



# **GUIA DE INVESTIGAÇÃO DA FADIGA HUMANA EM OCORRÊNCIAS AERONÁUTICAS**

Comissão Nacional da Fadiga Humana – CNFH  
Comitê Nacional de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos - CNPAA

# Guia de Investigação da Fadiga Humana em Ocorrências Aeronáuticas



Comissão Nacional de Fadiga Humana

CNFH

Comitê Nacional de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos

CNPAA

Brasília/DF

2017





## CNFH:

### Comissão Nacional da Fadiga Humana

Com a finalidade de aprimorar a investigação da influência da fadiga em ocorrências aeronáuticas, a Comissão Nacional da Fadiga Humana - CNFH foi constituída por membros participantes do Comitê Nacional de Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – CNPAA.

A metodologia da investigação de ocorrências aeronáuticas proposta pela CNFH é apresentada por meio desse guia, que tem como propósitos exclusivos fomentar estudos e discussões relevantes à fadiga no contexto da aviação. As informações contidas nessa publicação devem ser sempre usadas no contexto de outras fontes e regulações relevantes emitidas pelos órgãos competentes.

Embora seja um estudo independente e elaborado pela CNFH, o conteúdo exposto traz contribuições para que investigadores de ocorrências aeronáuticas possam, sistematicamente, aprimorar os processos relativos à investigação da fadiga humana. Atende também à necessidade de recursos e métodos que auxiliem na identificação e análise desse fenômeno complexo e multideterminado.

O objetivo das investigações conduzidas no âmbito do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – SIPAER visam, exclusivamente, identificar possíveis fatores contribuintes do referido acidente e, com isso, produzir recomendações necessárias ao aprimoramento da segurança de voo.

Em consonância com essa filosofia, o propósito da metodologia apresentada consiste em extrair das investigações de ocorrências aeronáuticas as recomendações de segurança de voo. As recomendações fomentam o adequado gerenciamento dos riscos da fadiga no contexto aeronáutico.

A prevenção de acidentes aeronáuticos é uma responsabilidade compartilhada por todos que atuam nesse contexto. Para atingi-la, deve-se buscar o aprimoramento contínuo do gerenciamento de riscos. Conhecimentos e experiências advindas dos acidentes devem ser aplicados na construção de novas estratégias e recursos para a elevação do nível de segurança operacional.

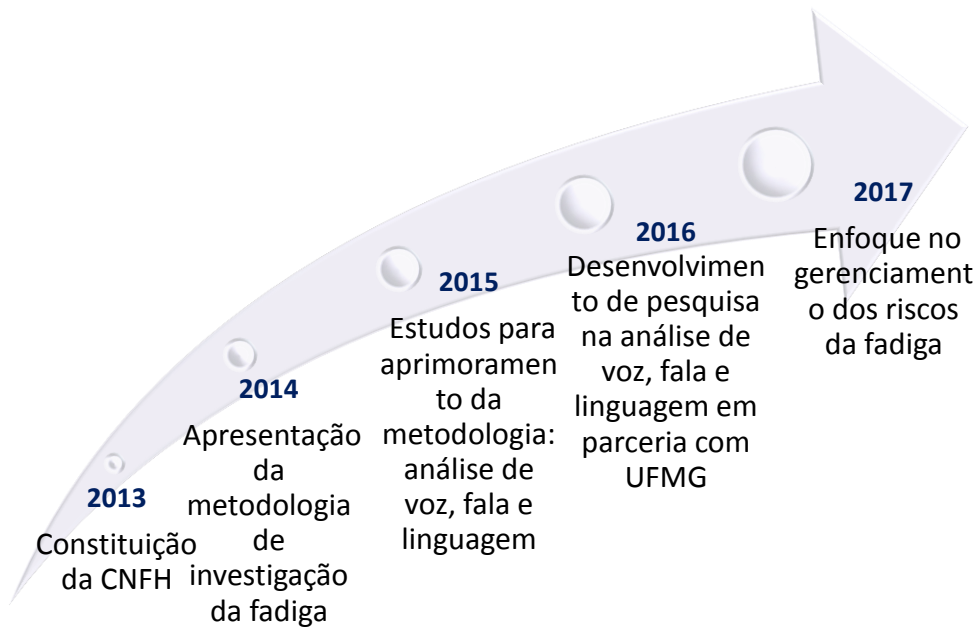


## HISTÓRICO DA CNFH

Constituída na 60ª reunião do CNPAA, ocorrida em 02 de novembro de 2013, a CNFH foi proposta pela Associação Brasileira de Pilotos da Aviação Civil (ABRAPAC), por intermédio do Comandante Paulo Rogério Licati.

A proposta teve respaldo nos resultados preliminares obtidos por uma pesquisa da ABRAPAC, em parceria com a Associação dos Aeronautas da Gol (ASAGOL) e com a Universidade de São Paulo (USP), que versava sobre fadiga de pilotos. A apresentação dos dados preliminares da referida pesquisa, ocorrida na 58ª Plenária do CNPAA, destacou a complexidade da investigação da fadiga nesse contexto profissional e indicou a necessidade de promover outros trabalhos relativos aos desafios de investigação e ao gerenciamento da fadiga no cenário da aviação brasileira.

Composta por membros representantes de diversas organizações do sistema aeronáutico, a CNFH inclui a participação de representantes de empresas áreas e outras organizações do sistema aeronáutico, como a Empresa Brasileira de Aeronáutica (EMBRAER), Sindicato Nacional dos Aeronautas (SNA), Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC) e o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). As associações de tripulantes também tiveram representação nesse projeto, com efetiva participação da ABRAPAC, ASAGOL e Associação dos Tripulantes da TAM (ATT).



## COORDENAÇÃO DA CNFH

### **Paulo Rogério Licati (Gestão 2013 – 2016)**

Comandante e instrutor de Boeing 737, graduado em Aviação Civil pela Universidade Anhembi Morumbi, especialista em Segurança de Aviação e Aeronavegabilidade Continuada pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e Agente de Segurança de Voo formado pelo Centro de Investigação de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Hoje, atua como Gerente de Segurança Operacional na empresa MODERN Transporte Aéreo de Carga S.A.

### **Raul Henrique Bocces de Souza (Gestão 2017)**

Comandante de aeronaves comerciais, pós-graduado em Segurança de voo pela Universidade Anhembi Morumbi, especialista em gerenciamento dos riscos na aviação, coordenador do comitê de *Human Performance da International Federation of Line Pilots' Associations - IFALPA* no Brasil e Instrutor de *Safety da International Air Transport Association - IATA*. Atualmente, é Diretor técnico da Associação dos Aeronautas da Gol Linhas Aéreas (ASAGOL) e Diretor do Sindicato Nacional dos Aeronautas (SNA).

## COMISSÃO NACIONAL DA FADIGA HUMANA

Agência Nacional da Aviação Civil - ANAC

Associação Brasileira das Empresas Aéreas – ABEAR

Associação Brasileira de Pilotos da Aviação Civil - ABRAPAC

Associação dos Aeronautas da Gol - ASAGOL

Associação dos Tripulantes da TAM - ATT

Avianca Linhas Aéreas

Azul Linhas Aéreas

Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos - CENIPA

Comissão Offshore do CNPAA

Companhia Vale do Rio Doce

Empresa Brasileira de Aeronáutica - EMBRAER

Gol Linhas Aéreas

*International Air Transport Association - IATA*

LATAM Linhas Aéreas

Líder Táxi Aéreo S.A.

Modern Transporte Aéreo de Cargas S.A.

Passaredo Linhas Aéreas

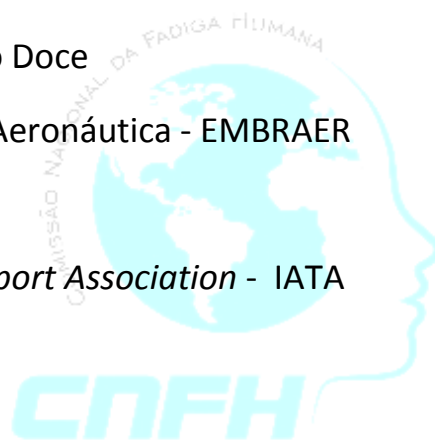
Sindicato Nacional dos Aeronautas – SNA

Total Linhas Aéreas

### **Organizações participantes convidadas:**

Universidade de São Paulo - USP

Universidade federal de Minas Gerais – UFMG



# ÍNDICE

## Parte 1 – Aporte teórico ..... p. 09.

- A fadiga no contexto aeronáutico
- Fadiga e Estado de alerta
- Relógio biológico
- O sono – arquitetura e função
- Quantidade e qualidade do sono
- Fatores impactantes no sono
- Efeitos da fadiga sobre o desempenho
- Publicações relevantes sobre fadiga

## Parte 2 – Cenário Brasil ..... p.41.

- Retrospectiva da contribuição da fadiga no Brasil
- Investigação da fadiga na aviação brasileira
- Avanços na metodologia de investigação da fadiga na aviação brasileira
- Estudos e pesquisas sobre a fadiga humana na aviação brasileira



### Parte 3 – Metodologia de Investigação



p.63.

- Metodologia de investigação proposta pela CNFH
- Etapas da metodologia de investigação da fadiga
- Triagem Inicial
- Metodologia detalhada
- Eixo I
- Eixo II
- Interpretação dos resultados

### Considerações Finais



p.83.

### Referências bibliográficas



p.84.

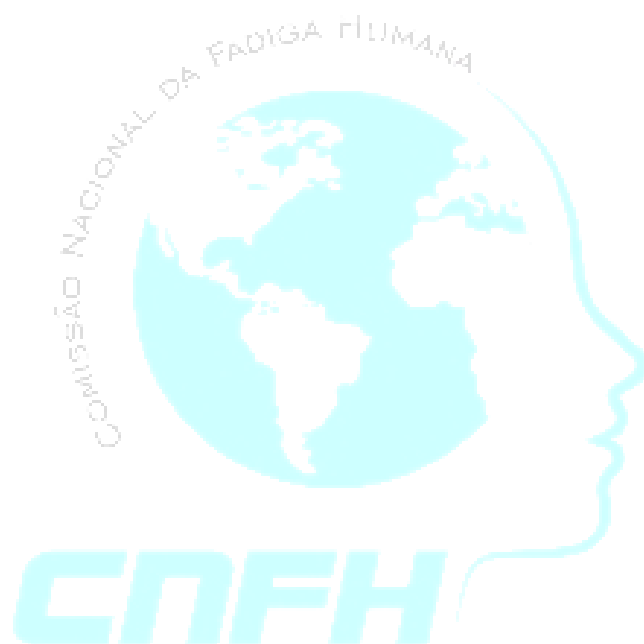
### Anexos ..... p. 86.

- **Anexo 1** – *Checklist 1*: verificação das condições de fadiga
- **Anexo 2** – *Checklist 2*: verificação da consistência entre fadiga e desempenho
- **Anexo 3** – Fluxograma de investigação da fadiga com base na metodologia proposta



Editado e revisado por:

Comissão Nacional da Fadiga Humana



Material apresentado na 68ª Plenária do CNPAA

A metodologia de investigação proposta foi  
apresentada e aprovada na 62ª Plenária do CNPAA

# PARTE 1

# APORTE TEÓRICO



## A fadiga no contexto aeronáutico

A fadiga consiste em um fenômeno complexo e multideterminado, mesclando componentes objetivos e subjetivos que permanecem por longos períodos como condição latente nas operações. Essas particularidades se apresentaram como um desafio também ao processo de investigação de ocorrências aeronáuticas, pois devido à ausência de maneiras adequadas de mensuração da fadiga, não era possível atribuir sua contribuição aos eventos críticos, inerentes às atividades em sistemas complexos.

Nesse cenário, suspeita-se que ocorreram muitos eventos críticos em que a fadiga pode ter sido fator contribuinte, no entanto, a falta de metodologia baseada em informações científicas para dar direção às investigações concorreu para restringir os trabalhos das equipes de investigação. Contudo, o avanço de pesquisas em caráter interdisciplinar, quando múltiplos olhares das ciências puderam se debruçar sobre a temática da fadiga a fim de conhecer suas nuances, reconhecer seus contornos e avaliar suas consequências, tornou possível mudar este cenário.

A fadiga humana é reconhecida pela *International Civil Aviation Organization (ICAO)*, *International Federation of Line Pilots' Associations (IFALPA)*, *International Air Transport Association (IATA)* e diversas agências de investigação ao redor do mundo como um fator contribuinte para vários eventos que afetam a Segurança Operacional.

À medida que métodos de mensuração complementares foram desenvolvidos, os riscos da fadiga se tornaram reconhecidos no meio aeronáutico e, portanto, passíveis de gerenciamento.

Neste contexto, desenvolveu-se a presente metodologia, alinhada com as recomendações constantes no DOC nº 9966 (ICAO, 2012), bem como com práticas investigativas adotadas por outras agências como o *National Transportation Safety Board* (NTSB, 2006) e *Transportation Safety Board* (TSB, 2002). Visa-se que, por meio do uso continuado desta ferramenta na aviação brasileira, seja promovido um salto qualitativo nas questões relativas à segurança operacional.

Desse modo, tem-se por objetivo ampliar as fronteiras para a investigação da fadiga humana nas ocorrências aeronáuticas, com consequente possibilidade de mapear tendências que permitam aprimorar os sistemas de gerenciamento do risco da fadiga nas operações aéreas.

A metodologia proposta baseia-se na visão de que a fadiga prescinde de um gerenciamento compartilhado entre o indivíduo e a organização, uma vez que ambos contribuem para as condições de trabalho e descanso dos trabalhadores.

Portanto, para avaliar as condições de fadiga às quais o indivíduo esteve exposto, devem ser considerados e investigados desde fatores de ordem individual/fisiológicos, tais como alerta, relógio biológico, ciclos de sono/despertar, natureza e função do sono, etc.; bem como fatores organizacionais, tais como escalas de voo, horários e condições de descanso, treinamentos e políticas sobre gerenciamento da fadiga, etc.

## Responsabilidade Compartilhada

*Compete à organização desenvolver e manter um processo formal que garanta a identificação dos riscos da fadiga, tanto quanto compete ao indivíduo o reconhecimento de suas reais condições de atuação profissional e a responsabilidade por reportar quando essas condições não são satisfatórias para a realização do voo.*



O estado de fadiga tem base na interação combinada dos ritmos circadianos, estado de alerta, sonolência e efeitos do débito de sono.

Essencialmente, todos os aspectos do desempenho humano podem ser negativamente influenciados pelo débito de sono, cujos efeitos incluem sonolência excessiva, degradação física, psicomotora e comprometimento do desempenho cognitivo.



# Fadiga e estado de alerta

Um estado de alerta adequado corresponde a um estado de ativação ótimo do cérebro, o qual permite ao ser humano captar as informações importantes ou excluí-las dentro de um determinado ambiente.



O nível de alerta determina o quão bem uma pessoa pode executar uma tarefa. Portanto, sempre que o estado de alerta for afetado pela fadiga, o desempenho humano pode ser significativamente prejudicado.

**O estado de alerta varia de acordo com a hora do dia, devido às influências do mecanismo circadiano.**

O relógio biológico irá produzir efeitos de sonolência em períodos específicos, independentemente das atividades exercidas (estar trabalhando ou em repouso).

Portanto, além das horas consecutivas de trabalho, é preciso considerar os efeitos decorrentes do período do dia em que a atividade está sendo desenvolvida.



Em alguns casos, a **hora do dia** pode ter mais efeito sobre o estado de alerta que o número de horas consecutivas de trabalho.

O estado de alerta também pode ser influenciado por inúmeros outros fatores:



## Como elevar o Estado de Alerta



Qualquer tipo de atividade muscular ajuda a manter um estado de alerta adequado. Ex. corrida, caminhada, alongamento ou até mesmo mascar chicletes pode estimular o estado de alerta.



Sonecas estratégicas e controladas podem melhorar o estado de alerta e o desempenho.

O estado de alerta pode ser reforçado através da ingestão de nutrientes.



A luz pode reduzir a sonolência.

O ar frio e seco pode aumentar o estado de alerta, enquanto o calor pode provocar o desejo de dormir.



Música e outros sons irregulares podem ajudar a manter um estado de alerta adequado, enquanto sons suaves podem provocar sonolência.

Alguns aromas, como o da hortelã-pimenta, também conhecida como menta, podem induzir a um estado mais alerta.

# Relógio biológico

O relógio biológico regula o ciclo diário de atividade e inatividade.

Em condições normais, o **ciclo circadiano** trabalha com variações nas vinte e quatro horas do dia, orientado pelo **ciclo claro-escuro** e por atividades sociais. Praticamente todas as funções do corpo são programadas de acordo com ciclo claro-escuro.



## Ritmos Circadianos

Um ciclo a cada 20 a 28 horas

Ex.: secreção de melatonina e cortisol



## Ritmos ultradianos

Um ciclo em intervalos menores que 20 horas

Ex.: batimentos cardíacos



## Ritmos infradianos

Um ciclo em intervalos maiores que 28 horas

Ex.: ciclo menstrual feminino

Conforme a regulação dos ciclos circadianos, muitas das funções fisiológicas do ser humano se expressam com maior intensidade durante o dia.

Os ritmos circadianos influenciam, dentre outras, as seguintes funções:

- Atividade
- Sono
- Temperatura corporal
- Alimentação
- Digestão
- Função Renal
- Hormônios no sangue



O ciclo intrínseco do relógio biológico humano é ajustado automaticamente em cada manhã por influência da luz do dia, e se adapta ao ciclo de 24 horas. Este processo de sincronização é conhecido como arrastamento (*entrainment*).

Em geral, o ciclo circadiano tem uma duração de 25 horas, mas pode ser reajustado cerca de duas horas a cada dia, permitindo-nos viver confortavelmente um dia entre 23 a 27 horas.

## Ciclo Vigília/Sono



Em condições normais, o ciclo vigília sono segue um ritmo de vinte e quatro horas, sendo que aproximadamente um terço deste tempo é gasto dormindo. O ciclo não é o mesmo para todas as pessoas, uma vez que o pico principal de alerta pode ocorrer mais cedo ou mais tarde durante as vinte e quatro horas. Embora os ritmos individuais variem, o ciclo de todos os seres humanos apresenta dois pontos extremos distintos (máximo e mínimo).

Precedendo os períodos de máxima sonolência, as pessoas apresentam períodos ou picos de **máximo alerta**. Durante os picos de máximo alerta, o sono é difícil e frequentemente de má qualidade, isto é, não tem o mesmo valor restaurador como o sono durante a máxima sonolência.

***Em  
Alta***

***Em  
Baixa***

O grande ponto de baixa ocorre durante a madrugada no período entre **02h00min e 06h00min**; o outro ponto de baixa ocorre no período da tarde, por volta das **13h00min às 15h00min**. Durante esses momentos de baixa, pode ser particularmente difícil manter-se alerta.

A variação no período vespertino está relacionada à variação da temperatura corporal, que gera um efeito conhecido como **período de sono secundário**.

Esse fenômeno é internacionalmente conhecido como *post lunch dip*. A ICAO faz referência a esse fenômeno como *afternoon nap window* (DOC 9966, 2012). No Brasil, também é conhecido como **efeito feijoadado**. Ressalta-se, contudo, que a baixa ocorrida nesse período vespertino não está relacionada ao comportamento alimentar. Desse modo, pode haver aumento na frequência de episódios de sonolência nesse período, independentemente do consumo ou não de alimentos.

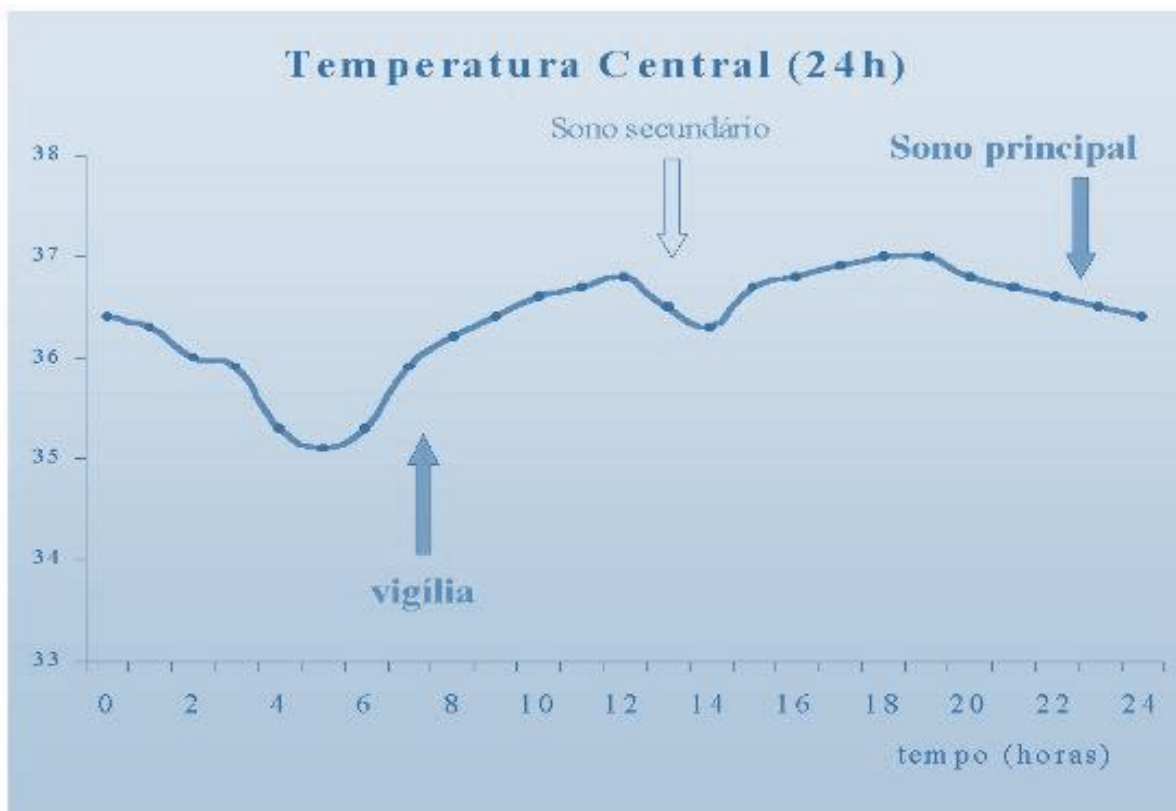


Imagem adaptada de: MENNA-BARRETO (1997)

# O Sono: Arquitetura e função

## Arquitetura do Sono



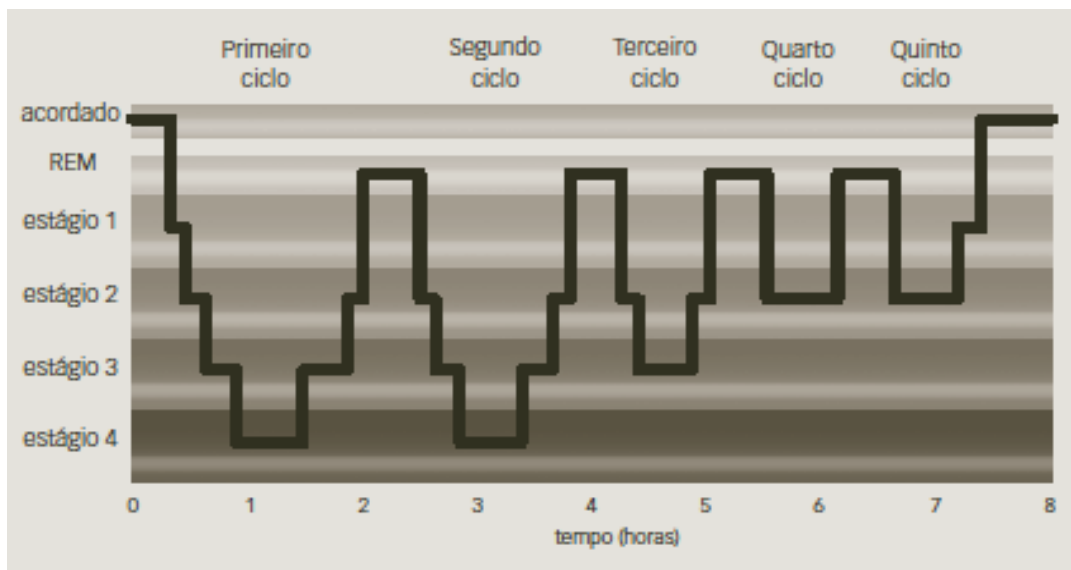
O sono é um processo ativo. Ao dormir, a pessoa entra num estado de consciência modificado.

Normalmente, o sono ocorre por meio de vários estágios que se desenvolvem em ciclos específicos.



Esses estágios compõem um padrão noturno de sono leve, sono profundo e episódios de sono com movimento rápido dos olhos (REM), chamado de arquitetura do sono.





Representação da arquitetura do sono

O **estágio 1** do sono é uma fase de transição entre a vigília e o sono, enquanto que o **estágio 4** é o nível de sono mais profundo. Caso alguém seja acordado durante esse estágio, provavelmente despertará desorientado e sofrendo de uma inércia do sono, uma condição de funcionalidade prejudicada que pode durar até 120 minutos.

O **sono REM** ocorre depois de aproximadamente 70 a 80 minutos de sono. É o estágio dos sonhos, no qual as pessoas estarão mais propensas a lembrar-se do sonho se despertadas nessa fase.

O Ciclo dos Estágios de 1 a 4 e do sono REM se repetem durante o sono em **ciclos de aproximadamente 90 (noventa) minutos**, sendo que cada ciclo sucessivo contém maiores quantidades de sono REM.

Um **sono de 8 horas** contém de 4 a 5 episódios de sono REM.  
A maior parte do sono de **Estágio 4** acontece no início da noite.

## Função do Sono



Embora pouco se saiba a respeito da função do sono, as pesquisas sugerem que os **estágios 3 e 4** podem estar relacionados com a **restauração corporal**, bem como o **sono REM** favorece o fortalecimento e a organização da **memória**.

Atividade física intensa pode causar mais sono de estágios 3 e 4, enquanto que a aprendizagem de tarefas novas pode resultar numa proporção aumentada de sono REM.

Em situações nas quais o ser humano não desfruta adequadamente do sono nos **estágios 3 e 4**, bem como do sono REM, ocorrem **efeitos de sonolência e estado de alerta reduzido** no dia seguinte.

No sono subsequente, o sono terá uma maior demanda por estes estágios.



## Quantidade de Sono



Alerta e o desempenho têm relação direta com a quantidade e qualidade de sono. Contudo, as necessidades de sono das pessoas são de caráter individual, variando conforme fatores endógenos e ambientais.

Não existe uma quantidade absoluta de sono que deva ser obtida. As pessoas devem dormir o suficiente para estarem alertas no dia seguinte. De forma geral, mais de 90% da população precisa de algo em torno de 7,5 a 8,5 horas de sono por dia de 24 horas.

Contrariando informações difundidas pelo senso comum, as necessidades de sono não mudam com a idade; o que muda são os padrões de sono. Tipicamente, com a idade se torna mais difícil adormecer (pegar no sono) ou se manter dormindo. As pessoas mais velhas não necessitam de menos sono do que quando eram mais jovens, mas frequentemente têm mais dificuldade de dormir o suficiente.



## Débito de Sono



Dormir menos que o necessário de maneira crônica pode levar a um **débito de sono cumulativo**. Isso ocorre quando uma quantidade insuficiente de sono se estende por vários dias consecutivos.

O débito de sono, ainda que ocorrendo de forma menos intensa, pode prejudicar significativamente o desempenho.

Dormir menos de maneira crônica resulta em baixo desempenho, independentemente do ciclo circadiano e longo tempo de vigília.

Uma vez que o débito de sono aumente, o sono reparador pode ajudar a manter ou recuperar os níveis de desempenho e no caso da fadiga deve-se associar o descanso com os limites prescritivos de jornadas de trabalho dos tripulantes, propostos em regulamentos de gerenciamento dos riscos da fadiga.

O **débito agudo de sono** é decorrente das situações em que o indivíduo permanece em vigília, sem dormir, por mais o tempo que o normal. Ao ser privado de sono por um longo período, o ser humano irá, normalmente, necessitar de duas noites de sono para se recuperar totalmente.

Ressalta-se que o sono não tem sempre a mesma qualidade e nem sempre proporciona a recuperação plena.

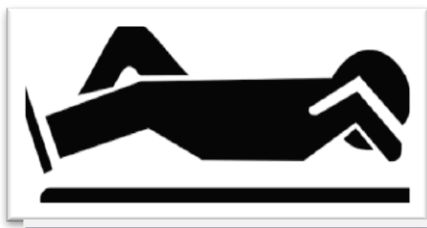
O débito agudo  
O débito agudo  
podrá ocorrer  
ao permanecer  
sem dormir por  
um período  
maior que 16  
horas de vigília  
por dia. Quanto  
maior for o  
tempo de  
vigília, maior  
será a pressão  
para o sono.

Ao perder uma hora de sono por  
noite ao longo de uma semana, o  
indivíduo sofrerá um débito de  
sono equivalente à perda de uma  
noite inteira de sono.

## Matemática do Sono



O ciclo vigília/sono pode ser comparado, considerando a normalidade dos ritmos biológicos, como um sistema de crédito e débito no qual a pessoa recebe aproximadamente dois pontos para cada hora de sono até um máximo de 16 pontos, e tem aproximadamente 1 ponto reduzido para cada hora acordado.



+ 2 Pontos a  
cada 1h de  
sono

- 1 Ponto a  
cada 1h de  
vigília



- Não se pode armazenar sono; quanto menos pontos se tem, maior é a pressão para o sono.
- Normalmente, quando tiver pouco ou nenhum crédito de sono (zero pontos), a pessoa dormirá por cerca de 8 horas.
- Isto será seguido por um período de vigília aproximado de 16 horas (dedução de 16 pontos).
- Desta forma, um sono recuperador realiza depósitos no “banco do sono”, enquanto que a vigília realiza saques.
- Quando se faz saques demais e, o saldo no banco do sono fica baixo, a pressão por dormir se torna extrema, especialmente depois de 24 horas de vigília, [seja qual for a hora do dia](#).

## Qualidade do Sono



De forma similar ao que se observa em relação à quantidade de sono, alerta e o desempenho também se relacionam diretamente com a qualidade do sono. Um sono de qualidade é um sono restaurador. Porém, o sono não tem sempre a mesma qualidade e, em algumas ocasiões, não proporciona a recuperação plena.

Um dos fatores contribuintes para um sono restaurador é a sincronização do relógio biológico, pois nessas condições, o sono é mais propenso a ocorrer prontamente, ser de melhor qualidade e de maior duração. Para que se possa sentir bem descansado e alerta, os vários estágios de sono têm de ocorrer nas proporções adequadas.

Os estágios do sono têm ciclos específicos, cada um com duração de cerca de 90 minutos. Um sono de qualidade e restaurador necessita de 4 a 5 ciclos de sono ininterruptos. O simples fato de se estar cansado não é suficiente para garantir um bom sono.

A hora em que se dorme pode ser tão crítica para a duração do sono quanto o tempo que se passa acordado. Se a hora de dormir não estiver em sincronia com o relógio biológico, torna-se difícil dormir de maneira apropriada.



A ICAO estabelece protocolos procedimentais para o uso do cochilo controlado na cabine de comando como estratégia de mitigação eficaz que deve ser usada quando se fizer necessária, em resposta à experiência de fadiga, durante operações de voo. Porém, adverte que essa estratégia não deve ser usada como uma ferramenta de gestão da programação, isto é, como uma estratégia planejada para permitir a ampliação de períodos de serviço.

DOC 9966

## O Ambiente do Sono



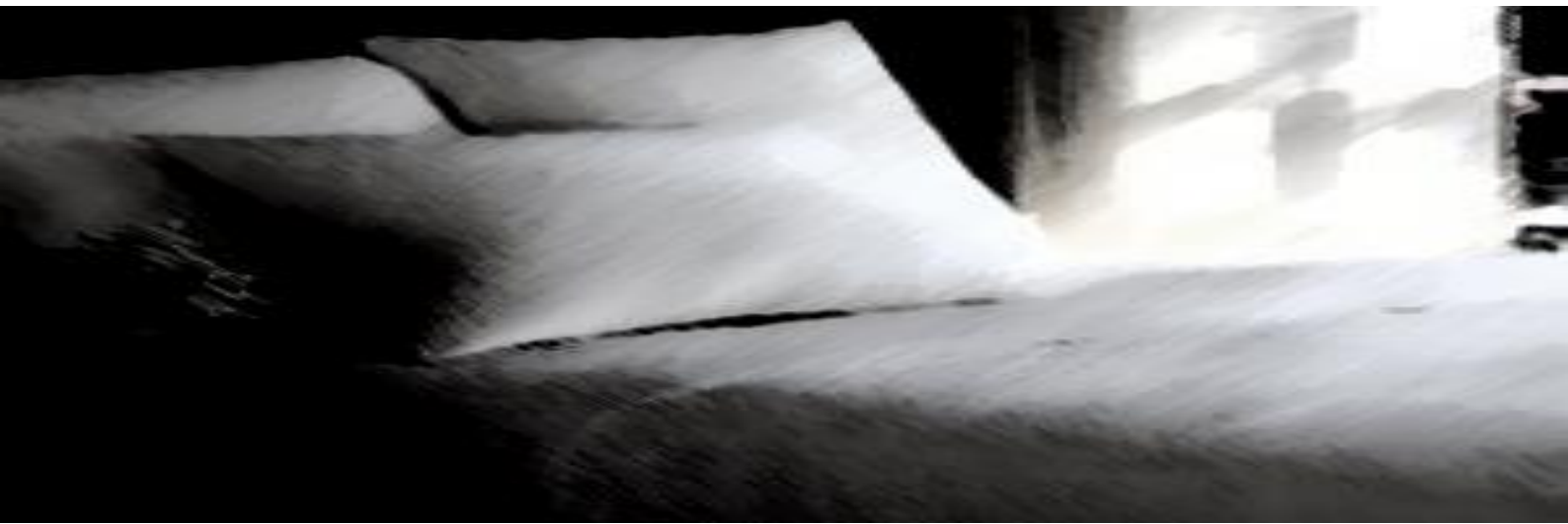
Normalmente, o sono ideal ocorre num ambiente soporífico; ou seja, aquele em que é fácil estabelecer o sono. Os fatores do ambiente soporífico incluem dormir em uma cama confortável, num quarto escuro, em ambiente silencioso, com temperatura agradável, com fluxo de ar fresco e sem interrupções.



### *Hora de dormir*

*A hora do dia é um componente importante para a qualidade do sono, porque, independentemente de quanto tempo se permanece sem dormir, o corpo humano continua a seguir o ritmo circadiano.*

*Se uma quantidade insuficiente de sono se prolonga por várias noites consecutivas, o débito de sono cumulativo aumenta, afetando adversamente o nível de alerta durante o dia.*



# Fatores impactantes no sono

## Distúrbios do Sono



Há grandes diferenças entre os indivíduos quanto a sua capacidade de dormir fora de fase com os ritmos biológicos e a sua tolerância a perturbações do sono. Mais de 5% da população sofre de distúrbios do sono e muitos não sabem disso.

### APNEIA DO SONO

É o distúrbio no qual o indivíduo sofre breves e repetidas interrupções da respiração (apneias) enquanto dorme, o que pode o levar a acordar várias vezes durante o sono, frequentemente, sem perceber.

É uma das causas mais comuns de sonolência excessiva durante o dia. Associa-se frequentemente com a obesidade e pode ser causada por obstrução das vias aéreas ou por danos à parte do cérebro que controla a respiração.

### NARCOLEPSIA

Consiste em uma doença caracterizada por ataques incontroláveis de sono que podem ocorrer diversas vezes num dia. Sua causa é desconhecida, embora possa ser neurológica.

## INSONIA

Caracteriza-se mais como uma perturbação do sono do que um distúrbio. Acredita-se que esse problema afete entre 15% a 30% da população adulta. Porém, em alguns grupos, como o de trabalhadores por turnos, acredita-se que a ocorrência de insônia seja mais próxima dos 65%.

As pessoas que sofrem de insônia, geralmente se queixam de dificuldades para: dormir; permanecer dormindo; ou acordar cedo; caracterizando um sono de má qualidade. As queixas diurnas incluem fadiga, sonolência, desempenho degradado, dores e ansiedade.

Muitos casos de insônia pioram devido a fatores psicológicos, incluindo a preocupação com o próprio sono insuficiente. Pode ser causada também por hipertireoidismo, diabetes, contrações musculares ou estimulantes.

A **insônia clínica** descreve a condição em que a pessoa tem dificuldade de dormir em condições normais, regulares e em fase com o seu ritmo circadiano. É uma incapacidade de dormir quando o sistema fisiológico está sendo demandado por sono.

A **insônia situacional** descreve a condição em que uma pessoa tem dificuldade em dormir numa situação particular, por exemplo, quando os ritmos biológicos são perturbados, ou quando alguém está tentando dormir em ambiente não adequado. Isto ocorre quando o **organismo biológico** do indivíduo não está na fase de sono.

## Horários Irregulares



O ciclo circadiano é perfeitamente sincronizado com o despertar diurno e sono noturno. Por isso, horários irregulares representam um desafio ao gerenciamento do risco da fadiga.

O principal problema do trabalho em turno é a dessincronização do relógio biológico. Embora o ciclo circadiano consiga se ajustar em uma ou duas horas por dia, as escalas de trabalho dos aeronautas demandam ajustes a uma variação de 8 ou 12 horas, o que não possibilita essa sincronização.

São necessários vários dias para que o corpo se ajuste a um novo horário e, durante esse tempo, o ciclo circadiano permanece fora de sincronia com o mundo à volta do indivíduo. Nessas situações, o relógio biológico promove o despertar quando ainda é necessário dormir; e induz a dormir quando é necessário permanecer acordado.

**Horários irregulares que incluem rodízio de turnos dentro de um mesmo fuso horário e aqueles que requerem transição entre fusos horários desorganizam a sincronização do ciclo circadiano.**

A **ressincronização** do ritmo circadiano leva aproximadamente um dia para cada hora de diferença.

Os trabalhadores que precisam dormir durante o dia têm maior propensão ao sono mais curto e despertares frequentes.

O corpo consegue se ajustar vagarosamente a sucessivas noites de trabalho por escala e sono diurno. Nas duas primeiras noites de trabalho por turno, existe uma **queda no alerta durante as primeiras horas da madrugada**.

São necessários alguns dias de trabalho noturno para que o estado de alerta e o sono diurno melhorem. Entretanto, ao final de um período de trabalho noturno ou de alguns dias de folga, o ciclo circadiano precisa se ajustar novamente.

O sono diurno tem uma maior proporção de estágios 1 e 2 do que o normal e, por isso somos despertados mais facilmente. Durante o sono diurno, os estágios 3 e 4 são encurtados, estes estágios são os mais restauradores por incluírem o sono mais profundo e o REM.

Portanto, isto significa que **o indivíduo ainda poderá se sentir fatigado, mesmo tendo dormido de 6 a 8 horas**.

Se os horários de trabalho acontecerem em turnos variáveis, isto é, se a pessoa não permanecer em determinado horário o suficiente para ajustar-se, então o indivíduo não irá se ressincronizar.

Horários de trabalho que estão sempre mudando não permitem tempo suficiente para um período de sincronização, colaborando para a privação do sono.

Por ter dormido de **6 a 8 horas**, o indivíduo pode pensar que está bem descansado. Por isso, somente a **avaliação do próprio indivíduo** a respeito do seu estado de alerta pode não ser suficiente para se determinar se a fadiga é um fator subjacente.

## Escalas de trabalho

Escalas de trabalho que promovem condições favoráveis ao desempenho são aquelas em que:

- O rodízio é feito no sentido horário: manhã, tarde, noite, madrugada e volta para manhã.
- O tempo de trabalho da noite é mais curto no final de uma série de turnos.
- O rodízio é realizado de maneira gradual, permitindo uma melhor adaptação circadiana ao turno.

Quando possível, as tarefas críticas para a segurança, horas extras ou extensão de jornadas de trabalho devem ser programados para os horários em que as pessoas estão mais alertas no contexto de seu ciclo circadiano, exemplo entre **07h00min** e **23h00min**.

No caso das escalas com turnos de trabalhos alternados entre os períodos do dia, recomenda-se que o rodízio no sentido inverso aos ponteiros do relógio seja evitado, pois essa condição obriga os trabalhadores a antecipar o horário de dormir.

## Dessincronização do Ciclo Circadiano (*Jet Lag*)



*Jet lag* é um tipo de dessincronia do ciclo circadiano que ocorre quando vários fusos horários são cruzados. Isso ocorre principalmente devido à defasagem do ciclo circadiano em relação ao novo horário local, o que gera dessincronização e resulta em privação de sono.

A extensão e o grau dos sintomas do *Jet lag* dependem do número, velocidade e direção das mudanças de fuso horário. Outro fator que afeta o grau da *Jet lag* é a influência dos *zeitgebers*, que podem promover um ajuste mais rápido.

O ciclo circadiano é sincronizado mais facilmente quando as viagens acontecem no sentido Oeste, que aumentam a duração do dia, visto que o relógio biológico interno naturalmente tende para um dia de 25 horas.

Nas viagens com sentido Leste, o ciclo circadiano leva mais tempo para sincronizar porque o dia é reduzido a fim de se ajustar ao ambiente local, contrariando a tendência natural. Em geral, a maior dificuldade advém do cruzamento de 12 fusos horários, e a menor resulta do cruzamento de 1 fuso horário.

### *Zeitgebers*

Termo em alemão que significa “doadores de tempo”. Os *zeitgebers* são os *inputs* diários que servem para sincronizar os nossos ritmos circadianos.

Atuam sob a forma de *inputs* e sinais de hora local, tais como refeições, horários de trabalho e de dormir, além do input direto dos ciclos de luz/escuridão.

## Efeitos da fadiga sobre o desempenho

**D**urante as horas noturnas, e em grau menor durante o período no meio da tarde, o desempenho humano é dificultado de maneira significativa, seja em função de prejuízos às habilidades, ao tempo de reação ou ao raciocínio cognitivo.

A forma mais extrema de fadiga é o sono incontrolável, que pode levar ao adormecimento contra a própria vontade. Os episódios podem ser um microssono, cochilo ou um episódio mais longo. Enquanto adormecido, o indivíduo está perceptivamente isolado, isto é, não está consciente do que se passa à sua volta.

A fadiga pode afetar a capacidade do indivíduo em responder a estímulos; incluindo reações lentas a estímulos normais, anormais ou mesmo de emergência.

Num estado de fadiga, leva-se mais tempo para perceber estímulos, mais tempo para interpretá-los ou entendê-los e mais tempo para reagir a eles, uma vez que tenham sido identificados.

Quando uma pessoa está sofrendo de fadiga, seu desempenho no trabalho será afetado.



## **MOTIVAÇÃO**

Embora eventualmente a **motivação** possa sobrepujar os efeitos da fadiga, esse efeito motivacional é limitado e pode terminar com pouco ou nenhum aviso.

A fadiga pode resultar em **motivação** reduzida em relação a se obter um bom desempenho. Isso pode se traduzir numa **disposição de assumir riscos** e um **relaxamento com a segurança operacional**, o que normalmente não seria tolerado se a pessoa estivesse alerta.



\* Para mais informações sobre a variação do humor, ver estudo sobre escala de variação de humor brasileira

<http://www.tgl.ufrj.br/viisitraer/pdf/548.pdf>

## Publicações relevantes



BRASIL. Lei nº 13.475, de 28 de agosto de 2017. Dispõe sobre o exercício da profissão de tripulante de aeronave, denominado aeronauta; e revoga a Lei no 7.183, de 5 de abril de 1984. Disponível em:

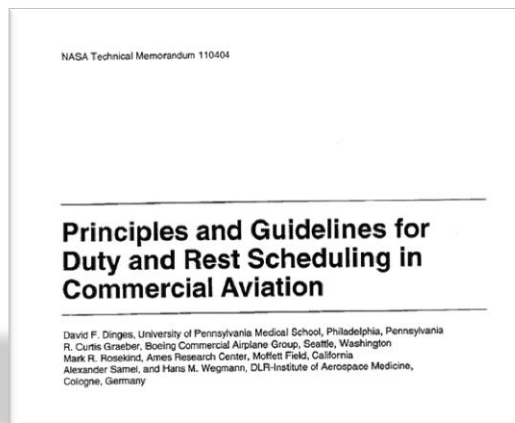
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/L13475.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13475.htm)



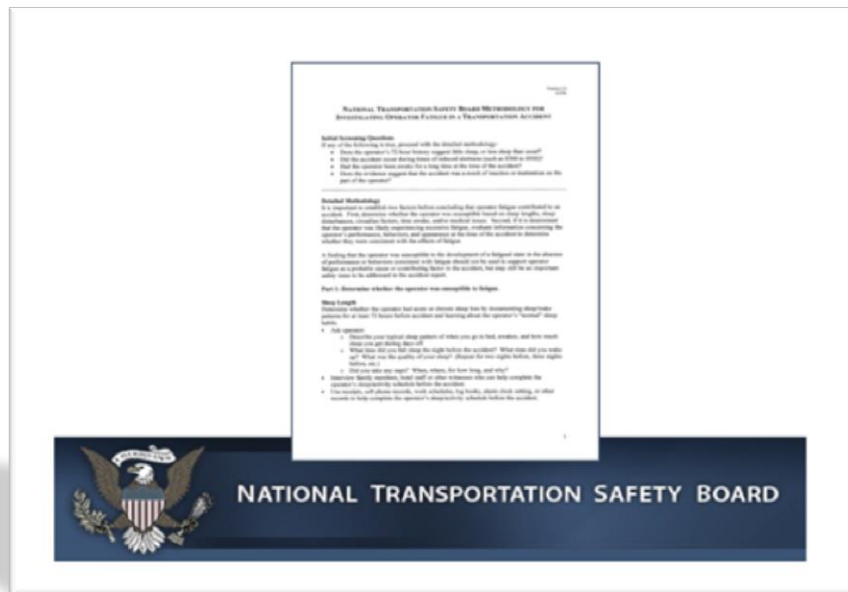
CASA. *Civil Aviation Safety Authority. Australian Government. **Fatigue Management for the Australian Aviation Industry. Trainer's handbook. May 2012.***



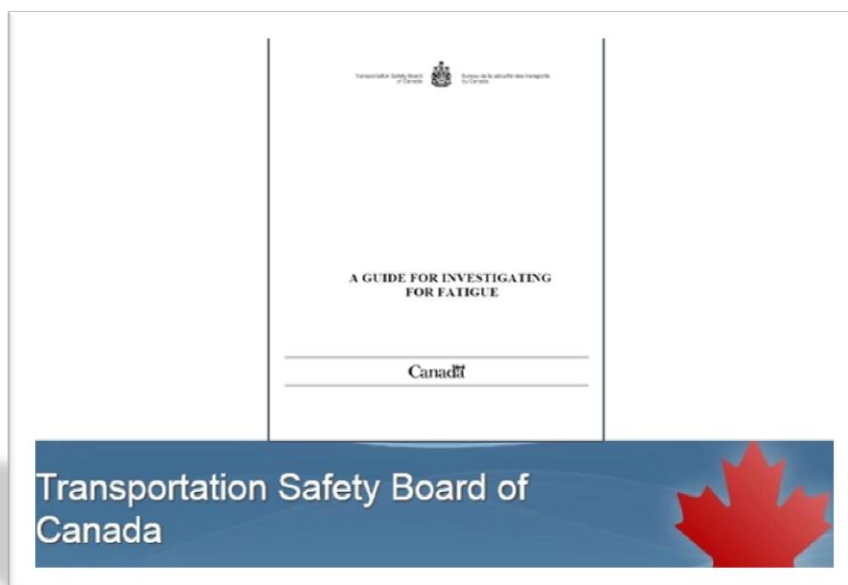
ICAO. INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **DOC 9966. Fatigue Risk Management Systems-FRMS: Manual for Regulators.** Montreal: ICAO, 2012.



NASA. National Aeronautics and Space Administration. Technical Memorandum 110404. **Principles and Guidelines for duty and rest scheduling in commercial aviation.** May 1996.



NTSB. National Transportation Safety Board. **Fatigue Resource Guide**. 2ª edição. EUA, Jun 2006.



TSB. Transportation Safety Board of Canadá. **A guide for investigating for fatigue**. Canadá, Set 2002.

# PARTE 2

# CENÁRIO BRASIL



# Retrospectiva da contribuição da fadiga para ocorrências aeronáuticas na aviação brasileira

Até o ano de 2017, considerando apenas investigações de ocorrências aeronáuticas que já foram concluídas, a aviação civil brasileira registrou 21 ocorrências aeronáuticas que envolveram a contribuição da fadiga (em nível contribuinte e indeterminado).

Nessas ocorrências, foram englobados diferentes segmentos da aviação e diferentes tipos de operação.

Além disso, evidenciou-se que profissionais em diferentes funções poderiam ter seu desempenho prejudicado pelos efeitos gerados pela fadiga.



## MATRÍCULA DA AERONAVE: PT-TCS

Data: 21/03/1989

Tipo: Perda de controle em voo

### HISTÓRICO

Durante a desaceleração, já configurada para pouso, a aeronave apresentou uma anormal perda de altitude, vindo a colidir com alguns veículos e residências e, finalmente, incendiou-se. Em consequência do acidente, os três tripulantes e vinte e cinco pessoas em terra faleceram.

### FADIGA

De acordo com a Comissão de Investigação, a tripulação havia cumprido as folgas regulamentares, no entanto, estaria “regulamentada” se o pouso ocorresse normalmente. Essa Comissão apresentou a hipótese de que a decisão da tripulação em realizar um pouso estaria ligada a consequentes problemas de regulamentação. O cansaço físico e mental ao qual a tripulação poderia estar submetida pode ter afetado sua capacidade de identificar as situações potencialmente perigosas presentes naquela fase crítica do voo..



Extensão da jornada de trabalho pode ter favorecido o cansaço físico e mental da tripulação, afetando o seu desempenho.

## MATRÍCULA DA AERONAVE: PT-LIY

Data: 01/12/2002

Tipo: Perda de controle no solo

### HISTÓRICO

A aeronave decolou do aeródromo de Goiânia, GO (SBGO), com destino ao aeródromo de Marília, SP (SBML), às 21h30min, com dois pilotos e cinco passageiros a bordo.

Em Marília, em razão de formações meteorológicas, o piloto abreviou o circuito de tráfego e realizou o pouso na cabeceira 03, ultrapassando os limites da pista, parando a 143 metros da cabeceira oposta. A pista estava molhada e o vento estava forte e de cauda.

### FADIGA

Embora a tripulação tenha afirmado que o percurso voado durante o dia não fora extenso e que houve um período de descanso antes da última etapa, é possível que esse descanso não tenha sido suficiente, considerando que foi realizado dentro da própria aeronave, a qual não possibilita o repouso horizontal.



Foram observadas condições inadequadas que possivelmente dificultaram o adequado descanso da tripulação.

## MATRÍCULA DA AERONAVE: PT-GSD

Data: 23/02/2007

Tipo: Colisão em voo com obstáculo

### HISTÓRICO

A aeronave decolou de uma fazenda para realizar um voo de aplicação de defensivos agrícola em uma plantação de soja. De acordo com testemunhas que trabalhavam no local, por volta de 15h 30min, durante a segunda passagem de uma etapa de pulverização, a aeronave colidiu com o galho de uma árvore remanescente do cerrado, aproximadamente a dez metros do solo. Após o primeiro impacto, a aeronave perdeu altura e a asa direita chocou-se com outra árvore, provocando um giro de 180° e a colisão com o solo.

### FADIGA

A fadiga do piloto foi fator contribuinte deste acidente, considerando-se o alto nível de concentração que o voo de pulverização agrícola requer, conciliado ao uso da aeronave bem próxima aos seus limites de emprego, ao ruído, à vibração, à exposição a produtos químicos, à sobrecarga de trabalho, à jornada de longa duração, incluindo vários procedimentos de pousos e decolagens para reabastecimentos de defensivos agrícolas e combustível.



No momento da colisão o piloto contava com dez horas de jornada, estando dentro do limite previsto à época do acidente..

**PR-AFA 13 AGO 2014**

## **Perda de controle em voo**

**Pela primeira vez em uma investigação conduzida pelo Estado brasileiro, foi realizada análise pericial de voz, fala e linguagem para detecção de sinais de fadiga**

### **HISTÓRICO DO VOO:**

A aeronave decolou do Aeródromo Santos Dumont, Rio de Janeiro, RJ (SBRJ), com destino ao Aeródromo de Santos, Guarujá, SP (SBST), às 12h21min (UTC), com dois pilotos e cinco passageiros a bordo a fim de realizar um voo de transporte. Durante o voo em rota, a aeronave permaneceu sob vigilância RADAR dos controles de aproximação do Rio de Janeiro (APP-RJ) e de São Paulo (APP-SP) sem qualquer anormalidade observada.

Ao ser liberada pelo APP-SP para descida e aproximação em SBST, já em contato com o *Aerodrome Flight Information Service-Santos* (Rádio Santos), a tripulação informou que executaria o perfil da carta de aproximação IFR ECHO 1 RWY 35 NDB. Após reportar na aproximação final, a tripulação informou que iria arremeter, que iria aguardar e que chamaria novamente a Rádio Santos.

De acordo com relatos de um observador no solo, que aguardava a chegada da aeronave no Núcleo da Base Aérea de Santos (NuBAST), e de outro que estava posicionado no Porto de Santos, a aeronave sobrevoou toda a extensão da pista do aeródromo à baixa altura e, em seguida, curvou à esquerda, saindo do alcance visual dos observadores devido às condições meteorológicas. Momentos após, a aeronave colidiu contra o solo.

## FADIGA

Pela primeira vez, no Brasil, foi realizada uma identificação biométrica em investigação de acidente aeronáutico, por meio da análise dos parâmetros de voz, fala, linguagem e das variações das características destes parâmetros, com apoio de especialistas em análise de nexos causal entre alterações vocais e atividade ocupacional, atuantes na área de pesquisa acadêmica.

A utilização dessa técnica objetivou buscar a identificação de possíveis condições preexistentes que pudessem ter afetado o desempenho da tripulação. Como resultado, essa análise concluiu, cientificamente, que os dados de voz analisados apresentavam parâmetros compatíveis com fadiga e sonolência do copiloto no voo do acidente.

Apesar de a tripulação não ter ultrapassado os limites de jornada de trabalho estipulados pela Lei 7.183/84, o copiloto apresentava um estado compatível com a fadiga. Essa investigação reforçou a relevância de que operadores em geral adotem práticas de gerenciamento do risco da fadiga, uma vez que, em determinadas circunstâncias, a adoção de limites prescritivos da jornada de trabalho poderá ser insuficiente para constituir a barreira impeditiva à fadiga de tripulantes.



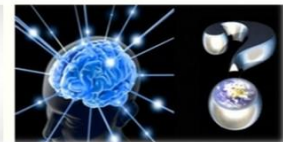
# A investigação da fadiga na aviação brasileira

Ao considerar o cenário da aviação brasileira, ressalta-se que a fadiga não figura como um fator contribuinte recorrente nos Relatórios Finais emitidos pelo CENIPA.

Essa realidade é reflexo das dificuldades enfrentadas para investigação da fadiga em ocorrências aeronáuticas, devido à natureza complexa e multideterminada desse fenômeno, a qual exige a atuação integrada de uma equipe multidisciplinar.

## Desafios presentes na investigação da fadiga

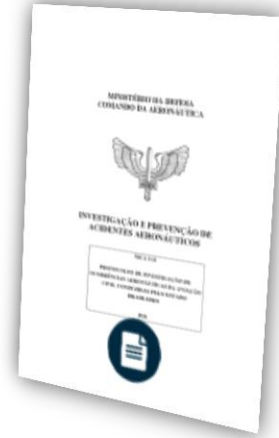
- Ausência de processos organizacionais voltados ao gerenciamento da fadiga;
- Dificuldades da mensuração da fadiga;
- Complexidade do desempenho humano e da operação aérea;
- Multiplicidade de fatores que afetam o ciclo vigília-sono;
- Recursos humanos para composição de equipe multidisciplinar.



## Práticas tradicionais de investigação da fadiga no Brasil



A contribuição da fadiga em ocorrências segue aos preceitos da Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica 3-13 (NSCA 3-13), normativa que rege o protocolo investigativo adotado pelo Estado brasileiro.



Em geral, esse processo envolve:

- A coleta de dados por meio de entrevistas com tripulação, familiares, amigos e colegas de trabalho, gestores e supervisores;
- Análise da jornada de trabalho, considerando as determinações legais e prescritivas vigentes;
- Análise da rotina pessoal e profissional de, pelo menos, os últimos 30 dias;
- Análise da qualidade e quantidade do sono, quando possível;
- Informações médicas;
- Análise da tarefa, considerando as características da atividade exercida.

# Avanços na investigação da fadiga no cenário brasileiro

## Detecção da fadiga por meio da análise técnica e pericial de voz, fala e linguagem



A partir de 2014, as investigações contam também com a possibilidade de **análise de voz, fala e linguagem** como recurso para detecção da contribuição de fadiga para ocorrências aeronáuticas.

Essa técnica foi utilizada pela primeira vez na investigação do acidente com a aeronave de matrícula PR-AFA, ocorrido em 13 de agosto de 2014. Esse avanço foi promovido a partir dos trabalhos desenvolvidos pela CNFH, a qual envidou esforços para buscar **parâmetros científicos** para embasar as análises de investigação da fadiga.

A produção de fala pode ser descrita como um processo mental e físico que é realizado nas seguintes etapas:



As alterações cognitivo-fisiológicas relacionadas à fadiga como, por exemplo, diminuição da tensão muscular e/ou redução da temperatura do corpo, podem influenciar a expressão dessas características e afetar o processo de fala.



## Como é feita essa análise de voz, fala e linguagem?

A análise da fadiga por meio da fala baseia-se, principalmente, no reconhecimento das emoções e na inteligência computacional. Os recursos de análise podem ser divididos em:

- **Organização temporal da fala e fluência:** taxa de articulação; taxa de elocução; duração das pausas; tipos de pausas (silenciosas e preenchidas); frequência de pausas; medida do tempo para responder ao ATC (*Air Traffic Controllers*); medida do tempo gasto para emitir respostas durante diálogos; medida do tempo gasto entre o acionamento do microfone e o falar; tempo de latência da voz (*voice onset time*);
  - **Atos comunicativos (nível prosódico):** frequência fundamental e suas variações, como amplitude melódica e taxa de velocidade de variação melódica; intensidade; entonação;
- **Medidas da energia do espectro;**
- **Medidas dos formantes:** Posição dos formantes - análise das frequências de ressonância do trato vocal dependentes do ângulo inferior da mandíbula, ângulo corpo da língua, ângulo da ponta da língua, altura do lábio, protrusão labial, velum. Largura de banda dos formantes - modelo de perda de energia do sinal de voz devido à elasticidade do trato vocal;
  - **Medidas ao nível segmental (segmentos):** distorção de fonemas; erros articulatórios; trocas articulatórias; repetição; autocorreções; epênteses; omissões;
- **Atos comunicativos (nível paralinguístico):** variações na qualidade vocal; hesitações;

- **Atos comunicativos (nível não-linguístico):** bocejo; inspirações prolongadas, frequentes, ruidosas e pouco efetivas; “Timing” respiratório inadequado; incoordenação pneumofonoarticulatória;
  
- **Medidas da competência comunicativa (nível de atenção):** coerência entre perguntas e respostas; autocorreções de respostas errôneas; repasse de informações equivocadas para o ATC; confusão de comandos e execução pela tripulação; perguntas repetitivas;
  
- **Relação harmônico-ruído (PHR):** relação entre a energia do sinal harmônico e aperiódico;
  
- **Medidas Automáticas** obtidas por meio do modelamento dos coeficientes cepstrais;
  - **Coefficientes Cepstrais** de Frequência em Escala Mel (*Mel-Frequency Cepstral Coefficients* - MFCCs); e **Coefficientes Cepstrais** de Frequência em Escala Linear (*Linear-Frequency Cepstral Coefficients* - LFCCs);
  
  - **Coefficientes de codificação preditiva linear;**
  
  - **Características espectrais** derivadas do espectro médio de longo prazo (*Long Term Average Spectrum* - LTAS).

A fadiga induz alterações referentes às categorias de intensidade e frequência de voz, ritmo, padrões de pausa, entonação, duração de fala, articulação e qualidade de voz.



PROSÓDICOS

Frequência Intensidade **Ritmo** Padrão de Pausa Duração

ARTICULATÓRIOS

Fala arrastada **Redução e elisão dos sons**



QUALIDADE VOCAL

Ofegante Sussurrada Tensa **Rouca**

POSIÇÃO DOS FORMANTES

**Frequências de ressonância do trato vocal** **Ângulo do corpo da língua**  
Ângulo da ponta da língua Altura do lábio **Protrusão labial**



## O uso de modelos biomatemáticos na estimativa da influência da fadiga sobre a efetividade do desempenho humano



O desenvolvimento de modelos biomatemáticos empregados para análise da influência da fadiga no desempenho humano datam da década de 80 e resultam de experimentos laboratoriais que auxiliaram na predição da fadiga.

Tais modelos, em geral, são baseados em informações relativas aos processos cronobiológicos (ciclo circadiano) e homeostáticos (ciclo sono-vigília). Quando combinados, os dados desses dois processos permitem estimar a efetividade do desempenho humano, com base no nível de alerta ou de fadiga apresentado.



Os **modelos biomatemáticos** têm sido úteis para auxiliar no

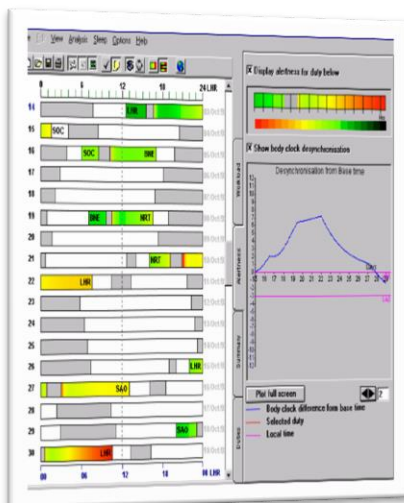
gerenciamento dos riscos da fadiga, pois permitem realizar análises e previsões de condições que podem levar à maior suscetibilidade à fadiga e, conseqüentemente, redução da efetividade do desempenho humano.

Apesar de seu caráter preditivo, essas ferramentas também fornecem informações relevantes para a investigação de ocorrências

aeronáuticas.



A **análise da escala e da rotina do indivíduo** no período que antecedeu a ocorrência, fornecida por meio de softwares



de operacionalização dos modelos biomatemáticos, permite estimar a probabilidade de ocorrência da redução da efetividade de desempenho humano, indicando se tal redução é compatível com indícios de estado de fadiga.

## O uso de modelos biomatemáticos para se estimar o estado de alerta de tripulantes nas operações aéreas.

Modelos biomatemáticos representam uma importante ferramenta para o gerenciamento do risco da fadiga nas operações aéreas; uma vez que permitem estimar com boa precisão o nível de alerta das tripulações, levando-se em conta o histórico individual do ciclo vigília-sono.

Conforme artigo recente publicado pela *Civil Aviation Safety Authority da Austrália* (CASA, 2014), os modelos biomatemáticos possuem especificidades e características distintas, porém baseiam-se em conceitos básicos relativos ao processo homeostático, ao ciclo circadiano e, em alguns casos, à inércia do sono.

Um estudo recente com *pilotos da aviação civil brasileira* (Licati et al., 2015) identificou perigos relativos à fadiga por meio da correlação entre relatos de fadiga e parâmetros extraídos do modelo SAFTE-FAST (Hursh, 2004).

Esse mesmo modelo também já demonstrou sua capacidade de reproduzir com boa precisão dados de PVT (Psychomotor Vigilance Test) obtidos numa pesquisa de campo realizada na *aviação civil americana* (Roma et al., 2012). Tais resultados reforçam o caráter preditivo e a eficácia desse tipo de abordagem para se avaliar o risco da fadiga.



Informações detalhadas a respeito dos modelos biomatemáticos e sua aplicação em pesquisas na área da fadiga estão disponíveis na literatura científica, sendo recomendada a leitura das seguintes publicações:

***Biomathematical Fatigue Models (2014)***

Civil Aviation Safety Authority.

Disponível em:

[https://www.casa.gov.au/sites/g/files/net351/f/\\_assets/main/aoc/fatigue/fatigue\\_modelling.pdf](https://www.casa.gov.au/sites/g/files/net351/f/_assets/main/aoc/fatigue/fatigue_modelling.pdf).

***Fatigue Models for Applied Research in Warfighting***

Hursh, S.R. e colaboradores.

Disponível em:

Hursh, SR; Redmond, DP; Johnson, ML; Thorne, DR; Belenky, G; Balkin, TJ; Storm, WF; Miller, JC; Eddy, DR. (2004) Fatigue Models for Applied Research in Warfighting, *Aviation Space Environment Medicine*, n° 75, (3 Suppl), pp.44– 53.

# Estudos e pesquisas sobre fadiga humana na aviação brasileira

## Ferramenta de apoio ao gerenciamento do risco da fadiga para pilotos da aviação comercial brasileira.

*Paulo Rogério Licati, Luiz Marcelo T. de Brito, Fábio Leite Costa, Eduardo do Amaral Silva, Marx Ferreira de Araújo*

“É possível mitigar o risco da fadiga dos pilotos da aviação comercial brasileira por meio de uma ferramenta prática e com embasamento científico”

Revisão de literatura sobre gerenciamento da fadiga e estudo de caso de um acidente ocorrido em 1993, em Guantánamo Bay (Cuba), durante aproximação para o pouso. O estudo enfatizou fatores que podem tornar um indivíduo vulnerável à fadiga e

comprometer a segurança operacional. A programação de trabalho real da tripulação envolvida na ocorrência foi analisada por meio de um software de operacionalização de modelos biomatemáticos. O modelo utilizado foi o *Fatigue Avoidance Scheduling Tool* (FAST), projetado para avaliar e prever mudanças de desempenho induzidas por restrições de sono e por fatores circadianos. Os resultados obtidos salientaram a contribuição do uso dessa ferramenta no gerenciamento da segurança operacional.

Disponível em: <http://conexaosipaer.cenipa.gov.br>

**Revista Conexão SIPAER**, Edição 2010, Vol. 01, nº 02.

## Jornada de voo na aviação de transporte e a prevenção da fadiga.

*Ricardo Gakiya Kanashiro*

Análise das regulamentações sobre jornada de voo de tripulações na aviação de transporte internacional sob o ponto de vista da prevenção da fadiga de voo e apresentação do *checklist* da fadiga de voo como ferramenta a ser empregada no gerenciamento da fadiga na aviação de transporte militar.

Disponível em: <http://conexaosipaer.cenipa.gov.br>

**Revista Conexão SIPAER**, Edição 2013, Vol. 04, n° 02.

## Correlação dos prognósticos do programa FAST com relatos de fadiga de pilotos da aviação civil brasileira.

*Paulo Rogério Licati, Túlio Eduardo Rodrigues, Daniela Wey, Frida Marina Fischer, Luiz Menna-Barreto*

Estudo conduzido em 2012 com pilotos da aviação civil brasileira, baseado em relatos de fadiga e em parâmetros quantitativos extraídos por meio de um software de operacionalização de modelos biomatemáticos que estimam a efetividade do desempenho humano. Os resultados obtidos permitiram a comprovação de que o algoritmo utilizado pelo FAST é adequado para avaliar a efetividade do desempenho dos pilotos.

“Os resultados sugerem um cenário indesejável em relação à segurança operacional na aviação civil, principalmente quando os pilotos venham a cumprir turnos de trabalho sucessivos durante períodos de ritmo circadiano baixo”

Disponível em:

<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br>

**Revista Conexão SIPAER**, Edição 2015, Vol. 06, n° 01.

## **O estudo da fala/voz/linguagem nas atividades de prevenção de acidentes aeronáuticos na FAB**

*Daniele Ferreira César Lins Chyczy*

Estudo voltado para avaliação da capacidade dos controladores de tráfego aéreo de identificar sinais de fadiga a partir da voz e fala de pilotos. Os dados para a pesquisa foram coletados por meio de questionários e testes auditivos, elaborados a partir de amostras de áudios fornecidas por pilotos voluntários e analisadas por especialista (fonoaudióloga perita). Os resultados indicaram que existem alguns sinais podem ser detectados pelos controladores de tráfego aéreo, mesmo sem um treinamento específico. Essa potencialidade pode ser desenvolvida com um adequado treinamento, trazendo bons frutos aos trabalhos de prevenção de acidentes aeronáuticos na aviação.

Esse estudo é referente ao trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica, como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação em Gestão e Emprego da Força Aérea Brasileira.

## **Fadiga no trabalho de pilotos: uma psicologia sistêmica da aviação civil**

*Victor Rafael Rezende Celestino*

Nesse estudo, foi desenvolvida, aplicada e validada uma escala de sentimento de fadiga, a qual pode ser empregada como uma medida válida da fadiga no trabalho de pilotos da aviação civil. Entre os resultados obtidos, destacaram-se o meta-modelo sistêmico explicativo do fenômeno da fadiga e as evidências de validade psicométrica da escala. Embora as causas da fadiga sejam inerentes às condições presentes no cenário aeronáutico, seus riscos são passíveis de gerenciamento. Para tanto, faz-se necessário considerar a mediação do contexto e o inter-relacionamento sistêmico dos sintomas associados.

Esse estudo é referente à tese apresentada como requisito parcial para aprovação no Programa de Doutorado em Psicologia da Universidade Católica de Brasília.

## Análise de alterações na organização temporal da fala e em coeficientes cepstrais para a detecção da fadiga humana de origem central

*Carla Aparecida de Vasconcelos*

Pesquisa que enfoca a verificação do impacto da fadiga humana de origem central sobre a fala de pilotos, por meio da análise de alterações na organização temporal da fala e em coeficientes cepstrais. A avaliação das alterações na voz, fala e linguagem dos pilotos é realizada por meio de comparações de dados relativos à leitura de texto foneticamente balanceado e fala espontânea dos pilotos em um dia de folga e em um dia de trabalho. Além disso, são aplicados outros instrumentos de medidas autorreferentes de fadiga e sonolência.

“A técnica de análise de voz, fala e linguagem empregada nessa pesquisa já tem sido aplicada em investigações de ocorrências aeronáuticas conduzidas pelo Estado brasileiro”

Esse estudo é referente à tese de doutorado a ser apresentada como requisito parcial para aprovação no Programa de Doutorado em Neurociências pela Universidade Federal de Minas Gerais.

# PARTE 3

# METODOLOGIA

# DE

# INVESTIGAÇÃO



# Metodologia de investigação da fadiga proposta pela CNFH

A ausência de uma metodologia padronizada e detalhada para investigação da fadiga em ocorrências aeronáuticas foi considerada um problema em potencial para sua detecção como fator contribuinte.

Em resposta a essa necessidade, os estudos e trabalhos conduzidos pela CNFH primaram pela elaboração de uma metodologia específica, composta por duas partes:

a) **uma triagem inicial**, que permite aos investigadores o reconhecimento de que aspectos relacionados à fadiga possam ou não estar presentes na ocorrência investigada;

b) **uma metodologia detalhada**, que permite identificar se houve ou não dados factuais suficientes para indicar a contribuição da fadiga para a ocorrência investigada.

Essa metodologia consiste em um **guia** que poderá orientar investigadores – em especial aqueles da área de fatores humanos – na condução do processo investigativo voltado à prevenção de novas ocorrências, conforme preconizado pelo Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER).

A identificação da fadiga em ocorrências aeronáuticas contribui para o levantamento de informações relevantes ao aprimoramento do gerenciamento da fadiga no contexto da aviação.

A partir do reconhecimento da fadiga como potencial ameaça ao desempenho humano, a metodologia se apresenta como uma ferramenta útil, cujo uso poderá resultar em novas implicações para o atual cenário da aviação brasileira.

**As informações contidas nessa publicação devem ser sempre usadas no contexto de outras fontes e regulações relevantes emitidas pelos órgãos competentes.**



# Etapas da metodologia de investigação da fadiga

## 1. Triagem inicial:

Etapa com vistas a obter previamente uma **avaliação genérica** das condições de sono e vigília da tripulação envolvida na ocorrência aeronáutica.

É composta por **quatro perguntas balizadoras** a serem utilizadas como auxílio à condução do trabalho investigativo.

Tratam-se de questões dicotômicas que admitem apenas respostas afirmativas (“SIM”) ou negativas (“NÃO”).

Em caso de obtenção de respostas negativas para todas as questões, sugere-se interromper a investigação da fadiga como possível fator contribuinte à ocorrência em questão.

Caso ao menos uma das respostas a essas questões seja afirmativa, deve-se prosseguir para uma investigação mais apurada por meio da “metodologia detalhada”.

# Triagem Inicial

# 1

O histórico das **últimas 72 horas** sugere que o indivíduo dormiu pouco (menos do que 8 horas por dia), ou menos que o habitual (débito de sono), ou ainda que o sono foi de má qualidade?



# 2

O indivíduo estava acordado por um longo tempo (**mais do que 16 horas**) no momento da ocorrência aeronáutica?



# 3

O incidente ou acidente ocorreu durante **períodos críticos** do ritmo circadiano (diminuição da vigiância)?



# 4

As evidências sugerem que a ocorrência aeronáutica foi resultado de **inação (letargia/inércia) e/ou desatenção** por parte do indivíduo?



## Procedimentos de análise da triagem inicial:

- ✈ Estabelecer as respostas às questões da triagem

### Questão 1: Histórico das últimas 72 horas

Para análise preliminar do débito de sono o investigador poderá aplicar o sistema de crédito de sono (2 créditos para cada hora de sono; perda de 1 crédito para cada hora acordado; o valor deve ser positivo).

Quando disponíveis, softwares de operacionalização dos modelos biomatemáticos poderão ser utilizados.

### Questão 2: Período de vigília

Longos períodos de vigília continuada podem acarretar prejuízo ao desempenho humano. Ao considerar a variabilidade existente em relação a cada ser humano no que tange ao seu organismo e funcionamento fisiológico, sugere-se que seja adotado como referência para suspeição de interferência da fadiga o período de 16 horas de vigília continuada.

### Questão 3: Período do ritmo/ciclo circadiano

A janela de baixo circadiano é melhor estimada entre 02h00min e 06h00min para os indivíduos adaptados a uma programação habitual de horário (dia-acordado/noite-dormindo]. Esta estimativa da janela é calculada a partir de dados científicos sobre o desempenho, variação da temperatura corporal no baixo circadiano, bem como a partir do relato subjetivo. Deve-se considerar, ainda, se a ocorrência coincidiu com o período de segunda baixa do ciclo circadiano, estimado entre 13h00 e 15h00, para a maioria das pessoas.

### Questão 4: Desempenho profissional

O indivíduo apresenta dificuldade de prestar atenção em um campo de estimulação por um período prolongado. Essas circunstâncias podem resultar na baixa manutenção da vigilância. Desse modo, pode ocorrer o direcionamento da atenção para estímulos não relevantes à situação, seja pela dificuldade de manter o foco orientado em determinado sentido, seja pelo poder de distração do estímulo não relevante. Por isso, toda ação humana relativa à ocorrência demanda uma análise apurada.

**Em caso de ao menos uma resposta afirmativa (SIM) para tais questões, deve-se proceder com a análise por meio da metodologia detalhada. Para adequada utilização da metodologia e aprofundamento da investigação, é fundamental o envolvimento de profissional da área de fatores humanos.**

# Metodologia detalhada:

Essa etapa visa obter informações que permitam estabelecer as devidas correlações entre os dois grandes eixos:

I – Suscetibilidade às condições de fadiga

II – Desempenho, comportamento e aparência do indivíduo

Para auxiliar na aplicação da metodologia, apresenta-se como apoio sugestões de questões para composição de roteiro de entrevista, além de dois *checklists*, os quais resumem as orientações para conduzir o trabalho investigativo.

Esses materiais de apoio poderão auxiliar na busca por possíveis correlações que possam levar à conclusão sobre a participação da fadiga na ocorrência investigada.

Ao final da aplicação da metodologia, será possível concluir se houve contribuição da fadiga do indivíduo para a ocorrência aeronáutica investigada.

Para adequada utilização da metodologia nessa continuidade do trabalho investigativo, **deverá necessariamente haver a participação de profissional capacitado para a *investigação de Fatores Humanos* em ocorrências aeronáuticas.**

# EIXO I

Verificação da suscetibilidade **às condições de fadiga** com base nos seguintes tópicos:

- Quantidade do Sono
- Qualidade do sono (fragmentado/agitado)
- Fatores circadianos
- Tempo acordado
- Problemas de saúde (distúrbios do sono, uso de drogas, medicamentos)
- Gerenciamento da fadiga (aspectos organizacionais e gerenciais)

Para auxílio ao levantamento dessas informações, poderá ser utilizado o **checklist 1 – verificação das condições de suscetibilidade à fadiga**.

Esse *checklist* foi desenvolvido para ajudar o investigador de Fatores Humanos a determinar se o indivíduo ou a tripulação estava em estado de fadiga, com base numa série de perguntas ou sondagens que abordam aspectos centrais da fadiga.



CHECKLIST 1

## Quantidade do Sono

Verifique se o indivíduo teve um período de sono adequado nos dias que precederam a ocorrência. Utilize a informação do tempo sono/vigília para comparar com o tempo de sono habitual do indivíduo, incluindo episódios parciais de sono durante o dia.

Determine se o indivíduo teve privação aguda ou crônica de sono, buscando identificar o tempo do sono/vigília por pelo menos 72 horas antes da ocorrência aeronáutica e os hábitos normais de sono do indivíduo (quantidade de sono necessária para que ele se sinta totalmente descansado). Procure identificar quando foi a última vez que o indivíduo teve oportunidade para total recuperação do débito de sono, considerando, no mínimo, duas noites seguidas de sono ininterrupto; totalmente adaptado ao fuso horário local.

## Sugestão de questões a compor o roteiro de entrevista

- Durante seus dias de folga, supondo que você possa dormir normalmente durante a noite, a que horas você vai para cama?
- Durante seus dias de folga, a que horas você acorda?
- Quanto tempo de sono você julga ser suficiente para se sentir bem?

Informe a que horas você dormiu e acordou nos últimos 3 dias que antecederam a ocorrência aeronáutica.

➤ Sono principal antes do evento

Dormiu às \_\_\_\_:\_\_\_\_

Acordou às \_\_\_\_:\_\_\_\_

Qualidade do sono: ( )Excelente ( )Bom ( )Moderado ( )Ruim

➤ Sono principal dia -1 (anterior ao dia do evento)

Dormiu às \_\_\_\_:\_\_\_\_

Acordou às \_\_\_\_:\_\_\_\_

Qualidade do sono: ( )Excelente ( )Bom ( )Moderado ( )Ruim

➤ Sono principal dia -2

Dormiu às \_\_\_\_:\_\_\_\_

Acordou às \_\_\_\_:\_\_\_\_

Qualidade do sono: ( )Excelente ( )Bom ( )Moderado ( )Ruim

Houve algum período de cochilo/sono breve? ( )Sim ( )Não

➤ Se sim:

Quando: \_\_\_\_\_

Onde: \_\_\_\_\_

Por quanto tempo: \_\_\_\_\_

Por quê: \_\_\_\_\_

## Qualidade do Sono

Verifique se o sono do indivíduo foi fragmentado (por exemplo, vários episódios de sono por período de 24 horas) e/ou agitado (por exemplo, despertar durante o sono devido a fatores internos ou ambientais) nos dias que precederam a ocorrência.

Utilize a informação do tempo sono/vigília para comparar com o tempo de sono habitual do indivíduo, incluindo episódios parciais de sono durante o dia.

## Sugestão de questões a compor o roteiro de entrevista

- Ocorreram fatores no ambiente de descanso que interferiram no seu sono?  
Por exemplo: ruído, luminosidade, chamadas telefônicas, etc.
  
- O seu padrão de sono foi diferente ou foi interrompido nos dias que antecederam a ocorrência?
  
- No dia da ocorrência, esteve submetido a um ambiente ou a tarefas incomuns que podem ter ocasionado excitação ou depressão, tais como:

1 – Baixa iluminação?

2 – Atrasos operacionais?

3 – Monotonia ou tédio?

## **Fatores circadianos**

Verifique se o evento crítico ocorreu durante o horário de baixa do ritmo circadiano. A baixa do ritmo circadiano primário é aproximadamente das 02h00 às 06h00. O período da segunda baixa do ritmo circadiano é variável, mas para a maior parte das pessoas ocorrem entre 13h00 e 15h00. Para outros, ocorre aproximadamente entre 15h00 e 17h00.

## **Sugestão de questões a compor o roteiro de entrevista**

Nas últimas semanas, vivenciou alguma dessas situações?

- 1 - Cruzar recentemente vários fusos horários;
- 2 – Trabalhar em horários com início na madrugada;
- 3 – Dormir em horários invertidos do sono;
- 4 – Dormir em horários variáveis do sono.

## **Tempo de Vigília**

Verifique há quanto tempo o indivíduo estava acordado no momento da ocorrência, por meio de entrevistas ou registros para estimar a hora do despertar mais recente antes do evento crítico.

## **Problemas de saúde (distúrbios do sono, uso de drogas, medicamentos)**

Verifique se problemas de saúde (distúrbios do sono, uso de drogas, medicamentos) estiveram presentes no histórico do indivíduo. É necessário investigar o uso de substâncias que afetam o sono/estado de alerta.

### **Sugestão de questões a compor o roteiro de entrevista**

- Tem dificuldades em adormecer ou manter o sono?
- Alguma vez você já disse a um médico sobre como você dorme? Se assim for, por que, quando e qual foi o resultado da conversa?
- Faz uso de drogas /medicamentos regularmente? Quais? Qual a frequência?
- Utilizou drogas/medicamentos no dia da ocorrência?
- Têm problemas médicos que afetam o sono (por exemplo, dor crônica, refluxo gastroesofágico, etc.)?

### **Carga de trabalho**

Verifique se a carga de trabalho à qual o indivíduo estava submetido foi extraordinariamente elevada ou se houve subcarga no período que antecedeu ou durante o evento.

## Gerenciamento da fadiga - aspectos organizacionais e gerenciais

### Informações organizacionais

- Escala de trabalho (planejada e executada);
  - Registros de transporte;
  - Registro de *check in* e *check out* (conferir se o horário está acurado com o tempo real);
- 
- Verifique as políticas e procedimentos adotados pela empresa/organização do indivíduo relacionados ao Gerenciamento de Risco da Fadiga.
  
  - Verifique o cumprimento das políticas e procedimentos preconizados pela empresa/organização do indivíduo, relacionados ao Gerenciamento de Risco da Fadiga (cultura de segurança da organização).
  
  - Verifique que tipo de treinamento o indivíduo recebeu em relação ao Gerenciamento de Risco da Fadiga.
  
  - Verifique se os representantes sindicais ou associações indicaram queixas de fadiga do indivíduo no passado recente (muitas denúncias são encaminhadas via sindicatos ou mesmo junto à ANAC).

## EIXO II

Verificação de **desempenho, comportamento ou aparência do indivíduo consistentes com os efeitos da fadiga**, com base nos seguintes tópicos:

- Desempenho do indivíduo
- Comportamentos e aparência do operador

Para auxílio no levantamento dessas informações, poderá ser utilizado o **checklist 2 -verificação da consistência entre fadiga e desempenho**.



CHECKLIST 2

Esse *checklist* foi desenvolvido para determinar se as atitudes ou ações inseguras do indivíduo ou das tripulações foram coerentes com o tipo de comportamento esperado de um indivíduo ou de uma tripulação com fadiga.

## Desempenho do tripulante

Avalie se o desempenho do indivíduo foi consistente com os efeitos da fadiga.

Utilize evidências disponíveis para determinar se o desempenho do indivíduo estava se deteriorando antes da ocorrência aeronáutica. Por exemplo:

- Houve indícios ou evidências de que o indivíduo esqueceu ou ignorou tarefas ou partes das tarefas?
- O foco do indivíduo em uma tarefa excluiu outras informações importantes?
- Houve evidências de respostas atrasadas a estímulos ou apatia?
- Houve evidências de tomada de decisão prejudicada ou uma incapacidade de adaptar o comportamento a novas informações?

## Análise da voz, fala e linguagem com base nos parâmetros cepstrais

Sempre que possível, solicite uma avaliação técnica dos dados de voz registrados, fins de identificar se houve variações compatíveis com indícios de estado de fadiga.

## Utilização de modelos biomatemáticos

Sempre que possível, utilize *softwares* de modelos biomatemáticos durante a análise dos dados relativos à rotina do indivíduo no período que antecedeu a ocorrência aeronáutica, fins de identificar se houve predição de redução da efetividade de desempenho compatível com indícios de estado de fadiga.

## Comportamentos ou aparência do tripulante

Avalie se a aparência ou os comportamentos do indivíduo antes da ocorrência aeronáutica foram sugestivos de sonolência ou fadiga, com base em:

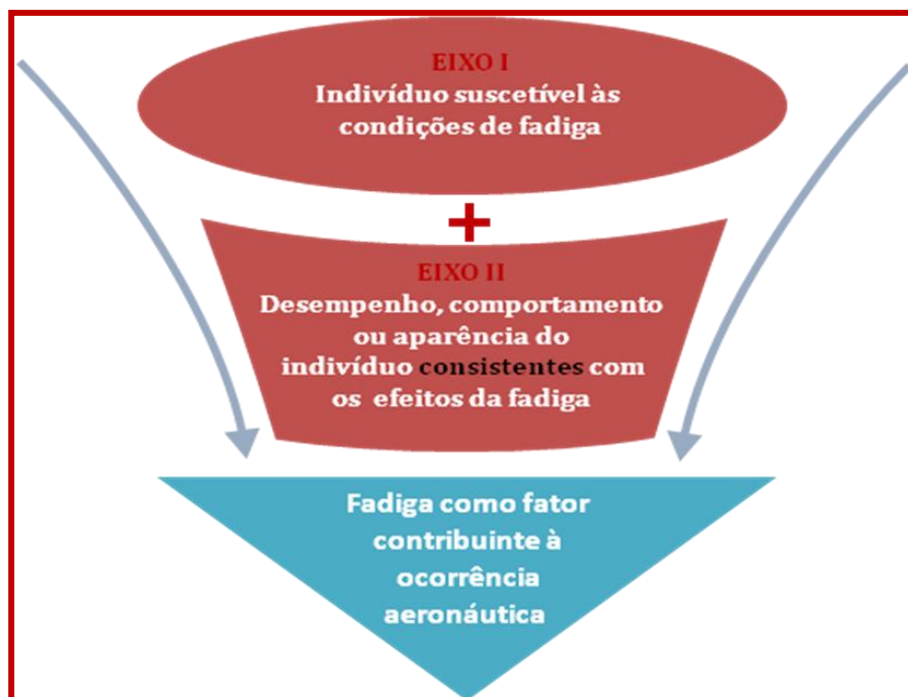
- Reporte do indivíduo sobre percepção de fadiga;
- Depoimentos dos demais tripulantes, colegas de trabalho ou observadores;
- Análise pericial da voz, fala e linguagem, com base no áudio registrado;
- Vídeos (sala de tripulantes, embarque, pátio, etc.).



## INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS E TOMADA DE DECISÃO

**A** pós a aplicação dessa metodologia, a fadiga poderá ser indicada como fator contribuinte à ocorrência aeronáutica investigada **somente** se for possível concluir que:

- O indivíduo estava suscetível às condições de fadiga, e
- Apresentou evidências de desempenho, comportamentos ou aparência consistentes com fadiga.



O uso da metodologia permite, ainda, concluir que o indivíduo estava suscetível às condições de fadiga, porém sem encontrar evidências de desempenho, comportamentos ou aparência consistentes com um estado de fadiga.

Neste caso, a fadiga não deverá ser indicada como fator contribuinte à ocorrência aeronáutica, mas deve ser considerada como objeto de recomendação de segurança de voo e de proposição de ações mitigadoras.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aviação está em contínua mudança e, no cenário brasileiro, a expansão desse modal de transporte é notória. Dados da Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC) indicaram um aumento de aeronaves registradas no país e, especificamente na aplicação do modal aéreo no transporte público, os voos domésticos triplicaram na última década (ALMEIDA; MINERVI, 2006).

Tais circunstâncias levaram a mudanças também no cenário regulatório. Em 2017, foi aprovada e sancionada a **Lei nº 13.475**, que trouxe novas configurações ao exercício profissional do aeronauta. Em resposta a essas alterações, operadores, órgão regulador, entidades representativas e demais órgãos envolvidos com a atividade aeronáutica têm buscado mecanismos eficazes no gerenciamento da segurança operacional.

Dentre esses mecanismos, um adequado programa de gerenciamento dos riscos da fadiga se faz necessário. Ao encontro dos esforços da comunidade aeronáutica, a metodologia apresentada poderá embasar práticas de pesquisa e investigação da fadiga, visando a identificação de sua ocorrência e a mitigação dos riscos associados a esse fator.

Trata-se, portanto, de uma importante ferramenta para incrementar as ações de prevenção reativa no âmbito aeronáutico. Ressalta-se, contudo, ser essa apenas uma parcela das ações possíveis em prevenção. Não obstante sua relevância na obtenção de uma base de dados que permita uma análise de tendências nesse aspecto, é salutar destacar que medidas proativas e preditivas são fundamentais para o êxito da gestão da segurança operacional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. A.; MINERVI, N. A. Considerações sobre o uso da modelagem multivariada na prevenção de acidentes aeronáuticos na aviação civil brasileira. **Revista Conexão SIPAER**, vol. 7, nº. 01, pp.177-181.

BRASIL. **Lei nº 13.475**, de 28 de agosto de 2017. Dispõe sobre o exercício da profissão de tripulante de aeronave, denominado aeronauta; e revoga a Lei no 7.183, de 5 de abril de 1984. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2015-2018/2017/lei/L13475.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2017/lei/L13475.htm). Acessado em 12 set 2017.

CALDWELL, J.A, et. al. Aerospace Medical Association, Fatigue Countermeasures in Aviation. **Aviat Space Environ Med**, 2009; 80:29–59. Disponível em <https://www.asma.org/asma/media/asma/pdf-policy/2009/fatigue-counters.pdf>. Acessado em 12 nov 2016.

CASA. Civil Aviation Safety Authority. Australian Government. **Fatigue Management for the Australian Aviation Industry. Trainer's handbook**. May 2012.

ICAO. INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. DOC 9966 **Fatigue Risk Management Systems-FRMS: Manual for Regulators**. Montreal: ICAO, 2012

KRAJEWSKI, J.; KROGER, B. **Using prosodic and spectral characteristics for sleepiness detection**. Interspeech Proceedings, 8, 1841-1844, 2007.

KRAJEWSKI, J. et al. **Acoustic sleepiness detection: Framework and validation of a speech-adapted pattern recognition approach**. Behavior Research Methods, 41 (3), 795-804, 2009.

KRAJEWSKI, J. et al. **Estimating fatigue from predetermined speech samples transmitted by operator communication systems**. Archives of Proceedings of the fifth international driving symposium on

human factors in driver assessment, Training and vehicle design – 2010.

MENNA-BARRETO, L. Relógios e ritmos. **Revista cérebro e mente**, nº4, 1997. Disponível em: [www.cerebromente.org.br](http://www.cerebromente.org.br). Acesso em 24 mar 2017.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. Technical Memorandum 110404. **Principles and Guidelines for duty and rest scheduling in comercial aviation**. May 1996.

NTSB. National Transportation Safety Board. **Fatigue Resource Guide**. 2ª edição. EUA, Jun 2006.

STERNBERG, R. **Psicologia Cognitiva**. Ed. Cengage Learning. 5ª edição. São Paulo. 2013.

TSB. Transportation Safety Board of Canadá. **A guide for investigating for fatigue**. Canadá, Set 2002.

VOGEL, A.P. et al. **Acoustic analysis of the effects of sustained wakefulness on speech**. J. Acoust. Soc. Am. 128 (6), December, 2010.

ZHOU, X. et al. **Linear versus Mel Frequency Cepstral Coefficients for Speaker Recognition**. Automatic Speech Recognition and Understanding (ASRU). IEEE Workshop, pp. 559–564, Dec. 2011.

# ANEXOS

A seguir, são indicados materiais de apoio à atividade investigativa que permitem rápida consulta e que podem facilitar a atuação na investigação da fadiga.

## Anexo 1

### Checklist 1 - verificação das condições de fadiga

PARTE A –CHECKLIST DE VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE FADIGA			
ASSUNTO	SUMÁRIO	QUESTIONÁRIO	MELHOR RESPOSTA
A. Quantidade de Sono		Qual foi a duração do último período de sono consolidado?	7,5 a 8,5 horas.
		Qual a hora de início?	Considerando ritmo circadiano normal, tarde da noite.
		Qual a hora do despertar?	Considerando ritmo circadiano normal, início da manhã.
		O sono foi interrompido (se sim, por quanto tempo)?	Não.
	Verificar se houve ou não débito de sono.	Tirou alguma soneca desde o seu último sono consolidado?	Sim.
		Qual a duração das sonecas?	Teve oportunidade para uma soneca restauradora (1,5/2 hs) ou estratégica (20 min) antes de iniciar o serviço de escala mais recente.
		Descreva seus padrões de sono nas últimas 72 horas e aplique o sistema de crédito de sono: dois (2) créditos para cada hora de sono; perda de um (1) crédito para cada hora	O valor deve ser positivo.

acordado.			
PARTE B –CHECKLIST DE VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE FADIGA			
ASSUNTO	SUMÁRIO	QUESTIONÁRIO	MELHOR RESPOSTA
<b>B. Qualidade do Sono</b>	Verificar se o sono foi ou não foi restaurador.	Como o período de sono se comparou ao ciclo normal de sono do indivíduo, isto é, hora de início/término? (Ver “Quantidade de Sono”)	Considerando ritmo circadiano normal, tarde da noite/início da manhã.
		Houve interrupções do sono?	Não houve despertares durante o sono.
		Qual foi o ambiente do sono?	Condições ambientais apropriadas (silêncio, temperatura confortável, ar puro, cama adequada, quarto escuro).
		É portador de patologias do sono?	Nenhuma.

PARTE c –CHECKLIST DE VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE FADIGA			
ASSUNTO	SUMÁRIO	QUESTIONÁRIO	MELHOR RESPOSTA
<b>C. Histórico do Trabalho</b>	Verificar se as horas trabalhadas e o tipo de serviço ou atividades envolvidas tiveram impacto sobre a quantidade e qualidade do sono.	Estava a quantas horas de serviço e/ou de sobreaviso antes da ocorrência?	Dependendo da situação – considerar horas de serviço e/ou sobreaviso e tipo de serviço que assegure o nível apropriado de alerta para a tarefa.
		Histórico de trabalho na semana anterior?	Número de horas de serviço e/ou de sobreaviso e tipo de serviço que não induzam a um efeito de fadiga cumulativo.

PARTE D –CHECKLIST DE VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE FADIGA			
ASSUNTO	SUMÁRIO	QUESTIONÁRIO	MELHOR RESPOSTA
<b>D. Horários Irregulares</b>	Verificar se a escalação foi problemática com relação a seu impacto sobre a quantidade e qualidade do sono.	Trabalhava em serviço de escala?	Não (pessoal de escala nunca se adapta totalmente em termos de qualidade de sono).
		Caso afirmativo, era um serviço de escala permanente?	Sim – Dias.
		Caso negativo, era um serviço de escala rotativo (irregular)?	Sim - Rotação no sentido horário, rotação lenta.
		Como são programadas horas extras e escalas dobradas?	Programadas para quando os operadores estarão mais alerta no contexto de seus ritmos circadianos.
		Havia programação de tarefas críticas em termos de segurança?	Programadas para quando os operadores estarão mais alerta no contexto de seus ritmos circadianos.
Existe um programa implantado visando gerenciar a fadiga?	Sim.		

PARTE E –CHECKLIST DE VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE FADIGA			
ASSUNTO	SUMÁRIO	QUESTIONÁRIO	MELHOR RESPOSTA
<b>E. Desincronização (Jet Lag)</b>	Verificar a existência e impacto do <i>Jet Lag</i> sobre a quantidade e a qualidade do sono.	Qual o número de fusos horários ultrapassados?	Um.
		Se mais de um, com que rapidez foram ultrapassados?	Quanto mais devagar melhor.
		Qual a direção do deslocamento?	De Leste para Oeste.

## Anexo 2

### Checklist 2 - verificação da consistência entre fadiga e desempenho

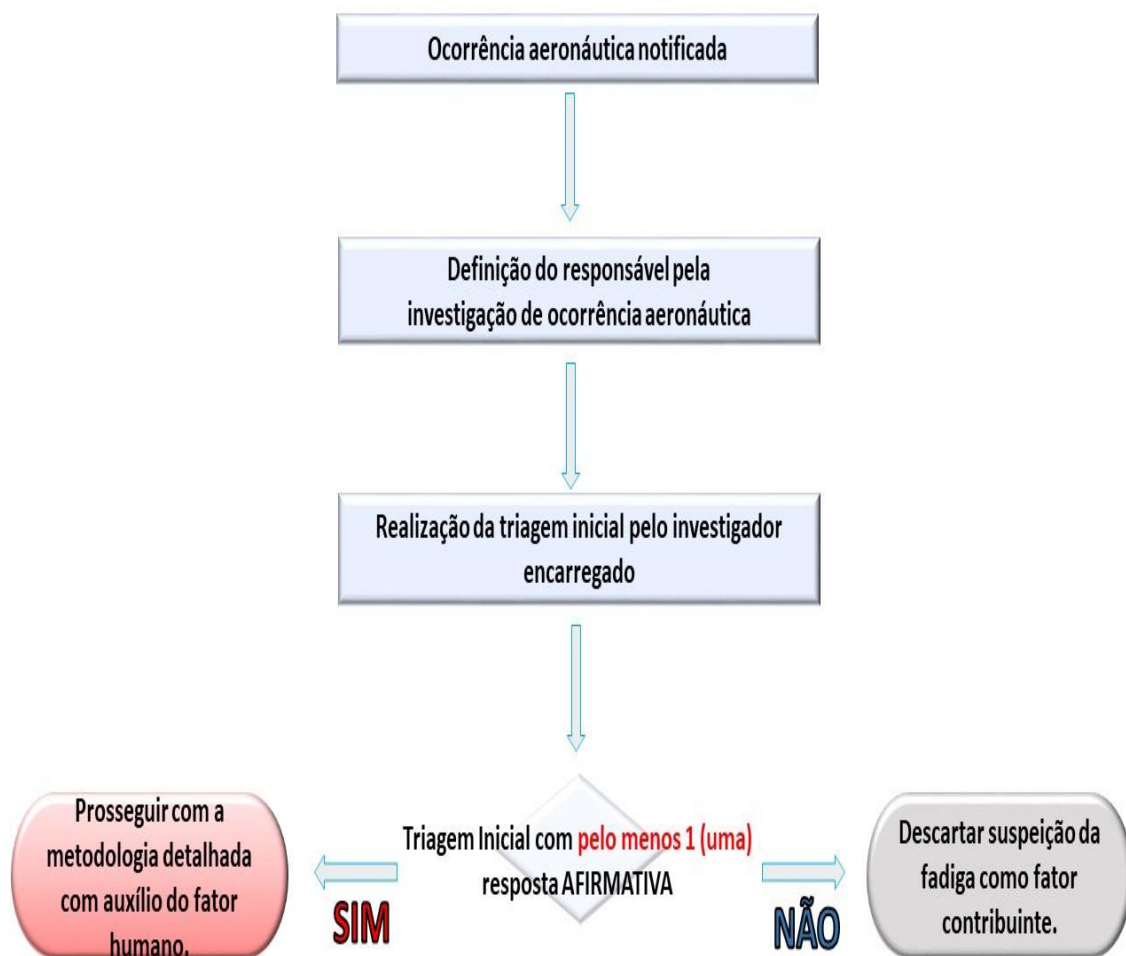
CHECKLIST 2-VERIFICAÇÃO DA CONSISTÊNCIA ENTRE FADIGA E ATOS/DECISÕES INSEGUROS	
ÁREA DO DESEMPENHO	INDICADORES DE DEGRADAÇÃO
<b>ASPECTOS COGNITIVOS</b>	<b>A. Atenção</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Não considerou o elemento sequencial da tarefa.</li> <li>2. Ordenou incorretamente o elemento sequencial da tarefa.</li> <li>3. Preocupado com tarefas ou elementos únicos. Mostrou falta de percepção do desempenho deficiente.</li> <li>4. Retornou a velhos hábitos.</li> <li>5. Concentrou-se num problema menor apesar do risco de outro maior.</li> <li>6. Não avaliou a gravidade da situação.</li> <li>7. Não previu o perigo.</li> <li>8. Mostrou vigilância degradada.</li> <li>9. Não observou sinais de aviso.</li> </ol>
	<b>B. Memória</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Esqueceu uma tarefa ou elementos de uma tarefa.</li> <li>2. Esqueceu a sequência de uma tarefa ou dos elementos da tarefa.</li> <li>3. Lembrou os eventos operacionais de maneira incorreta.</li> </ol>
	<b>C. Estado de alerta</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sucumbiu a sono incontrolável em forma de microsono, cochilo, ou longo episódio de sono.</li> <li>2. Mostrou Síndrome de Comportamento Automático (SCA).</li> </ol>
	<b>D. Tempo de reação</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Respondeu lentamente a estímulos normais, anormais ou de emergência.</li> <li>2. Falhou em responder de forma completa a estímulos normais, anormais ou de emergência.</li> <li>3. Não respondeu de maneira nenhuma a estímulos normais, anormais ou de emergência.</li> </ol>
	<b>E. Capacidade de solução de problemas</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mostrou lógica incorreta.</li> <li>2. Mostrou problema com tarefas aritméticas, geométricas e outras de processamento cognitivo.</li> <li>3. Aplicou ação corretiva inadequada.</li> <li>4. Não interpretou corretamente a situação.</li> <li>5. Mostrou julgamento deficiente de distância, velocidade e/ou tempo.</li> </ol>

CHECKLIST 2-VERIFICAÇÃO DA CONSISTÊNCIA ENTRE FADIGA DESEMPENHO	
ÁREA DO DESEMPENHO	INDICADORES DE DEGRADAÇÃO
OUTROS	<b>F. Humor</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Estava menos conversador do que o normal.</li><li>2. Não executou tarefas de baixa demanda.</li><li>3. Estava irritadiço.</li><li>4. Não se concentrava devido a desconforto.</li></ol>
	<b>G. Atitude</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Mostrou disposição de assumir riscos.</li><li>2. Ignorou cheques ou procedimentos normais.</li><li>3. Demonstrou uma atitude de “não se importar”.</li></ol>
	<b>H. Efeitos fisiológicos</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Mostrou efeitos na voz, fala e linguagem (pronúncia indistinta, velocidade, conteúdo)</li><li>2. Exibiu destreza manual reduzida – erros na perfuração de cartões, seleção de botões.</li></ol>

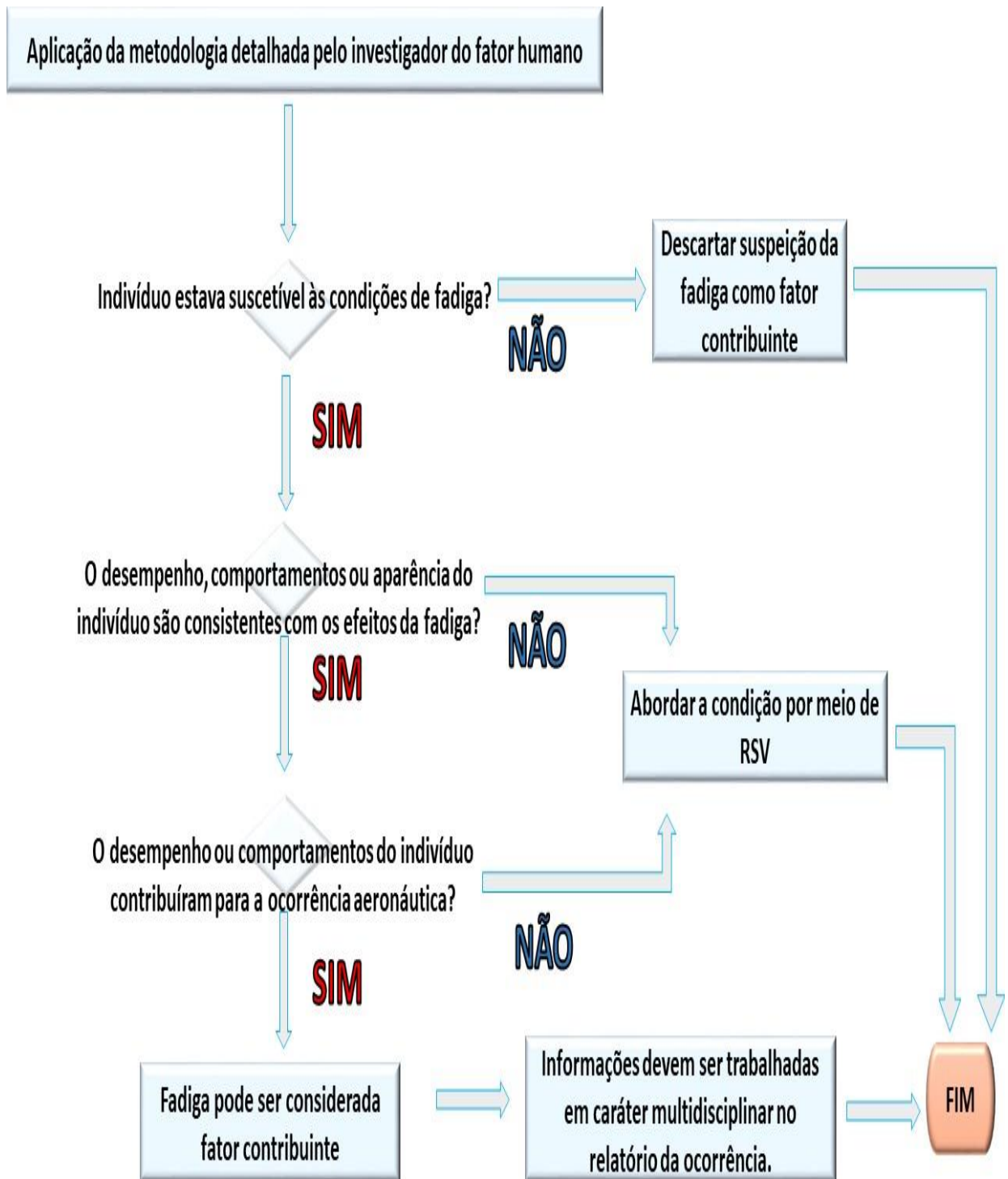
## Anexo 3

### Fluxograma de investigação da fadiga com base na metodologia proposta

#### TRIAGEM INICIAL



## METODOLOGIA DETALHADA



## **ELABORAÇÃO:**

### **COMISSÃO NACIONAL DA FADIGA HUMANA**

Agência Nacional da Aviação Civil - ANAC

Associação Brasileira das Empresas Aéreas – ABEAR

Associação Brasileira de Pilotos da Aviação Civil - ABRAPAC

Associação dos Aeronautas da Gol - ASAGOL

Associação dos Tripulantes da TAM - ATT

Avianca Linhas Aéreas

Azul Linhas Aéreas

Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos - CENIPA

Comissão Offshore do CNPAA

Companhia Vale do Rio Doce

Empresa Brasileira de Aeronáutica - EMBRAER

Gol Linhas Aéreas

*International Air Transport Association* - IATA

LATAM Linhas Aéreas

Líder Táxi Aéreo S.A.

Modern Transporte Aéreo de Cargas S.A.

Passaredo Linhas Aéreas

Sindicato Nacional dos Aeronautas – SNA

Total Linhas Aéreas

### **Organizações participantes convidadas:**

Universidade de São Paulo - USP

Universidade federal de Minas Gerais - UFMG

