



**XXI SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
XXX.YY  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

**GRUPO III**

**GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT**

**AERONAVE NÃO TRIPULADA PARA INSPEÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

<b>José Felipe A. G. Wavrik (*)</b> CHESF	<b>Geraldo José Adabo</b> ITA	<b>Roberto da M. Girardi</b> ITA	<b>Cairo L. Nascimento Junior</b> ITA
<b>Giovanni F. Amaral</b> ITA	<b>Paulo Urbano</b> C.E.S.A.R	<b>Danielle Andrade</b> C.E.S.A.R	

**RESUMO**

No contexto da manutenção preventiva e preditiva de linhas de transmissão (LT) de energia elétrica, a inspeção aérea representa papel fundamental nos ativos das empresas do setor elétrico nacional com especial relevância da inspeção minuciosa na detecção dos defeitos localizados na região das torres. Podem-se encontrar defeitos entre duas torres ou ainda em toda a extensão da linha, nas estruturas, cadeias de isoladores de vidro, porcelana e poliméricos, cabos condutores singelos, de feixes duplos e quádruplos, cabos pára-raios e ópticos OPGW. Há que se considerar também defeitos relativos à pintura e placas de sinalização e numeração de estruturas, vandalismo, cruzamentos de LT, faixa de servidão (vegetação, cursos de água, invasão, queimadas, empreendimento agropecuário, atividades de engenharia exercidas por terceiros - gasoduto, adutoras, estradas federais, estaduais e municipais, estradas de ferro, canaviais, aterramento) e tantos outros. Na sua forma convencional, a inspeção aérea é realizada usando-se helicópteros tripulados. Por outro lado, a possibilidade de utilização de aeronaves não tripuladas – VANT na inspeção aérea apresenta a potencialidade de prover meios mais seguros e de menor custo para a obtenção de informações gerais e específicas de interesse do ciclo de manutenção, no que tange à conformidade do sistema com relação aos padrões de referência. Especial motivação para o desenvolvimento deste projeto é a redução de riscos, tanto às perdas de vidas humanas quanto às perdas materiais, por tratar-se de veículos de peso e custo muito mais baixos do que os convencionais tripulados. No entanto, o objetivo mais geral é a melhoria da confiabilidade do sistema elétrico, a disponibilidade das LT e a redução dos custos da manutenção. O artigo apresenta um relato sobre o progresso das atividades relacionadas com o uso de VANTs na inspeção de linhas de transmissão, pois há muitas variáveis envolvidas, como: altitude, velocidade, estabilidade do VANT devido a rajadas de vento, resolução espectral da banda de gravação de imagens (ou dados, se for o caso), devido à formação de camadas, obtido através do projeto de pesquisa e desenvolvimento, autorizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, atualmente em fase de execução através de parceria entre a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - CHESF, o Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, a Fundação Casimiro Montenegro Filho – FCMF e o Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife – CESAR. Apresentam-se os requisitos técnicos gerais e específicos do sistema em desenvolvimento, a metodologia utilizada para alcançar os objetivos do projeto e as soluções propostas. São discutidas soluções relativas aos mais relevantes desafios tecnológicos do sistema, a saber: guiamento e controle da aeronave ao longo da linha de transmissão; apontamento e giroestabilização do sistema de imageamento; autonomia de voo compatível com os trechos de linha do sistema; comunicação de longa distância entre a estação de controle em solo e a aeronave, tanto para o controle do voo quanto para a recepção do sinal de vídeo; e a confiabilidade do sistema de inspeção aérea não tripulada proposto no projeto. Apresenta-se, ao final, uma percepção técnica das perspectivas de futuro da inspeção aérea não tripulada de linhas de transmissão de energia elétrica no Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE**

Aeronave Não Tripulada, VANT, Inspeção Aérea, Linha de Transmissão, Manutenção

## 1.0 - INTRODUÇÃO

### 1.1 Inspeção de Linhas de Transmissão

A inspeção das LTs é a etapa inicial do ciclo de manutenção, e a sua eficácia é fundamental na determinação da confiabilidade do sistema e nos custos da manutenção do Sistema Elétrico. Entende-se por inspeção o processo técnico de verificação da LT, seus componentes e seu entorno, tomando-se por base o padrão estabelecido, com o objetivo de detectar defeitos ou anomalias que estejam comprometendo ou venham a comprometer o bom funcionamento da LT, a sua vida útil e a segurança das pessoas [1].

Dentre as diversas modalidades de inspeção de LTs, apresenta particular interesse para esse trabalho a assim chamada Inspeção Aérea, que na sua forma convencional faz uso do helicóptero tripulado para detecção de importantes defeitos dos tipos: quebra de isoladores, invasão de faixa, queimadas, rompimento de cabos condutores/pára-raios e OPGW, aterramentos etc [1].

### 1.2 Motivação

A Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - CHESF [2] é a empresa que possui um dos maiores sistemas de transmissão de energia elétrica em alta tensão do Brasil. São mais de 18 mil quilômetros de linhas operando nas tensões de 500, 230, 138 e 69 kV. O sistema de transmissão da Chesf interliga os estados do Nordeste e une a região aos sistemas das regiões Norte, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. A evolução do Sistema de Linhas de Transmissão da CHESF está ilustrada na figura 1, destacando-se a expressiva expansão a partir da década de 90.

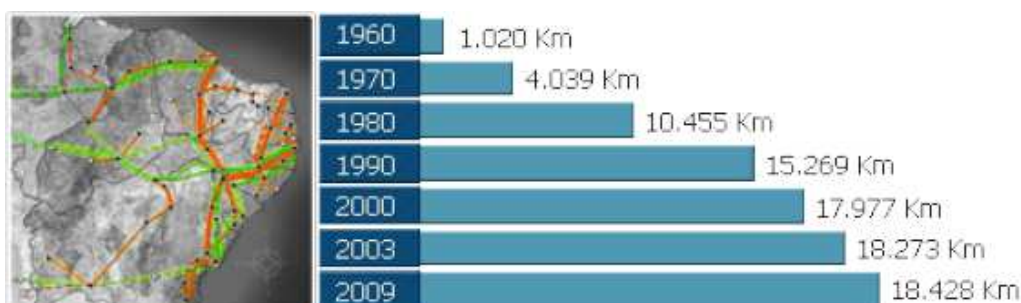


FIGURA 1 – Evolução do Sistema de Linhas de Transmissão da CHESF<sup>[2]</sup>

Trata-se de um significativo desafio tecnológico a garantia da disponibilidade do serviço, considerando-se a extensão do referido sistema de transmissão de energia elétrica.

As inspeções realizadas com aeronaves tripuladas, além do custo elevado, estão sujeitas a acidentes com riscos à vida humana. Esse risco de acidentes pode ser explicado pelo perfil de missão que a aeronave tem que realizar. Por se tratar de uma operação visual, a aeronave tem que manter distância máxima que permita aos equipamentos embarcados realizar a operação com resolução adequada. O outro fator que interfere na qualidade dos dados obtidos é a velocidade da aeronave que deve ser a menor possível. Essas duas características diminuem a segurança do voo tanto por voar mais baixo e aumentar a possibilidade de choques devido a panes e/ou desvios de comandos quanto por voar em velocidades baixas que se aproximam da velocidade de estol<sup>1</sup> da aeronave.

Essas características de voo são encontradas em aeronaves de pequeno porte, geralmente monomotores ou helicópteros. Esse perfil de aeronave tem sensibilidade de controle de voo elevada em relação às condições meteorológicas. Isso significa que fortes rajadas de vento, mudanças bruscas na temperatura, pancadas de chuva e algumas outras perturbações meteorológicas têm grande influência nas condições de segurança de voo dessas aeronaves.

Além do risco de se ter perdas humanas, a ocorrência de acidentes com aeronaves tripuladas produz impacto significativo na imagem e na lucratividade da empresa.

Há que se considerar ainda a flexibilidade dos VANTs para inspeções não planejadas e emergências noturnas, contrastando com as limitações operacionais de velocidade de resposta características das aeronaves tripuladas. Esse aumento de flexibilidade tende a intensificar as ações de manutenção preventiva com ganhos em termos da confiabilidade do sistema.

<sup>1</sup> É a velocidade mínima, a partir da qual, a aeronave mantém sustentação. Abaixo dessa velocidade a aeronave perde sustentação e entra em queda livre.

### 1.3 Objetivo do Projeto

O objetivo geral pode ser resumido em “projeto, construção, integração e testes de um veículo aéreo não-tripulado semi-autônomo para inspeção de linhas de transmissão para detecção, localização e caracterização de defeitos”.

## 2.0 - AERONAVES NÃO TRIPULADAS

### 2.1 Introdução

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) vêm ganhando destaque mundial nos cenários civil e militar. Com isso muitos termos estão sendo utilizados e criados com o passar dos anos. No Brasil o termo VANT é comumente utilizado, mas mundialmente o que predomina é o termo UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*).

A motivação inicial para o surgimento dos VANTs foi a possibilidade de se cumprir missões militares perigosas sem a necessidade de se colocar em risco a vida de humanos. Os primeiros estudos eram limitados aos campos de inteligência militar, apoio e controle de tiro de artilharia, apoio aéreo às tropas de infantaria e cavalaria no campo de batalha, controle de mísseis de cruzeiro, atividades de patrulhamento urbano, costeiro, ambiental e de fronteiras, atividades de busca e resgate, entre outras [3].

À medida que esses projetos foram difundidos, a utilização dos VANTs para algumas missões de cunho civil começaram a se tornar interessantes financeiramente. Vários benefícios para a sociedade podem ser listados, tais como:

- Pesquisas ambientais;
- Monitoramento dos níveis de poluição;
- Gerenciamento de queimadas e desmatamento;
- Monitoramento de fronteiras;
- Missões científicas;
- Aplicações nas atividades de agricultura e pesca;
- Oceanografia;
- Comunicações em banda larga;
- Vigilância etc.

### 2.2 Visão Sistêmica de um VANT

Atualmente, o termo adotado internacionalmente para o sistema que inclui a aeronave não tripulada é Sistema Aéreo Não tripulado – SANT, ou em inglês, Unmanned Aircraft System – UAS. O sistema SANT pode ser caracterizado por três segmentos:

- Segmento aéreo;
- Segmento de comunicações e
- Segmento de solo.

A Figura 2 ilustra um sistema SANT típico para aplicações civis de baixo custo.

#### 2.2.1 O **Segmento Aéreo**, também chamado de VANT, plataforma aérea ou aeronave, é composta por:

- Fuselagem,
  - Sistema de propulsão,
  - Carga útil e
  - Sistema de controle.
- a. Na **fuselagem** da plataforma aérea são fixadas as asas, empenagem (estabilizadores horizontal e vertical e respectivas superfícies de controle) e trem de pouso, além de todos os outros sistemas que integram o segmento aéreo. As superfícies de controle controlam o voo da plataforma aérea.
  - b. O sistema de **propulsão** é composto pelo conjunto: combustível, motor e hélice, que são responsáveis por produzir energia mecânica para a hélice, proporcionando, assim a tração necessária para o voo da plataforma aérea.
  - c. A **carga útil** pode ser formada por sensores de diversas aplicações, porém, na aplicação de inspeção de LTs, a carga útil é um sistema de aquisição de imagens de vídeo, no qual são capturadas imagens por uma câmera que as transmite para o segmento de solo por um transmissor de vídeo.

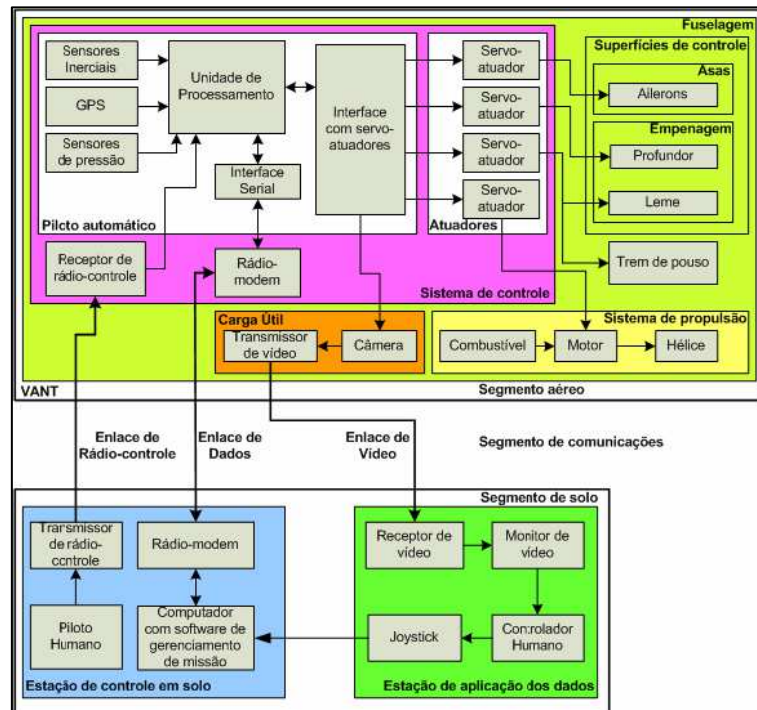


Figura 2 – Sistema típico de um VANT de baixo custo para aplicações civis [4].

- d. O sistema de **controle** é formado por: piloto automático, atuadores, receptor de rádio-controle e rádio-modem. O piloto automático é composto por uma unidade de processamento capaz de ler as informações de sensores inerciais, de pressão e de um receptor GPS. Além disso, gera todos os sinais de controle que são enviados aos atuadores para viabilizar o controle e navegação da plataforma aérea. Também armazena as informações da missão a ser cumprida pelo VANT. Os atuadores geralmente são formados por servo-atuadores que agem diretamente nas superfícies de controle e no controle de potência do sistema de propulsão, além de efetuar o controle de direção do trem de pouso quando em solo.

2.2.2. O **Segmento de Comunicações** que interliga o segmento aéreo com o segmento de solo, por meio de enlaces de rádio frequência (RF), é formado por três enlaces de RF:

- O **enlace de rádio-controle** é responsável por enviar os comandos de um piloto em solo para o VANT e não recebe nenhuma informação do VANT.
- O **enlace de dados** implementado por um rádio-modem é responsável por enviar e receber dados do VANT.
- O **enlace vídeo** ou de carga útil, neste caso envia sinais de vídeo capturados pela câmera instalada no VANT para a estação de aplicação dos dados em solo.

2.2.3. O **Segmento de Solo** é composto por Estação de Controle em Solo - ECS - e pela Estação de Aplicação dos Dados.

A ECS permite que um piloto controle o VANT quando requerido, por meio de um transmissor de rádio-controle (enlace de rádio-controle). Também permite que um computador com um software de gerenciamento de missão instalado receba e transmita os sinais de telemetria e telecomando, respectivamente, utilizando o rádio-modem (enlace de dados) para o segmento aéreo.

A estação de aplicação dos dados possibilita a recepção e análise dos dados obtidos pela carga útil (enlace de vídeo). Para o caso em estudo, um controlador humano pode analisar as imagens enviadas pelo segmento aéreo e enviar comandos, por exemplo, de apontamento da câmera através de um *joystick* interconectado ao software de missão, sendo transmitido para o VANT via rádio-modem (enlace de dados).

### 3.0 - PROJETO VANT PARA INSPEÇÃO DE LT [4]

#### 3.1 Metodologia de Desenvolvimento do Projeto

A metodologia utilizada para a execução desse projeto é baseada em **modelos de desenvolvimento** que sirvam como plataformas de baixo risco para a experimentação de inovações tecnológicas teoricamente fundamentadas.

Os modelos de desenvolvimento são os seguintes:

- a. Plataforma aérea de asa fixa prova de conceito – ALFA
- b. Protótipo (asa fixa) para integração de sistemas – DELTA I
- c. Protótipo (asa fixa) para prova de conceito da missão – DELTA II
- d. Plataforma aérea de asa fixa para testes de longa distância – DELTA III
- e. Plataforma aérea de asa fixa aprimorada - BETA
- f. Plataforma de asa rotativa - GAMA

Dessa forma, é possível dissociar o desenvolvimento e experimentação de diversos subsistemas, sem que os atrasos decorrentes de uma linha de desenvolvimento venham impactar no cronograma de outras frentes.

### 3.2 Especificações Preliminares do Sistema

3.2.1 A aeronave deverá decolar e pousar em uma pista não preparada de terra ou de grama.

3.2.2 O operador da aeronave será responsável por assumir o controle da aeronave:

- a. no caso de surgir um obstáculo na trajetória da aeronave, como árvores, torres de rádio e televisão etc.
- b. nas operações de pouso e decolagem e
- c. no caso de uma falha, para direcionar a aeronave para uma região onde os danos causados sejam minimizados. Este operador deverá ser treinado para operar a aeronave.

3.2.3 A razão de subida, no caso da plataforma de asa fixa, deverá ser compatível com o relevo de topografia ondulada com até 2.500 pés de altitude, com diferença de nível máxima entre duas torres com rampas de até 60% de inclinação.

3.2.4 O sistema de controle da aeronave deverá operar com vento lateral de rajadas laterais de até 30 knots.

3.2.5 O voo ao longo da linha de transmissão deverá ser realizado de acordo com as seguintes restrições:

- a. Distância lateral, com relação à LT de 20 a 40 m;
- b. Distância vertical, com relação ao cabo elétrico de 30 a 50 m acima do cabo;
- c. Velocidade da inspeção (asa fixa), na região visível do espectro = 60 knots;
- d. Velocidade da inspeção (asa fixa), na região de infravermelho = 40 knots;
- e. Altura das torres de transmissão de 20 a 50 m (na média de 35 m);
- f. Máxima altitude de voo da aeronave (asa fixa) de 2.500 ft (900 m).

### 3.3 Plataforma ALFA

Trata-se de uma aeronave de pequeno porte que busca validar o método de cálculo aeronáutico, geralmente aplicado a aeronaves de grande porte tripuladas, a aeronaves de pequeno porte não tripuladas da categoria até 150 kg.

A Figura 3 mostra uma foto da aeronave em questão, a qual encontra-se em fase de testes de campo.



Figura 3 - Aeronave Alfa sendo prepara para ensaio de tração estática

### 3.4 Protótipo para Integração de Sistemas DELTA I

Para esse protótipo foi utilizado um aeromodelo de pequeno porte com o objetivo de se desenvolver a eletrônica de guiamento e controle autônomo da aeronave. Esse aeromodelo possui envergadura de 1,83 m e comprimento de 1,37 m, pesando 3,4 kg antes de se embarcar a aviônica.

Nessa etapa foi utilizado um sistema de piloto automático sem redundância com programa aplicativo de entrada de plano de voo e monitoramento de trajetória, com capacidade de enviar telecomandos e receber telemetria.

A Figura 4 mostra uma imagem do protótipo.

### 3.5 Protótipo para Integração de Sistemas DELTA II

Este protótipo tem o objetivo de se desenvolver, integrar e testar uma aviônica com controle redundante, de mais alta confiabilidade, que permita voos a distâncias superiores àquela obtida com o protótipo DELTA I (4 km). Também será utilizada uma câmera em plataforma giroestabilizada para captura de imagens. A Figura 5 mostra uma imagem do aeromodelo utilizado.

Suas dimensões são maiores do que o DELTA I, proporcionando mais espaço para instalação de equipamentos eletrônicos, sendo que nesse caso a envergadura mede 2,75 m e o comprimento é de 2,15 m. Sua massa é de 9,5 kg sem a aviônica, permitindo-se embarcar nesse caso cerca de 5 kg de carga útil. Possui ainda maior autonomia e possibilidade de instalação de sistema elétrico completo com gerador acoplado ao motor da aeronave.



Figura 4 – Protótipo DELTA I



Figura 5 – Protótipo DELTA II

### 3.6 Plataforma Aérea de Asa Fixa para Testes de Longa Distância DELTA III

Considera-se, nessa altura do desenvolvimento do projeto, a necessidade de utilização de um modelo de desenvolvimento intermediário entre as plataformas de aeromodelos e a aeronave aprimorada BETA, pois entende-se que um sistema de comunicação de longa distância deve ser desenvolvido e testado antes da integração final à aeronave BETA. As características desse protótipo estão em estudo, bem como as alternativas para comunicação em longa distância.

### 3.7 Plataforma Aérea de Asa Fixa Aprimorada BETA

Esta plataforma aérea está em fase de projeto, valendo-se dos resultados experimentais obtidos com a plataforma aérea ALFA e buscando-se atender os seguintes requisitos:

- Carga útil de 15 kgf;
- Massa do para-quedas de 4 kgf;
- Alcance de 200 km.

A aeronave deverá pesar cerca de 50 kgf, terá envergadura de asa de aproximadamente 4 m e comprimento de aproximadamente 3,5 m. Devido à baixa velocidade de estol necessária para voar em baixa velocidade, suas asas



possuem área relativamente grande, em torno de  $2,7 \text{ m}^2$ . Para suportar as rajadas de vento e percorrer o relevo da região seu motor também é dimensionado acima do convencional, sendo no caso em torno de 25 hp.

### 3.8 Plataforma Aérea de Asa Rotativa GAMA

Outro esforço ocorre em paralelo aos modelos de desenvolvimento de plataformas aéreas de asa fixa, sendo a aeronave GAMA um helicóptero dotado de sistema autônomo de guiamento e controle, e sistema de imageamento, cujos testes pretendem demonstrar a adequação desse tipo VANT a situações específicas da inspeção aérea detalhada, onde o detalhamento do defeito exige uma resolução incompatível com a natureza das aeronaves de asa fixa.

O modelo do VANT adquirido para o projeto é um helicóptero não tripulado de médio porte que possui capacidade de transportar carga útil.

O objetivo principal é registrar as inspeções com gravação de imagens geo-referenciadas para identificação e registro dos componentes do sistema através de câmeras de vídeo capazes de operar nos espectros da luz visível e infravermelho. A Figura 6 apresenta uma imagem da aeronave de asa rotativa.



Figura 6 – Aeronave de asa rotativa GAMA

As imagens no espectro visível permitem a verificação detalhada do estado da LTs, torres e componentes, caracterizando a inspeção da faixa de servidão da LT. As imagens no espectro infravermelho permitem uma inspeção com visão noturna.

As principais atividades já realizadas no decorrer do projeto foram: integração de sensores inerciais, telemetria de dados e vídeo. Testes iniciais de voo com aquisição de imagens no espectro visível em curtas distâncias. Os próximos passos são a integração de um sistema de posicionamento geo-referenciado de LTs e possivelmente a integração de outra câmera de imagem no espectro infravermelho.

## 4.0 - CONCLUSÕES

Trata-se de um projeto de suma importância para a CHESF e para as linhas de transmissão de energia elétrica, a inspeção aérea representa papel fundamental na disponibilidade dos ativos para empresas do setor elétrico nacional, com especial relevância na inspeção minuciosa, para a detecção de defeitos localizados na região das torres, nos vãos entre duas torres ou ainda em toda a extensão da linha.

O projeto de aeronaves não tripuladas é de alta complexidade, multidisciplinar e essencialmente experimental, dada a dificuldade de se prever e modelar adequadamente todas as variáveis envolvidas no processo de inspeção aérea autônoma. Com o intuito de adequar o cronograma à duração do projeto, foram previstos diversos modelos de aeronaves cujos desenvolvimentos ocorrem em paralelo. Ações estão em andamento no sentido de se prover as condições mínimas para a certificação do sistema de forma a viabilizar a operação regulamentada do sistema. Outra perspectiva futura é a utilização de câmeras no espectro ultravioleta, dependendo da capacidade dos VANTs no transporte dessa carga útil em função do seu peso.

## 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Instrução de Manutenção IM-MN-LT-M-055 – Inspeção de Linhas de Transmissão – CHESF, 2005.
- (2) Portal Corporativo da Chesf – Sistemas de Transmissão – disponível em [http://www.chesf.gov.br/portal/page/portal/chesf\\_portal/paginas/sistema\\_chesf/sistema\\_transmissao/container\\_sistema\\_transmissao?p\\_name=8A2EEABD3BEED002E0430A803301D002](http://www.chesf.gov.br/portal/page/portal/chesf_portal/paginas/sistema_chesf/sistema_transmissao/container_sistema_transmissao?p_name=8A2EEABD3BEED002E0430A803301D002)
- (3) ESTADOS UNIDOS. Department of Defense. Unmanned Aircraft Systems Roadmap: 2005-2030. Washington, DC, 2005.
- (4) Relatório Técnico – Aeronave Não Tripulada para Inspeção de Linhas de Transmissão, ITA, dez/2010.

## 6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

**José Felipe André Gomes Wavrik**

Nascido em 27/08/1951 em Recife – PE. Formado em Engenharia Elétrica, modalidade Eletrotécnica (1977), pela Escola Politécnica da F.E.S.P/Universidade de Pernambuco (UPE), Pós-Graduado em Gestão de Manutenção (2005) pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Mestrado (julho/2011) em Engenharia Mecânica pela UFPE. Trabalha como Engenheiro da CHESF (32 anos), atuando na área de Estudos e Projetos Executivos de LT-LPNE e em Telecomunicações através de enlaces ópticos de cabos OPGW (25 anos) e na área de Manutenção e Análise de Desempenho de Linhas de Transmissão (7 anos). Apresentou diversos trabalhos e publicações em Congressos e Seminários da CIGRÉ, tendo sido premiado com o 1º lugar geral no SNPTEE 1995, 3ª lugar geral no XII ERIAC 2007 e 3ª lugar geral no IV CITENEL 2007, por contribuições técnicas na área de Linhas de Transmissão. É gerente do Projeto Aeronave Não Tripulada para Inspeção de Linhas de Transmissão.

**Geraldo José Adabo**

Nascido em 03/03/1959 em São Carlos – SP. Formado em Engenharia Elétrica, modalidade Eletrônica (1981) pela Escola de Engenharia de São Carlos, EESC-USP. Obteve título de Mestre em Ciências (1985) pelo Instituto de Pesquisas Espaciais. Trabalha como Professor do ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica desde 1987. Coordenador do Projeto Aeronave Não Tripulada para Inspeção de Linhas de Transmissão.

**Roberto da Motta Girardi**

Bolsista de Produtividade Desen. Tec. e Extensão Inovadora do CNPq - Nível 1D

Graduação em Engenharia Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1980), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Itajubá (1983) e doutorado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1989). Atualmente é Professor Associado do Instituto Tecnológico de Aeronáutica.

**Cairo Lucio Nascimento Junior**

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia (1984), mestrado em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1988) e doutorado em Engenharia Elétrica pela UMIST (University of Manchester Institute of Science And Technology), Control Systems Centre (1994). Atua como professor no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Divisão de Engenharia Eletrônica desde 1986.

**Giovanni Fernandes Amaral**

Graduação em Engenharia Elétrica pelo Instituto Nacional de Telecomunicações (2002), mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (2009). Atualmente é Professor Assistente do Instituto Tecnológico de Aeronáutica.

**Paulo Urbano**

Nascido em 29/01/1976 em Recife – PE. Formado em Ciência da Computação (1998) pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Obteve o título de Mestre (MSc) em Tecnologia da Informação (2001) pela Universidade de Stuttgart - Alemanha, onde trabalhou como pesquisador até 2004. Atualmente trabalha como Engenheiro de Sistemas Especialista do C.E.S.A.R – Centro de Estudos e Sistema Avançados do Recife – desde 2005. .

**Danielle Andrade**

Nascida em 19/01/1979 em Recife – PE. Formada em Engenharia Elétrica, modalidade Eletrônica (2001), pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Obteve título de Mestre (MSc) em Tecnologia da Informação (2005) pela Universidade de Ciências Aplicadas de Mannheim, Alemanha. Trabalhou na Siemens (Brasil) como engenheira de RF (2001-2003) e depois na Siemens (Alemanha) como engenheira de pesquisa (2004-2009). Atualmente trabalha como Engenheira de Sistemas Especialista do C.E.S.A.R – Centro de Estudos e Sistema Avançados do Recife – desde 2010.