

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia Química (PQI-EPUSP)



usp>  
ep>  
peq>



PQI 3412: Segurança de Processos da Indústria Química

Luiz Kulay



usp>  
ep>  
peq>



Exercício:  
Investigação preliminar de Acidente Aéreo

## Acidente do voo LAMIA 2933

usp>  
ep>  
peq>

<https://www.youtube.com/watch?v=W-ypdasa9Bs>

Acidente do voo LAMIA 2933  
Descrevendo o caso de forma conceitual

usp>  
ep>  
peq>

Após assistir ao relato que descreve (em linhas gerais) o acidente do voo LAMIA 2933, respondam as seguintes perguntas:

- 1) Porque o evento em questão pode ser classificado como um acidente?
- 2) Que tipos/classes de efeitos adversos foram causados por conta de sua ocorrência?
- 3) Uma (ou mais) causa(s) regular(es) de acidente(s) aéreo(s) poderia(m) justificar o evento ocorrido com o voo 2933?
- 4) Em caso de resposta afirmativa para a pergunta n.3, qual(is) seria(m) esta(s)?
- 5) Seria possível estabelecer uma sequencia de eventos para descrever o acidente? Qual seria?
- 6) Que causas vocês apontariam como prováveis e/ou capazes de justificar o evento?
- 7) Tendo em conta apenas o nível de informação que foi disponibilizada, seria possível identificar responsáveis pelo evento?
- 8) Em que elementos você fundamentou a resposta à pergunta n.8?

## Conceitos de Acidente e Acidente aéreo



usp>  
ep>  
peq>



### Acidente

Evento não programado que tem por **resultado** uma lesão, enfermidade, impacto ambiental, ou dano funcional, ou a propriedade



### Acidente Aeronáutico

ocorrência relacionada com a operação de uma aeronave, entre o período em que uma pessoa nela **embarca** com a intenção de realizar um voo, até o momento em que todas as pessoas tenham dela **desembarcado**

Nessas condições, caracteriza-se um acidente pelo menos uma das seguintes situações:

- a) Lesão grave ou óbito como resultado de estar na aeronave, em contato direto com qualquer uma de suas partes, incluindo aquelas que dela tenham se desprendido (p.e. exposição direta do sopro de hélice, rotor ou escapamento de jato, ou às suas consequências)
- b) A aeronave sofra dano ou falha que afete sua resistência estrutural, desempenho ou as características de voo; exija a substituição de grandes componentes ou a realização de grandes reparos no componente afetado

## Acidente do voo LAMIA 2933 Descrevendo o caso de forma conceitual



usp>  
ep>  
peq>



Após assistir ao relato que descreve (em linhas gerais) o acidente do voo LAMIA 2933, respondam as seguintes perguntas:

- 1) Porque o evento em questão pode ser classificado como um acidente?
- 2) Que tipos/classes de efeitos adversos foram causados por conta de sua ocorrência?
- 3) Uma (ou mais) causa(s) regular(es) de acidente(s) aéreo(s) poderia(m) justificar o evento ocorrido com o voo 2933?
- 4) Em caso de resposta afirmativa para a pergunta n.3, qual(is) seria(m) esta(s)?
- 5) Seria possível estabelecer uma sequencia de eventos para descrever o acidente? Qual seria?
- 6) Que causas vocês apontariam como prováveis e/ou capazes de justificar o evento?
- 7) Tendo em conta apenas o nível de informação que foi disponibilizada, seria possível identificar responsáveis pelo evento?
- 8) Em que elementos você fundamentou a resposta à pergunta n.8?

## Efeitos adversos causados por conta do evento

usp  
ep  
peq

## Dano físico (ou pessoal):

quando uma ação traz por prejuízo lacerações, edemas, golpes, fraturas, distensões, inchaço, contraturas, obstruções, ou efeitos congêneres, que afetem o funcionamento do corpo humano



## Efeitos adversos causados por conta do evento

usp  
ep  
peq

## Dano a propriedade ou ao meio ambiente:

quando o prejuízo se dá sobre instalações físicas ou sobre o entorno



## Dano legal:

ação sobre pessoa, ou organização, cuja reparação predisponha desdobramento legal (p. e.: julgamento)

Acidente do voo LAMIA 2933  
Descrevendo o caso de forma conceitual



usp>  
ep>  
peq>



Após assistir ao relato que descreve (em linhas gerais) o acidente do voo LAMIA 2933, respondam as seguintes perguntas:

- 1) Porque o evento em questão pode ser classificado como um acidente?
  - 2) Que tipos/classes de efeitos adversos foram causados por conta de sua ocorrência?
  - 3) Uma (ou mais) causa(s) regular(es) de acidente(s) aéreo(s) poderia(m) justificar o evento ocorrido com o voo 2933?
  - 4) Em caso de resposta afirmativa para a pergunta n.3, qual(is) seria(m) esta(s)?
  - 5) Seria possível estabelecer uma sequencia de eventos para descrever o acidente? Qual seria?
  - 6) Que causas vocês apontariam como prováveis e/ou capazes de justificar o evento?
  - 7) Tendo em conta apenas o nível de informação que foi disponibilizada, seria possível identificar responsáveis pelo evento?
  - 8) Em que elementos você fundamentou a resposta à pergunta n.8?
- 



usp>  
ep>  
peq>



Acidente do voo LAMIA 2933:  
Reconstituição do Evento e Identificação de Causas

---

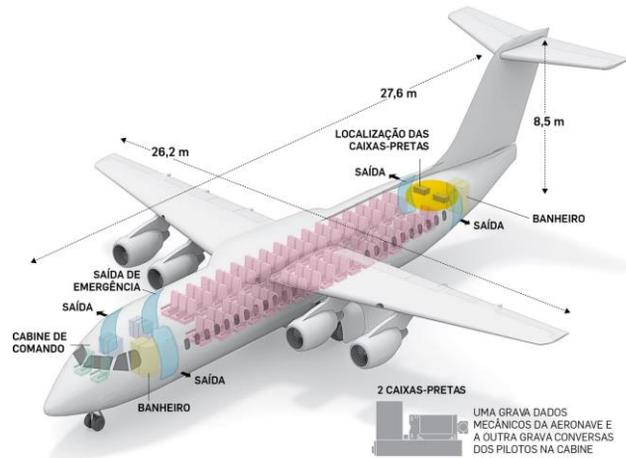


### Acidente do voo LAMIA 2933: Elementos e condições de contorno

Data: 28.11.2016 Horário: 21h58 (CO) [23h58 (BR)]

Avião:  
 Tipo/Marca: AVRO  
 Modelo: BAe 146 RJ 85  
 Origem: UK  
 Ano de fabricação: entre 1993 – 2003  
 Registro: CP 2933 (Bolívia)  
 Velocidade de cruzeiro: 750 km/h  
 Velocidade máxima: 885 km/h  
 Alcance máximo: 2965 km  
 Motores: 4 turbofan Honeywell LF 507-1F  
 Número de assentos: 82 a 100 (+ 9 tripulantes)

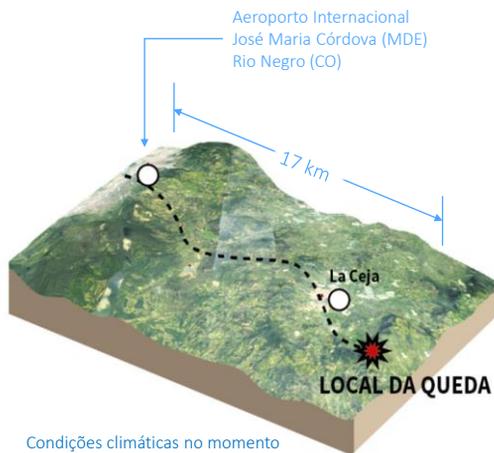
Comandante:  
 Nome: Miguel A Queiroga Murakami (MQ)  
 Idade: 36 anos  
 Origem: Força Aérea Boliviana  
 Experiência: 14 anos de aviação  
 Característica: sócio proprietário da LaMia



### Acidente do voo LAMIA 2933: Elementos e condições de contorno



Local da queda: Cerro El Gordo (La Ceja)  
 Características: região montanhosa e de difícil acesso  
 Altitude: 2 200 m



Condições climáticas no momento do acidente: chuva e neblina



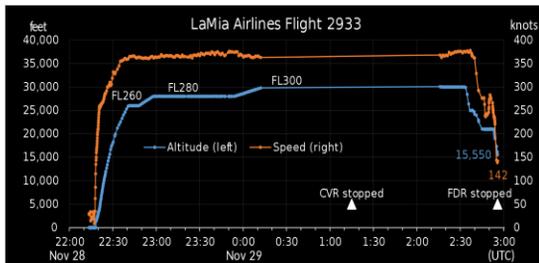
Rota:  
 Azul: planejamento original  
 Vermelho: deslocamento real cumprido pelo avião

usp  
ep  
peq

## Acidente do voo LAMIA 2933: Causa do Acidente: hipóteses e fatos

### Hipóteses:

- Pane elétrica na aeronave
- Falta de combustível: drenagem feita pelo piloto após constatar problemas técnicos
- Tentativa de pouso forçado seguida do alijamento de combustível



### Fatos:

- DAC Colômbia: aeroporto em Rio Negro operava normalmente, apesar das condições climáticas adversas
- AVRO: autonomia de voo de 2 965 km (à 720 km/h + vento a favor); distância a ser percorrida: 2 970 km
- Rodrigo Spader (Sindicato dos Aeronautas BR): escala para reabastecimento devido ao vento contrário durante o trajeto
- Cláudio Scherer (PUC-RS): alijamento de combustível ocorre em aviões de porte maior para aliviar o peso para realizar pouso estável. Modelos BAe 146 não equipados para tal operação
- Torre de controle MDE: prioridade de pouso a outra aeronave antes do LaMia
- Estado de vigilância dos pilotos: cansaço é causa direta em 20% dos acidentes registrados
- Caixas-pretas encontradas em 29.11.2016 em perfeito estado

## Acidente do voo LAMIA 2933: O que ocorreu antes do voo

usp  
ep  
peq

- ANAC (BR) nega pedido de autorização de partida do voo Lamia 2933 direto de GRU → MDE (**4567 km**)
- Justificativa: legislação internacional: impede que voos fretados sejam realizados por aeronaves registradas em países diferentes dos de origem, ou destino do trajeto
- Solução: viagem em dois trechos:  
São Paulo (GRU) → Santa Cruz de la Sierra (VVI: BO) → Rio Negro (MDE)
- Viagem GRU → VVI: BoA (Bolivian Airlines)
- Importante: Voo atrasou ~1h: pouso 15H45 (horário CO)





usp  
ep  
peq



### Acidente do voo LAMIA 2933: Plano de Voo

15h10: despachante da LaMia Alex Quispe (AQ) apresenta à funcionária AASANA, Celia C Monasterio (CCM), o plano de voo da aeronave

- plano estava incorreto pois trazia valores de tempo de voo e autonomia de combustível idênticos (4H22): não havia margem de segurança para voo sem reabastecimento
- não havia plano alternativo
- decolagem prevista para 17h00

- AQ argumenta que LaMia estava capacitada a realizar a viagem nessas condições
- AQ usa de coação para tirar o atraso da BoA

15h30: Plano de Voo é aprovado nas condições pleiteada

- Especialistas em aviação qualificaram o plano de voo como absurdo
- CCM diz ter feito cinco anotações no plano de voo antes de devolvê-lo, mas alega não ter autoridade para retê-lo em VVI
- Dez 2016: CCM asila-se no Brasil: ameaçada de morte BO
- CCM é presa em 2021
- AQ estava no voo e também vem a óbito

### Acidente do voo LAMIA 2933: Sequencia de eventos



usp  
ep  
peq



MQ instrui abastecedor a colocar carga máxima de combustível (9,3t querosene)  
Solicitação atendida (✓)

Decolagem 17h18  
Após ~ 40 minutos de voo  
nivelemento para 28 000 pés

Após ~ 60 minutos  
nivelemento altitude máxima  
de cruzeiro 30 000 pés  
(19h14)

Transponder (transmitter-responder):  
Código com quatro dígitos (0 a 7) que informa à torre de controle onde se encontra a aeronave no radar.  
Informação relatada pelo comandante da aeronave



19h14: gravação do piloto  
relata desvio para Bogotá  
(CO) para reabastecimento

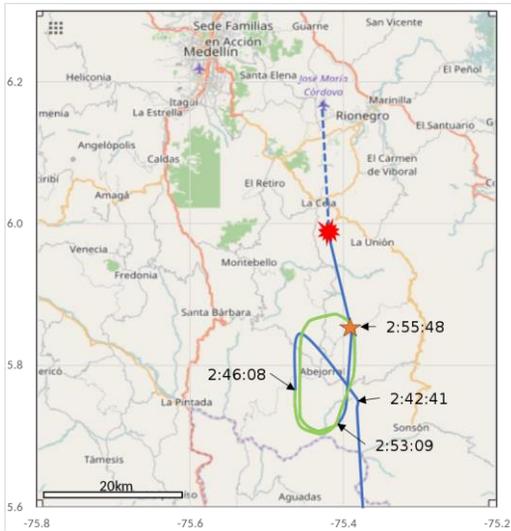
19h48: contato com Controle  
Aéreo de Bogotá: código  
transponder + altitude  
(sem menção a desvio de rota)

Controle Aéreo de Bogotá  
libera voo para MDE seguindo  
o Plano de Voo que havia sido  
aprovado

(...)



Acidente do voo LAMIA 2933:  
Sequencia de eventos



Trajectoria LaMia 2933 durante espera

(...)

21h52: pilotos avisam Controle Aéreo de Rio Negro (MDE) que estavam em emergência de combustível

- Solicitação de pouso imediato
- Abaixamento do trem de pouso

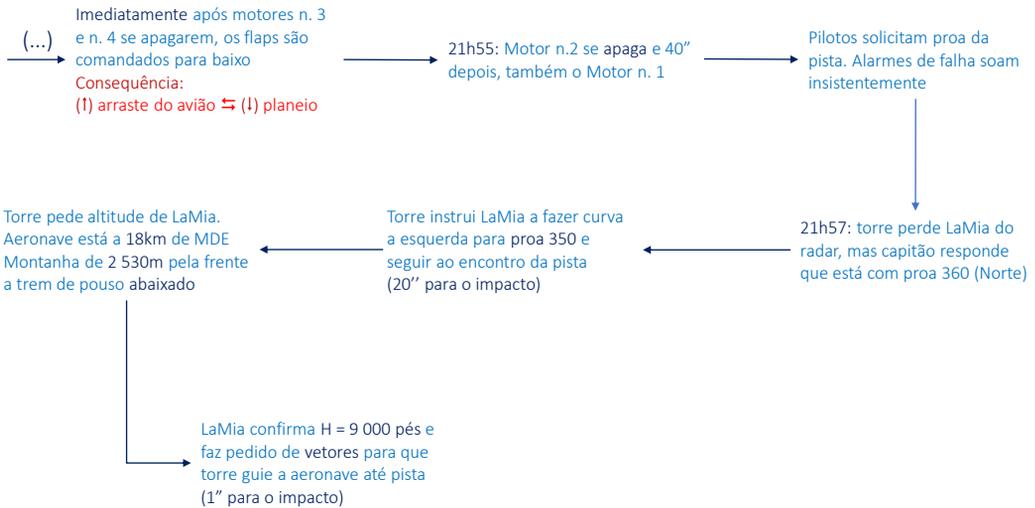
Δt = 8'42" depois do início da espera o Motor n. 3 se apaga; a seguir também o Motor n. 4, ambos por falta de combustível

Condução correta: comandante avisa tripulação e passageiros sobre pouso de emergência ou impacto. Chance de salvamento (I) caso passageiros estivessem acordados

Condução seguida: Silêncio....

(...)

Acidente do voo LAMIA 2933:  
Sequencia de eventos

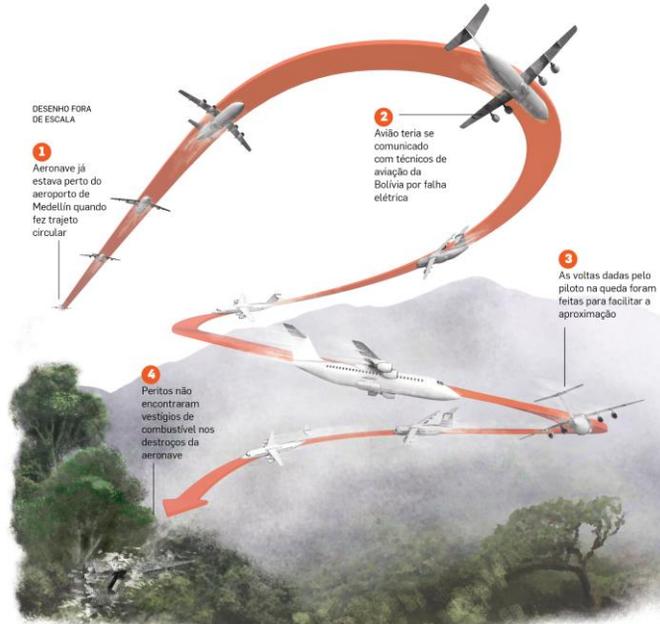




usp  
ep  
peq



### Trajetória do voo LAMIA 2933 até a queda



### Acidente do voo LAMIA 2933:

Outras informações obtidas pela investigação



usp  
ep  
peq

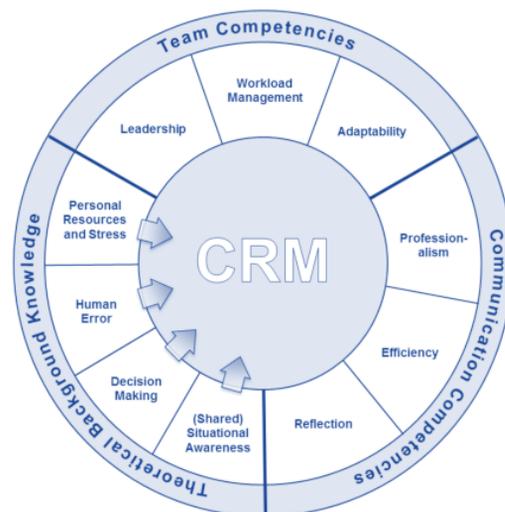


Check de Proficiência:  
Comandante:

- '(...) quanto ao *Crew Resource Management*, sugere-se melhorar a coordenação das ações na cabine de controle da aeronave (...)'
- '(...) comandante deve definir de maneira clara e inequívoca a hierarquia de ações no cockpit estabelecendo a quem cabe a pilotagem da aeronave, e quem deve cuidar da comunicação com torre de controle, tripulantes e passageiros (...)'

Copiloto:

- '(...) configuração de aproximação necessita ser mais precisa (...)'
- Comunicação com controle de tráfego aéreo deve ser melhorada, sobretudo em situações de emergência (mayday) (...)'



Acidente do voo LAMIA 2933:  
Algumas conclusões tiradas pela investigação do acidente



usp>  
ep>  
peq>



Causas raiz e derivadas do acidente:

- Piloto tinha envolvimento direto com a empresa (sócio proprietário)
- Empreendimento endividado e na iminência de ser liquidado
- Elaboração de uma logística precipitada após a proibição imposta pela ANAC de cumprimento do itinerário original
- Coação e suborno de funcionários do Controle de Tráfego Aéreo
- Pilotos tecnicamente despreparados
- Quebra de protocolos
- Gestão inadequada de recursos humanos
- Erros sucessivos em tomadas de decisão
- Falhas de comunicação



Momento do impacto de LaMia 2933 contra cerro El Gordo  
(simulação)

Conclusões geral:

'(...) foram observadas violações de diversos preceitos de segurança da aviação, (...)'

'(...) acidente poderia ter sido evitado em diversos momentos (...)'

Apenas para constar....



usp>  
ep>  
peq>



Lamia: *s. feminino*

Mitologia. Monstro mítico que, simbolizado pela cabeça de uma mulher com o corpo de serpente, devorava homens e crianças. Bruxa. Feiticeira.

## Como os acidentes ocorrem?



usp>  
ep>  
peq>



A maioria dos acidentes cumpre uma sequência de três etapas:

Iniciação: evento que inicia o acidente

Propagação: evento (ou cadeia de eventos) que mantem (ou expandem) o acidente

Conclusão: evento (ou eventos) que cessam o acidente, ou restringem sua amplitude

A Engenharia de Segurança atua eliminando o passo de iniciação, e/ou substituindo as etapas de propagação por eventos de encerramento

## Anulação do processo de acidente



usp>  
ep>  
peq>



Passo	Efeito desejado	
Iniciação	Diminuir	Em teoria, pode-se interromper um acidente, eliminando o passo de iniciação
Propagação	Diminuir	Na prática porém, isso não é eficaz: <b>É irrealista esperar a eliminação de todas as iniciações!!!!</b>
Terminação	Aumentar	Uma abordagem eficiente consiste em atuar simultaneamente nos três momentos. Assim, uma vez iniciado, o acidente não se propaga em demasia, e a fase de terminação pode ser abreviada ao máximo



usp>  
ep>  
peq>



## Anulação do processo de acidente

Passo	Efeito desejado	Procedimento
Iniciação	Diminuir	
Propagação	Diminuir	
Terminação	Aumentar	

Em teoria, pode-se interromper um acidente, eliminando o passo de iniciação



Na prática porém, isso não é eficaz:

**É irrealista esperar a eliminação de todas as iniciações!!!!**

Uma abordagem eficiente consiste em atuar simultaneamente nos três momentos.

Assim, uma vez iniciado, o acidente não se propaga em demasia, e a fase de terminação seja o mais curta possível