositivo móvel para o recebimento e visualização das imagens capturadas pela câmera. A terceira e a última etapas do projeto consistiram em realizar os testes de integração e demais ajustes necessários.

A aquisição das imagens aéreas e a transmissão delas foram realizadas utilizando uma câmera IP *wireless*, conectada à internet. Para o funcionamento desse dispositivo foram necessárias algumas configurações, as quais foram executadas através do *software* da câmera, disponibilizado pelo fabricante. A Fotografia 1 ilustra a câmera IP utilizada no projeto. Essa câmera é da marca Foscam, modelo FI8918W, possui uma resolução de 640x480 *pixels* e pode ser conectada via *wireless* ou cabo de rede RJ45 em um roteador ou *modem*. Utiliza o formato de compressão M-JPEG e reproduz de 15 a 30 quadros por segundo (FOSCAN, [2012?]).

Fotografia 1 – Câmera IP *wireless* utilizada no projeto

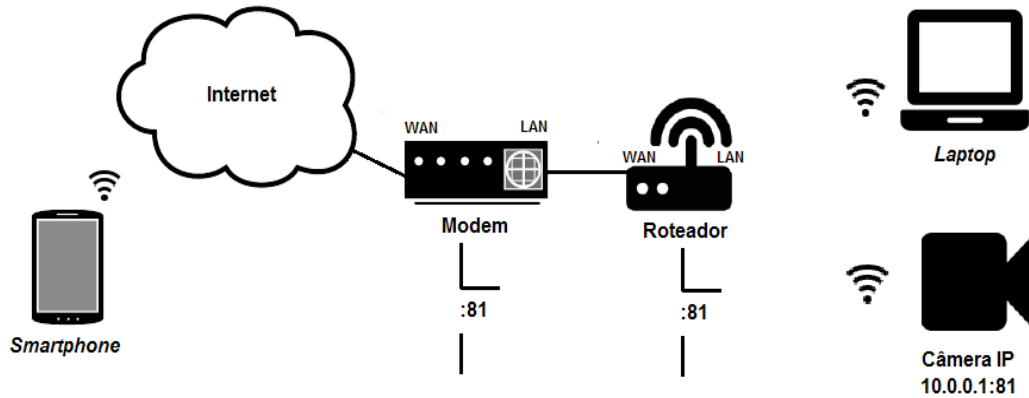


Fonte: os autores.

Por meio do servidor *web* que a câmera possui internamente, é possível visualizar as imagens capturadas por ela através de qualquer navegador de internet. O acesso dessa página é realizado através do endereço IP do dispositivo e de uma porta de acesso. Por padrão da câmera, o endereço IP é dinâmico, ou seja, a cada reinicialização do dispositivo é utilizado um novo endereço. Dessa forma, mediante o *software* da câmera foi realizada a configuração de um endereço IP fixo e definida uma porta. Foi configurado, então, o endereço IP “10.0.0.1” e definida a porta “81”. Realizadas essas configurações, a visualização das imagens através de um dispositivo conectado à mesma rede da câmera ficou da seguinte forma: “http://10.0.0.1:81”.

Para o acesso às imagens por intermédio de um dispositivo que não esteja conectado à mesma rede da câmera, foi necessário realizar a liberação da porta de acesso à câmera no *modem* e no roteador e também a configuração de um serviço de *Domain Name System (DNS)*. Basicamente, apenas duas configurações são necessárias para a liberação do acesso externo às imagens. Nas configurações do roteador foi liberado o acesso à porta 81 para o endereço IP da câmera e nas configurações do *modem* foi liberada a porta 81 para o endereço IP da porta WAN. O Esquema 1 ilustra como os dispositivos estão ligados entre si dentro e fora da rede, e como as portas utilizadas para que o acesso externo à câmera fosse possível.

Esquema 1 – Dispositivos conectados à rede



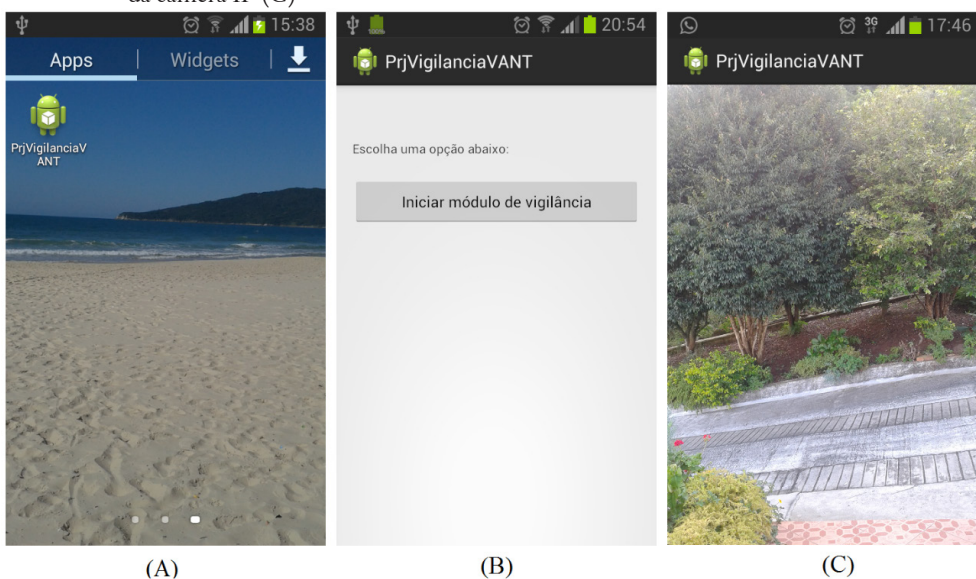
Fonte: os autores.

Como a rede utilizada para a transmissão das imagens não possuía um endereço de IP fixo, foi realizada a configuração de um serviço DNS para que ocorresse o redirecionamento das conexões que são feitas no nome do DNS para o endereço IP correspondente. Para tanto, foi utilizado o serviço do No-IP<sup>1</sup>, oferecido gratuitamente. Houve necessidade de criar uma conta de cadastro e em seguida informar o nome de domínio desejado. O nome de domínio criado para esse projeto foi: “projetovantvigilancia.no-ip.biz”. A mesma URL utilizada para a visualização das imagens capturadas pela câmera no navegador de internet também fornece as imagens para a visualização no *software* de monitoramento para o dispositivo móvel.

O *software* de monitoramento foi desenvolvido para o sistema operacional Android com auxílio da ferramenta Eclipse. Essa aplicação foi construída com o objetivo de proporcionar ao operador da aeronave a visualização das imagens aéreas coletadas pelo VANT. Na Imagem 1 (A) pode ser visualizado o ícone da aplicação criada para o projeto e na (B) e (C) é ilustrada a interface da aplicação. Ao abrir o aplicativo é exibida a tela principal e ao pressionar no botão “Iniciar módulo de vigilância” é aberta uma segunda tela na qual é possível observar as imagens capturadas em tempo real, recebidas através da URL disponibilizada pela câmera de vídeo.

Para a construção da aplicação, diversos recursos da API do Android foram utilizados, dos quais é importante destacar a utilização da classe *MjpegView*, derivada da classe *Android SurfaceView*, apresentada por Klös (2009), e da classe *AsyncTask*, disponibilizada por meio do pacote *android.os.AsyncTask*.

Imagem 1 – Ícone da aplicação (A), *menu* do aplicativo (B) e exibição das imagens coletadas através da câmera IP (C)



Fonte: os autores.

O sistema operacional Android fornece o componente *VideoView*, o qual é capaz de reproduzir fluxos de vídeos dentro de contêineres de mídia 3GP e MP4. Como a câmera escolhida para a construção do protótipo desse projeto envia fluxos de vídeo no formato M-JPEG, o *VideoView* não está apto para reproduzi-los. Para tanto, foi necessário buscar outra solução que atendesse de forma adequada à visualização dos vídeos enviados pela câmera IP. Para isso, utilizou-se a classe *MjpegView*, que é capaz de reproduzir fluxos M-JPEG. Essa classe foi essencial para o desenvolvimento do aplicativo.

Para a exibição dos vídeos recebidos pela internet, foi necessária a utilização de *threads*, com o auxílio da classe *AsyncTask*. O motivo da utilização de *threads* é para evitar que a aplicação fique travada durante o recebimento e a exibição das imagens. Também, caso a interface não responda aos movimentos do usuário em até cinco segundos, o sistema operacional entende que a aplicação não está respondendo e, então, automaticamente lança o erro de *Application Not Responding (ANR)*.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o desenvolvimento da pesquisa, inicialmente foi levantada a hipótese de utilização da placa de prototipação Arduino com uma câmera para a captura das imagens. Após diversas pesquisas realizadas, concluiu-se que a placa Arduino não possuía memória suficiente para o processamento das imagens capturadas pela câmera, e para que houvesse o funcionamento, seria necessária a aquisição de um outro módulo chamado de *ArduCam*. Além da aquisição do módulo, a qualidade das imagens coletadas também ficaria comprometida e, portanto, a ideia foi descartada.

Considerando que o projeto não requeria processamento de imagens e trabalhar com os frames dela, não havia a necessidade de utilizar uma câmera com um microcontrolador. Assim, buscou-se uma nova câmera para a captura das imagens aéreas, optando, então, pela utilização de uma câmera IP.

Sabe-se que um VANT pode sobrevoar diversas localidades onde não há sinal de internet, dessa forma, a tecnologia de comunicação mais adequada seria a GPRS, na qual havendo sinal de uma operadora de telefonia móvel seria possível realizar a transmissão das imagens capturadas. Para o desenvolvimento desta pesquisa não houve a aquisição de uma câmera IP com tal tecnologia, em razão do custo mais elevado e, por isso, optou-se pela utilização de uma câmera IP *wireless*. Uma futura substituição da câmera por uma que utilize a tecnologia GPRS seria totalmente aceitável, bastando apenas realizar as configurações indicadas pelo fabricante na própria câmera.

Entre as dificuldades encontradas durante o desenvolvimento do projeto houve problemas relacionados ao formato de compressão das imagens que eram transmitidos pela câmera, em decorrência de o componente *VideoView* do Android não ser apto a reproduzir fluxos de vídeos no formato M-JPEG. Esse problema foi solucionado realizando a substituição do componente pela utilização de outro, o qual é disponibilizado pela classe *MjpegView*.

## 5 CONCLUSÃO

Neste artigo demonstrou o processo de desenvolvimento do módulo de vigilância de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), por meio da integração entre tecnologias de *hardware* e de *software*. A metodologia adotada proporcionou uma visão abrangente do sistema, detalhando as técnicas utilizadas para a elaboração do projeto como um todo. Durante a implementação do protótipo, foi dada ênfase ao *software mobile*, *hardware* e tecnologias de comunicação buscando trabalhar com equipamentos e ferramentas que melhor atendessem à proposta do projeto. Tais escolhas proporcionaram a obtenção dos resultados esperados, possibilitando a captura, a transmissão e a visualização das imagens do VANT no *software* de monitoramento do *smartphone* com a qualidade esperada, alcançando, assim, o objetivo do projeto.

A partir do desenvolvimento deste trabalho, outras áreas da computação ganham espaço para realizar diversos estudos, como a visão computacional e a inteligência artificial, que podem juntas fazer o processamento das imagens obtidas e trabalhar com a identificação de padrões, permitindo o uso em diversas aplicações úteis nas áreas esportiva, florestal, robótica, biomédica, entre outras.

Contudo, o protótipo de módulo de vigilância realizado neste trabalho servirá como base no desenvolvimento de sistemas para aplicações reais. Também, outros trabalhos podem ser agregados ao projeto, permitindo a construção de um sistema computacional completo com todas as funcionalidades desejadas para o controle de um VANT, podendo também ser implantado em outros aeromodelos.

**Monitoring module prototype development of a Unmanned Aerial Vehicle (UAV) low cost, with monitoring by a mobile device**

*Abstract*

*This article demonstrates the development stages of a monitoring module prototype for an Unmanned Aerial Vehicle (UAV). The project includes the identification and configuration of an IP camera to capture aerial videos, and the development of a software for the Android operating system, which can display videos captured in real time through a mobile device. Communication technologies, hardware devices and programming techniques were chosen as best to suit the project requirements. To achieve these objectives, several research activities and bibliographic surveys were necessary. Through them, it's possible to analyze and understand the workings of technologies and equipment chosen for the project, helping to better understanding each one. During the project development, was obtained expected results about the technologies and techniques used to develop in order to visualize the images captured by the camera on the UAV on a smartphone, with the expected quality. This way, it was concluded that the prototype developed will be the basis for the development of real applications for monitoring and control of UAVs, increasing possibilities of studies in several other areas of computing.*

*Keywords: Unmanned Aerial Vehicle (UAV). IP cameras. Android. Remote monitoring.*

**Nota explicativa:**

<sup>1</sup> www.no-ip.com

**REFERÊNCIAS**

- AXIS COMMUNICATIONS. **10 reasons to switch to IP – based video**. 2012. Disponível em: <[http://www.axis.com/files/feature\\_articles/ar\\_10reasons\\_for\\_ip\\_47769\\_en\\_1205\\_lo.pdf](http://www.axis.com/files/feature_articles/ar_10reasons_for_ip_47769_en_1205_lo.pdf)>. Acesso em: 21 set. 2014.
- BOHRER, Vinicius Pessil; LANGE, Augusto; SILVA, Vinícius Santos. **Adaptando sistemas para operar com redes intrachip**: Decodificador M-JPEG/HERMES. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação)–Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <[https://www.inf.pucrs.br/~calazans/publications/2010\\_TCC\\_AugustoViniciusVinicius.pdf](https://www.inf.pucrs.br/~calazans/publications/2010_TCC_AugustoViniciusVinicius.pdf)>. Acesso em: 01 mar. 2015.
- CARRIEL, Vinícius Sanches. A Evolução do LTE até o padrão 4G de 1Gbits/s. **Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 30-33, out. 2013. Disponível em: <<http://www.rtic.com.br/artigos/v03n01/v03n01a06.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2015.
- DEITEL, Paul et al. **Android para Programadores**: Uma abordagem baseada em aplicativos. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 481 p. (Deitel Developers Series, 1).
- D'OLIVEIRA, Flávio Araripe. Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs). In: SEMINÁRIOS TEMÁTICOS PARA A 3ª CONFERÊNCIA NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 3., 2005, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF, 2005.
- FOSCAN. **Manual do Usuário**: FI8918W. [2012?]. Disponível em: <<http://www.foscam.com.br/01/downloads/manuais/8918w-manual-pt-br.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2015.
- KLÖS, Patrick. **MjpegView**: an android view for MJPEG Streams. 2009. Disponível em: <<http://www.anddev.org/multimedia-problems-f28/mjpeg-on-android-anyone-t1871.html>>. Acesso em: 01 jan. 2015.
- LANCHETA, Ricardo R. **Google Android**: Aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com Android SDK. 3. ed. São Paulo: Novatec, 2013. 824 p.
- NONAMI, Kenzo et al. **Autonomous Flying Robots**: Unmanned Aerial Vehicles and Micro Aerial Vehicles. [S.l.]: Editora Springer, 2010.
- ROSS, Júlio. **CFTV Analógico e Digital**. 2. ed. Rio de Janeiro: Antenna Edições, 2011. 143 p.

SILVA, Ítalo A. da et al. Sistema de apoio ao ensino sobre tecnologia celular CDMA, TDMA e GSM. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE E NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA (CONNEPI), 6., 2011, Rio Grande do Norte. **Anais eletrônicos...** Rio Grande do Norte, 2011. Disponível em: <<http://connepi.ifal.edu.br/ocs/anais/conteudo/anais/files/conferences/1/schedConfs/1/papers/311/public/311-4687-1-PB.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2014.

SVERTZUT, José Umberto. **Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS: Evolução a caminho da terceira geração**. 1. ed. Rio de Janeiro: Érica, 2005. 454 p.

UAVS FOR ENVIRONMENT MONITORING. **Cranfield University**. Reino Unido. 2013. Disponível em: <<https://www.cranfield.ac.uk/courses/training/uavs-for-environmental-monitoring.html>>. Acesso em: 18 mar. 2014.