

**JULIO CÉSAR STRINGHINI**

**ESTUDO DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE UMA AERONAVE  
LEVE ESPORTIVA**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**2018**



**JULIO CÉSAR STRINGHINI**

**ESTUDO DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE UMA  
AERONAVE LEVE ESPORTIVA**

**Projeto de Conclusão de Curso**  
apresentado ao Curso de graduação em  
Engenharia Aeronáutica da Universidade  
Federal de Uberlândia, como parte dos  
requisitos para a obtenção do título de  
**BACHAREL em ENGENHARIA  
AERONÁUTICA.**

Orientador: Prof. Msc. Giuliano  
Gardolinski Venson.

**Uberlândia – MG**

**2018**

**JULIO CÉSAR STRINGHINI**

**ESTUDO DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE UMA  
AERONAVE LEVE ESPORTIVA**

Projeto de conclusão de curso aprovado  
pelo Colegiado do Curso de Graduação  
em Engenharia Aeronáutica da  
Faculdade de Engenharia Mecânica da  
Universidade Federal de Uberlândia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Msc. Giuliano Gardolinski Venson  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof. Dr. Daniel Dall'Onder dos Santos  
Universidade Federal de Uberlândia

---

Prof. Msc Thiago Augusto Machado Guimarães  
Universidade Federal de Uberlândia

**Uberlândia – MG**

**2018**

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço aos meus familiares, pais e tios, que com muito esforço conseguem me proporcionar esta possibilidade de estudo.

Aos meus amigos que são minha família nesta cidade e sempre me apoiaram nas minhas quedas diárias e me ajudaram no que precisei para finalização deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. Msc. Giuliano G. Venson que aceitou mais esse desafio e sempre esteve disponível com muito boa vontade ajudando para a melhoria deste estudo.

Aos meus professores que contribuíram muito para o meu crescimento técnico, profissional e pessoal.

Aos amigos do estagio que tive oportunidade de realizar e que me ajudaram muito na elaboração deste trabalho.

À Universidade Federal de Uberlândia e à faculdade de engenharia Mecânica.

STRINGHINI, J. C. ESTUDO DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO DE UMA AERONAVE LEVE ESPORTIVA. 2018. 50p. Projeto de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, Brasil.

## RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo aprofundar-se um pouco mais no processo de certificação de aeronaves leves e as fases de seu processo até a obtenção do certificado de tipo e detalhar como as empresas estão fazendo para certificação nessa que é uma nova categoria no mundo da aviação. O processo de certificação baseia-se na comprovação de que a aeronave atende requisitos de segurança, qualidade de produção, requisitos de manutenção e confiabilidade, requisitos esses que se encontra em normas reguladoras para o processo de certificação. Estas normas são impostas pelas entidades reguladoras da aviação FAA e ANAC por exemplo. Para comprovar o cumprimento das normas a empresa proprietária da aeronave precisa realizar cálculos de desempenho, cálculos estruturais, cálculos de fatores de carga entre outros e posteriormente testes de voo e testes estruturais que comprovem a confiança estrutural e confirmem as análises de desempenho e parâmetros esperados de projeto. O processo completo de certificação é dividido em fases sendo as principais delas o enquadramento do projeto nas limitações impostas para a caracterização da aeronave na categoria, apresentação dos documentos contendo todos os cálculos e testes necessários que provam o cumprimento das normas necessárias, depois ocorre à fase de análise documental por parte da autoridade aeronáutica reguladora, seus feedbacks e respostas aos feedbacks se necessário, a fase final é uma vistoria nas instalações da empresa proprietária da aeronave.

Palavras Chave: Certificação de aeronave, fases do processo de certificação, homologação de aeronaves LSA.

STRINGHINI, J. C. STUDY OF THE CERTIFICATION PROCESS OF A LIGHT SPORT AIRCRAFT. 2018. 50p. Graduation Project, Federal University of Uberlandia, Uberlândia-MG, Brazil.

## ABSTRACT

This work aims to delve deeper into the light aircraft certification process and the phases of its process until obtaining the type certificate and to detail how companies are doing for certification in that new category in the world of aviation. The certification process is based on the confirmation that the aircraft meets safety requirements, production quality and maintenance requirements, which are found in regulatory standards for the approval process.

These standards are imposed by the FAA and ANAC aviation regulators for example. To verify compliance with the standards, the aircraft owner must to do performance calculations, structural calculations, load factor calculations, and subsequently flight tests and structural tests that prove structural confidence and confirm the performance analyzes and expected parameters of project.

The complete certification process is divided into phases, the main ones being the project framework in the limitations imposed for the characterization of the aircraft in the LSA category, presentation of the documents containing all the necessary calculations and tests that prove the fulfillment of the necessary standards, of documentary analysis by the regulatory aeronautical authority, and feedback if necessary, the final phase is an inspection at the aircraft company's physical facilities

Keywords: Aircraft certification, phases of the certification process, approval of LSA aircraft.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Características de uma aeronave leve esportiva. (AeroMagazine <sup>1</sup> ).....	17
Figura 2: Divisão das subpartes do RBAC 21 - (Venson <sup>1</sup> , 2016) .....	21
Figura 3: Divisão das subpartes do RBAC 23 - (Venson <sup>2</sup> , 2016) .....	22
Figura 4: Formulário iBR 2020- Identificação (ANAC <sup>2</sup> ).....	24
Figura 5: Formulário iBR 2020- Lista de anexos. (ANAC <sup>2</sup> ).....	24
Figura 6: Formulário iBR 2020- Termo de adesão. (ANAC <sup>2</sup> ) .....	25
Figura 7: Formulário iBR 2020- Descrição técnica da aeronave. (ANAC <sup>2</sup> ).....	25
Figura 8: Fases do programa iBR 2020. (ANAC <sup>2</sup> ).....	26
Figura 9: Detalhes da 1ª fase do programa iBR 2020. (ANAC <sup>2</sup> ) .....	27
Figura 10: Linha do Tempo da Certificação pelo iBR 2020. ....	32
Figura 11: Cronograma de Relatórios Estruturais .....	33
Figura 12: Fórmulas de envelope de voo calculadas em Excel.....	37
Figura 13: Diagrama V-N exemplificando um envelope de voo. (ASTM <sup>1</sup> ) .....	38
Figura 14: Cálculos de cargas em asas e fuselagem. (ASTM <sup>1</sup> ).....	39
Figura 15: Livro Flambagem Componentes Aeronáuticos Longarina.....	41
Figura 16: Listas de preço de certificado de tipo. (ANAC <sup>3</sup> ) .....	49
Figura 17: Total de Custos Esperados .....	49

## LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

CHT- Certificado de Homologação de Tipo  
CPL – Certificado de Piloto de aeronave Leve Esportiva  
CAS—calibrated air speed (m/s, kts)  
CG – Centro de Gravidade  
ALE – Aeronave Leve Esportiva  
S – Área da Asa  
W – Peso da Aeronave  
 $C_{L_{MAX}}$  – Coeficiente de Sustentação máximo  
 $\rho$  - Massa específica  
 $n_1$ —airplane positive maneuvering limit load factor  
ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil  
RBAC- Regulamento Brasileiro de Aviação Civil  
ASTM – American Society for Testing and Materials  
AC – Advisory Circular  
FAR- Federal Aviation Regulations  
FAA- Federal Aviation Administration  
PP – Piloto Privado  
PC – Piloto Comercial  
IAS—indicated air speed (m/s, kts)  
LSA—Light Sport Aircraft  
POH—Pilot Operating Handbook  
V—airspeed (m/s, kts)  
VA—design maneuvering speed  
VC—design cruising speed  
V<sub>CMIN</sub>- design cruising minimal speed  
VD—design diving speed  
VDF—demonstrated flight diving speed  
VF—design flap speed  
VFE—maximum flap extended speed  
VH—maximum speed in level flight with maximum continuous power (corrected for sea level standard conditions)  
VNE—never exceed speed

VO—operating maneuvering speed

VS—stalling speed or minimum steady flight speed at which the airplane is controllable (flaps retracted)

VS1—stalling speed or minimum steady flight speed at which the aircraft is controllable in a specific configuration

VS0—stalling speed or minimum steady flight speed at which the aircraft is controllable in the landing configuration

MOC - (mean of compliance)

N – Newton (unidade de força)

## SUMÁRIO

RESUMO .....	6
ABSTRACT .....	7
LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS .....	9
<u>1 - INTRODUÇÃO</u> .....	14
1.1    Objetivos Gerais.....	15
1.2    Objetivos Específicos .....	15
1.3    Relevância do estudo.....	15
<u>2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u> .....	16
2.1    Definição de uma Aeronave Leve Esportiva .....	16
2.2    Diferenças entre Aeronave Leve Esportiva Experimental e Especial.....	18
2.3    Histórico da criação das Aeronaves Leves Esportivas no Brasil .....	19
2.4    Contextualização das Aeronaves Leves Esportivas na atualidade.....	20
2.5    Certificação de Produto Aeronáutico.....	20
2.6    Requisitos de Aeronavegabilidade de Produtos Aeronáuticos .....	21
2.7    Licenças, Habilitações e Certificados para Pilotos .....	22
2.8    Requisitos Gerais de Operação para Aeronaves Cívicas.....	22
2.9    Programa de incentivo a Certificação das Aeronaves Experimentais em Leve Esportiva.....	23
2.9.1    Formulário F-200-25 .....	24
2.9.2    A contrapartida do programa .....	25
2.10    Especificação Padrão de Design e Desempenho para Aeronaves Leves Esportivas .....	27
2.10.1    Voo;.....	27
2.10.2    Cálculo estrutural; .....	28
2.10.3    Design e Construção;.....	29
2.10.4    Equipamentos Requeridos; .....	29
2.10.5    Limitações operacionais; .....	29
2.10.6    Sistema moto-propulsor.....	29
2.11    Especificação Padrão para o Manual de Operações do Piloto para Aeronaves Leves Esportivas ..	29
2.12    Manual de Garantia De Qualidade .....	29
2.13    Manual de Manutenção .....	30
<u>3 - METODOLOGIA</u> .....	31
3.1    Programas e legislações.....	31
3.1.2    Datas do Programa .....	32
3.1.3    Enquadramento de Aeronave Leve Esportiva .....	34
3.1.4    Cadastro de Modelo de Aeronave Leve Esportiva .....	34
3.2    Relatórios de planejamento do processo de certificação .....	34
3.2.1    Plano Mestre – “Master Draw”.....	34
3.2.2    Lista de verificação de conformidade.....	34
3.2.4    Plano de Certificação.....	35
3.2.5    Plano de teste em voo .....	35

3.3 Considerações de Cálculos para Relatório Estrutural.....	36
3.3.1 Envelope de Voo .....	36
3.3.2 Cargas nas superfícies de controle.....	38
3.3.3 Cargas na asa .....	38
3.3.4 Cargas motor .....	39
3.3.5 Cargas no trem de pouso .....	40
3.3.6 Cargas no sistema de controle .....	40
3.3.8 Modo de calculo de Longarina .....	40
3.3.9 Junção asa-fuselagem .....	41
3.3.10 Testes na fuselagem.....	42
3.3.11 Testes Asa.....	42
3.3.12 Testes de Estabilizadores horizontais .....	42
3.3.13 Testes Leme.....	42
3.3.14 Testes de flap e Aileron.....	43
3.3.15 Testes de trem de pouso.....	43
3.3.16 Testes no berço do motor.....	43
3.3.17 Testes no sistema de comando.....	43
3.4 Manual de Operacional do Piloto - Pilot's Operating Handbook (POH).....	43
3.5 Manual de garantia da qualidade .....	44
3.6 Manual de manutenção .....	44
3.7 Manual de Aeronavegabilidade continuada.....	45
3.8 Declaração de Cumprimento .....	46
3.9 Vistoria ANAC.....	46
3.10 Liberação da Aeronave.....	47
<u>4 - RESULTADOS</u> .....	48
<u>5 - CONCLUSÃO</u> .....	51
<u>6 - BIBLIOGRAFIA</u> .....	52



## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

A regulamentação para as Aeronaves Leves Esportivas (ALE ou LSA do inglês Light Sport Aircraft) está muito em voga em todo o mundo da aviação desde a década passada quando a “Federal Aviation Administration” (FAA) deu abertura a essa nova categoria que não era de construção amadora nem a de aeronaves comerciais convencionais. Essa categoria de aeronaves cria novas oportunidades econômicas para o mercado aeronáutico, como por exemplo, na instrução de voo, que poderá utilizar aeronaves mais simples e econômicas, tornando a obtenção das habilitações técnicas de pilotagem mais baratas. Entretanto, para utilização comercial de Aeronaves Leves Esportivas essas aeronaves devem cumprir requisitos estabelecidos em normas técnicas ASTM, SAE, dentre outras a fim de garantir qualidade de fabricação e produção. Nesse contexto, as Aeronaves Leves Esportivas são divididas em dois grupos: Aeronaves Leves Esportivas Experimentais (ALE-E) e Aeronaves Leves Esportivas Especiais (ALE-S). As aeronaves leves experimentais não precisam cumprir os requisitos de normas técnicas, mas somente podem ser utilizadas para fins particulares, recreação e fins não-comerciais. As aeronaves leves especiais podem ser utilizadas para fins comerciais desde que atendam a requisitos de aeronavegabilidade e requisitos das normas técnicas.

Este trabalho apresenta as fases do processo de aprovação de Aeronaves Leves Esportivas Experimentais e do processo de certificação de Aeronaves Leves Esportivas Especiais dentro do contexto do Programa de Fomento à Certificação de Aeronaves Leves (Programa iBR 2020) da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

Na revisão bibliográfica do trabalho são apresentados conceitos iniciais para a boa compreensão dos conteúdos abordados no trabalho.

Na metodologia são apresentados os requisitos de aeronavegabilidade necessários para a certificação de uma aeronave leve esportiva. Essa seção ilustra as fases do processo utilizando como exemplo os itens normativos da “American Society

for Testing and Materials” (ASTM), que são as normas que vem sendo recomendadas atualmente pela ANAC.

Como resultado tem-se os documentos e relatórios produzidos no processo de certificação de uma Aeronave Leve Esportiva Especial (ALE-S) em vista à obtenção do Certificado de Tipo a partir do Programa iBR 2020 de um fabricante de aeronaves experimentais no interior do estado de São Paulo. Algumas considerações a respeito de tempo e custos do processo serão discutidos.

### **1.1 Objetivos Gerais**

Apresentar o processo de certificação de Aeronaves Leves Esportivas (ALE) dentro do contexto do Programa de Fomento a Certificação de Aeronaves Leves (Programa iBR 2020).

### **1.2 Objetivos Específicos**

Apresentar passo-a-passo as fases e necessidades do processo de certificação de aeronaves leves esportivas, reunindo as informações necessárias em um único documento explicativo, com o intuito de contribuir a compreensão deste processo perante a comunidade aeronáutica.

Demonstrar os ganhos em segurança e confiabilidade da aviação leve esportiva já que as aeronaves leves esportivas especiais, certificadas, passam por comprovação de requisitos internacionais de segurança e desempenho, processo pelo qual as aeronaves leves esportivas experimentais não são obrigadas a cumprir.

### **1.3 Relevância do estudo**

A relevância deste trabalho é facilitar o entendimento do processo de certificação de aeronaves leves esportivas. Este trabalho pode auxiliar fabricantes de aeronaves leves esportivas experimentais a certificarem suas aeronaves para a categoria leve esportiva especial, de forma a aumentar o nível de segurança e desempenho das aeronaves.

## CAPÍTULO II

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 Definição de uma Aeronave Leve Esportiva

A definição das características de uma Aeronave Leve Esportiva se encontra no RBAC 01. Pela definição da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC<sup>1</sup>), Aeronave Leve Esportiva é uma aeronave fácil de voar, simples de operar e manter e que, desde sua certificação inicial, preserva as seguintes características construtivas e de desempenho:

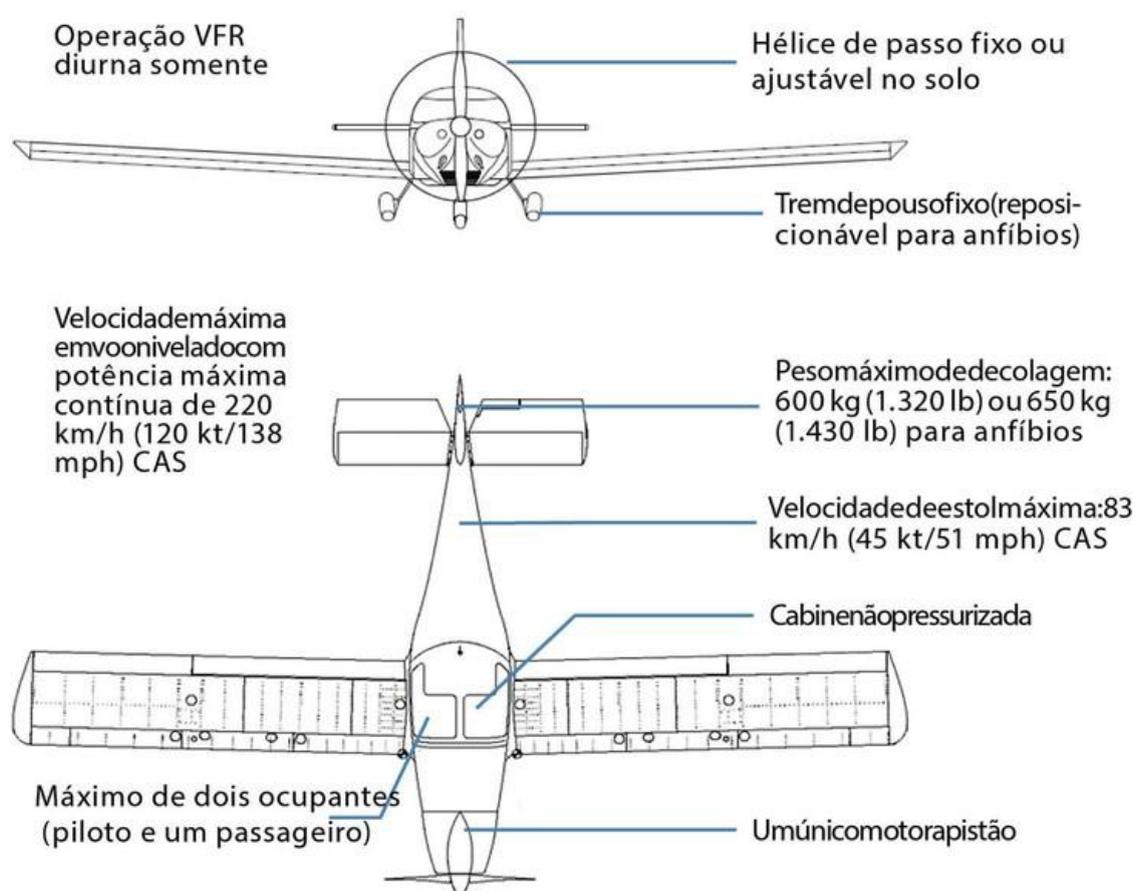
- (1) Peso máximo de decolagem menor ou igual a:
  - (i) 600 quilogramas para aeronave a ser operada a partir do solo apenas; ou
  - (ii) 650 quilogramas para aeronave a ser operada a partir da água.
- (2) Velocidade máxima em voo nivelado com potência máxima contínua (VH) menor ou igual a 120 knots CAS, sob condições atmosféricas padrão ao nível do mar.
- (3) Velocidade nunca exceder (VNE) menor ou igual a 120 knots CAS para um planador.
- (4) Velocidade de estol (ou velocidade mínima em voo estabilizado), sem o uso de dispositivos de hipersustentação (VS1), menor ou igual a 45 knots CAS no peso máximo de decolagem certificado e centro de gravidade mais crítico.
- (5) Assentos para não mais do que duas pessoas, incluindo o piloto.
- (6) Um único motor, alternativo, caso a aeronave seja motorizada.
- (7) Uma hélice de passo fixo, ou ajustável no solo, caso a aeronave seja motorizada, mas não seja um motoplanador.
- (8) Uma hélice de passo fixo ou auto-embandeirável, caso a aeronave seja um motoplanador.
- (9) Um sistema de rotor de passo fixo, semi-rígido, tipo gangorra, de duas pás, caso a aeronave seja um girocôptero.
- (10) Uma cabine não pressurizada, caso a aeronave tenha uma cabine.

(11) Trem de pouso fixo, exceto para aeronave a ser operada a partir da água ou planador.

(12) Trem de pouso fixo ou retrátil, ou um casco, para aeronave a ser operada a partir da água.

(13) Trem de pouso fixo ou retrátil, para planador.

Mais objetivamente e resumidamente como mostrado na figura 1, elaborada pela AeroMagazine<sup>1</sup>, ilustrada abaixo.



**Figura 1: Características de uma aeronave leve esportiva. (AeroMagazine<sup>1</sup>)**

Contudo, uma aeronave que possua essas características é somente elegível à categoria LSA/ALE Especial e é considerada apenas LSA Experimental, a diferença será explicada no próximo tópico. Para realmente ser certificada como LSA/ALE Especial, deve ter sido projetada, ensaiada e aprovada de acordo com uma norma consensual (as normas ASTM aplicáveis ao tipo da aeronave, e/ou pela FAR23/RBAC23 sobre as quais falaremos mais adiante), e seu fabricante deve garantir

que os seguintes itens estejam em conformidade com as normas consensuais ou partes do FAR 21 (RBAC 21 no Brasil):

- Equipamentos requeridos para a operação e instalados na aeronave;
- Um sistema de garantia de qualidade na produção da aeronave;
- Testes de aceitação pós-produção executados em cada aeronave;
- Instruções de operação da aeronave (geralmente descritos no Manual de Voo fornecido pelo fabricante);
- Procedimentos de inspeção e manutenção, descritos geralmente em um manual;
- Identificação e registro de grandes modificações ou reparos,
- Sistema de aeronavegabilidade continuada (garantir meios para que o operador da aeronave a mantenha, durante sua vida operativa sempre de acordo com as características do projeto aprovado, por meio de manutenção adequada, cumprimento de boletins e assim por diante);
- Instruções de montagem emitidas pelo fabricante (somente para os kits de LSA experimentais).

## **2.2 Diferenças entre Aeronave Leve Esportiva Experimental e Especial**

Na categoria LSA/ALE, temos duas classificações para as Aeronaves Leves Esportivas, chamados aqui no Brasil, respectivamente, de ALE Especial e ALE Experimental.

O Special LSA, ou ALE Especial é o avião que pode ser utilizado para algumas atividades remuneradas, como reboque de planadores, instrução de voo em escolas de aviação e voos panorâmicos. No Brasil a ANAC definirá quais atividades remuneradas poderão ser executadas pelos ALE - Especial, quando da emissão do novo RBAC 91. Sua manutenção somente pode ocorrer em uma oficina de manutenção de aeronaves certificada pelas normas do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil, ou por mecânicos licenciados. Nenhuma alteração na aeronave pode ser realizada sem a liberação da fabricante. As Aeronaves Leves Esportivas Especiais passam pelo processo de certificação descrito neste documento, e passam por requisitos de projeto e de operação que agregam a aeronave maior confiança e segurança operacional. Os acidentes ocorridos com aeronaves desta categoria recebem respaldo investigativo da ANAC diferente do que acontece com a categoria experimental onde os riscos de acidente são assumidos previamente pelo operador que voa pela sua própria conta.

A categoria Aeronave Leve Esportiva Experimental (E-LSA), ou ALE Experimental, é a categoria do LSA onde o fabricante não necessita passar pelo processo de certificação. Sua manutenção pode ser feita pelo próprio construtor e alterações na aeronave podem ser realizadas sem a aprovação do fabricante desde que os limites operacionais de desempenho não extrapolem os limites da categoria Leve Esportiva. Este não pode ser utilizado para instrução de voo ou qualquer outra atividade remunerada. Os operadores voam por conta e risco próprio sem nenhum amparo legal de nenhuma entidade Aeronáutica.

### **2.3 Histórico da criação das Aeronaves Leves Esportivas no Brasil**

O histórico da aviação nacional tem em seu registro um número relevante de iniciativas na fabricação de aviões de pequeno porte, como a Companhia Aeronáutica Paulista, a Companhia Nacional de Navegação Aérea, a Fábrica do Galeão e a Sociedade Aeronáutica Neiva. Modelos como o Paulistinha CAP-4, o HL-1, o Muniz M-7, o Aerotec Uirapuru e os Neiva Universal, Regente, Carioca e Minuano, por exemplo, foram fabricados e comercializados no país durante décadas. Mas no início da década de 2000 a indústria nacional se concentrou no projeto e produção de aeronaves experimentais que eram comercializadas por meio de kits de construção amadora que ganharam força após uma flexibilização do então Departamento de Aviação Civil em meados da década de 1990.

Com o surgimento destas aeronaves era esperado que elas migrassem para a aviação de tipo certificado, mas os custos e a carência de profissionais no mercado com conhecimento em certificação de aeronaves minou essa possibilidade. Ao mesmo tempo no mundo iniciou-se uma busca de elevação no nível de segurança com a redução nos custos de certificação, por meio da incorporação de sistemas de navegação mais modernos com a finalidade de minimizar o erro humano, principal fator contribuinte nos acidentes atualmente, mas os fabricantes menores têm encontrado dificuldades de executar em aeronaves certificadas em virtude de os requisitos terem se tornado tão complexos que inviabilizavam sua implementação em aeronaves mais simples e de menor porte.

Nesse contexto onde as aeronaves para terem seus sistemas embarcados desejáveis para seu acréscimo de segurança e diminuição de preço as fabricantes optaram por não fazer a certificação de seus produtos, mas esse fato teve como efeito colateral que pilotos de ultraleves primários migrassem para aeronaves com desempenho muito superior sem o devido treinamento, expondo-os a riscos de

acidentes e interferindo perigosamente no tráfego aéreo comercial. Neste momento por iniciativa da “Federal Aviation Administration” (FAA), deu-se início a criação da categoria LSA (Light Sport Aircraft) nos Estados Unidos no início da década passada como afirmado em ANAC<sup>2</sup>.

#### **2.4 Contextualização das Aeronaves Leves Esportivas na atualidade**

No mundo todo, os avanços dos estudos de materiais e do desenvolvimento dos aviônicos deixaram as aeronaves leves e ultraleves com alta tecnologia e conforto e baixo peso e consumo por consequência custo menor. Associados a isto temos que os projetos estruturais e aerodinâmicos vêm sendo mais bem concebidos. Esses fatores criaram um ambiente propício para o crescimento da categoria de aeronave experimental e amadora e as mesmas vêm demonstrando maior confiança e assim ganhando maior confiança do mercado.

#### **2.5 Certificação de Produto Aeronáutico**

A certificação de um produto aeronáutico é feita pelo Regulamento Brasileiro de Aviação Civil número 21, o chamado RBAC21 (ANAC<sup>8</sup>). É a norma que regula os requisitos de classificação e certificação de um componente como produto aeronáutico que pode ser aeronave, motor ou hélice. O RBAC 21 está estruturado nas partes conforme Figura 2.

Dentro deste arquivo regulador têm-se o item 21.190 que trata de emissão de Certificado de Aeronavegabilidade Especial para aeronaves categoria leve esportiva.

Neste documento da ANAC encontra-se também a classificação dos certificados de aeronavegabilidade e no item (b) do tópico 21.175 vemos que os certificados concedidos a aeronaves leves não são certificados padrões e sim especiais.

Segundo a RBAC 21, disposta no site da ANAC na página 45, um certificado de aeronavegabilidade para aeronave leve tem validade enquanto cumprir os seguintes requisitos:

- (i) a aeronave se enquadrar na definição de aeronave leve esportiva;
- (ii) a aeronave estiver em conformidade com sua configuração original, exceto por aquelas alterações realizadas de acordo com uma norma consensual aplicável e autorizadas pelo fabricante da aeronave ou por uma pessoa aceita pela ANAC;

- (iii) a aeronave não apresentar condição insegura e seja improvável que uma condição insegura possa ocorrer; e
- (iv) a aeronave estiver registrada no Brasil;

<b>RBAC 21</b>	<b>Certificação de Produtos Aeronáuticos</b>
<b>Subparte A</b>	<b>Geral</b>
<b>Subparte B</b>	<b>Certificados de Tipo</b>
<b>Subparte C</b>	<b>Certificados de Tipo Provisórios</b>
<b>Subparte D</b>	<b>Modificações aos Certificados de Tipo</b>
<b>Subparte E</b>	<b>Certificação Suplementar de Tipo</b>
<b>Subparte F</b>	<b>Produção Sob Certificados de Tipo</b>
<b>Subparte G</b>	<b>Certificados de Organização de Produção</b>
<b>Subparte H</b>	<b>Certificados de Aeronavegabilidade</b>
<b>Subparte I</b>	<b>Certificados de Aeronavegabilidade Provisório</b>
<b>Subparte K</b>	<b>Aprovação de Artigos e sua Fabricação</b>
<b>Subparte L</b>	<b>Aprovação de Aeronavegabilidade para Exportação</b>
<b>Subparte N</b>	<b>Aceitação de Motores de Aeronaves, Hélices e Artigos para Importação</b>
<b>Subparte O</b>	<b>Aprovação de Artigos Conforme Ordem Técnica Padrão (OTP) e sua Fabricação</b>

**Figura 2: Divisão das subpartes do RBAC 21 - (Venson<sup>1</sup>, 2016)**

## **2.6 Requisitos de Aeronavegabilidade de Produtos Aeronáuticos**

Os Requisitos de Aeronavegabilidade de Produtos Aeronáuticos são definidos e listados no Regulamento Brasileiro de Aviação Civil número 23 ou RBAC23(ANAC<sup>9</sup>).

O RBAC 23 é um dos mais importantes para projeto e certificação de aeronaves. É o que deve ser seguido para certificação de aeronaves leves. Ele dita as regras a serem seguidas para uma aeronave nos mais variados âmbitos, desempenho, estrutural, voo, sistemas e etc. É o regulamento que diz quais os critérios mínimos de aeronavegabilidade que uma aeronave deve ter para satisfazer os critérios de segurança operacional e de desempenho de um avião que não é de transporte regular de passageiros, os requisitos de aeronavegabilidade para aeronaves da categoria transporte estão no RBAC 25. As subpartes do RBAC estão dispostas na figura 3 a seguir.

A	General	Generalidades	3
B	Flight	Requisitos de Voo	50
C	Structure	Requisitos Estruturais	71
D	Design and Construction	Requisitos de Projeto e Construção	77
E	Power Plant	Requisitos de Grupo Moto-Propulsor	86
F	Equipment	Requisitos de Equipamentos	56
G	Operating Limitations and Information	Limitações Operacionais e Informações	31
Appendix A	Simplified Design Loads Criteria	CrITÉrios Simplificados de Cargas de Projeto	-
Appendix B	[Reserved]	[Reservado]	-
Appendix C	Basic Landing Conditions	Condições Básicas de Aterrissagem	-
Appendix D	Wheel Spin-Up and Spring-Back Loads	Rotação Inicial e Cargas Efeito-Mola em Rodas	-
Appendix E	[Reserved]	[Reservado]	-
Appendix F	Test Procedures	Procedimentos de Testes	-
Appendix G	Instructions for Continued Airworthiness	Instruções de Aeronavegabilidade Continuada	-
Appendix H	Installation of Automatic Power Reserve System	Instalação de Sistema de Reserva de Potência	-
Appendix I	Seaplanes Loads	Cargas em Aeronaves Hidroaviões	-
Appendix J	HIRF Environments and Equipment Test Levels	Ambientes de Alta Radiação Eletromagnética	-

Figura 3: Divisão das subpartes do RBAC 23 - (Venson<sup>2</sup>, 2016)

Em cada um dos capítulos do RBAC 23 têm-se restrições que devem ser seguidas, no exemplo abaixo temos informações sobre algumas limitações operacionais.

## 2.7 Licenças, Habilitações e Certificados para Pilotos

As licenças e certificados para pilotos estão normatizados no RBAC 61(ANAC<sup>10</sup>). O RBAC 61 regula os serviços de piloto assim como a obtenção da liberação para obtenção da carteira de piloto comercial, piloto privado e o certificado de piloto de aeronave esportiva, PC, PP e CPL respectivamente. Este regulamento diz que para a obtenção da CPL tem menos requisitos e, portanto mais barato, rápido e prático.

## 2.8 Requisitos Gerais de Operação para Aeronaves Civis

Os Requisitos Gerais de Operação para Aeronaves Civis estão sobrescritos no atual RBAC 91 (ANAC<sup>11</sup>).

Dentro dele se encontra o item 91.327 que regula as operações das aeronaves leves esportivas e mostra que ela é apta a conduzir treinamento de voo no subitem (2).

## **2.9 Programa de incentivo a Certificação das Aeronaves Experimentais em Leve Esportiva**

O programa da ANAC que foi criado como forma de instigar o interesse pela certificação das tantas aeronaves experimentais nos pais se chama iBR2020, (ANAC<sup>2</sup>). O Programa iBR 2020 é um projeto da ANAC que tem como meta facilitar o processo de certificação de aeronave de pequeno porte. O objetivo é incentivar a economia das indústrias brasileiras fabricantes de aeronaves experimentais por meio do estímulo a certificação que ajuda as aeronaves a serem mais competitivas no mercado nacional e internacional.

Esta iniciativa visa também incentivar os projetos de aeronaves experimentais a se aproximarem dos projetos certificados e dessa forma aumentar o nível de segurança operacional na aviação. O nivelamento dos projetos também é um efeito desejado pela ANAC com o programa iBR 2020, pois era comum na aviação leve esportiva experimental aeronaves completamente diferentes, algumas que faziam bom uso das boas práticas de engenharia e já outras não utilizavam os métodos mais eficazes e eficientes por razões de custos, tempo ou falta de mão de obra preparada, dessa forma com os cuidados da criação da categoria passaremos a diferenciar a qualidade das aeronaves pela seu enquadramento dentro de determinada categoria. Por fim separar o projeto que foi elaborado utilizando das boas práticas de engenharia com os projetos que não se atentaram tanto aos requisitos mínimos de aeronavegabilidade.

Para ser elegível no programa iBR 2020 as aeronaves em questão deveriam estar sobre as seguintes características:

- Avião monomotor a pistão;
- Peso Máximo de decolagem: entre 751 e 1750 kgf;
- Velocidade de estol ( $V_{so}$ ): menor ou igual a 61 nós;
- Capacidade de ocupação: de 2 (dois) a 5 (cinco) lugares, incluindo o piloto; e
- Cabine não pressurizada.

Vale ressaltar que as Aeronaves agrícolas não estão elegíveis a este programa. O programa durará até 31 de dezembro de 2020 e as aeronaves que a empresa deseja produzir dentro das contrapartidas devem ser informadas a ANAC durante o prazo de vigência do programa.

### 2.9.1 Formulário F-200-25

Para registro no programa é necessário preenchimento do Formulário F-200-25, o qual corresponde ao termo de adesão onde os interessados no programa declaram seu interesse em fazer parte do mesmo, conforme Figura 4.

		<b>Adesão ao Programa iBR2020</b> <i>Resolução n° 345, de 04 de novembro de 2014</i>	
Para <b>SUPERINTENDÊNCIA DE AERONAVEGABILIDADE – SAR</b>			
O Programa de Fomento à Certificação de Projetos de Aeronaves de Pequeno Porte - iBR2020 tem como objetivo desenvolver a capacidade da indústria aeronáutica nacional de desenvolver projetos de aeronaves de pequeno porte que tenham mais condições de terem sucesso quando submetidos a uma certificação de tipo.			
<b>1. IDENTIFICAÇÃO</b>			
<b>1.1 – RAZÃO SOCIAL DA EMPRESA</b> <input type="text"/>		<b>1.2 – CNPJ</b> <input type="text"/>	
<b>1.3 – ENDEREÇO PRINCIPAL</b> <input type="text"/>		<b>1.4 – N°</b> <input type="text"/>	<b>1.5 – COMPLEMENTO</b> <input type="text"/>
<b>1.6 – BAIRRO</b> <input type="text"/>	<b>1.7 – CIDADE</b> <input type="text"/>	<b>1.8 – ESTADO</b> <input type="text"/>	<b>1.9 – TELEFONE</b> <input type="text"/>
<b>1.10 – ENDEREÇO DA PRINCIPAL UNIDADE FABRIL (SE DIFERENTE DO ENDEREÇO PRINCIPAL DA EMPRESA):</b> <input type="text"/>			
<b>1.11 – GERENTE DO PROJETO (RESPONSÁVEL TÉCNICO DA EMPRESA PERANTE A ANAC):</b> <input type="text"/>			
<b>1.12 – E-MAIL DO GERENTE DO PROJETO</b> <input type="text"/>		<b>1.13 – TELEFONE DO GERENTE DO PROJETO</b> <input type="text"/>	

Figura 4: Formulário de inscrição no programa iBR 2020- Identificação (ANAC<sup>2</sup>)

Alguns documentos são pedidos junto com as respostas do formulário, como pode ser visto na Figura 5.

<b>2. ANEXOS A SEREM ENCAMINHADOS</b>	
2.1 Cópia do contrato social da empresa	
2.2 Original da procuração ou cópia autenticada (quando aplicável).	
2.3 Para cada modelo de aeronave especificado na seção 4 deste formulário (a ser produzido conforme a contrapartida):	
a. Manual de operação	
b. Evidência de treinamento teórico e prático na aeronave com o futuro comprador	
c. Desenho em 03 (três) vistas da aeronave – superior, frontal e lateral com as dimensões principais cotadas em metros	
d. Manual de integração técnica a respeito da fabricação da aeronave	
2.4 Evidências de cumprimento com as tarefas com prazo já vencido, caso haja.	

Figura 5: Formulário de inscrição no programa iBR 2020- Lista de anexos. (ANAC<sup>2</sup>)

Na sequência o interessado a entrar no programa iBR 2020 à empresa preenche o termo de adesão onde ela se coloca a inteira disposição da ANAC para futuras visitas e

se compromete a cumprir as premissas do projeto em questão assim como pode ser visualizado na figura 6 logo abaixo.

<b>3. TERMO DE ADESÃO</b>	
Comprometo-me a cumprir as tarefas estabelecidas no programa iBR2020 dentro dos prazos determinados de acordo com o Anexo à Resolução nº 345, de 04 de novembro de 2014, caso contrário estou ciente de que poderei ser suspenso do programa. Comprometo-me, ainda, a permitir que a ANAC conduza, a qualquer tempo, visitas técnicas às instalações da empresa com o intuito de verificar o andamento das tarefas do programa. Adicionalmente, com o intuito de acompanhamento, colocarei à disposição da ANAC, a qualquer tempo, documentos por ela solicitados como, por exemplo, o relatório de proposta de ensaios, o cronograma da campanha de ensaios, dentre outros. Informarei à ANAC sobre qualquer ensaio relacionado à primeira fase do programa com antecedência mínima de 15 (quinze) dias e estou ciente que o não cumprimento deste prazo pode comprometer a aceitação das tarefas associadas.	
Local [ ]	Data [ ]
Nome [ ] CPF [ ]	Assinatura

Figura 6: Formulário de inscrição no programa iBR 2020- Termo de adesão. (ANAC<sup>2</sup>)

É também necessário que o fabricante informe no formulário em questão a descrição técnica da aeronave ou aeronaves a serem produzidas pela empresa assim como mostrado na figura 7.

<b>4. DESCRIÇÃO TÉCNICA DOS MODELOS DE AERONAVES A SEREM PRODUZIDOS CONFORME A CONTRAPARTIDA DO PROGRAMA</b>			
<b>Modelo 1</b>			
Projetista (Detentor dos direitos de projeto da aeronave) [ ]		Modelo [ ]	Peso Máximo Decolagem [ ] kgf
Motor (Fabricante e Modelo) [ ]	Velocidade de Estol (Vso): [ ] kt	Número de Assentos (Inclusive piloto): [ ]	Cabine pressurizada? <b>Selecione</b>
<b>Modelo 2</b>			
Projetista (Detentor dos direitos de projeto da aeronave) [ ]		Modelo [ ]	Peso Máximo Decolagem [ ] kgf
Motor (Fabricante e Modelo) [ ]	Velocidade de Estol (Vso): [ ] kt	Número de Assentos (Inclusive piloto): [ ]	Cabine pressurizada? <b>Selecione</b>
<b>Modelo 3</b>			
Projetista (Detentor dos direitos de projeto da aeronave) [ ]		Modelo [ ]	Peso Máximo Decolagem [ ] kgf
Motor (Fabricante e Modelo) [ ]	Velocidade de Estol (Vso): [ ] kt	Número de Assentos (Inclusive piloto): [ ]	Cabine pressurizada? <b>Selecione</b>
<b>Modelo 4</b>			
Projetista (Detentor dos direitos de projeto da aeronave) [ ]		Modelo [ ]	Peso Máximo Decolagem [ ] kgf
Motor (Fabricante e Modelo) [ ]	Velocidade de Estol (Vso): [ ] kt	Número de Assentos (Inclusive piloto): [ ]	Cabine pressurizada? <b>Selecione</b>

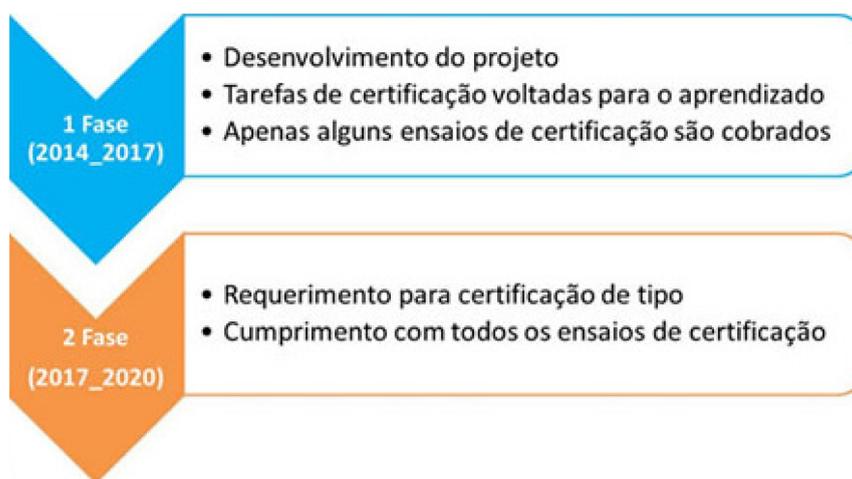
Figura 7: Formulário de inscrição no programa iBR 2020- Descrição técnica da aeronave. (ANAC<sup>2</sup>)

### 2.9.2 A contrapartida do programa.

“Durante o programa, o participante poderá fabricar aeronaves de construção amadora sem a necessidade de cumprimento do critério da porção maior estabelecido no

do RBAC nº 21. Ou seja, a ANAC irá emitir os certificados de aeronavegabilidade e de matrícula para aeronaves experimentais que estiverem cadastradas no programa. Para tal deve ser seguido o procedimento de uma aeronave de construção amadora estabelecido na IS 21.191-001 e as regras do processo H.03.”(ANAC<sup>2</sup>).

O programa é dividido em duas fases a primeira vai de 2014 a 2017 e a segunda de 2017 até 2020, esta última é quando ocorre efetivamente o reconhecimento da certificação da aeronave por parte da ANAC. Detalhes das fases estão ilustrados na figura 8 a seguir.



**Figura 8: Fases do programa iBR 2020. (ANAC<sup>2</sup>)**

Na primeira fase o fabricante deve apresentar dados que asseguram sua linha de controle de materiais e controle de produção. Também na fase inicial do programa devem ser elaborados alguns cálculos como o de envelope de voo e ainda alguns ensaios estruturais e ensaios de voo. Antes de qualquer ensaio de voo a ANAC irá requisitar uma proposta de voo que será analisada e comprovando sua conformidade emitirá a liberação do voo como sendo experimental. Mais detalhes da fase inicial estão ilustrados na figura 9.

A fase final do programa teve início no começo desse ano de 2018 onde a fabricante entrega os documentos faltantes, junto com os últimos relatórios da aeronave. Simultaneamente com o último relatório de certificação da aeronave a empresa fabricante requer o Certificado de Homologação de Tipo (CHT) da aeronave.



**Figura 9: Detalhes da 1ª fase do programa iBR 2020. (ANAC<sup>2</sup>)**

## **2.10 Especificação Padrão de Design e Desempenho para Aeronaves Leves Esportivas**

As normas padrão de limites de projeto e desempenho para Aeronaves Leves Esportivas estão localizadas no documento F2245 da ASTM, que é a norma utilizada e aceita pela FAA e é o documento que está sendo aconselhado também pela ANAC.

O trabalho inicia-se com o F2245 – “Standard Specification for Design and Performance for LSA”, ASTM<sup>1</sup>. Este documento normatiza as necessidades para o design de uma aeronave leve esportiva motorizada de asa fixa. Neste vemos algumas definições de abreviações e fórmulas como a do alongamento e também algumas relações sobre as velocidades importantes que devem ser verificadas em voos teste onde as condições de peso devem ser as mais críticas assim como a situação da configuração de CG.

Este documento contém os seguintes tópicos que devem ser verificados, analisados e posteriormente apresentados para as autoridades aeronáuticas:

### **2.10.1 Voo;**

- Calibração de Velocidade
- Estol (Stall)
- Decolagem, Pouso e Pouso forçado
- Subida
- Controlabilidade e manobrabilidade
- Controle Longitudinal

- Controle Longitudinal (mínima força)
- Controle direcional e lateral
- Estabilidade estática longitudinal
- Estabilidade estática direcional e lateral
- Estabilidade Dinâmica
- Manobra- Parafuso
- Manobra – Estol em curva
- Vibrações
- Controle e estabilidade em solo (taxiamento)
- Impressões do piloto
- Velocidade de mergulho
- Pesos, CG e carga paga

#### 2.10.2 Cálculo estrutural;

- Envelope de voo
- Cargas nas superfícies de controle
- Cargas nas asas
- Cargas motor
- Cargas no trem de pouso
- Cargas no sistema de controle
- Cargas na fuselagem
- Spar calculation mode
- Junção asa-fuselagem
- Revestimento da asa
- Seção central
- Flap e Aileron
- Testes na fuselagem
- Testes Asa
- Testes de Estabilizadores horizontais
- Testes Leme
- Testes de flap e Aileron
- Testes de trem de pouso
- Testes no berço do motor
- Testes no sistema de comando

- “Miscellaneous requirements”

#### 2.10.3 Design e Construção;

- Relatório de Design e Construção

#### 2.10.4 Equipamentos Requeridos;

- Relatório de Equipamentos requeridos

#### 2.10.5 Limitações operacionais;

- Relatório de limitações operacionais

#### 2.10.6 Sistema moto-propulsor.

- Combustível
- Instalação do sistema moto-propulsor
- Lubrificação
- Ignição e proteção de incêndio
- Motor e hélice

### **2.11 Especificação Padrão para o Manual de Operações do Piloto para Aeronaves Leves Esportivas**

As especificações padrão para manual de operação do piloto para Aeronaves Leves Esportiva estão escritas no documento da ASTM F2746 – “Standard specification for Pilot’s Operating handbook for Light Sport Aircraft” (ASTM<sup>2</sup>). Ela é a norma que dita às condições mínimas que devem compor um POH que tem a função de apresentar as condições de operação e limitações da aeronave para conhecimento do piloto. Seu conteúdo deve ter funcionalmente os procedimentos operacionais, mas também outras informações importantes como desempenho, procedimentos de emergência, pesos e balanceamento, lista de equipamentos e serviços de manutenção. Toda e qualquer alteração no POH deve estar acessível ao dono da aeronave e suas revisões devem ser rastreáveis para que seja possível saber quais alterações foram feitas e quando.

Todas as velocidades de voo devem ser mostradas em IAS (indicated Airspeed).

### **2.12 Manual de Garantia De Qualidade**

O manual de garantia de qualidade é normatizado pela ASTM F2972-15 "Standard Specification for Light Sport Aircraft Manufacturer’s Quality Assurance

System". Esse documento visa estabelecer as especificações necessárias para garantir a qualidade da produção seriada de uma aeronave leve esportiva.

Esta norma deve ser seguida por toda empresa que pretende ter uma linha de produção de aeronave LSA e deve ser seguida e demonstrada para a obtenção da certificação perante o órgão regulador em questão.

### **2.13 Manual de Manutenção**

O Manual de Manutenção é um documento indispensável para qualquer aeronave e a norma que regula a elaboração de um manual de manutenção para aeronave leve esportiva mais aceita nos dias de hoje é a ASTM- F2483 “Standard Practice for Maintenance and the Development of Maintenance Manuals for Light Sport Aircraft”, ASTM<sup>5</sup>. Esta norma guia as qualidades de manutenção em vários níveis e provém o conteúdo necessário para estruturar o manual de manutenção de uma aeronave LSA. Nesta norma encontra-se a seguinte divisão dos assuntos abordados:

- Manual de manutenção da aeronave
- Linha de manutenção, reparos e alterações
- Manutenção pesada (Heavy Maintenance), reparos e alterações
- Revisão geral (Overhaul)
- Reparos importantes e alterações
- Treinamentos específicos de tarefa
- Diretivas de segurança

### **2.14 Aeronavegabilidade Continuada**

Aeronavegabilidade continuada é um tópico exigido para as aeronaves certificadas, no caso das Aeronaves Leves Esportivas é utilizado e aceito a norma ASTM F2295- “Standard Practice for Continued Operational Safety Monitoring of a Light Sport Aircraft” é a norma que regulamenta a certificação de aeronaves LSA para as diretivas de aeronavegabilidade continuada. Os requisitos impostos aqui e que devem ser cumpridos e demonstrados são os dispostos a seguir:

- Suporte de aeronavegabilidade continuada
- Ações corretivas
- Notificação de ações de correção
- Suporte de aeronavegabilidade descontinuada
- Monitoramento de segurança operacional.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGIA

#### 3.1 Programas e legislações

No processo de obtenção do certificado de aeronave LSA/ALE na atualidade é interessante começar fazendo parte do programa da ANAC iBR 2020. Com ele a empresa fabricante terá além de acompanhamento e direcionamento da ANAC para que o projeto em questão se aproxime dos requisitos impostos nas normas. A fabricante também contará com outras contrapartidas sendo que o final do processo pode levar a certificação da aeronave.

As normas reguladoras da ANAC as RBAC's devem ser conferidas para que se adéque o projeto de certificação às limitações das normas para uma Aeronave Leve Esportiva. Nos Estados Unidos as normas seguidas são as da ASTM e no Brasil, nessa fase de transição ate a categoria ALE ser totalmente integrada nos Regulamentos Brasileiros de Aviação Civil, até que isso ocorra a ANAC está sugerindo as mesmas normas americanas para o processo no Brasil, então se deve procurar quais normas são úteis e necessárias para as Aeronaves LSA.

Depois que estiver da posse dos documentos normativos adequados a fabricante começará a realizar testes em solo, em voo e cálculos estruturais para comprovar que seu projeto atende os requisitos de aeronavegabilidade necessários para sua certificação perante a devida autoridade aeronáutica.

Os documentos normativos caso o processo de certificação fosse feito hoje seriam os seguintes:

- F2245-16- Standard Specification for Design and Performance of LSA
- F2295-06 – Continued Operational Safety Monitoring
- F2483-12- Standard Practice for Maintenance and the development of Maintenance manuals for LSA.

- F2745-11- Required product Information to be provided with a airplane
- F2746-14- Standard Specification for POH for LSA
- F2972 – 15- LSA Manufacturer’s Quality Assurance System
- RBAC21- Certificação de Produto Aeronáutico
- RBAC23/FAR23 – Requisitos de Aeronavegabilidade: Aviões Categoria Normal, Utilidade, Acrobática E Transporte Regional

### 3.1.2 Datas do Programa

Uma certificação por meio do iBR 2020 exige o cumprimento das datas estabelecidas em seu cronograma. Nele tem-se estabelecido principalmente as datas limites de entrega de cada relatório contendo cada grupo e análises.

Divididas em duas grandes fases o programa tem data de término até 31 de dezembro de 2020, data que deu o nome ao programa. A primeira fase baseia-se na elaboração e entrega de relatórios estruturais e de Qualidade da produção da aeronave. A segunda e final, que se iniciou neste ano, é o período de análise documental por parte da ANAC que visa conceder a certificação de Aeronave Leve Esportiva. A linha do tempo da certificação pelo programa do iBR 2020 está ilustrada na figura 10 a seguir:

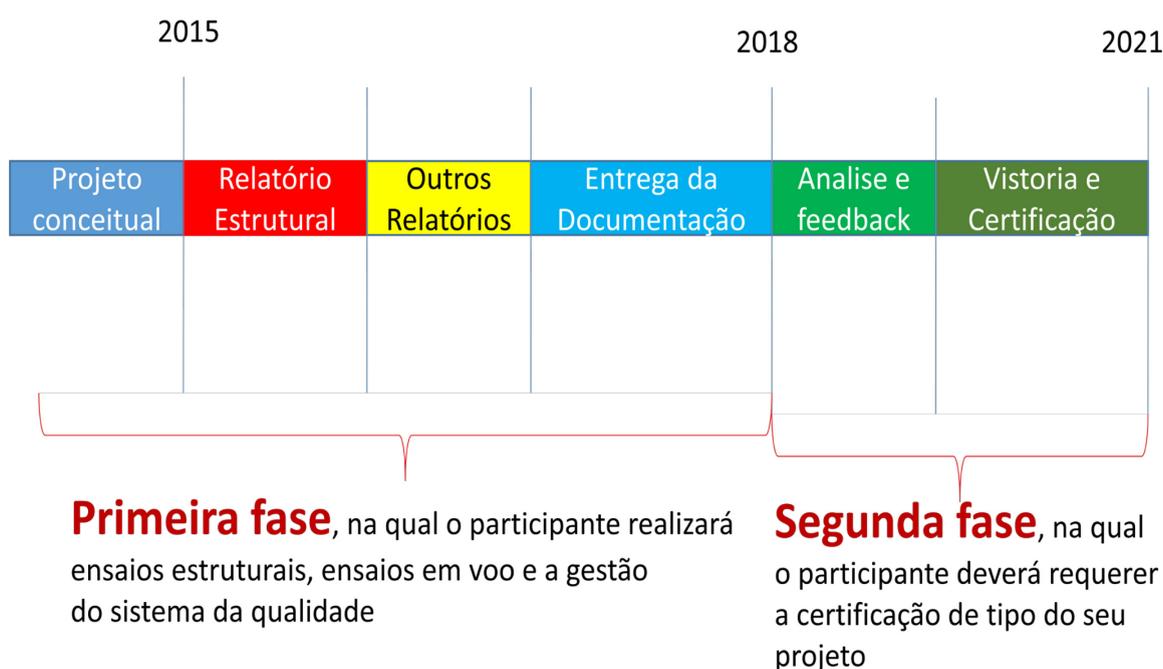


Figura 10: Linha do Tempo da Certificação pelo iBR 2020.

Para os cálculos estruturais, que são os principais nessa primeira fase do programa, deve ser finalizado até o último dia do ano de 2017 quando se encerra a fase inicial do programa. É estabelecido no programa uma data específica para cada relatório estrutural, envelope de voo, testes e relatório das análises de cargas. Temos as datas presentes no programa iBR 2020 esquematizadas na figura 11 a seguir.



**Figura 11: Cronograma de Relatórios Estruturais**

Para os relatórios de Gestão da Qualidade temos relatórios de controle de projeto, controle de materiais e gestão organizacional para serem entregues até 30/06/2015 segundo o programa. Já para o Sistema de Garantia da Qualidade os relatórios dos registros de controle de qualidade, Projeto e Manufatura, Controle de Materiais, Inspeções entre outros documentos tem a data limite de elaboração até dia 31/12/2017.

Caso a entrada no programa se desse posterior a essa data, o que é possível de acontecer pelas regras do programa, o interessado deveria já entregar todos os relatórios com datas anteriores, ou seja, após esta data o interessado teria que já ter este relatório pronto para a entrega imediata. Assim também para todos os outros relatórios que já teriam sua data de entrega ultrapassadas de acordo com o cronograma do programa iBR 2020 como pode ser visto na figura 10.

### **3.1.3 Enquadramento de Aeronave Leve Esportiva**

Nesta fase inicial de início do processo deve-se solicitar o enquadramento da aeronave que se deseja certificar como sendo uma aeronave leve esportiva ALE/LSA. O pedido de enquadramento é realizado pelo formulário F-100-50 (Solicitação de enquadramento de aeronave Experimental ou Leve Esportiva), ANAC<sup>5</sup>.

### **3.1.4 Cadastro de Modelo de Aeronave Leve Esportiva**

A fabricante de uma aeronave experimental ao participar do processo de certificação para Aeronave Leve Esportiva deve cadastrar junto a ANAC. O cadastro é realizado pelo formulário F-100-80- “Cadastro de Modelo de Aeronave Leve Esportiva”, ANAC<sup>7</sup>.

## **3.2 Relatórios de planejamento do processo de certificação**

Não sendo exigido por nenhuma norma, mas que é útil se fazer para auxílio dos testes e dos relatórios de certificação que devem ser entregues e estes documentos são elaborados os chamados Special Reports no meio da certificação. Estes relatórios são os primeiros documentos produzidos para o início do processo dentro de uma empresa. Eles servem de controle organizacional durante todo o processo.

### **3.2.1 Plano Mestre – “Master Draw”**

De acordo com as normas da ASTM todos os relatórios feitos para substanciar a certificação devem ser elaborados seguindo suas diretrizes e utilizando de documentos normativos para dar suporte para os relatórios que devem ser entregues para a autoridade aeronáutica em questão, todos esses documentos e normas utilizadas devem estar reunidas na Master Draw e indicadas as normas aos respectivos relatórios entregues.

### **3.2.2 Lista de verificação de conformidade**

Seguindo com os Special Reports outro deles é o Compliance Checklist em inglês, ele lista todos os parágrafos das normas, indicando o MOC (mean of compliance) e o respectivo relatório onde a conformidade para a norma em questão pode ser encontrada. Por exemplo.

Razão de subida na velocidade vertical deve ser maior do que 1,6 m/s (315ft/min) segundo a norma ASTM F2245 no item 4.4.3.1, para encontrar essa informação e a comprovação desse requisito nos relatórios de certificação deve-se ir ao

relatório de análises produzido pela fabricante que contenha esta informação para maior facilidade de checagem por parte da ANAC e controle da empresa é no Compliance Check list que esta informação poderá se encontrada.

No caso do requisito da ASTM F2972-15 item 4.1.6 que regulamenta as diretrizes do controle dos materiais utilizados nas linhas de produção, para encontrar sua correspondência nos documentos, por exemplo, estará disposto no relatório no seu Manual de Garantia da Qualidade. E assim por diante para todos os itens de cada uma das normas que devem ser satisfeitas.

### **3.2.4 Plano de Certificação**

É o documento que contém toda a trajetória que o processo de certificação deve percorrer e quais as ferramentas que apoiaram este processo. Geralmente contém os contatos dos responsáveis pelo processo de certificação dentro da fabricante e os contatos do pessoal da ANAC que esta acompanhando o processo. A função primária deste documento é a base de normas listadas, a ordem das fases a serem seguidas e as datas de finalização de cada etapa.

### **3.2.5 Plano de teste em voo**

Estabelece não os detalhes de cada voo, mas sim uma visão geral dos voos que devem vir a serem feitos para encontrar os requisitos principalmente da norma ASTM F2245. Neste Special Report temos informações relevantes para o voo como passeio do CG e diagrama V-N definindo o envelope de voo.

Define-se uma metodologia que pode ser seguida nos testes de voo as encontradas regulamentadas nos seguintes documentos, por exemplo:

- **FAA AC 23-8C** – Flight Test Guide for Certification of Part 23 Airplanes
- **FAA AC 23-15A** – Small Airplane Certification Compliance Plan
- **FAA AC 90-89A** – Amateur-built Aircraft And Ultralight Flight Testing Handbook
- **C. Edward Lan and Jan Roskam:** Airplane Aerodynamics and Performance, Roskam Aviation Co.
- **Ralph D. Kimberlin:** Flight Testing of Fixed-Wing Aircraft, AIAA Education series, 2003.

### 3.3 Considerações de Cálculos para Relatório Estrutural

As equações para os seguintes cálculos e análises utilizados na metodologia serão os empregados na norma ASTM F2245, que tem um anexo dedicado somente a cálculos simplificados para aeronaves de categoria leve esportiva, mas existe também como realizar estas análises fazendo as devidas considerações nas equações da FAR23/RBAC23, para fins de padronização são utilizadas neste trabalho, em todas as fases deste processo, as premissas de cálculo e análises ditadas nos moldes da ASTM que é aceita tanto pela FAA quanto pela ANAC nos dias de hoje e são específicas para aeronaves leves esportivas.

#### 3.3.1 Envelope de Voo

Depois dessas duas etapas iniciais deve-se começar os cálculos estruturais e os primeiros cálculos estruturais são os necessários para esboçar o diagrama de envelope de voo também chamado de diagrama V-N. Esses cálculos nos darão os parâmetros de velocidades nas variadas situações de voo e com elas pode-se fazer cálculos de cargas e esforços nas superfícies de controle entre outras considerações. As fórmulas para esses cálculos assim como a metodologia que deve ser empregada nesses cálculos estão normatizados na ASTM F2245. Para dar por finalizado um diagrama de envelope de voo devem-se considerar as situações de rajadas de peso de decolagem.

Velocidades necessárias:

Velocidade de manobra ( $V_A$ ):

$$V_A = V_S \sqrt{n_1} \quad (1)$$

Onde  $n_1$  é o fator de carga último para manobrabilidade.

Velocidade de estol ( $V_S$ ):

$$V_S = \sqrt{\frac{W}{\frac{1}{2}\rho C_{LMAX} S}}, \left(\frac{m}{s}\right) = 2,484 \sqrt{\frac{W}{C_{LMAX} S}} \quad (kts) \quad (2)$$

Onde  $W$  é o peso,  $\rho$  é a densidade do ar,  $C_{LMAX}$  é o coeficiente máximo de sustentação  $S$  é a área alar.

Velocidade de projeto com flap: VF deve ser maior que  $1,4 \times V_S$ , que é a velocidade de estol com flap retraído.

$$VF = 2 \times V_{SO} \quad (3)$$



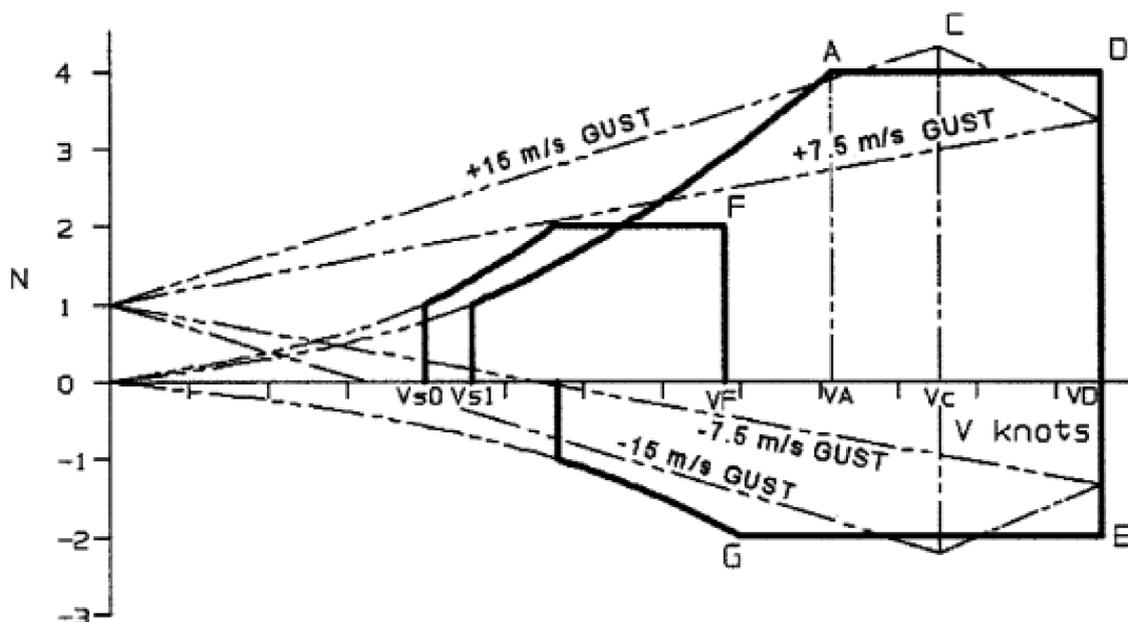


Figura 13: Diagrama V-N exemplificando um envelope de voo. (ASTM<sup>1</sup>)

Este relatório tinha o prazo de entrega de no máximo 31/03/2015 pelo programa iBR 2020.

### 3.3.2 Cargas nas superfícies de controle

Logo na sequência deve-se elaborar os cálculos de cargas nas superfícies de controle. Ainda utilizando da norma ASTM F2245, mas agora fazendo uso do seu apêndice “X1 Simplified Design Load Criteria For Light Sport Airplanes”, no tópico X1.4 “Control Surface Loads”. Para esses cálculos também se faz necessária a consideração de casos de rajada como medida de segurança, parâmetros desse critério a ser considerado estão no item X.4.

### 3.3.3 Cargas na asa

Posteriormente deve-se calcular as cargas para a asa com a finalidade de comparação com os limites estruturais e assim verificar a resistência da asa perante os esforços resultantes desses cálculos de cargas ao longo de seu perfil. A descrição dos cálculos está disposta no apêndice X2, do começo ao fim do item X2. “Acceptable Methods Of Wing And Fuselage Load Calculations”, como ilustrado na figura 14.

## X2. ACCEPTABLE METHODS OF WING AND FUSELAGE LOAD CALCULATIONS

NOTE X2.1—These may not include all of the loads that are imposed on the wing or fuselage.

### X2.1 Symmetrical Wing Loads

X2.1.1 As a minimum, the following four conditions need investigation:

Point A	normal load up	= $4 \times W$
	tangential forward	= $W$
Point D	normal load up	= $4 \times W$
	tangential rearward	= $W/5$
Point G	normal down	= $2 \times W$
	tangential forward	= $2 \times W/5 = 0.4 \times W$
Point F	normal up	= $2 \times W$
	tangential forward	= $W$

X2.2 Instead of the above simplification, a more rational analysis using the following lift and drag components in Fig. X2.1 may be used:

### X2.3 Unsymmetrical Wing Loads

X2.3.1 *Shear, Wing Carry Through*—Assume 100 % of Point A on one wing and apply 75 % of Point A on the other wing.

X2.3.2 *Torsion, Wing*—Assume 75 % of Point A or D on each wing and add the torsional loads because of the aileron deflection as shown in Fig. X2.2):

X2.3.3 *Torsion, Wing*—Assume 75 % of Point D on each wing and add the torsion loads as a result of  $1/3$  of the aileron deflection.

X2.3.4 If the landing gear is attached to the wing, the wing structure shall be justified for the ground loads as well.

X2.4 *Rear Fuselage Loads*—The rear fuselage shall be substantiated for:

X2.4.1 The symmetrical horizontal tail load of 5.4.2 and 5.4.3,

X2.4.2 The vertical tail loads of 5.5.1 and 5.5.2, and

X2.4.3 The tail wheel loads if applicable.

X2.5 *Forward Fuselage Loads*—The forward fuselage shall be substantiated for each of the following conditions:

X2.5.1 Inertia forces of  $n = 4$  and  $n = -2$  (or for  $n_3$  and  $n_4$  if they are larger than 4 and  $-2$ ) (see also 5.8 if  $n_j$  is larger than 3.33), and

X2.5.2 Engine limit torque (N × m) equal to the values specified in 5.2.9.

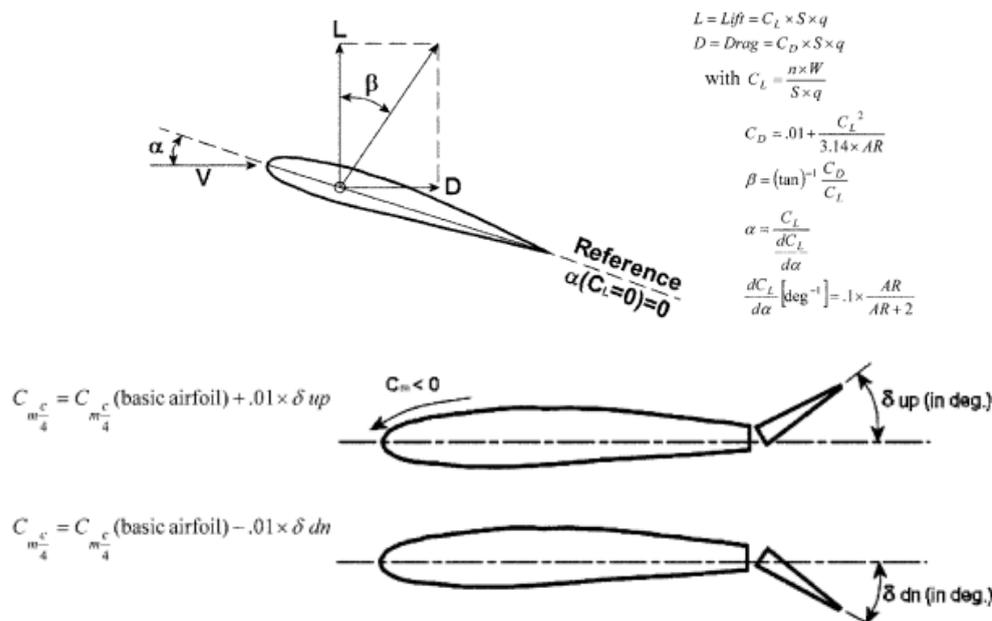


Figura 14: Cálculos de cargas em asas e fuselagem. (ASTM<sup>1</sup>)

### 3.3.4 Cargas motor

Nesse momento é necessário estimar as cargas sofridas pelo motor para avaliação de sua estabilidade, fixação e resistência em seu berço de motor. As informações desses requisitos são encontradas do item 5.2.9 e 5.2.10 da norma ASTM F2245.

### **3.3.5 Cargas no trem de pouso**

As análises de cargas no trem de pouso são necessárias para verificar e satisfazer os tópicos do item 5.8 "Ground Load Conditions", na norma ASTM F2245 onde temos uma fórmula para o cálculo do fator de carga nas rodas e com ele estabelece os requisitos para as várias situações de pouso e frenagem as quais uma aeronave deve cumprir para ser considerada segura aos seus tripulantes.

### **3.3.6 Cargas no sistema de controle**

Para validação do sistema de controle a força exercida pelo piloto não pode ser demasiada de maneira que o piloto não consiga exercer os comandos e nem tamanha quanto necessário para o rompimento de algum componente de transmissão. As normas que devem ser seguidas para certificação estão dispostas no item 5.3.2 Control System Loads da norma ASTM F2245. As cargas no sistema de controle para o movimento de “pitch” da aeronave não pode exigir mais do que 445 N de força do piloto, para rolagem “roll” o limite é 180 N e para a situação de “yaw” o sistema deve impor uma resistência de no máximo 580 N de força.

### **3.3.7 Cargas na fuselagem**

Os requisitos de Cargas na fuselagem estão situados no documento ASTM F2245 tópico 5.1.3 e 5.1.4 (Structure) (ASTM<sup>1</sup>). Os cálculos da fuselagem levam em consideração as cargas advindas da asa, do berço do motor e do próprio impulso gerado pelo motor, e aquelas do trem de pouso, além de seus próprios requisitos estruturais que deve garantir a segurança dos passageiros.

### **3.3.8 Modo de calculo de Longarina**

Comprovar a confiabilidade e resistência estrutural é o próximo passo a ser demonstrado num processo de certificação. Essas partes das análises servem para cumprir os tópicos 5.1.3 e 5.1.4 e seus subtópicos da norma ASTM F2245.

Utilizando equações de Bhrun para cálculos de flambagem por exemplo pode-se realizar cálculos de flambagem nas longarinas das asas. Cálculos de cisalhamento e compressão são necessários e pode-se utilizar equações derivadas da teoria de Euler para estabilidade de colunas. Cálculos de constantes de concentração de tensão para consideração de fadiga que se faz necessário na longarina que é um componente que costuma sofrer muito com problemas de fadiga durante a vida de uma aeronave.

Constantes dos materiais e considerações geométricas são fundamentais para obtenção dos resultados necessários.

Uma análise de flambagem pode ser feita seguindo o arquivo “NACA 2661 - A summary of Diagonal Tension - Part I: Methods of analysis”, figura 15, que pode ser encontrado no site da NASA como documento aberto ao público.

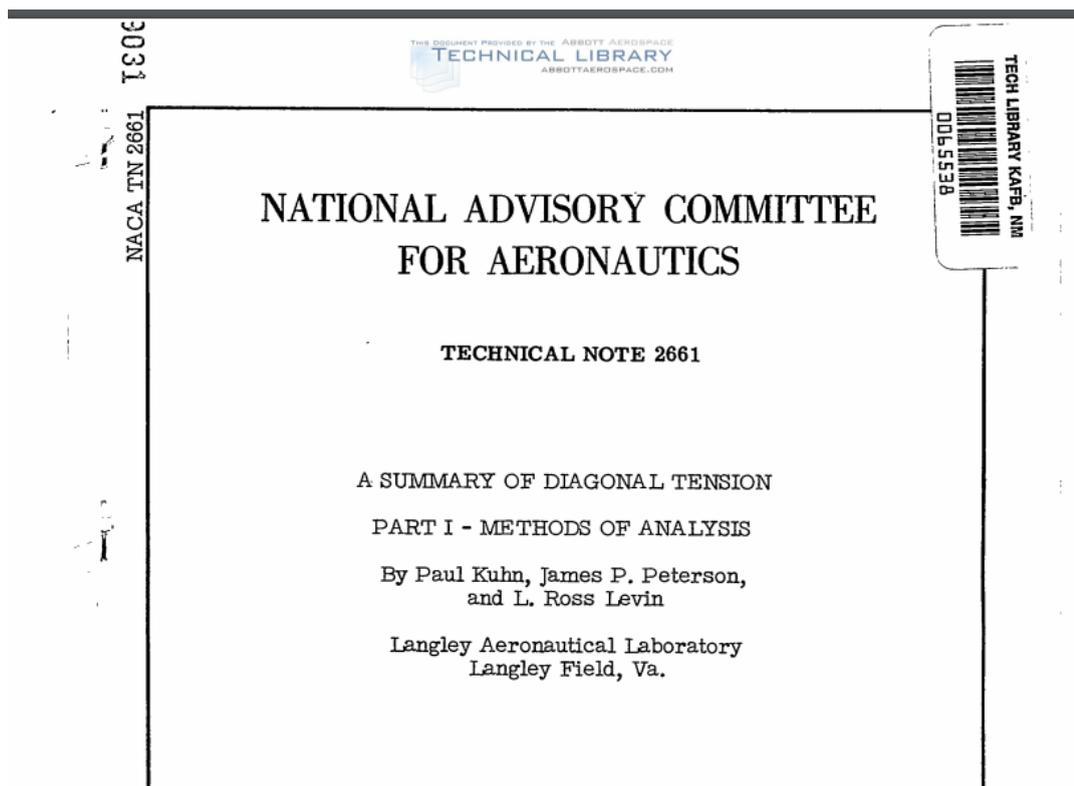


Figura 15: Livro recomendado para cálculos de flambagem em componentes estruturais aeronáuticos como longarina. (NACA 2661)

### 3.3.9 Junção asa-fuselagem

Nesse momento da certificação a empresa já terá analisado as cargas na asa e na fuselagem desta forma será possível estudar a junção da asa com a fuselagem com intuito de cumprir os itens da ASTM F2245 como 5.1.2.2 que fala do fator de carga última que deve ser aplicado a vários componentes sendo uns desses as junções.

Temos também que analisar outros itens da norma para certificar a resistência das peças projetadas para essa conexão, um dos requisitos que deve ser levado em consideração nesse momento é que utilizando sua carga última ele deve resistir pelo menos 3 segundos sem falhar como dito no tópico 5.1.3.2 da mesma norma supracitada.

Os itens 5.1.3.1, 5.1.4 e 5.1.4.1 (Structure) de limites de fatores de carga e projeto de componentes também devem ser seguidos na hora de planejar essa ligação.

Para o projeto dos componentes dessa seção é necessário levar em consideração o estresse e a fadiga neste conjunto. Geometria de cada parte individual como a união do sistema devem visar o não acúmulo de tensões. Materiais escolhidos devem ser resistentes a fadiga. A análise de um componente dessa região precisa garantir confiança contra flambagem, torção, cisalhamento além da fadiga e resistência mecânica para cumprir todos os requisitos de fatores de cargas em junções.

Para comprovar os resultados apresentados para cumprimento dos requisitos é necessário fazer testes como a norma deixa claro no item 5.1.4.2 e pode ser visto abaixo.

### **3.3.10 Testes na fuselagem**

Estes testes são importantes para cumprir os requisitos de condições de emergência encontrados no item 5.10 da norma de cálculos estruturais ASTM F2245. A fuselagem deve aguentar fatores de cargas para diferentes situações de pouso de emergência.

### **3.3.11 Testes Asa**

Os testes na asa devem levar em consideração as condições as quais a aeronave deve enfrentar em voo como flexão, torção e flambagem, mas também durante toda sua vida útil e para isso análises adicionais de fadiga também devem ser testadas neste momento para assegurar o cumprimento dos itens escritos sobre o tópico 5.2 Flight Loads, da norma ASTM F2245.

### **3.3.12 Testes de Estabilizadores horizontais**

A resistência dos estabilizadores horizontais é comprovada por meio de testes nos estabilizadores com intuito de cumprir os requisitos sobrescritos nos tópicos 5.4 (Horizontal Stabilizing and Balancing Surfaces).

### **3.3.13 Testes Leme**

Sobre o tópico 5.5 (Vertical Stabilizing Surfaces) temos os limites de cargas de manobras para cada condição de velocidade que a empenagem vertical deve aguentar com e sem rajada. Em todas as condições o leme deve estar íntegro e manobrável.

### **3.3.14 Testes de flap e Aileron**

Os testes devem ser realizados para cumprir as limitações de cargas nas condições de  $V_A$  e  $V_D$  onde os ailerons necessitam estar manipuláveis. Já os Flaps são colocados em todas as suas configurações e testados cada uma na condição crítica para cumprir os requisitos da norma listados no item “5.7 Ailerons, Wing Flaps, and Special Devices”.

### **3.3.15 Testes de trem de pouso**

Os testes no trem de pouso são muito importantes para a integridade da aeronave e para certificação de uma aeronave. Estes testes devem conferir o cumprimento de uma série de requisitos de resistência mecânica para a configuração de trem de pouso escolhida para a aeronave. Existem cargas admissíveis para o conjunto bequilha que não são os mesmo do conjunto traseiro do trem de pouso. Cargas laterais e condições de pouso de energia são análises realizadas nessa fase de testes para certificar o conjunto trem de pouso pela norma ASTM F2245 utilizando os tópicos do item 5.8.1 “Basic Landing Conditions”.

### **3.3.16 Testes no berço do motor**

Os testes no berço do motor têm o intuito de confirmar as cargas calculadas para o berço do motor e comprovar a sua resistência mecânica cumprindo os requisitos citados no 3.2.4 (Cargas no Motor) deste documento.

### **3.3.17 Testes no sistema de comando**

A realização de testes no sistema de comando tem como focos além da resistência mecânica dos componentes, mas também a manobrabilidade dos comandos de voo. O piloto não pode ter em suas mãos um sistema de comando que exija demasiada força para efetuar o controle da aeronave nem em condições normais nem em condições de adversidades como rajada ou pousos de emergência. Os testes têm por objetivo satisfazer os itens 5.3 e 5.6 da ASTM<sup>1</sup>.

## **3.4 Manual de Operacional do Piloto - Pilot's Operating Handbook (POH)**

O POH tem por objetivo auxiliar o piloto com registro de informações de voo. Na certificação devem ser seguidos os moldes das normas da ASTM<sup>2</sup>. No POH devem conter os seguintes tópicos:

- Informações Gerais
- Limitações Operacionais
- Procedimentos de Emergência
- Procedimentos Normais
- Desempenho
- Informações de Peso e Balanceamento
- Descrições e Sistema do Avião
- Movimentação e Manutenção Aeronave em solo
- Placares

### **3.5 Manual de garantia da qualidade**

Elaborado utilizando a norma da ASTM<sup>4</sup> para assegurar uma linha de produção segura com repetibilidade e qualidade. A composição de um Manual de garantia da Qualidade deve abranger as seguintes áreas e informações:

- Sistema de garantia da qualidade;
- Registros de controle de qualidade;
- Projeto e manufatura;
- Controle de matéria prima;
- Inspeções;
- Revisão de materiais e itens não conformes;
- Responsabilidade pela qualidade;
- Auditorias;
- Treinamentos.

### **3.6 Manual de manutenção**

O manual de manutenção é dividido em capítulos que seguem a ATA Spec 100, que são os tópicos normatizados pela ASTM F2483-12 da versão de 2012, ASTM<sup>5</sup> para a separação de grupos e numeração de capítulos dos conjuntos da aeronave, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1. Capítulos de divisões que formam um Manual de Manutenção de uma Aeronave Leve Esportiva

Cap. 1	Introdução
Cap. 5	Tempos Limites e Inspeções de Manutenção
Cap. 6	Dimensões e Áreas
Cap. 8	Peso e Balanceamento
Cap. 11	Marca e Placares
Cap. 23	Comunicação
Cap. 24	Sistema Elétrico
Cap. 25	Interiores
Cap. 27	Controle de Voo
Cap. 28	Sistema de Combustível
Cap. 31	Sistemas de Indicação e Registro
Cap. 32	Trem de Pouso
Cap. 52	Canopy
Cap. 53	Fuselagem
Cap. 55	Estabilizadores
Cap. 57	Asa
Cap. 61	Hélice
Cap. 71	Motor
Cap. 73	Motor Sistema de Combustível
Cap. 74	Motor Sistema de Ignição
Cap. 76	Motor – Controle
Cap. 77	Indicadores do Motor
Cap. 78	Motor – Escape
Cap. 79	Óleo

### 3.7 Manual de Aeronavegabilidade continuada.

Deve ser produzido um volume de relatórios que assegurem a Aeronavegabilidade Continuada. Esses relatórios devem abordar os seguintes temas:

- Suporte de aeronavegabilidade continuada

- Responsabilidades de manufatura.
- Monitoramento da Segurança Operacional
- Proibição do uso da imagem publica como estratégia de Marketing.
- Responsabilidades do proprietário/operador
- Ações corretivas
  - Formulário informativo sobre segurança de voo
- Notificação de ações de correção
- Suporte de aeronavegabilidade descontinuada
- Monitoramento de segurança operacional

Esses temas devem ser elaborados de maneira satisfatória com a ASTM<sup>3</sup>.

### **3.8 Declaração de Cumprimento**

Depois de terminado todos os relatórios acima chega-se à fase na qual a empresa fabricante declara para a autoridade aeronáutica que sua aeronave cumpre todos os requisitos de aeronavegabilidade. A declaração é feita pelo formulário F-100-79 (Aeronave Leve Esportiva - Declaração de Cumprimento), ANAC<sup>6</sup> e depois endereçada a ANAC.

### **3.9 Vistoria ANAC**

A vistoria da ANAC é requerida pelo formulário F-110-13: Solicitação de Vistoria por PCA (Profissional Credenciado em Aeronavegabilidade), ANAC<sup>4</sup>.

A Agência Nacional de Aviação Civil tem como parte de finalização do processo de certificação de uma aeronave o protocolo de vistoria da aeronave e das instalações da empresa. A empresa deve cumprir requisitos mínimos de segurança como alocação adequada de material inflamável assim como descarte correto de detritos químico-biológicos que podem ser nocivos ao meio ambiente.

Os materiais devem ter sua procedência de confiança assim como os fornecedores da empresa. O uso de material aeronáutico é de extrema importância e a rastreabilidade da aquisição desses materiais são um dos focos que esta vistoria visa compreender.

A linha de produção é analisada nesta fase do processo de certificação visando à confiabilidade dos métodos de fabricação e montagem de acordo com as boas práticas

de engenharia. A repetibilidade de produção dos componentes e da montagem será analisada e deve ser comprovada pela agência reguladora.

### **3.10 Liberação da Aeronave**

Estando de acordo com o projeto da aeronave, linha de produção, linha de montagem, procedência dos materiais, cálculos estruturais, manuais de operação e manutenção e a aeronave tenha cumprido todos os requisitos da norma utilizando de meios aceitos na comunidade aeronáutica, a aeronave leve é então liberada para comercialização e produção como sendo certificada.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

Com base no processo de certificação apresentado na metodologia obtiveram-se informações do processo de aprovação de uma Aeronave Leve Esportiva Experimental já existente (ALE Experimental) para uma futura Aeronave Leve Esportiva Especial (ALE Especial) de um fabricante localizado no interior do estado de São Paulo.

O processo de aprovação encaminhado à ANAC consta de 5 (cinco) volumes, os quais além de apresentar o pedido da fase final do processo de certificação também descrevem a aeronave estruturalmente e qualitativamente perante os requisitos necessários. Em cada um dos volumes, os assuntos foram separados de maneira previamente descrita pela norma. Dentre os volumes tem-se: (1) “Design and Performance”, contendo os cálculos estruturais; (2) "Pilot Operating Handbook (POH), contendo as informações referentes a procedimentos operacionais e limites de operação; (3) Manual de Garantia de Sistema de Qualidade, contendo a política de segurança relacionada a fabricação, montagem e produção da aeronave; (4) Manual de Manutenção da Aeronave, contendo o programa de manutenção, tarefas e periodicidade das inspeções de manutenção; e (5) Manual de Aeronavegabilidade Continuada, contendo informações referentes a suporte ao cliente e dificuldades em serviço.

Como resultados deste processo de certificação de ALE Experimental para ALE Especial, além dos documentos produzidos e testes realizados pode-se apresentar algumas informações referentes ao tempo de certificação e custos do processo.

De acordo com pessoas ligadas ao processo de aprovação nessa empresa do interior de São Paulo, a certificação da Aeronave Leve Esportiva Especial contou com uma equipe de 3 a 4 (três a quatro) engenheiros dedicados ao processo, trabalhando em um período de aproximadamente 10 anos, mas não de forma integral. Deve-se considerar que o mesmo processo poderia ser concluído em um tempo esperado de aproximadamente 3 (três) anos.

Os custos com infra-estrutura, ensaios, softwares, taxas de fiscalização da ANAC e pessoal técnico nesse período de 10 anos estima-se da ordem de R\$ 900 mil para este processo descrito.

Já os custos advindos da taxa de fiscalização da ANAC para o processo de certificação de tipo de uma aeronave com características semelhantes atualmente é da ordem dos R\$ 900 mil, visto na figura 16, superior ao valor desembolsado no processo de aprovação da Aeronave Leve Esportiva.



Código	Descrição	Valor	Moeda
4269	CERTIFICADO DE HOMOLOGAÇÃO DE TIPO (CHT) ANV - AVIÃO COM PMD MAIOR QUE 30.000 KG E HELICÓPTERO COM PMD MAIOR QUE 4.500 KG	7.720.743,94	R\$
4270	CERTIFICADO DE HOMOLOGAÇÃO DE TIPO (CHT) ANV - AVIÃO COM PMD ENTRE 15.000 E 30.000 KG E HELICÓPTERO COM PMD ENTRE 3.500 E 4.500 KG	5.959.493,07	R\$
4271	CERTIFICADO DE HOMOLOGAÇÃO DE TIPO (CHT) ANV - AVIÃO COM PMD ENTRE 5.700 E 15.000 KG E HELICÓPTERO COM PMD ENTRE 2.730 E 3.500 KG	4.355.569,81	R\$
4272	CERTIFICADO DE HOMOLOGAÇÃO DE TIPO (CHT) ANV - AVIÃO COM PMD MENOR QUE 5.700 KG E HELICÓPTERO COM PMD MENOR QUE 2.730 KG, DIRIGÍVEL E BALÃO	891.310,61	R\$
4273	CERTIFICADO DE HOMOLOGAÇÃO DE TIPO (CHT) DE ANV IMPORTADA - AVIÃO COM PMD MAIOR QUE 5.700 KG E HELICÓPTERO COM PMD MAIOR QUE 2.730 KG - COM ACORDO DE RECONHECIMENTO	108.551,04	R\$
4274	CERTIFICADO DE HOMOLOGAÇÃO DE TIPO (CHT) DE ANV IMPORTADA - AVIÃO COM PMD MENOR OU IGUAL A 5.700 KG E HELICÓPTERO COM PMD MENOR OU IGUAL A 2.730 KG - COM ACORDO DE RECONHECIMENTO	54.275,53	R\$
4275	ADENDO AO CERTIFICADO DE HOMOLOGAÇÃO DE TIPO (CHT) ANV - AVIÃO COM PMD MAIOR QUE 5.700 KG E HELICÓPTERO COM PMD MAIOR QUE 2.730 KG	775.360,24	R\$
4276	ADENDO AO CERTIFICADO DE HOMOLOGAÇÃO DE TIPO (CHT) ANV - AVIÃO COM PMD MENOR OU IGUAL A 5.700 KG E HELICÓPTERO COM PMD MENOR OU IGUAL A 2.730 KG, DIRIGÍVEL E BALÃO	155.072,05	R\$
4277	ADENDO AO CERTIFICADO DE HOMOLOGAÇÃO DE TIPO (CHT) ANV IMPORTADA- AVIÃO COM PMD MAIOR QUE 5.700 KG E HELICÓPTERO COM PMD MAIOR QUE 2.730 KG - COM ACORDO DE RECONHECIMENTO	15.507,29	R\$
4278	ADENDO AO CERTIFICADO DE HOMOLOGAÇÃO DE TIPO (CHT) ANV IMPORTADA - AVIÃO COM PMD MENOR OU IGUAL A 5.700 KG E HELICÓPTERO COM PMD MENOR OU IGUAL A 2.730 KG - COM ACORDO DE RECONHECIMENTO	11.630,47	R\$
4279	CERTIFICADO DE HOMOLOGAÇÃO DE TIPO (CHT) - MOTOR - POTÊNCIA MÁXIMA MAIOR QUE 2.000 LB OU 1.000HP	4.342,02	R\$

Figura 16: Listas de preço de certificado de tipo. (ANAC<sup>3</sup>)

Totalizando assim uma soma de 1,8 milhões de reais despendidos no processo de certificação de uma aeronave leve esportiva.

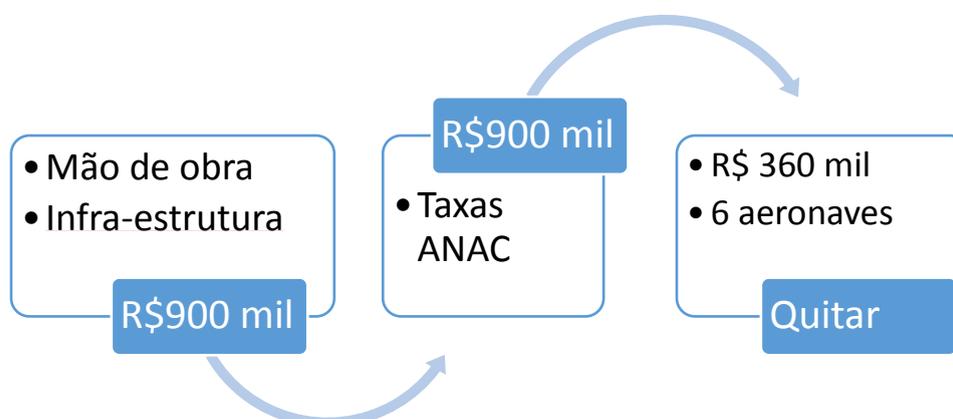


Figura 17: Total de Custos Esperados

Algumas aeronaves que hoje se encontram em processo de certificação como aeronaves leves esportivas experimentais e especiais tiveram o seu desenvolvimento iniciado anteriormente ao Programa iBR 2020, estando em desenvolvimento muitos anos desde o primeiro relatório. Com o Programa iBR 2020 espera-se que os processos de certificação das aeronaves leves esportivas seja efetivamente concluído, ressaltando assim a importância da iniciativa no programa iBR 2020.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSÃO**

Esse documento se mostra uma ferramenta de auxílio para o processo de certificação de uma aeronave leve esportiva, visto que indica os detalhes para o início de sua compreensão no mundo da certificação. As análises realizadas no processo da aeronave leve esportiva demonstram que essa se encontra em maior estado de segurança operacional do que outros tipos de aeronaves experimentais. Esse documento atende a necessidade de auxiliar no esclarecimento da certificação ALE/LSA, as quais trazem mais segurança e confiabilidade para a aviação geral, dando suporte para o processo que pode ser usado para transicionar uma Aeronave Leve Esportiva Experimental (ALE-E) em uma Aeronave Leve Esportiva Especial (ALE-S)

Dentre os documentos de destaque nesse processo de aprovação da aeronave leve esportiva especial (ALE-S) tem-se a necessidade de produção de um documento que detalhe a gestão de qualidade, segurança operacional e garantia da repetibilidade da produção da aeronave, assegurando certificação da linha de produção e os processos utilizados pela empresa.

Contudo, para que a aeronave seja certificada como Aeronave Leve Esportiva Especial (ALE-S) essa deve cumprir requisitos estabelecidos em normas ASTM aplicáveis para a categoria. Para conseguir a certificação são necessários diversos tipos de ensaios em voo, ensaios em solo, relatórios com cálculos de cargas/análises estruturais, elaboração de manuais de manutenção, operação e garantia da qualidade, dentre outros.

## CAPÍTULO VI

### BIBLIOGRAFIA

1. Venson<sup>1</sup>. G. G. Venson. "**Material de Aula da Disciplina Homologação de Aeronaves**". Universidade Federal de Uberlândia. Disciplina de Homologação de Aeronaves, tópico 04. 2016.
2. Venson<sup>2</sup>. G. G. Venson. "**Material de Aula da Disciplina Homologação de Aeronaves**". Universidade Federal de Uberlândia. Disciplina de Homologação de Aeronaves, tópico 05. 2016.
3. ANAC<sup>1</sup>. Agência Nacional de Aviação Civil. Proposta de Inclusão ao Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – RBAC N° 01 – “**Definições, Regras de Redação e Unidades de Medida**”. Disponível online: <<http://www.anac.gov.br/participacao-social/audiencias-e-consultas-publicas/audiencias/2010/aud03/justificativa-rbac01.pdf>>. 2010.
4. AeroMagazine<sup>1</sup>. Revista Aero Magazine. “**LSA um divisor de Ares**”. Disponível online: <[http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/lisa-um-divisor-de-ares\\_1392.html](http://aeromagazine.uol.com.br/artigo/lisa-um-divisor-de-ares_1392.html)>
5. ANAC<sup>2</sup>. Agência Nacional de Aviação Civil. "**Programa de Fomento à Certificação de Projetos de Aviões de Pequeno Porte**". Disponível online: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pressoal/2014/45/anexo-i-2013-ibr2020>>. 2014.
6. NACA 2661. “**A summary of Diagonal Tension - Part I: Methods of analysis**”. Disponível online no site da NASA em: <<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19930083335.pdf>>. 1952.
7. ANAC<sup>3</sup>. Agência Nacional de Aviação Civil. “**ANAC Guia de Recolhimento da União (GRU)**”. Disponível online no site da ANAC em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/empresas/acesso-rapido/guia-de-recolhimento-da-uniao>>. 2017.

8. ASTM<sup>1</sup>. American Society for Testing and Materials – “**F2245- Standard Specification for Design and Performance of LSA**”. Disponível online no site da ASTM: <<https://www.astm.org/Standards/F2245.htm>>. 2016.
9. ASTM<sup>2</sup>. American Society for Testing and Materials – “**F2746 - Standard especification for Pilot’s Operanting handbook for Light Sport Aircraft**”. Disponível online no site da ASTM: <<https://www.astm.org/Standards/F2746.htm>>. 2014.
10. ASTM<sup>3</sup>. American Society for Testing and Materials – “**F2295- Standard Practice for Continued Operational Safety Monitoring of a Light Sport Aircraft**”. Disponível online no site da ASTM: <<https://www.astm.org/Standards/F2295.htm>>. 2006.
11. ASTM<sup>4</sup>. American Society for Testing and Materials – “**ASTM F2972 Standard Specification for Light Sport Aircraft Manufacturer’s Quality Assurance System**”. Disponível online no site da ASTM: <<https://www.astm.org/Standards/F2972.htm>>. 2015.
12. ASTM<sup>5</sup>. American Society for Testing and Materials – “**F2483- Standard Practice for Maintenance and the development of Maintenance manuals for LSA**”. Disponível online no site da ASTM: <<https://www.astm.org/Standards/F2483.htm>>. 2012.
13. ANAC<sup>4</sup>. Agência Nacional de Aviação Civil. “**Formulário F-110-13: Solicitação de Vistoria por PCA (Profissional Credenciado em Aeronavegabilidade)**”. Disponível online: <<https://sistemas.anac.gov.br/certificacao/Form/Form.asp>>. 2012.
14. ANAC<sup>5</sup>. Agência Nacional de Aviação Civil. “**Formulário F-100-50 (Solicitação de enquadramento de aeronave Experimental ou Leve Esportiva)**”. Disponível online: <<https://sistemas.anac.gov.br/certificacao/Form/Form.asp>>. 2015.
15. ANAC<sup>6</sup>. Agência Nacional de Aviação Civil. “**Formulário F-100-79 (Aeronave Leve Esportiva - Declaração de Cumprimento)**”. Disponível online: <<https://sistemas.anac.gov.br/certificacao/Form/Form.asp>>. 2014.

16. ANAC<sup>7</sup>. Agência Nacional de Aviação Civil. "**Formulário F-100-80 (Cadastro de Modelo de Aeronave Leve Esportiva)**". Disponível online: <<https://sistemas.anac.gov.br/certificacao/Form/Form.asp>>. 2011.
17. ANAC<sup>8</sup>. Agência Nacional de Aviação Civil. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – RBAC N° 21 – “**Certificação de Produto Aeronáutico**". Disponível online: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2010/11s/rbac-21/view>>. 2010.
18. ANAC<sup>9</sup>. Agência Nacional de Aviação Civil. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – RBAC N° 23 – “**Requisitos De Aeronavegabilidade: Aviões Categoria Normal, Utilidade, Acrobática e Transporte Regional**". Disponível online: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2017/36s1/anexo-i-rbac-no-23-emenda-no-62>>. 2010.
19. ANAC<sup>10</sup>. Agência Nacional de Aviação Civil. Proposta de Inclusão ao Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – RBAC N° 61 – “**Licenças, Habilitações E Certificados Para Pilotos**". Disponível online: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/boletim-de-pessoal/2017/51/anexo-i-rbac-no-61-emenda-no-07>>. 2017.
20. ANAC<sup>11</sup>. Agência Nacional de Aviação Civil. Proposta de Inclusão ao Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – RBAC N° 91 – “**Requisitos Gerais de Operação para Aeronaves Civis**". Disponível online: <<http://www.anac.gov.br/participacao-social/audiencias-e-consultas-publicas/audiencias/2015/aud17/anexorbac91.pdf>>. 2015.