



**SECRETARIA DE SEGURANÇA PÚBLICA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS – UEG
COORDENADORIA DE ENSINO – COE
COORDENAÇÃO DE ENSINO PRESENCIAL E DE PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE SEGURANÇA PÚBLICA**

IGOR EDUARDO CORDEIRO DE MOURA

**DO PAPEL AO DIGITAL: A MODERNIZAÇÃO DO *PILOT CHECKLIST* DA
AERONAVE KING AIR COM UM APLICATIVO MÓVEL**

GOIÂNIA – GO

2025



IGOR EDUARDO CORDEIRO DE MOURA

**DO PAPEL AO DIGITAL: A MODERNIZAÇÃO DO *PILOT CHECKLIST* DA
AERONAVE KING AIR COM UM APLICATIVO MÓVEL**

Artigo científico apresentado como exigência parcial para conclusão da disciplina Metodologia Científica do Curso Especialização em Gerenciamento de Segurança Pública (CEGESP) pela Secretaria de Segurança Pública de Goiás e a Universidade do Estado de Goiás, sob a orientação da Profa. Dra. Andréa dos Santos Vieira.



DO PAPEL AO DIGITAL: A MODERNIZAÇÃO DO *PILOT CHECKLIST* DA AERONAVE KING AIR COM UM APLICATIVO MÓVEL

Aluno: Igor Eduardo Cordeiro de Moura^{1*}
Orientadora: Andréa dos Santos Vieira.^{2**}

Resumo: A segurança e a eficiência na pilotagem de aeronaves dependem da execução adequada de procedimentos operacionais. Entre os procedimentos operacionais mais importantes destaca-se o uso do *pilot checklist*. No Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO), a versão impressa utilizada na aeronave King Air C90A/B apresenta limitações como desgaste, risco de extravio e dificuldade de manuseio rápido, especialmente por pilotos recém-habilitados. Este estudo teve como objetivo desenvolver uma versão digital do *checklist*, em formato de aplicativo móvel multiplataforma, visando otimizar o tempo de resposta e a gestão de recursos. A pesquisa foi aplicada, exploratória e descritiva, onde realizou-se coleta de dados com pilotos e testes simulados de *panes*. Os resultados demonstraram redução média superior a 50% no tempo de acesso às informações na versão digital, contribuindo significativamente com a gestão do tempo de checagem e de recursos, além de ampla aceitação da proposta pelos pilotos. Conclui-se que o *checklist* digital representa uma alternativa viável, segura e eficiente, trazendo benefícios operacionais, econômicos e ergonômicos relevantes para a aviação pública.

Palavras-chave: Gestão do tempo; Aviação; Modernização; *Checklist*.

Abstract: Safety and efficiency in aircraft piloting depend on the proper execution of operational procedures. One of the most important operational procedures is the use of the pilot checklist. At the Military Fire Department of the State of Goiás (CBMGO), the printed version used in the King Air C90A/B aircraft has limitations such as wear, risk of loss and difficulty in quick handling, especially by newly qualified pilots. This study aimed to develop a digital version of the checklist, in the format of a multiplatform mobile application, aiming to optimize response time and resource management. The research was applied, exploratory and descriptive, where data collection was carried out with pilots and simulated failure tests were performed. The results demonstrated an average reduction of over 50% in the time to access information in the digital version, contributing significantly to the management of checking time and resources, in addition to broad acceptance of the proposal by pilots. It is concluded that the digital checklist represents a viable, safe and efficient alternative, bringing relevant operational, economic and ergonomic benefits to public aviation.

Keywords: Time management; Aviation; Modernization; Checklist.

^{1*} Bel. em Ciências da Computação, oficial e piloto de aeronaves asas fixas bimotoras do CBMGO, chefe da Seção de Operações do Serviço Aeromédico do CBMGO.

^{2**} Pós-doutora em Aerofotogrametria, perita criminal da Polícia Científica de Goiás, Coordenadora de ensino presencial da Coordenadoria de Ensino da Secretaria de Segurança Pública de Goiás.



1. INTRODUÇÃO

A operação segura de aeronaves depende da execução precisa de procedimentos sistematizados, dentre os quais o uso de listas de verificação, denominadas *pilot checklists*, ocupa posição de destaque. Esses instrumentos, fornecidos pelos fabricantes e regulados por normas aeronáuticas, asseguram que todos os itens críticos de inspeção e configuração da aeronave sejam devidamente realizados, promovendo a segurança em todas as fases do voo.

O *checklist*, criado originalmente pelo engenheiro aeronáutico e piloto James "Jimmy" Doolittle na década de 1930, após um acidente com a aeronave *Boeing B-17*, passou a ser adotado como prática padrão pela aviação militar e, posteriormente, pela aviação civil, tornando-se uma das ferramentas mais eficazes na redução de erros operacionais causados por falha humana. Na aviação, os procedimentos para situações anormais e de emergência, geralmente organizados em *checklists* compilados no *Quick Reference Handbook (QRH)*, são elaborados e revisados como mecanismos de controle organizacional (Júnior, 2016).

De acordo com Cardoso (2020), a consolidação do *checklist* como elemento de segurança operacional reflete uma evolução das práticas de controle de risco baseadas em protocolos. O seu valor histórico e funcional reforça a importância de sua constante modernização, como se propõe neste estudo.

O Beechcraft King Air C90A é uma aeronave bimotor turboélice de médio porte, amplamente utilizada em operações civis e governamentais pela sua confiabilidade, versatilidade e capacidade de operar em pistas curtas e não pavimentadas (TEXTRON AVIATION, 2023). O modelo C90A, em especial, é reconhecido por sua cabine pressurizada, desempenho em altitude e capacidade de transporte adaptada a diferentes missões, incluindo evacuação aeromédica, transporte executivo e patrulhamento aéreo. No âmbito do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO), a aeronave é utilizada prioritariamente em missões de atendimento aeromédico, sendo equipada para o transporte de pacientes críticos e acionada em ocorrências que demandam resposta rápida em longas distâncias, sobretudo em áreas remotas ou de difícil acesso terrestre (CBMGO, 2023).



No Centro de Operações Aéreas do CBMGO, observou-se a necessidade de modernizar o uso do *pilot checklist*, considerando o desgaste físico dos documentos impressos, o risco de extravio e a dificuldade de manuseio ágil, fatores que impactam diretamente a segurança de voo. Nesse contexto, propõe-se o desenvolvimento de um aplicativo móvel, compatível com dispositivos iOS e Android, destinado a substituir a versão física do *checklist*, oferecendo aos pilotos uma ferramenta mais prática, segura e eficiente.

A justificativa para esta pesquisa reside na relevância de alinhar as práticas operacionais às inovações tecnológicas disponíveis, otimizando a gestão do tempo na cabine de comando e fortalecendo a cultura de segurança aeronáutica. Além disso, a modernização do *checklist* contribui para a redução de custos institucionais, minimizando a necessidade de reimpressões constantes e mitigando riscos administrativos associados à perda de documentos obrigatórios.

O objetivo geral deste estudo foi desenvolver um aplicativo móvel para modernizar a utilização do *pilot checklist* da aeronave King Air C90A, promovendo a melhoria da agilidade operacional e o aumento da confiabilidade nos procedimentos de voo.

Como objetivos específicos tivemos:

- 1) aplicação de um questionário para avaliação da aceitabilidade do *checklist* digital entre os pilotos;
- 2) desenvolver o aplicativo utilizando ferramentas ágeis de engenharia de software;
- 3) realizar testes práticos para verificar a eficiência da solução proposta.

A pesquisa é de natureza aplicada, com caráter exploratório e descritivo, voltada ao desenvolvimento de uma solução tecnológica para modernizar o *pilot checklist* da aeronave King Air C90A. Utilizou-se levantamento de dados por meio de questionário aplicado aos pilotos do CBMGO, aliado à revisão bibliográfica. O desenvolvimento do aplicativo seguiu uma abordagem experimental, com testes práticos em ambiente simulado. Segundo Gil (2008), esse tipo de pesquisa busca resolver problemas específicos do cotidiano, integrando análise teórica e aplicação prática.



Este artigo está organizado em uma seção dividida em duas subseções, além desta introdução. A próxima seção apresenta a revisão da literatura sobre o uso de *checklists* na aviação, a aplicação de tecnologias móveis e os fatores humanos envolvidos na operação aeronáutica. Em seguida, descreve-se a metodologia utilizada no desenvolvimento e na validação do aplicativo. Posteriormente, são apresentados e discutidos os resultados obtidos. Por fim, expõem-se as considerações do artigo, apontando as principais contribuições da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O *checklist* é uma ferramenta padronizada fundamental para a segurança operacional na aviação, pois auxilia na execução sistemática de procedimentos essenciais em todas as fases do voo, como preparação, decolagem, cruzeiro, aproximação e pouso. A função principal é minimizar a possibilidade de erro humano, assegurando que todos os itens críticos sejam verificados e executados conforme os padrões estabelecidos (Degani; Wiener, 1990).

Segundo a Instrução Suplementar IS 121-003A da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2023), a utilização do *checklist* é obrigatória para garantir a conformidade operacional e a segurança das operações aéreas, sendo considerada parte integrante da gestão de riscos na cabine de comando. A ANAC destaca ainda que o *checklist* deve ser elaborado de forma clara, objetiva e adaptada às características específicas de cada aeronave.

De acordo com Cardoso (2023), os fatores humanos desempenham papel central na eficácia do *checklist*, uma vez que a fadiga, o excesso de confiança e a pressão operacional podem comprometer sua correta execução. Por isso, o *checklist* deve ser projetado para ser facilmente compreendido e seguido pelos pilotos, contribuindo para a redução da carga cognitiva e a padronização das ações durante o voo.

Além disso, estudos de Lau (2023) enfatizam que o uso adequado do *checklist* melhora a comunicação entre os membros da tripulação, promovendo um ambiente colaborativo que fortalece a consciência situacional e a tomada de decisão sob pressão.



Assim, o *checklist* não é apenas um instrumento de controle operacional, mas um componente essencial da cultura de segurança na aviação, sendo sua correta utilização vital para a prevenção de incidentes e acidentes aeronáuticos.

2.1. A transição para *checklists* digitais

A evolução tecnológica proporcionou significativas transformações na forma como as listas de verificação são utilizadas na aviação, impulsionando a transição dos formatos impressos para soluções digitais. Segundo Leung e Lee (2018), a utilização de dispositivos móveis para execução de *checklists* oferece vantagens como a atualização em tempo real, a personalização dos procedimentos de acordo com o perfil da operação e a diminuição da incidência de erros relacionados à interpretação equivocada de procedimentos.

A digitalização dos *checklists* também contribui para a otimização dos processos de manutenção e atualização documental, permitindo que revisões sejam incorporadas de maneira ágil, sem a necessidade de reimpressão de materiais físicos, o que reduz custos operacionais e aumenta a eficiência das unidades aéreas (Ferreira, 2020).

No contexto da aviação pública e executiva, a utilização de aplicativos móveis para a gestão de listas de verificação é reconhecida pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2019), que permite a substituição do *checklist* impresso por soluções digitais, desde que devidamente incorporadas nos Procedimentos Operacionais Padronizados da organização aérea.

Barbosa (2018) destaca que o uso da tecnologia no ambiente organizacional é fundamental para o ganho de produtividade e para a racionalização do tempo, aspectos críticos em operações aeronáuticas que exigem precisão e agilidade. Assim, a adoção de *checklists* digitais se insere em um movimento mais amplo de modernização tecnológica, refletindo a busca contínua por eficiência e segurança operacional na aviação contemporânea.

2.2. Melhorias na gestão do tempo e recursos na segurança operacional

A implementação de tecnologias digitais, como aplicativos de *checklist*, tem impacto direto na melhoria da segurança operacional no setor aeronáutico. Conforme Silva e Almeida (2019), a digitalização de procedimentos operacionais, quando devidamente estruturada,



contribui para a redução de erros humanos, aumentando a precisão na execução de tarefas críticas durante o voo.

De acordo com Oliveira, Costa e Pereira (2021), o uso de soluções digitais possibilita a otimização do tempo de resposta da tripulação em situações normais, anormais e de emergência, uma vez que facilita o acesso rápido e intuitivo às informações necessárias para a tomada de decisão. Essa agilidade é particularmente importante em ambientes de alta pressão, como operações de aviação pública e de emergência.

Além disso, a integração de *checklists* digitais com práticas de gestão de risco favorece a consolidação de uma cultura organizacional voltada para a segurança. Lau (2023) aponta que sistemas digitais bem implementados proporcionam maior padronização, melhor monitoramento das ações dos tripulantes e registro de dados operacionais, elementos fundamentais para auditorias de segurança e melhoria contínua.

Leung e Lee (2018) reforçam que a realização de testes operacionais com novas tecnologias, antes de sua implementação definitiva, é crucial para garantir sua eficácia prática e aceitabilidade pelos usuários, minimizando resistências e aperfeiçoando as funcionalidades de acordo com as necessidades do ambiente aeronáutico.

Portanto, a modernização do *pilot checklist* da aeronave King Air por meio de um aplicativo móvel promove ganhos operacionais, e também representa um avanço significativo na gestão da segurança de voo, alinhando-se às melhores práticas de tecnologia e segurança adotadas na aviação contemporânea.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa adota uma abordagem metodológica de natureza aplicada, tendo como objetivo central o desenvolvimento de uma solução tecnológica voltada à modernização do *pilot checklist* (PCL) da aeronave King Air C90A, utilizada pelo CBMGO em operações aeromédicas. A proposta visa atender a uma demanda prática do ambiente operacional da aviação pública, com foco na melhoria da eficiência, segurança e usabilidade dos procedimentos de checagem realizados pelos pilotos. Segundo Gil (2008), pesquisas aplicadas são direcionadas à solução de problemas concretos, envolvendo interesses e realidades locais.



Trata-se de um estudo de caráter exploratório e descritivo. A fase exploratória permitiu o aprofundamento do conhecimento sobre o uso atual do *checklist* impresso, suas limitações operacionais e os desafios enfrentados pelos pilotos durante sua utilização. Essa etapa envolveu o levantamento bibliográfico sobre as práticas de *checklist* na aviação, as características da aeronave King Air C90A e os fundamentos do desenvolvimento de aplicações móveis aplicadas à aviação. Também foram coletados dados empíricos por meio de um questionário aplicado aos pilotos do CBMGO, visando avaliar a receptividade à proposta digital.

Na etapa descritiva, a pesquisa se concentrou no registro sistemático das funcionalidades e requisitos operacionais do aplicativo, com base nos dados coletados. A descrição detalhada das necessidades dos usuários foi essencial para orientar a construção de uma interface amigável e funcional, adequada à realidade da cabine de comando da aeronave. De acordo com Lakatos e Marconi (2003), a pesquisa descritiva busca observar, registrar e analisar fatos ou fenômenos sem manipulá-los, com o intuito de compreendê-los em profundidade.

O desenvolvimento do aplicativo adotou uma abordagem experimental, utilizando ferramentas de desenvolvimento multiplataforma baseadas em princípios de usabilidade, confiabilidade e acessibilidade offline. Segundo Severino (2007), o procedimento experimental é utilizado quando se objetiva testar uma hipótese ou avaliar a viabilidade de uma solução prática por meio de sua aplicação em situações controladas. A versão prototipada do aplicativo foi submetida a testes em ambiente simulado e operacional, com participação de pilotos reais da corporação, possibilitando ajustes iterativos com base no feedback obtido.

O desenvolvimento do aplicativo móvel proposto nesta pesquisa foi integralmente realizado pelo autor do presente estudo, utilizando a plataforma *FlutterFlow*, que combina recursos de desenvolvimento visual com a robustez do ambiente de desenvolvimento *Flutter* e a linguagem de programação *Dart*. Essa abordagem permitiu a criação de uma aplicação nativa, compatível com os sistemas operacionais *iOS* e *Android*, atendendo à necessidade de multiplataforma identificada junto aos usuários. O ANEXO E, traz um exemplo de trecho de código em *Dart*, utilizado no desenvolvimento do aplicativo. Este trecho de código representa a impressão em arquivo PDF do registro de *log* dos usuários do aplicativo.



A escolha pela utilização do *FlutterFlow* se deu por suas vantagens em termos de agilidade no desenvolvimento, integração com funcionalidades nativas dos dispositivos móveis e capacidade de gerar aplicações performáticas, mesmo com uso offline — característica essencial para ambientes operacionais aeronáuticos. Conforme apontam Cursa (2024) e Dolutech (2023), o uso dessa tecnologia tem se consolidado como uma solução eficiente para projetos que exigem rápida prototipagem, interfaces intuitivas e escalabilidade.

Essa metodologia, que combina levantamento de dados, análise descritiva e desenvolvimento experimental, proporcionou uma base sólida para a construção de uma ferramenta tecnológica alinhada às necessidades dos usuários finais, contribuindo para a modernização dos processos e a promoção de uma aviação mais segura e eficiente no âmbito das operações públicas.

A coleta de dados primários foi realizada mediante a utilização de questionário estruturado, respeitando os princípios éticos previstos na Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, com assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) pelos participantes.

Além disso, foi realizado um levantamento bibliográfico e documental, abrangendo manuais técnicos da aeronave King Air, regulamentos da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e literatura científica relacionada ao uso de *checklists* e à aplicação de tecnologias móveis na aviação (Fonseca, 2002; Degani; Wiener, 1990; Lau, 2023).

Após o desenvolvimento, foram realizados testes práticos com o aplicativo em ambiente simulado e operacional, no hangar do Centro de Operações Aéreas (COA) do CBMGO. Os testes visaram avaliar a eficiência do sistema na gestão do tempo dos pilotos, a usabilidade da interface e a adequação do conteúdo às rotinas operacionais da aeronave.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta e analisa os resultados obtidos a partir da etapa empírica da pesquisa, que envolveu testes simulados com pilotos do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás (CBMGO) e a aplicação de um questionário de percepção. Inicialmente, são expostos os dados comparativos de desempenho entre as versões impressa e digital do *pilot checklist*, com foco no

tempo necessário para localizar procedimentos de emergência. Em seguida, discute-se criticamente a relevância operacional desses resultados à luz de estudos da literatura especializada, destacando os impactos da digitalização na segurança e na eficiência da pilotagem. Também apresenta-se a percepção dos usuários quanto à aceitabilidade, utilidade e viabilidade da solução proposta, considerando aspectos técnicos e culturais observados durante a pesquisa. Por fim, mostra-se algumas etapas do desenvolvimento e do aplicativo em si, e faz-se um breve comparativo entre as versões impressa e digital do *checklist*.

4.1. Testes operacionais simulados comprovando melhorias na gestão do tempo

A etapa empírica da pesquisa consistiu na aplicação de testes simulados com quatro pilotos do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás, que foram instruídos a localizar dois procedimentos de emergência específicos no *checklist* da aeronave King Air C90A: [L CHIP DETECT] e [L ENG FIRE]. Os testes foram realizados em ambiente controlado, com medição do tempo necessário para acesso às informações tanto na versão impressa quanto na digital do *checklist*. Os dados obtidos podem ser vistos no Quadro 1.

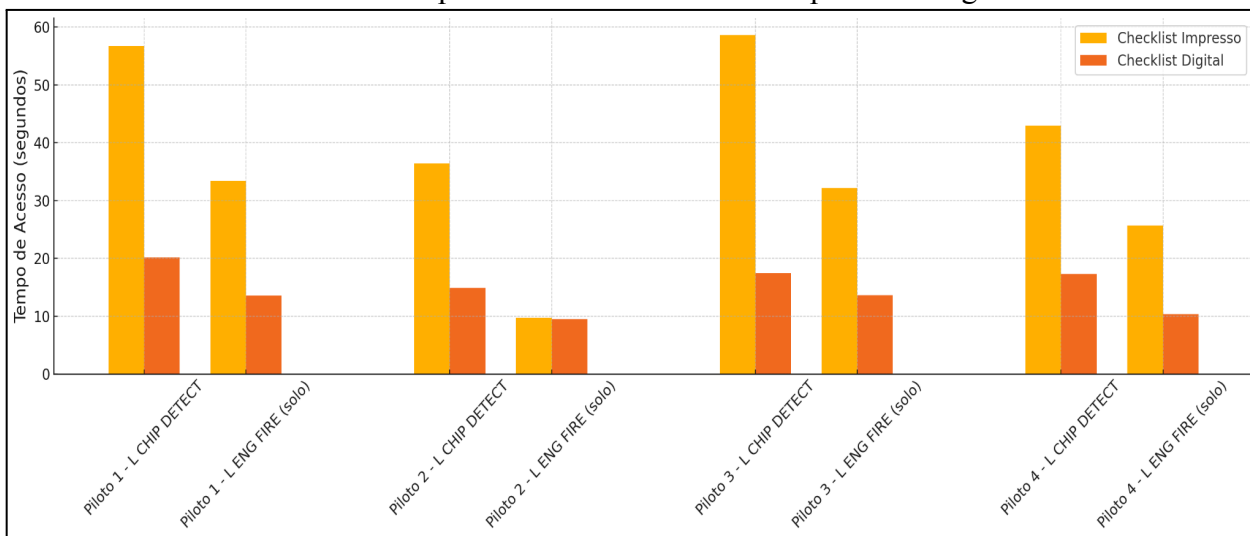
Quadro 1- Tempo de acesso aos *checklists* impresso e digital.

Piloto	Pane Simulada	Tempo de Acesso - Checklist Impresso (segundos)	Tempo de Acesso - Checklist Digital (segundos)	Observações
Piloto 1	L CHIP DETECT	56,74	20,14	-
	L ENG FIRE (solo)	33,39	13,58	-
Piloto 2	L CHIP DETECT	36,46	14,91	Da primeira vez fechou o aplicativo de forma inadvertida.
	L ENG FIRE (solo)	9,74	9,54	-
Piloto 3	L CHIP DETECT	43,34	6,16	-
	L ENG FIRE (solo)	22,72	6,68	-
Piloto 4	L CHIP DETECT	38,64	6,41	-
	L ENG FIRE (solo)	11,58	5,58	Inicialmente visualizou o procedimento da pane em voo.

Fonte: Do autor (2025).

Esses dados podem ser visualizados no Gráfico 1, onde se percebe a vantagem do *checklist* digital, que apresentou tempos consistentemente menores, indicando maior eficiência em situações de emergência.

Gráfico 1 – Tempo de acesso ao *checklist*: impresso vs digital.



Fonte: Do autor (2025).

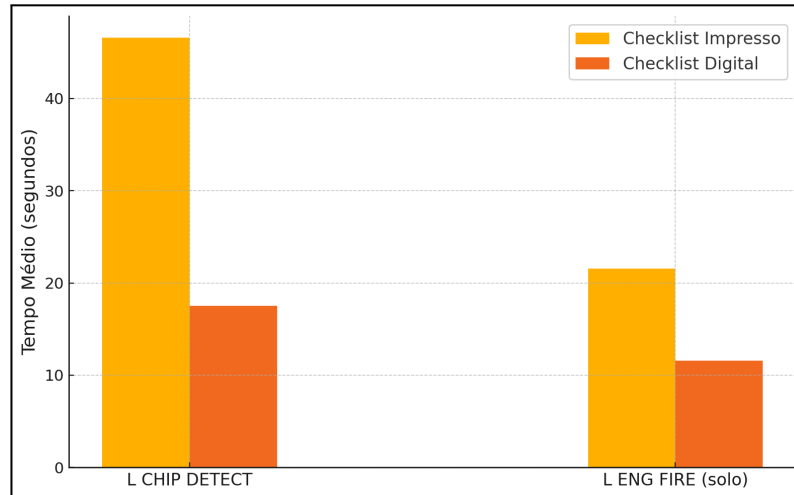
As medições demonstram uma redução significativa no tempo de acesso quando se utiliza o *checklist* digital. No caso da pane *L CHIP DETECT*, os tempos médios foram de 46,60 **segundos** para o formato impresso e 17,53 segundos para o digital. Já na simulação da pane *L ENG FIRE*, os tempos médios foram de 21,56 segundos (impresso) e 11,56 segundos (digital). O Quadro 2 resume os resultados observados:

Quadro 2 – Comparação entre tempos médios de acesso ao *checklist* impresso e digital

Pane Simulada	Tempo Médio – Impresso (s)	Tempo Médio – Digital (s)
L CHIP DETECT	46,60	17,53
L ENG FIRE (solo)	21,56	11,56

Fonte: Do autor (2025).

O Gráfico 2 mostra os tempos médios de acesso ao *checklist* impresso e digital para as duas panes simuladas: *L CHIP DETECT* e *L ENG FIRE* (solo):

Gráfico 2 – Tempo de acesso ao *checklist*: impresso vs digital.

Fonte: Do autor (2025).

Esses dados indicam que o uso do aplicativo permitiu aos pilotos uma redução média de mais de 50% no tempo necessário para localizar informações de emergência, o que pode representar uma vantagem operacional expressiva em contextos reais, onde decisões rápidas são determinantes para a segurança de voo (Júnior, 2016).

A análise dos resultados evidencia que a digitalização do *pilot checklist* contribui de forma efetiva para a otimização do tempo de resposta dos pilotos em situações críticas. A redução no tempo de acesso observada nos testes reforça a hipótese de que a transição para o meio digital melhora a agilidade operacional, especialmente em cenários de emergência, onde segundos podem ser decisivos.

Esse achado está alinhado com o estudo de Silva e Almeida (2019), que destacam a importância de soluções tecnológicas na redução de erros e no ganho de eficiência em procedimentos operacionais. De forma semelhante, Oliveira, Costa e Pereira (2021) ressaltam que a acessibilidade e a navegação intuitiva proporcionadas pelos dispositivos móveis favorecem o desempenho da tripulação sob pressão.

Apesar dos resultados positivos, uma observação feita durante os testes com o Piloto 2 merece atenção: o fechamento inesperado do aplicativo na primeira tentativa. Embora o incidente não tenha impedido a conclusão da tarefa, ele evidencia a importância de se garantir a estabilidade técnica da solução digital, especialmente quando empregada em missões reais.



Além disso, o tempo reduzido de acesso pode impactar diretamente na carga cognitiva do piloto, conforme apontam Degani e Wiener (1990), ao permitir que mais atenção seja direcionada à execução dos procedimentos propriamente ditos, em vez da busca por informações. Dessa forma, o *checklist* digital não apenas acelera a consulta, como também contribui para a segurança operacional por meio da mitigação de distrações e incertezas.

Portanto, os dados empíricos corroboram os benefícios teóricos apresentados na literatura, demonstrando que o uso do *checklist* digital representa um avanço relevante na gestão do tempo, na ergonomia da cabine e na cultura de segurança da aviação pública.

4.2. Percepção e aceitabilidade do *checklist* digital

Além da análise de desempenho entre os formatos impresso e digital, foi conduzida uma pesquisa com os pilotos do CBMGO que operam a aeronave King Air C90A/B, com o objetivo de avaliar a aceitabilidade da proposta de digitalização do *pilot checklist*. A amostra foi composta por dez pilotos com distintas formações, níveis de experiência e tempo de atuação na aviação.

Os dados indicam que a aceitação da solução digital foi amplamente favorável. Todos os entrevistados relataram que o aplicativo facilitaria significativamente a localização de procedimentos em situações de emergência, classificando-o como "facilitador" ou "muito facilitador". Além disso, 100% dos participantes demonstraram interesse pela ideia, indicando que "gostam da proposta" e estariam dispostos a utilizar a solução como complemento à versão impressa.

A percepção de utilidade também foi observada em relação à aplicação do *checklist* digital em contextos de treinamento e estudo, sendo que 90% dos pilotos concordam que uma versão digital seria mais adequada para essa finalidade, especialmente por permitir acesso facilitado em diversos dispositivos, sem necessidade de portar o documento físico.

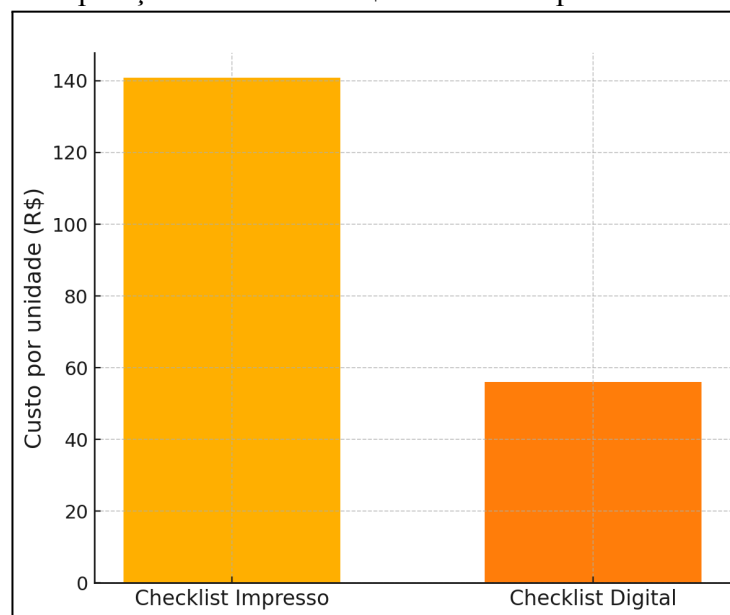
Outro ponto relevante refere-se à economia institucional, uma vez que todos os participantes concordaram que a disponibilização digital do *checklist* em dispositivos da corporação poderia eliminar custos com reimpressão e substituição de versões físicas desgastadas.

No que tange à viabilidade econômica da solução, a média dos valores considerados razoáveis para aquisição do aplicativo foi de aproximadamente R\$ 56,00 (cinquenta e seis reais), pagamento único, indicando disposição real de investimento por parte dos usuários. Quanto à plataforma de preferência, a maioria dos pilotos afirmou que utilizaria o aplicativo em dispositivos iPad (60%), enquanto 20% optariam por utilizá-lo em ambos os sistemas operacionais (iOS e Android).

A versão impressa do *Pilot Checklist* da aeronave King Air C90A pode ser adquirida por aproximadamente US\$ 25,00 (vinte e cinco dólares), o que corresponde a cerca de R\$ 140,82 (cento e quarenta reais e oitenta e dois centavos), considerando a cotação do dólar comercial de venda em 15 de maio de 2025, conforme divulgado pelo Banco Central do Brasil (ESSCO AIRCRAFT, 2025; Brasil, 2025).

A substituição do checklist impresso por uma versão digital oferece uma solução mais econômica e sustentável para a corporação, podendo a versão digital ser instalada em equipamentos já existentes. A redução de despesas com reimpressões e a facilidade de atualização tornam a alternativa digital financeiramente viável, contribuindo para a racionalização de recursos públicos e maior eficiência na gestão operacional. A diferença de valores pode ser melhor visualizada no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Comparação de custo em R\$: *checklist* impresso vs *checklist* digital.



Fonte: Do autor (2025).



Os dados reforçam o que aponta Barbosa (2018) sobre a importância da tecnologia no ambiente organizacional, especialmente no que diz respeito à racionalização do tempo e à adesão dos usuários como condição para o sucesso de soluções digitais. Nesse sentido, o elevado grau de aceitação por parte dos pilotos indica não apenas a viabilidade técnica do projeto, mas também sua viabilidade cultural e operacional, aumentando as chances de efetiva implementação no contexto da aviação pública.

4.3. O *checklist* digital

O aplicativo móvel desenvolvido nesta pesquisa gerou um app nativo compatível com *iOS* e *Android*, adequado às demandas multiplataforma dos usuários. A escolha pelo *FlutterFlow* se deveu à sua agilidade, suporte a recursos nativos, desempenho *offline* e facilidade de prototipagem, conforme destacam Cursa (2024) e Dolutech (2023).

Durante o processo de desenvolvimento, foram incorporadas funcionalidades voltadas à usabilidade na cabine de comando, como navegação por fases do voo, filtros para procedimentos de emergência, padronização visual e acesso direto ao painel de alarmes. A estrutura do aplicativo foi projetada com foco em estabilidade, simplicidade e organização lógica das informações, a fim de minimizar a carga cognitiva durante seu uso.

O produto foi testado em ambiente simulado, apresentando desempenho satisfatório tanto em termos de tempo de resposta quanto de aceitação por parte dos usuários. A metodologia adotada para a aplicação dos testes foi cuidadosamente estruturada, com simulações controladas das panes [*L CHIP DETECT*] e [*L ENG FIRE*], e permitiu mensurar com precisão o tempo necessário para localizar os procedimentos correspondentes em ambas as versões do *checklist*. Os detalhes dessa aplicação, incluindo os critérios de simulação, sequência dos testes e condições operacionais, encontram-se descritos no ANEXO B. Os resultados obtidos reforçam a eficácia da solução digital desenvolvida pelo autor, evidenciando sua viabilidade técnica e alinhamento com as exigências práticas da aviação pública.

A superioridade da versão digital também pode ser observada na comparação visual entre os formatos, conforme evidenciado nos ANEXOS C e D deste trabalho. O ANEXO C apresenta imagens reais do *checklist* impresso atualmente utilizado pelo CBMGO, revelando sinais



evidentes de desgaste físico, como páginas amassadas, manchas e perda parcial de legibilidade, resultado do uso frequente em ambientes operacionais. Esses danos comprometem a durabilidade do material e podem interferir na consulta rápida em situações críticas. Em contrapartida, o ANEXO D exibe capturas de tela do checklist digital desenvolvido, com layout limpo, organização por cores, ícones intuitivos e navegação direta por botões interativos. A clareza e a padronização visual do aplicativo reduzem o tempo de interpretação da informação e aumentam a confiabilidade do processo de checagem. Assim, a comparação entre os anexos reforça a vantagem operacional e ergonômica da solução digital, que alia acessibilidade com preservação da integridade das informações ao longo do tempo.

5. CONSIDERAÇÕES

Este estudo teve como objetivo desenvolver e avaliar uma solução tecnológica voltada à modernização do *pilot checklist* da aeronave King Air C90A/B, por meio de um aplicativo móvel compatível com plataformas iOS e Android. A pesquisa foi motivada pela necessidade de aprimorar a agilidade e a confiabilidade operacional nas atividades do CBMGO, tendo em vista as limitações observadas no uso da versão impressa do checklist, como o desgaste físico, o risco de extravio e a lentidão no manuseio em situações críticas.

Os resultados demonstraram que o uso do checklist digital possibilitou uma redução média superior a 50% no tempo de acesso às seções de emergência, o que representa um ganho operacional significativo para contextos onde a tomada de decisão rápida é essencial à segurança de voo, demonstrando uma melhoria significativa na gestão do tempo.

Além do ganho em tempo, destaca-se também a vantajosidade financeira da solução digital, especialmente no contexto da gestão de recursos públicos. Com custo médio estimado em R\$ 56,00 (cinquenta e seis reais) por licença, o aplicativo representa uma alternativa mais econômica frente à versão impressa, cujo valor unitário pode chegar a R\$ 140,82 (cento e quarenta reais e oitenta e dois centavos), além de demandar reimpressões periódicas devido ao desgaste e manuseio contínuo. A adoção do checklist digital reduz despesas recorrentes e permite o reaproveitamento de dispositivos móveis já disponíveis na instituição, promovendo uma gestão mais eficiente e racional dos recursos tecnológicos no âmbito da aviação pública.



Além disso, a análise da percepção dos pilotos indicou uma aceitação expressiva da proposta, conforme evidenciado no ANEXO A - Resultados da pesquisa de percepção e aceitabilidade do checklist digital, que apresenta os percentuais de aprovação e interesse demonstrados pelos participantes, com destaque para a usabilidade da solução, o interesse em adotá-la como ferramenta complementar e a viabilidade econômica percebida pelos usuários.

A integração entre os dados quantitativos e qualitativos permite concluir que a modernização do checklist, conforme argumentam Degani e Wiener (1990) ao enfatizar a importância de sistemas bem projetados na redução de falhas operacionais, não apenas aumenta a eficiência na cabine de comando, mas também contribui para a melhoria da cultura de segurança operacional, da capacitação dos pilotos, conforme discutido por Reason (1997), ao destacar que a cultura organizacional voltada para a segurança é diretamente influenciada por práticas operacionais padronizadas e treinamentos contínuos e da gestão de recursos tecnológicos na aviação pública.

Como contribuição prática, o presente estudo oferece uma base técnica e institucional para a adoção de checklists digitais no âmbito do CBMGO, podendo ser adaptado a outras organizações que operam aeronaves similares. Como limitação, destaca-se o número reduzido de participantes nos testes operacionais, o que pode ser superado com a ampliação futura da amostra e com estudos longitudinais após a implementação em larga escala.

Para pesquisas futuras, recomenda-se aprofundar a análise da ergonomia digital da interface, testar a solução em diferentes contextos de voo (incluindo condições adversas) e avaliar o impacto da tecnologia sobre a carga cognitiva do piloto em missões reais.



REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil nº 90, aprovado pela Resolução nº 512 de 11 de abril de 2019. Título: Requisitos para Operações Especiais de Aviação Pública.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Conversor de Moedas*. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/conversao>. Acesso em: 16 maio 2025.

BARBOSA, Christian. *A Tríade do Tempo*. 1 ed. Buzz Editora. 2018.

CARDOSO, Kleber Rodrigues. Os Fatores Humanos Contribuintes para a Segurança de Voo Aplicados na Manutenção de Aeronaves. 2023. Artigo Científico, Centro de Instrução e Aviação do Exército.

CBMGO. *Centro de Operações Aéreas – Missões Aeromédicas*. 2023. Disponível em: <https://www.bombeiros.go.gov.br>. Acesso em: 10 maio 2025.

CRESWELL, John W. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CURSA. *As Vantagens do FlutterFlow: Desenvolvendo Aplicativos de Forma Rápida e Eficiente*. Disponível em:

<https://www.cursa.com.br/blog/details/as-vantagens-do-flutterflow-desenvolvendo-aplicativos-de-forma-r%C3%A1pida-e-eficiente/>. Acesso em: 30 mar. 2025.

DEGANI, Asaf; WIENER, Earl L. Human Factors of Flight-Deck Checklists: The Normal Checklist. 1990. Artigo. National Aeronautics and Space Administration.

DOLUTECH. *FlutterFlow: a revolução na criação de aplicativos*. Disponível em:

<https://dolutech.com/flutterflow-a-revolucao-na-criacao-de-aplicativos>. Acesso em: 30 mar. 2025.

ESSCO AIRCRAFT. *Beech King Air C90A Pilot's Checklist*. Disponível em:

<https://www.esscoaircraft.com/products/beece-king-air-c90a-pilots-checklist>. Acesso em: 16 maio 2025.

FERREIRA, L. C. *Tecnologia no ambiente aeronáutico: avaliação de ferramentas digitais na aviação*. 2020. Disponível em:

<https://www.revistadobombeiro.com.br/tecnologia-no-ambiente-aeronautico>. Acesso em: 30 mar. 2025.

FONSECA, João José Saraiva. *Metodologia da Pesquisa Científica*. Universidade Estadual do Ceará, 2002.

GIL, Antonio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.



JÚNIOR, Guido César Carim. *Procedimentos como recursos para ação: um estudo sobre como o cockpit de uma aeronave comercial gerencia situações anormais e de emergência*. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LEUNG, C.; LEE, T. *Simulated and Operational Testing of Mobile Applications in Aviation*. *Journal of Aviation Safety*, v. 13, p. 125-137, 2018.

LAU, Stuart Kipp. Best Practices in Checklist Design Account for Human Limitations. Disponível em: <https://www.ainonline.com/aviation-news/business-aviation/2023-03-01/best-practices-checklist-design-account-human-limitations>. Acesso em: 05 mar. 2025.

OLIVEIRA, J. F.; COSTA, R. M.; PEREIRA, M. A. *Gestão de recursos e tempo na aviação de emergência*. *Revista Brasileira de Aviação*, v. 32, n. 4, p. 450-467, 2021.

REASON, James Tootle. *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Aldershot: Ashgate Publishing, 1997.

SEVERINO, Antonio Joaquim. *Metodologia do trabalho científico*. 23. ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, P. R.; ALMEIDA, D. S. *A tecnologia como ferramenta de apoio na segurança operacional na aviação*. *Revista Brasileira de Engenharia Aeronáutica*, v. 29, p. 88-95, 2019.

SOP. Manual de Procedimentos Operacionais Padronizados da aeronave Beechcraft King Air 90 Series, elaborado de acordo na Instrução Suplementar no 119-003 (IS nº 119-003) e aprovado pelo Comando do Centro de Operações Aéreas do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás.

TEXTRON AVIATION. *King Air 90 Series Overview*. 2023. Disponível em: <https://www.txtav.com>. Acesso em: 10 maio 2025.



ANEXO A - Resultados da pesquisa de percepção e aceitabilidade do *checklist* digital (Google Forms)

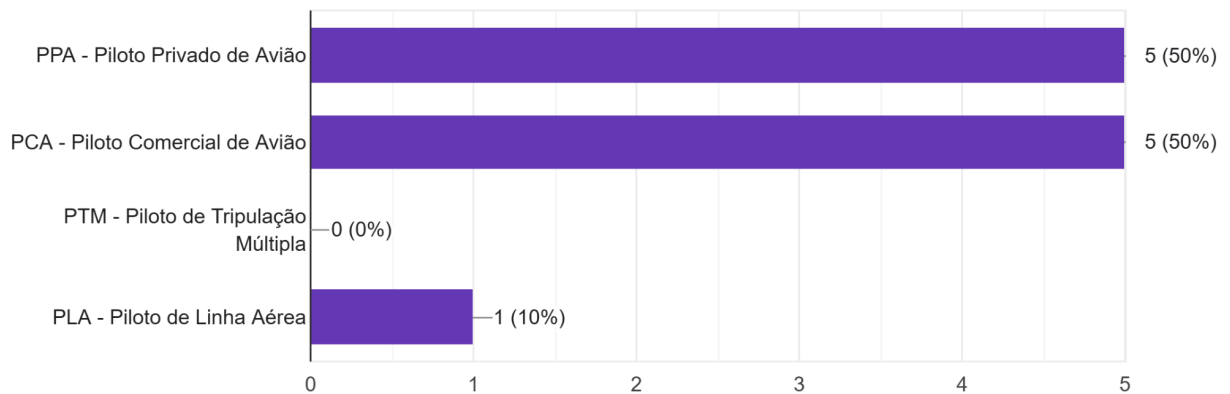
Qual o seu código ANAC?

10 respostas

Piloto 1: 439907
Piloto 2: 143555
Piloto 3: 441456
Piloto 4: 424816
Piloto 5: 433370
Piloto 6: 143608
Piloto 7: 204490
Piloto 8: 172994
Piloto 9: 445820
Piloto 10: 150520

É portador de qual ou quais licenças?

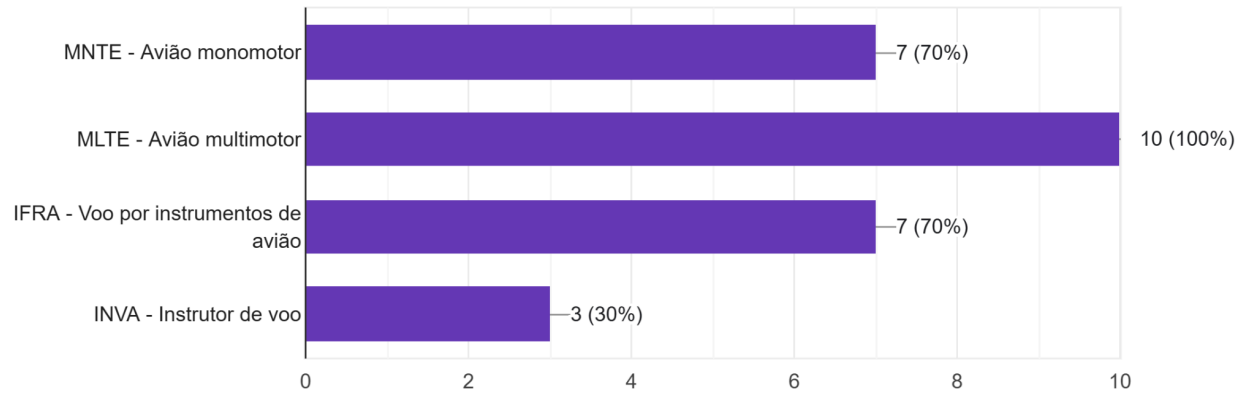
10 respostas



Fonte: Do autor.

É portador de qual ou quais habilitações?

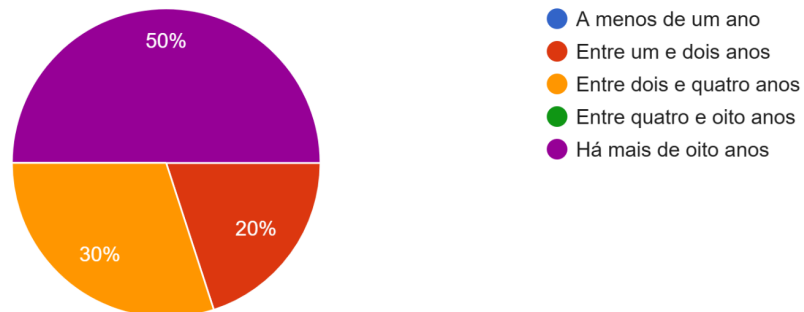
10 respostas



Fonte: Do autor.

Há quanto tempo é profissional da aviação?

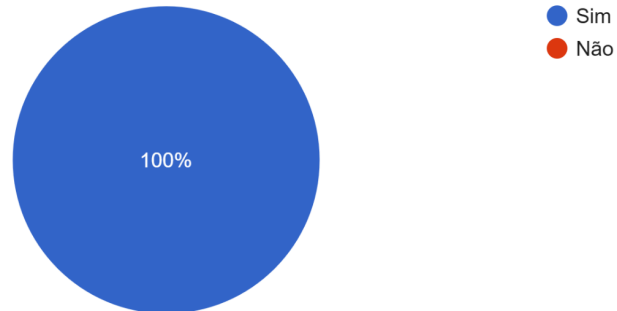
10 respostas



Fonte: Do autor.

Está na ativa atualmente?

10 respostas



Fonte: Do autor.

Ao longo de sua carreira, acumulou quantas horas voo no total?

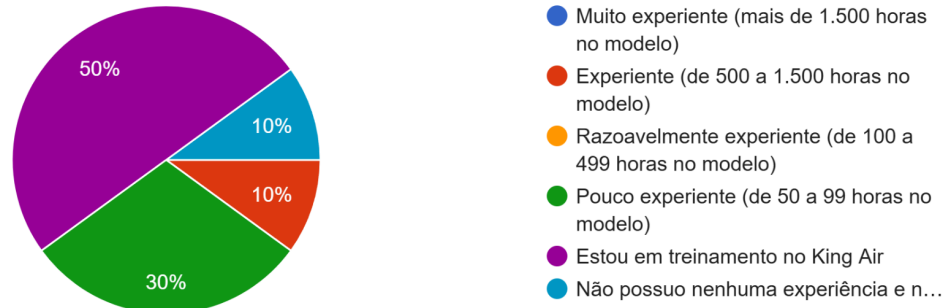
10 respostas



Fonte: Do autor.

Como julga o seu nível de experiência na aeronave King Air modelos C90 A ou B ou superiores?

10 respostas



Fonte: Do autor.

Com relação à utilização e ao manuseio do Pilot Checklist (PCL) da aeronave King Air modelo C90 A/B, versão impressa, como se julga?

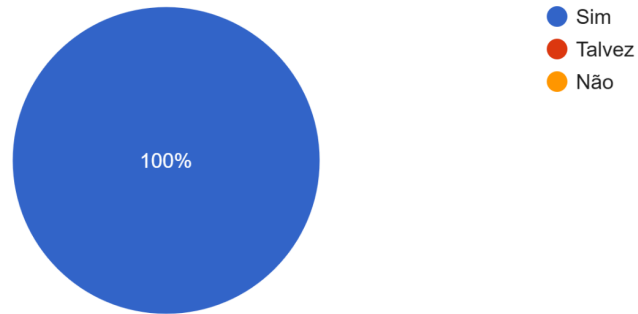
10 respostas



Fonte: Do autor.

O Sr. acha que o desenvolvimento de um aplicativo móvel (mobile app) contendo todos os procedimentos previstos no checklist e disponibilização por entre as páginas e seções do checklist?

10 respostas



Fonte: Do autor.

Não obstante vossa resposta do item anterior, como o Sr. receberia a ideia da concepção de um aplicativo do Pilot Checklist para suplementar o uso da versão tradicional impressa?

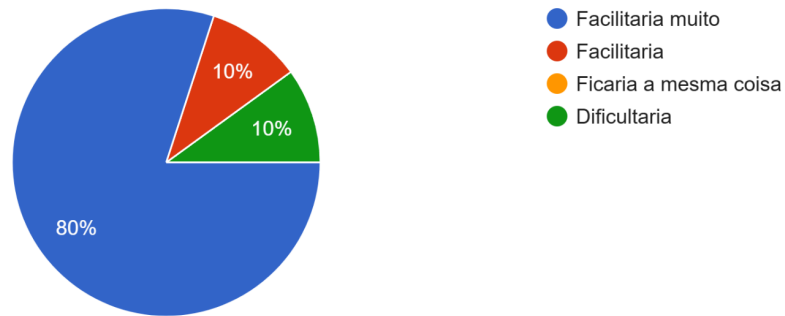
10 respostas



Fonte: Do autor.

Em caso de eventual pane na aeronave, como o Sr. avaliaria que a automação do Pilot Checklist por um aplicativo poderia facilitar a localização dos procedimentos adequados para a pane?

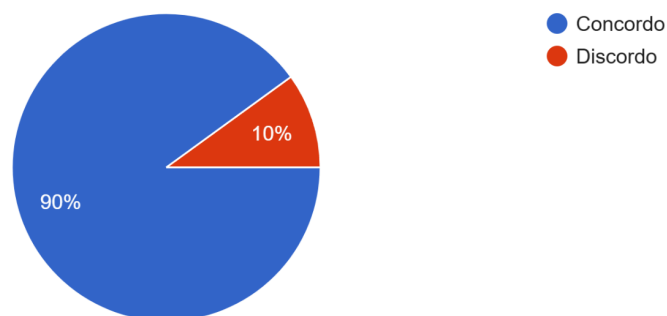
10 respostas



Fonte: Do autor.

O Sr. concorda que uma versão digital do Pilot Checklist poderia ser baixada em todos os dispositivos eletrônicos de vossa organização, dispensando a reimpressão ou recompra do material?

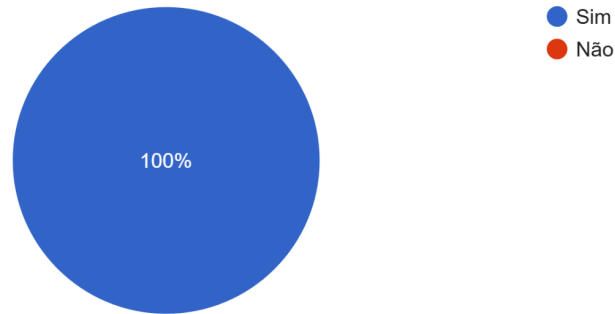
10 respostas



Fonte: Do autor.

O Sr. aceitaria testar uma versão digital do Pilot Checklist do King Air C90 A/B para verificar sua funcionalidade e responsividade? (disponibilizado via página da web)

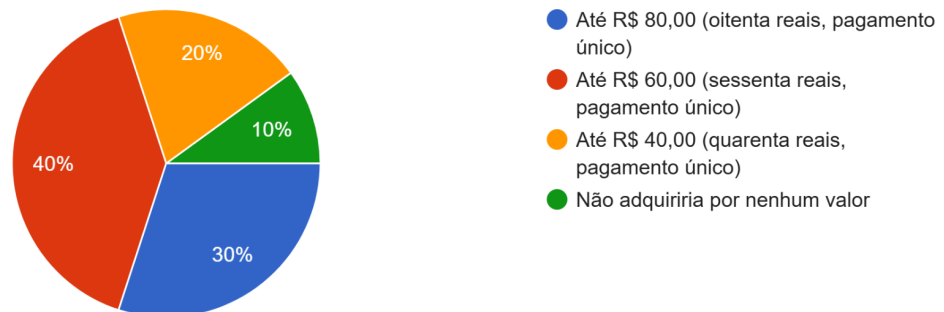
10 respostas



Fonte: Do autor.

Caso o Sr. aprovasse a disponibilização do Pilot Checklist via lojas de aplicativos da App Store ou Google Play, até que valor seria razoável adquirir ...ra custear as despesas com a publicação nas lojas)

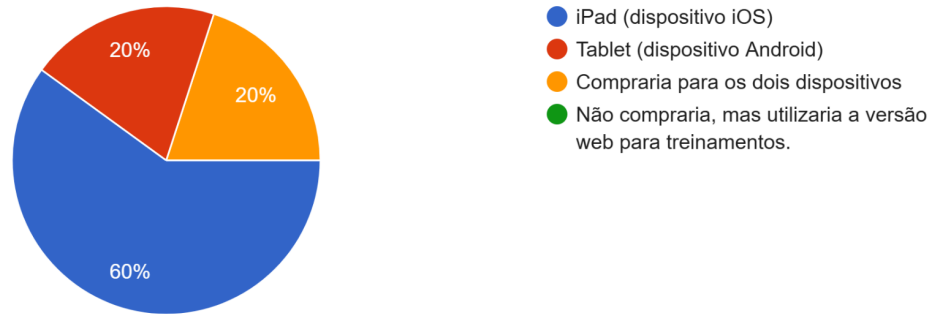
10 respostas



Fonte: Do autor.

Em qual dispositivo o Sr. utilizaria o aplicativo, caso concordasse com o valor de custo do mesmo e resolvesse adquiri-lo?

10 respostas



Fonte: Do autor.



ANEXO B - Protocolo de aplicação do teste simulado aos pilotos

O teste consistiu em simular duas panes previstas no *checklist* da aeronave King Air C90A: [L CHIP DETECT] - que significa detecção de limalhas de ferro no óleo do motor esquerdo; [L ENG FIRE] - que significa detecção de fogo no motor esquerdo.

Os testes foram feitos separados, ou seja, primeiro simulou-se a pane [L CHIP DETECT], e o piloto teve que, a partir do *checklist* impresso, localizar o procedimento adequado. Após, repetiu-se o teste com o uso do checklist digital. Os tempos foram cronometrados. O mesmo valeu para a pane [L ENG FIRE].

Sequência de aplicação do teste:

[L CHIP DETECT] - *checklist* impresso:

1. Simulando estar em voo na fase de cruzeiro, o piloto permaneceu com o checklist impresso aberto na página correspondente ao voo de cruzeiro;
2. Foi mostrado ao piloto uma folha com a inscrição [L CHIP DETECT], simulando o mesmo sinal que apareceria no painel de alarmes da aeronave, e foi acionado o cronômetro;
3. O piloto deveria ir até a página do painel de alarmes no *checklist* impresso, verificar o número da pane vinculada ao alerta [L CHIP DETECT], número esse que corresponde à seção do *checklist* onde se encontram os procedimentos corretos para tratar a pane;
4. Ao localizar o procedimento correto, parou-se o cronômetro e registrou-se o tempo decorrido.



[L CHIP DETECT] - *checklist* digital:

1. Simulando estar em voo na fase de cruzeiro, o piloto permaneceu com o *checklist* digital aberto na página correspondente ao voo de cruzeiro e, no mesmo equipamento utilizado para rodar o aplicativo do *checklist*, o piloto manteve aberto o aplicativo utilizado para auxílio à navegação aérea (*OzRunway*);
2. Foi mostrado ao piloto uma folha com a inscrição [L CHIP DETECT], simulando o mesmo sinal que apareceria no painel de alarmes da aeronave, e foi acionado o cronômetro;
3. O piloto então deveria alternar do aplicativo *OzRunway* para o aplicativo do *checklist* digital;
4. Estaria então com o aplicativo do *checklist* aberto na tela correspondente ao voo de cruzeiro;
5. O piloto deveria navegar até a página do painel de alarmes do aplicativo, e selecionar a tecla correspondente à pane visualizada, no caso [L CHIP DETECT], onde então se interrompia a contagem do tempo.

[L ENG FIRE] - *checklist* impresso:

1. Simulando estar com a aeronave acionada em solo, o piloto permaneceu com o *checklist* impresso aberto na página correspondente aos procedimentos de táxi, e foi-lhe mostrado uma folha com a inscrição [L ENG FIRE], simulando o mesmo sinal que apareceria no painel de alarmes da aeronave, e foi acionado o cronômetro;
2. O piloto deveria ir até a página do painel de alarmes no *checklist* impresso, verificar o número da pane vinculada ao alerta [L ENG FIRE], número esse que corresponde à seção do *checklist* onde se encontram os procedimentos corretos para tratar a pane;



3. Na página correta, o piloto deveria apontar o procedimento de fogo no motor considerando estar a aeronave em solo, onde se interromperia a contagem do tempo.

[L ENG FIRE] - *checklist* digital:

1. Simulando estar com a aeronave acionada em solo, o piloto permaneceu com o checklist digital aberto na página correspondente aos procedimentos de táxi, e foi-lhe mostrado uma folha com a inscrição [L ENG FIRE], simulando o mesmo sinal que apareceria no painel de alarmes da aeronave, e foi acionado o cronômetro;
2. O piloto deveria navegar até a página do painel de alarmes do aplicativo, e selecionar a tecla correspondente à pane visualizada, no caso [L ENG FIRE], selecionar a opção SOLO na caixa de diálogo que apareceria na sequência, onde então se interrompia a contagem do tempo, já que o aplicativo direciona para os procedimentos corretos para a pane de fogo no motor em solo.

Foto 2 - Sumário dos procedimentos de emergência.

Raytheon Aircraft Company FlightSafety	
EMERGENCY PROCEDURES	
EMERGENCY AIRPREFS	
ENGINE FAILURE	1
EMERGENCY ENGINE SHUTDOWN	
ENGINE FIRE OR OILFIRE	
ENGINE FAILURE DURING GROUND ROLL	
ENGINE FAILURE AFTER LIFT OFF (IF CONDITIONS PERMIT AN IMMEDIATE LANDING)	2
ENGINE FAILURE IN FLIGHT BELOW AIR MINIMUM CONTROL SPEED (MGL)	
2ND ENGINE FUELCUT	
OIL PRESSURE LOW	
FUEL SYSTEM	
BOOST PUMP FAILURE	
SMOKE AND FUME ELIMINATION	3
WINDSHIELD ELECTRICAL FAULT	
ELECTRICAL SMOKE OR FIRE	
ENVIRONMENTAL SYSTEM SMOKE OR FLAMES	
CABIN DOOR UNLOCKED	6
EMERGENCY DESCENT	
GLIDE	
ELECTRICAL	
DISORDER INDICATIVE	
FLIGHT CONTROLS	5
UNSCHEDULED ELECTRIC ELEVATOR TRIM	
UNSCHEDULED FLOOR BOOST ACTIVATION	
ENVIRONMENTAL SYSTEMS	
USE OF OXYGEN	
PRESSURIZATION LOSS	6
HIGH DIFFERENTIAL PRESSURE	
EMERGENCY EXIT	
SPINS	7

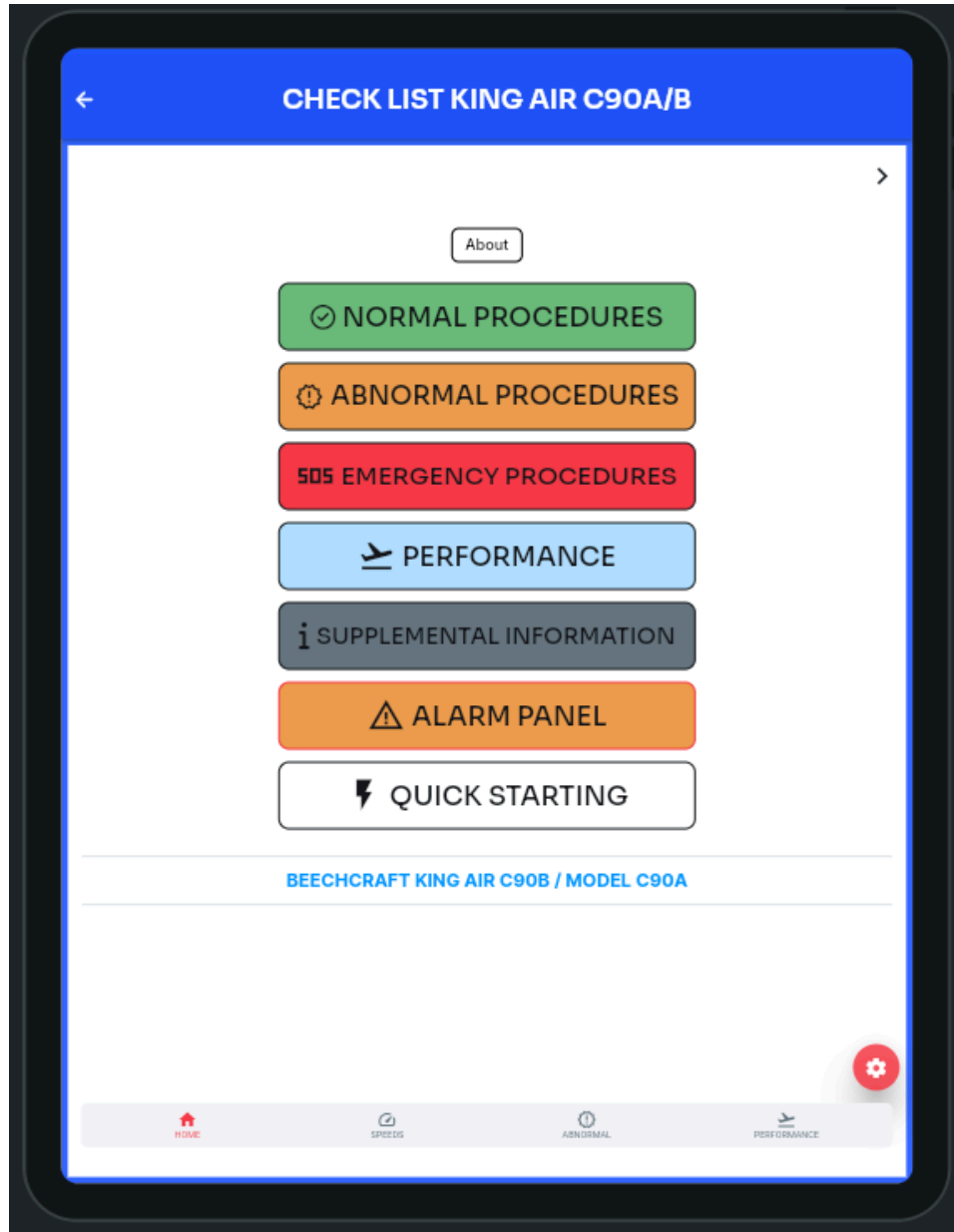
PIN 90-00024-7 (E) E-1 JULY 2005

Fonte: Do autor.

Foto 3 - Detalhe das abas dos procedimentos de emergência do *checklist* impresso.



Fonte: Do autor.

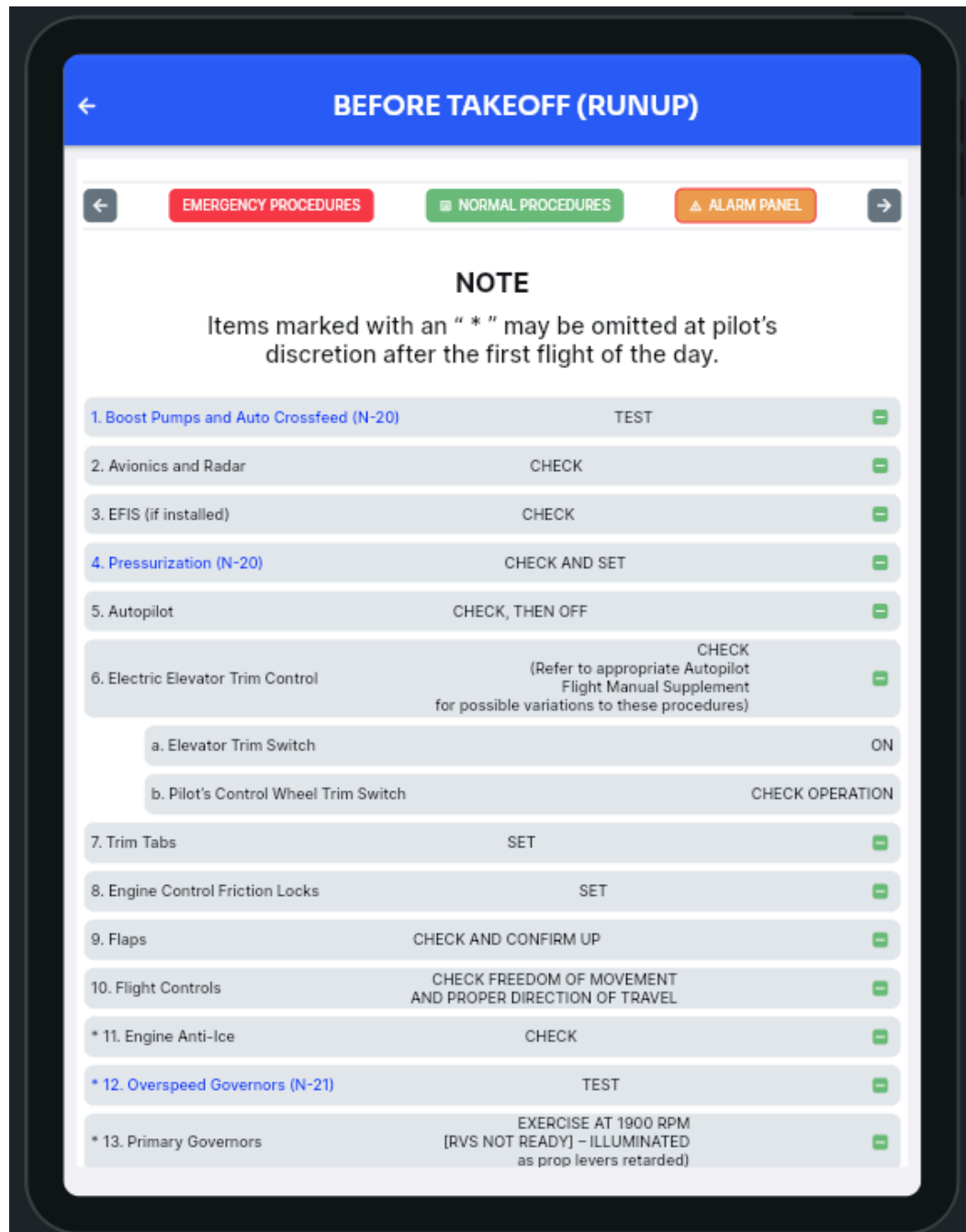
ANEXO D - *Prints* das telas do aplicativo do *checklist* digitalImagem 1 - *Print* da tela inicial do aplicativo.

Fonte: Do autor.

Imagem 2 - *Print* da tela do sumário dos procedimentos normais do aplicativo.

Procedure Category	Page Number
AIRSPEDS FOR SAFE OPERATION	N1
PROCEDURES BY FLIGHT PHASE	N2
PREFLIGHT INSPECTION	N2
BEFORE ENGINE STARTING	N4
ENGINE STARTING (BATTERY)	N6
ENGINE STARTING (EXTERNAL POWER)	N7
HOT START OR HUNG START	N7
NO LIGHT START	N7
ENGINE CLEARING	N7
BEFORE TAXI	N8
TAXI	N8
BEFORE TAKEOFF (RUNUP)	N8
BEFORE TAKEOFF (FINAL ITEMS)	N9
ON TAKEOFF ROLL	N10
TAKEOFF	N10
CLIMB	N10
CRUISE	N10
DESCENT	N12
BEFORE LANDING	N13

Fonte: Do autor.

Imagem 3 - *Print* da tela dos procedimentos antes da decolagem do aplicativo.

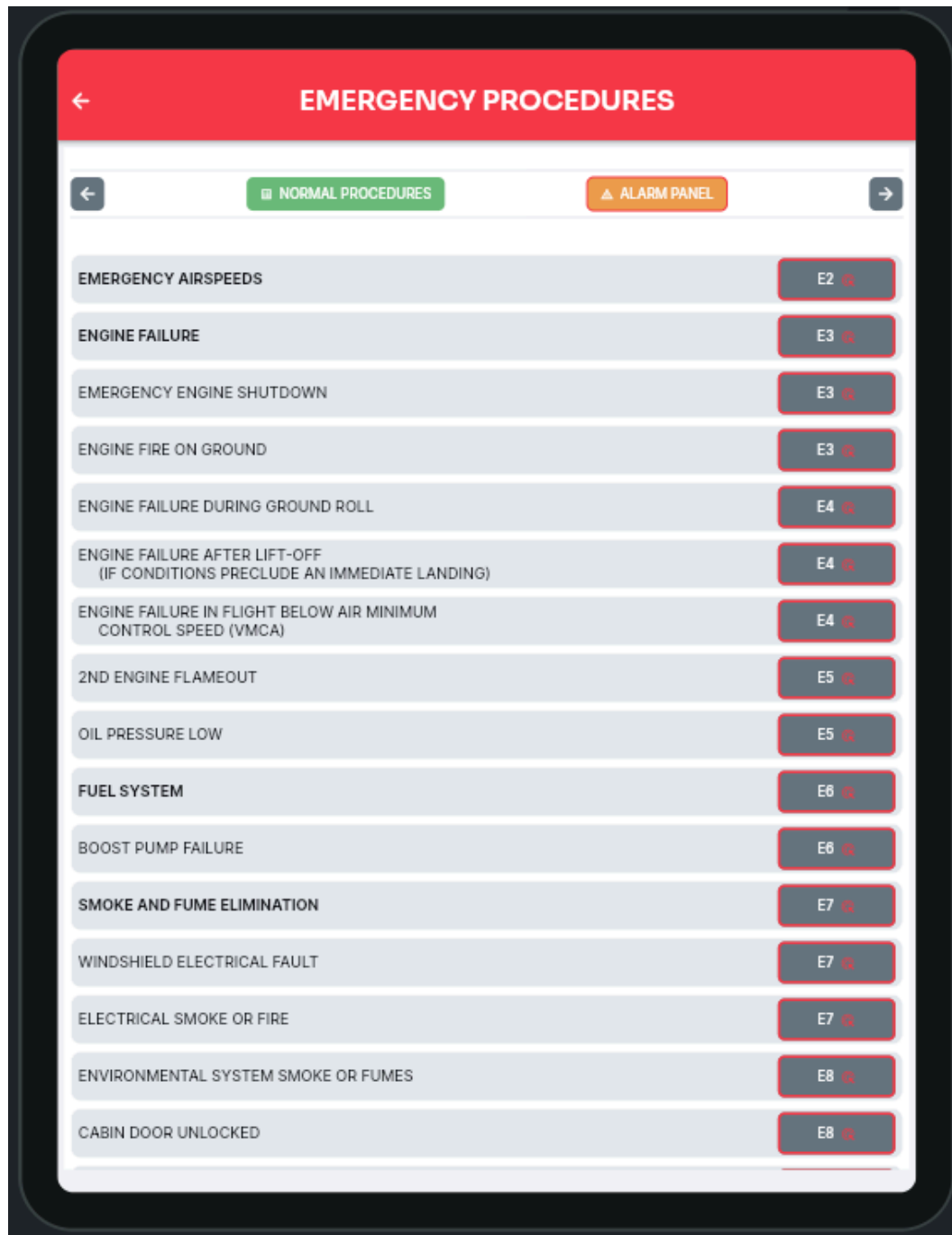
Fonte: Do autor.

Imagem 4 - *Print* da tela dos procedimentos de descida do aplicativo.



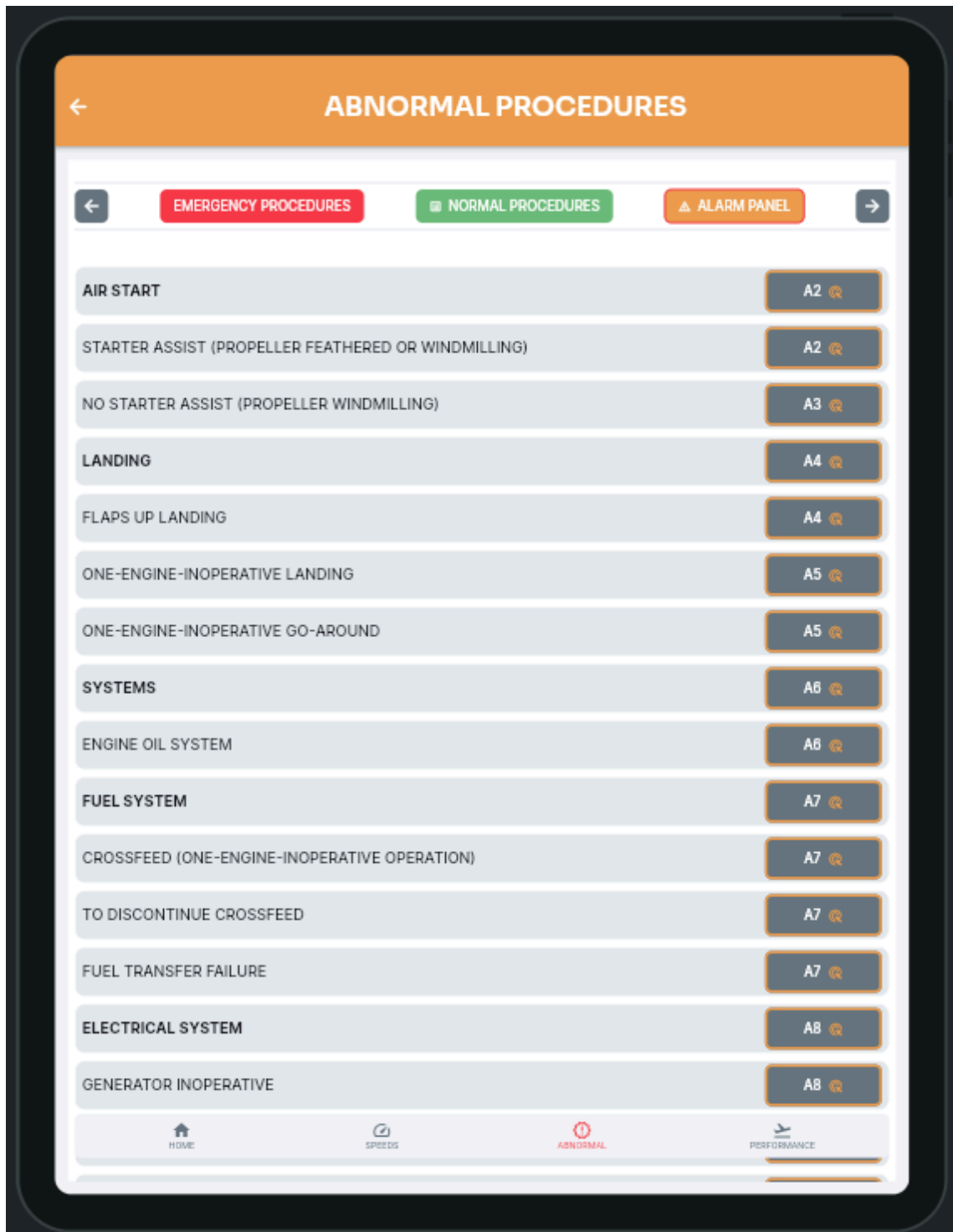
Fonte: Do autor.

Imagem 5 - *Print* da tela do sumário dos procedimentos de emergência do aplicativo.



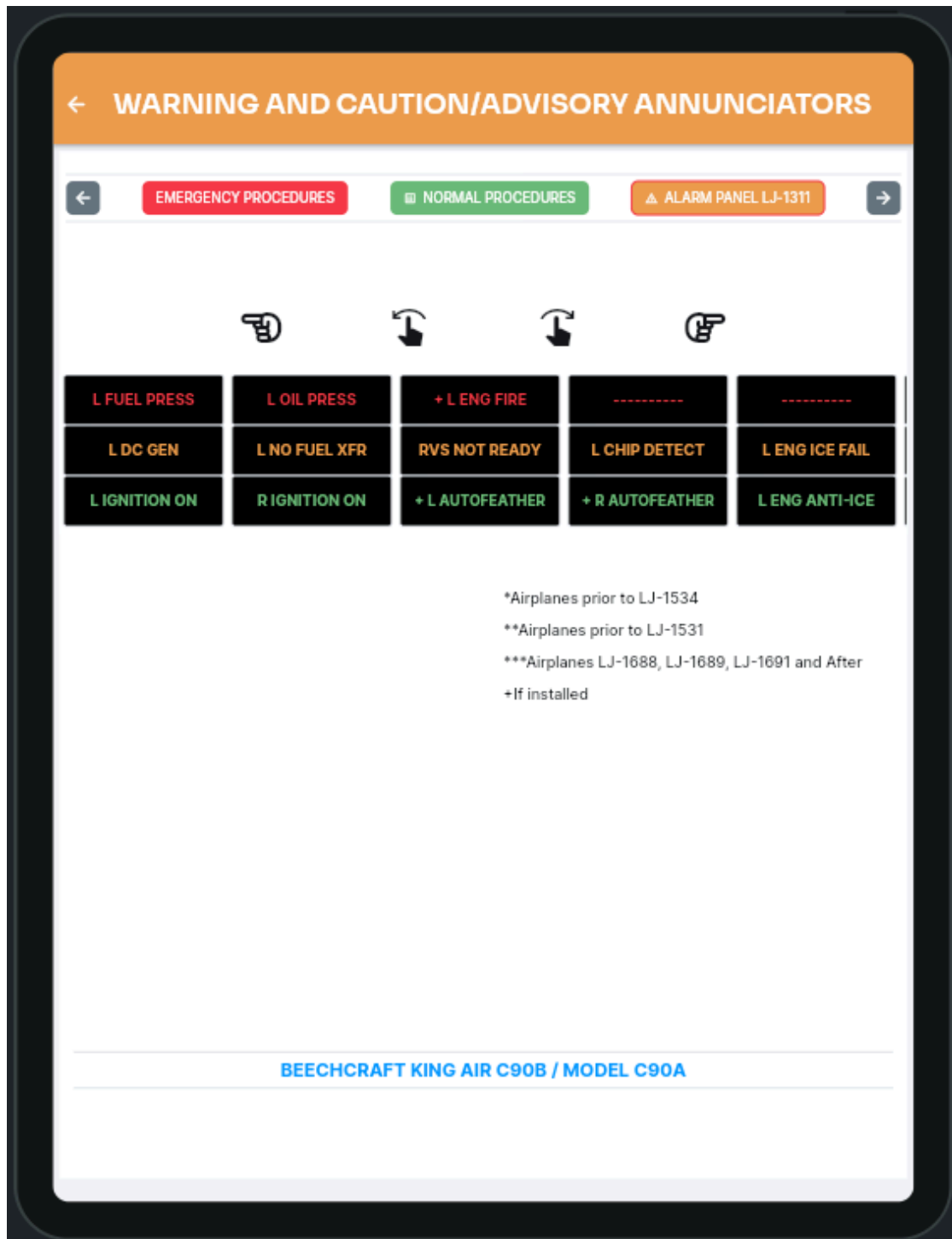
Fonte: Do autor.

Imagem 6 - *Print* da tela do sumário dos procedimentos anormais do aplicativo.



Fonte: Do autor.

Imagem 7 - Print da tela do painel de alarmes do aplicativo.



Fonte: Do autor.

ANEXO E - Código em Dart da função *generateAndShowPDF*

[Início do código]

```
// Automatic FlutterFlow imports
import '/backend/schema/structs/index.dart';
import '/flutter_flow/flutter_flow_theme.dart';
import '/flutter_flow/flutter_flow_util.dart';
import '/custom_code/actions/index.dart'; // Imports other custom actions
import '/flutter_flow/custom_functions.dart'; // Imports custom functions
import 'package:flutter/material.dart';
// Begin custom action code
// DO NOT REMOVE OR MODIFY THE CODE ABOVE!

import 'dart:typed_data';
import 'dart:convert';
import 'dart:io' as io;
import 'package:pdf/pdf.dart';
import 'package:pdf/widgets.dart' as pw;
import 'package:intl/intl.dart';
import 'package:flutter/services.dart' show rootBundle;
import 'package:path_provider/path_provider.dart';
import 'package:open_file/open_file.dart';

Future<void> generateAndShowPDF(List<dynamic> userId) async {
  final pdf = pw.Document();
  final dateFormatter = DateFormat('dd/MM/yyyy HH:mm');

  // Tenta carregar a logo (opcional)
  pw.Widget? logoWidget;
  try {
    final logoBytes = await rootBundle.load('assets/logo.png');
    final logo = pw.MemoryImage(logoBytes.buffer.asUint8List());
    logoWidget = pw.Image(logo, width: 120);
  } catch (e) {
    print('Logo não carregada. Continuando sem logo. Erro: $e');
  }

  // Converte dados da lista
  final List<Map<String, dynamic>> parsedList = userId.map((item) {
    return {
      'pilotCode': item['pilotCode'] is int
        ? item['pilotCode']
        : int.tryParse(item['pilotCode'].toString()) ?? 0,
    };
  });
}
```



```
'aircraftRegistration': item['aircraftRegistration']?.toString() ?? 'N/A',
'dateTime': item['dateTime'] is DateTime
  ? item['dateTime']
  : item['dateTime']?.toDate(),
};
}).toList();

// Monta o PDF
pdf.addPage(
  pw.Page(
    margin: const pw.EdgeInsets.all(24),
    build: (pw.Context context) {
      return pw.Column(
        crossAxisAlignment: pw.CrossAxisAlignment.start,
        children: [
          if (logoWidget != null) pw.Center(child: logoWidget),
          pw.SizedBox(height: 16),
          pw.Text(
            'King Air Checklist App: User Records / Registros de Usuários',
            style: pw.TextStyle(fontSize: 20, fontWeight: pw.FontWeight.bold),
          ),
          pw.SizedBox(height: 12),
          pw.Table.fromTextArray(
            headers: [
              'Pilot ID / CANAC',
              'Aircraft Reg. / Matrícula',
              'Date + Time / Data + Hora'
            ],
            data: parsedList.map((user) {
              return [
                user['pilotCode'].toString(),
                user['aircraftRegistration'],
                user['dateTime'] != null
                  ? dateFormatter.format(user['dateTime'])
                  : 'Invalid Date',
              ];
            }).toList(),
            border: pw.TableBorder.all(),
            headerStyle: pw.TextStyle(fontWeight: pw.FontWeight.bold),
            cellAlignment: pw.Alignment.centerLeft,
          ),
        ],
      );
    },
  ),
);
```



```
// Salva o PDF em diretório temporário
final pdfBytes = await pdf.save();
final dir = await getTemporaryDirectory();
final file = io.File('${dir.path}/user_records.pdf');
await file.writeAsBytes(pdfBytes);

// Abre o PDF com visualizador nativo
final result = await OpenFile.open(file.path);
print('Status ao abrir PDF: ${result.message}');
}
```

[Fim do código]

Fonte: Do autor.