



# ESTUDO DE CASO 1

# AEROPORTO DE

# CONFINS



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





## Objetivos

Apresentar a resolução de exercícios propostos aplicando os conhecimentos relacionados com o objetivo de expressar valores numéricos à capacidade de pista de um aeroporto;

Entender o método de cálculo da capacidade de pista como norteador das conclusões quantitativas relativas à capacidade de pista de um aeroporto.



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





# Roteiro

Resolução de exercícios propostos:

- Operação RADAR
- Operação NÃO RADAR



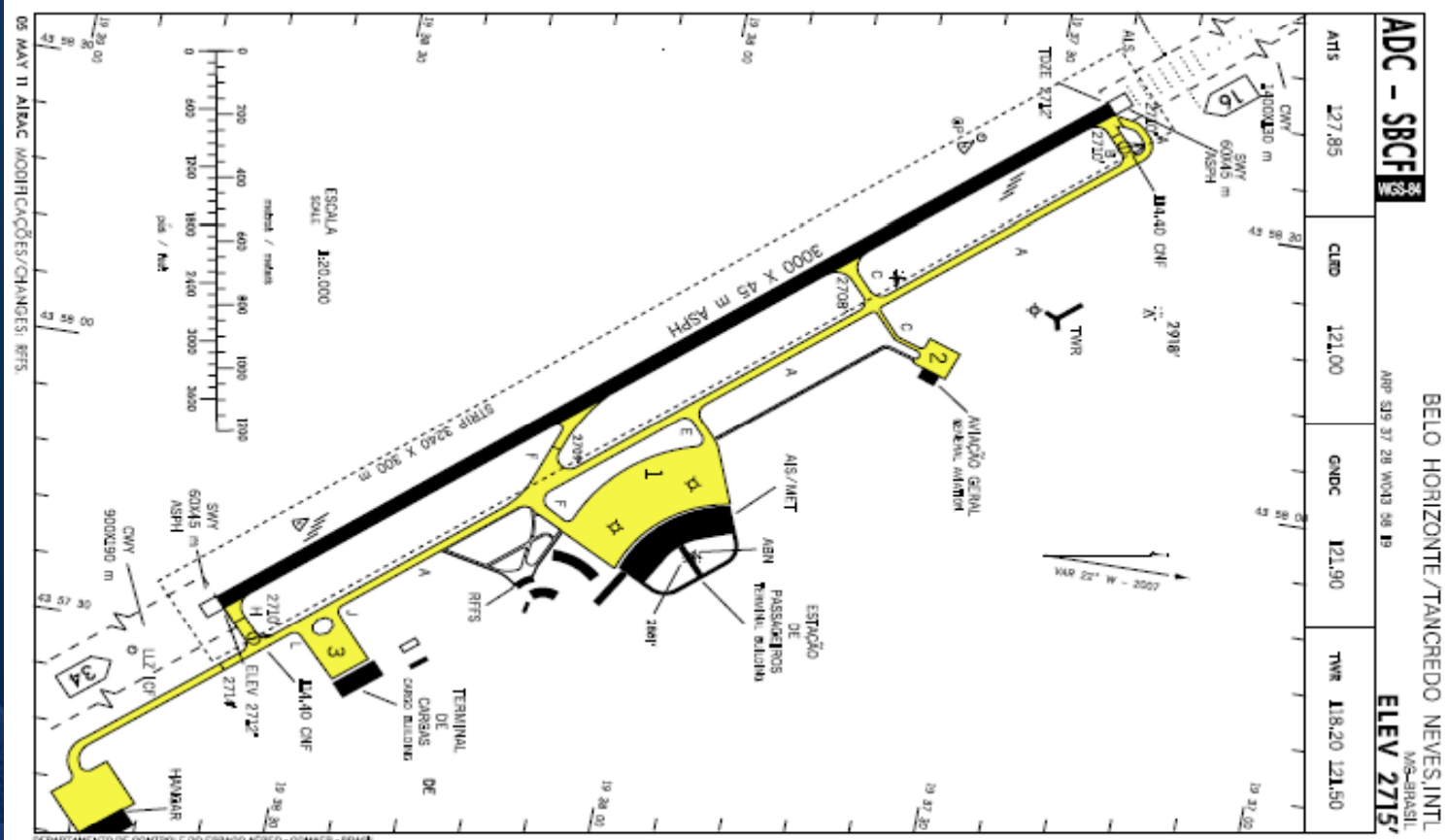
Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





# Exercício

A ADC abaixo representa o conjunto de pistas do aeródromo de Confins:





## Modus Operandi:

O equipamento RADAR é utilizado pelo APP-BH como ferramenta de auxílio à prestação do serviço de controle de tráfego aéreo para o aeródromo em tela;

A distância mínima regulamentar empregada entre duas aeronaves em aproximação para o aeroporto de Confins é de 5NM, conforme ICA 100-12 Regras do Ar e Serviço de Tráfego Aéreo.

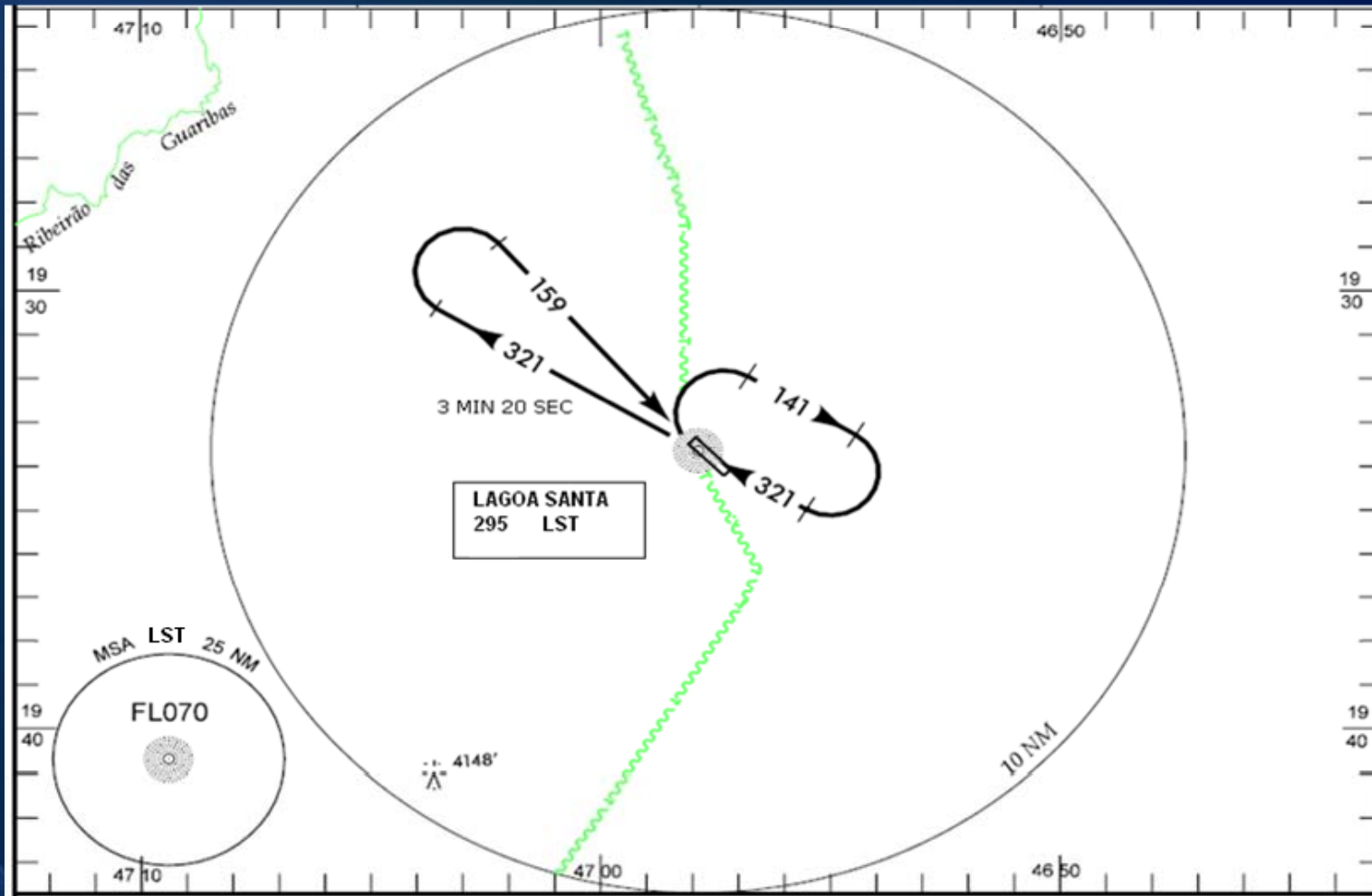
No caso de inoperância do radar serão utilizados os procedimentos NDB RWY 16 e NDB RWY 34, conforme cartas abaixo:



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo



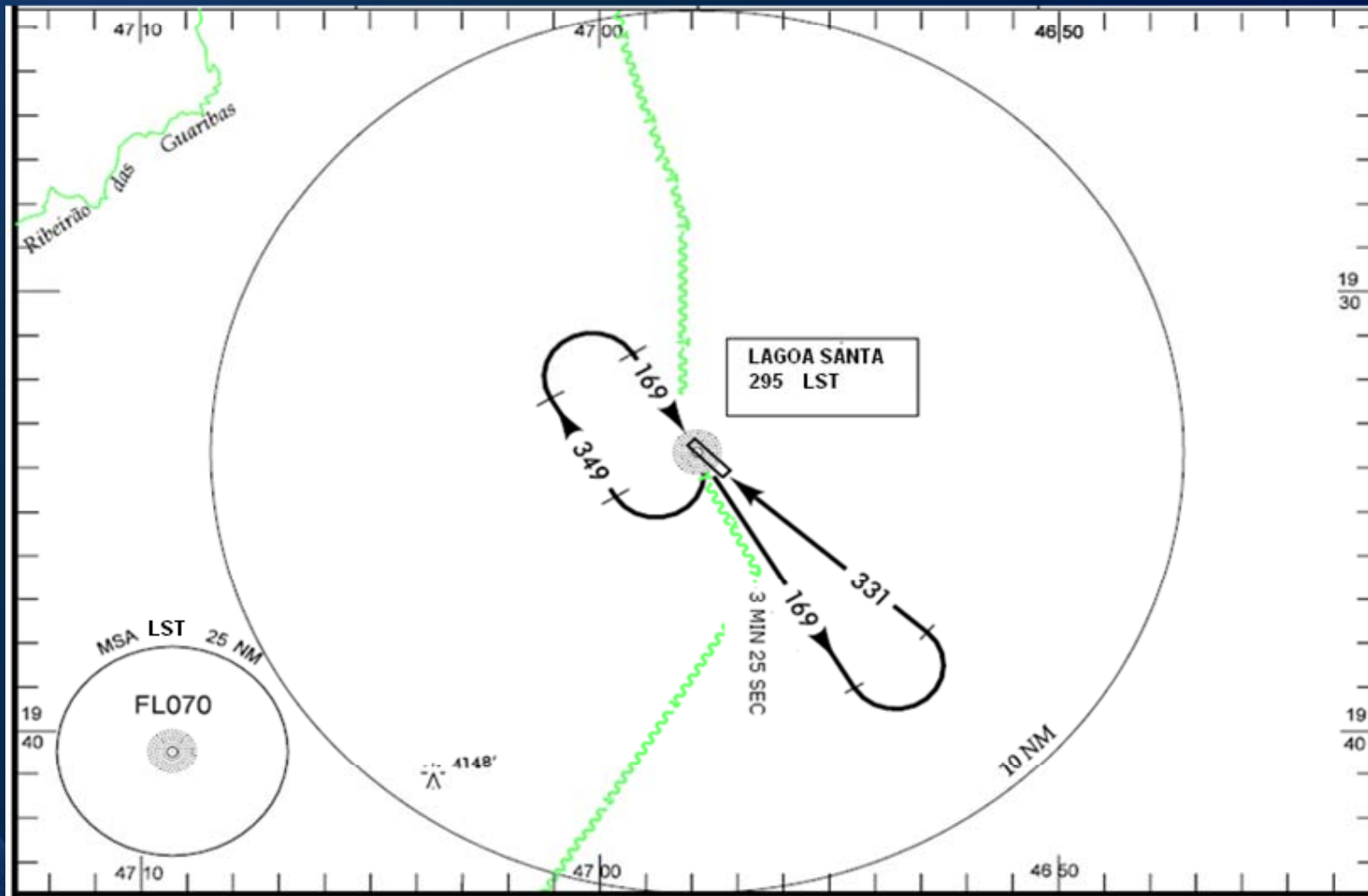
# NDB RWY 16



Departamento de Controle do Espaço Aéreo



# NDB RWY 34



Departamento de Controle do Espaço Aéreo



## Modus Operandi:



Na inoperância do equipamento RADAR será aplicado o disposto na ICA 100-12 Regras do Ar e Serviços de Tráfego Aéreo (Separação entre as aeronaves que saem e que chegam), que preconiza o seguinte: “quando a aeronave que chega estiver executando uma aproximação por instrumentos completa, a aeronave que parte poderá decolar em uma direção que difira, pelo menos, de 45 (quarenta e cinco) graus da direção oposta a de aproximação, até que a aeronave que chega tenha iniciado a curva de procedimento ou curva base que a conduza à aproximação final.”

Exemplificado na figura a seguir:

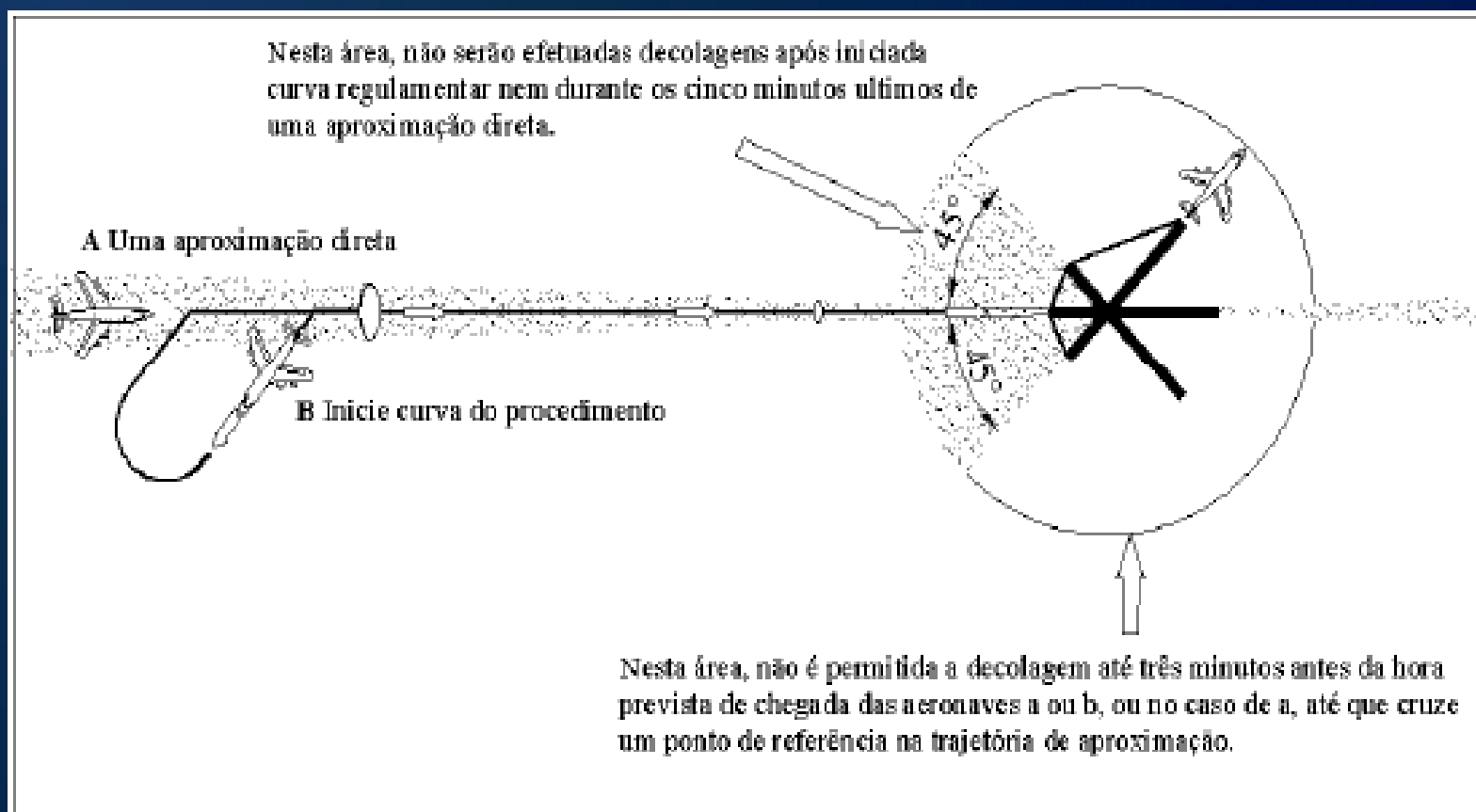


Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





## Modus Operandi:



No aeródromo operam aeronaves das categorias A, B, C e D.



Departamento de Controle do Espaço Aéreo





## Dados Coletados no aeródromo:

- a) Tempo médio de ocupação de pista durante o pouso RWY 16 (seg):  
CAT A = 39 CAT B = 39 CAT C = 55 CAT D = 85
- b) Tempo médio de ocupação de pista durante a decolagem (ingresso + corrida) RWY 16 (seg):  
CAT A = 75 CAT B = 77 CAT C = 95 CAT D = 110
- c) Tempo médio de ocupação de pista durante o pouso RWY 34 (seg):  
CAT A = 42 CAT B = 42 CAT C = 64 CAT D = 94
- d) Tempo médio de ocupação de pista durante a decolagem (ingresso + corrida) RWY 34 (seg):  
CAT A = 74 CAT B = 76 CAT C = 94 CAT D = 109
- e) Tempo médio de voo entre o marcador externo e a cabeceira 16 (seg):  
CAT A = 174 CAT B = 128 CAT C = 130 CAT D = 124
- f) Tempo médio de voo entre o marcador externo e a cabeceira 34 (seg):  
CAT A = 172 CAT B = 126 CAT C = 128 CAT D = 122

A distância entre os OM e as THR é de 5NM.



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





Dados fornecidos pelo setor de estatística do CGNA:

### MIX

CAT A = 1,71 %

CAT B = 1,28 %

CAT C = 95,63 %

CAT D = 1,38 %

Percentual de utilização de pista:

PU RWY 16 = 93,19 %

PU RWY 34 = 6,81 %



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





Considerando as informações fornecidas, determine:

- a) A capacidade da pista 16/34 no caso de uma operação RADAR;
- b) A capacidade da pista 16/34 no caso de uma operação sem a utilização do RADAR;



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





# OPERAÇÃO RADAR



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





Resolução:

a) A capacidade da pista 16/34 no caso de uma operação RADAR:

- o Para a determinação da capacidade da pista 16/34 devemos, inicialmente, determinar a capacidade de cada uma das cabeceiras.
- o Devemos analisar o modo de operação para cada uma das cabeceiras, de acordo com a infraestrutura disponível, para definirmos quais tempos serão considerados como tempos de ocupação de pista.





Resolução:

A partir dos dados fornecidos acima, calculamos a média aritmética dos tempos de ocupação de pista, por categoria de aeronaves, durante as operações de pouso e decolagem (MATOP):

$$MATOP_A = \frac{MTOPD_A + MTOPP_A}{2}$$

$$MATOP_B = \frac{MTOPD_B + MTOPP_B}{2}$$

$$MATOP_C = \frac{MTOPD_C + MTOPP_C}{2}$$

$$MATOP_D = \frac{MTOPD_D + MTOPP_D}{2}$$



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





## RWY 16

$$MATOP_A = \frac{75 + 39}{2} = 57$$

$$MATOP_B = \frac{77 + 39}{2} = 58$$

$$MATOP_C = \frac{95 + 55}{2} = 75$$

$$MATOP_D = \frac{110 + 85}{2} = 97,5$$

## RWY 34

$$MATOP_A = \frac{74 + 42}{2} = 58$$

$$MATOP_B = \frac{76 + 42}{2} = 59$$

$$MATOP_C = \frac{94 + 64}{2} = 79$$

$$MATOP_D = \frac{109 + 94}{2} = 101,5$$



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





## Resolução:

- o O passo seguinte será a determinação da velocidade de aproximação final.

Velocidade empregada para percorrer uma distância determinada no segmento de aproximação final (**SAF**) para pouso. Essa velocidade é o resultado da divisão do comprimento do segmento de aproximação final considerado, pelo tempo de vôo coletado entre o marcador externo e a cabeceira da pista (**T**).

$$VA_A = \frac{S_{AF}}{T_A}$$

$$VA_B = \frac{S_{AF}}{T_B}$$

$$VA_C = \frac{S_{AF}}{T_C}$$

$$VA_D = \frac{S_{AF}}{T_D}$$



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





Resolução:

$$VA_A = \frac{5}{174} = 0,0287\text{NM/S EG}$$

$$VA_B = \frac{5}{128} = 0,0390\text{NM/S EG}$$

$$VA_C = \frac{5}{130} = 0,0384\text{NM/S EG}$$

$$VA_D = \frac{5}{124} = 0,0403\text{NM/S EG}$$

Para a RWY 16:

$$VA_A = \frac{5}{172} = 0,0290\text{NM/S EG}$$

$$VA_B = \frac{5}{126} = 0,0396\text{NM/S EG}$$

$$VA_C = \frac{5}{128} = 0,0390\text{NM/S EG}$$

$$VA_D = \frac{5}{122} = 0,0409\text{NM/S EG}$$

Para a RWY 34:



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





## Resolução:

- o O passo seguinte será a determinação da velocidade média ponderada com que as aeronaves voam o segmento de aproximação final.

Ao ponderarmos os valores da velocidade de aproximação final encontrados com o MIX, encontraremos as velocidades médias ponderadas com que as aeronaves voam o segmento de aproximação final para cada cabeceira.



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





Resolução:

Ponderando os valores calculados com o MIX, teremos para cada cabeceira, a velocidade média ponderada de aproximação:

$$VMP = \frac{(MIX_A \times VA_A) + (MIX_B \times VA_B) + (MIX_C \times VA_C) + (MIX_D \times VA_D)}{100}$$

Para a RWY 16:

$$VMP_{16} = \frac{(1,71 \times 0,0287) + (1,28 \times 0,0390) + (95,63 \times 0,0384) + (1,38 \times 0,0403)}{100} = 0,0382 \text{ NM/SEG}$$

Para a RWY 34:

$$VMP_{34} = \frac{(1,71 \times 0,0290) + (1,28 \times 0,0396) + (95,63 \times 0,0390) + (1,38 \times 0,0409)}{100} = 0,0388 \text{ NM/SEG}$$



Departamento de Controle do Espaço Aéreo





Resolução:

- o O passo seguinte será a determinação do tempo médio ponderado de ocupação de pista (TMOP):

Ao ponderarmos a média aritmética dos tempos de ocupação de pista com o MIX, encontraremos tempo médio ponderado de ocupação de pista.



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





Resolução:

$$TMOP = \frac{(MIX_A \times MATOPA) + (MIX_B \times MATOPB) + (MIX_C \times MATOPC) + (MIX_D \times MATOPD)}{100}$$

RWY 16

$$TMOP = \frac{(1,71 \times 57) + (1,28 \times 58) + (95,63 \times 75) + (1,38 \times 97,5)}{100} = 74,78 \text{ SEG}$$

RWY 34

$$TMOP = \frac{(1,71 \times 58) + (1,28 \times 59) + (95,63 \times 79) + (1,38 \times 101,5)}{100} = 78,69 \text{ SEG}$$



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





Resolução:

- o Conhecendo a velocidade média de aproximação das aeronaves e os tempos de ocupação de cada pista, determinaremos agora a separação de segurança para cada uma das cabeceiras:

$$SS = VMP \times TMOP$$

Para a RWY 16:

$$SS = 0,0382 \times 74,78 = 2,85 NM$$

Para a RWY 34:

$$SS = 0,0388 \times 78,69 = 3,05 NM$$



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





Resolução:

- o Com os valores obtidos é possível determinarmos a separação total entre dois pousos para que seja possível intercalar uma decolagem entre eles, sem ferir a separação mínima regulamentar:

Para a RWY 16:

$$ST = SS + SMR$$

$$ST_{16} = 5NM + 2,85NM = 7,85NM$$

Para a RWY 34:

$$ST_{34} = 5NM + 3,05NM = 8,05NM$$



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





Resolução:

- o O próximo passo será a determinação do tempo para se voar a separação total, que expressará o tempo entre dois pousos consecutivos:

$$\text{TMST} = \frac{\text{ST}}{\text{VMP}}$$

Para a RWY 16:

$$\text{TMST} = \frac{\text{ST}_{16}}{\text{VMP}_{16}} = \frac{7,85\text{NM}}{0,0382\text{NM/SEG}} = 205,49\text{SEG}$$

Para a RWY 34:

$$\text{TMST} = \frac{\text{ST}_{34}}{\text{VMP}_{34}} = \frac{8,05\text{NM}}{0,0388\text{NM/SEG}} = 207,47\text{SEG}$$



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





Resolução:

- o O número de pousos para cada pista será determinado pela divisão dos 3600 seg de uma hora pelo tempo gasto para se voar a separação total:

$$P = \frac{1\text{HOUR}}{\text{TMST}}$$

Para a RWY 16:

$$P_{16} = \frac{1\text{HOUR}}{\text{TMST}_{16}} = \frac{3600\text{SEG}}{205,49\text{SEG}} = 17,51 \cong 17 \text{POUSOS}$$

Para a RWY 34:

$$P_{34} = \frac{1\text{HOUR}}{\text{TMST}_{34}} = \frac{3600\text{SEG}}{207,47\text{SEG}} = 17,35 \cong 17 \text{POUSOS}$$



Departamento de Controle do Espaço Aéreo





Resolução:

- o O número de decolagens será determinado ao subtrairmos uma aeronave do total de pousos:

$$D = P - 1$$

Para a RWY 16:

$$D_{16} = P_{16} - 1 = 17 - 1 = 16 \text{ DECOLAGENS}$$

Para a RWY 34:

$$D_{34} = P_{34} - 1 = 17 - 1 = 16 \text{ DECOLAGENS}$$



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





Resolução:

- o O número total de operações, a capacidade teórica de cada pista, será obtido pela soma do número de pousos com o número de decolagens:

$$\mathbf{CTP = P + D}$$

Para a RWY 16:

$$\mathbf{CTP_{16} = P_{16} + D_{16} = 17 + 16 = 33 \text{ AERONAVES}}$$

Para a RWY 34:

$$\mathbf{CTP_{34} = P_{34} + D_{34} = 17 + 16 = 33 \text{ AERONAVES}}$$



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo



## Resolução:



- o Com os valores obtidos, através da ponderação com os percentuais de utilização das cabeceiras, podemos determinar a capacidade do conjunto de pistas do aeródromo para a operação RADAR:

PERCENTUAL DE UTILIZAÇÃO DAS RWY	RWY 16	RWY 34
	93,19%	6,81%

$$CDP = \frac{(PU_A \times CTP_A) + \dots + (PU_N \times CTP_N)}{PU_A + \dots + PU_N}$$

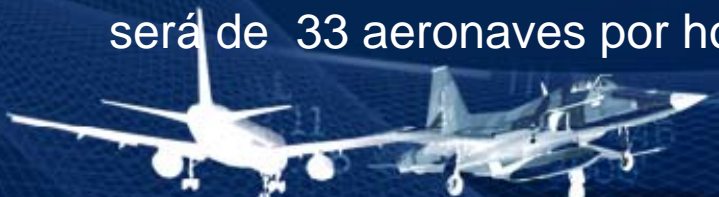
$$CDP = \frac{(PU_{16} \times CTP_{16}) + (PU_{34} \times CTP_{34})}{PU_{16} + PU_{34}}$$

$$CDP = \frac{(93,19 \times 33) + (6,81 \times 33)}{93,19 + 6,81} = 33 \text{ AERONAVES}$$

R: A capacidade de pista do aeroporto de Confins com a utilização do RADAR será de 33 aeronaves por hora. (100%)



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





# OPERAÇÃO NÃO RADAR



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





Resolução:

b) A capacidade da pista 16/34 no caso de uma operação sem a utilização do equipamento RADAR:

Para a determinação do valor da capacidade de pista para a operação sem a utilização do equipamento RADAR, devemos raciocinar em termos de tempo para a determinação da separação mínima regulamentar (SMR), ou seja, aquela em que a TWR não poderá decolar mais nenhuma aeronave quando outra no procedimento atingir um ponto determinado, para o nosso caso, o início da curva base.



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





## Resolução:

No caso da operação não radar, em que se analisa um procedimento, as separações serão calculadas em termos de tempo, porque, independentemente da velocidade que a aeronave executando o procedimento o realize, ela cumprirá os tempos previstos no procedimento.

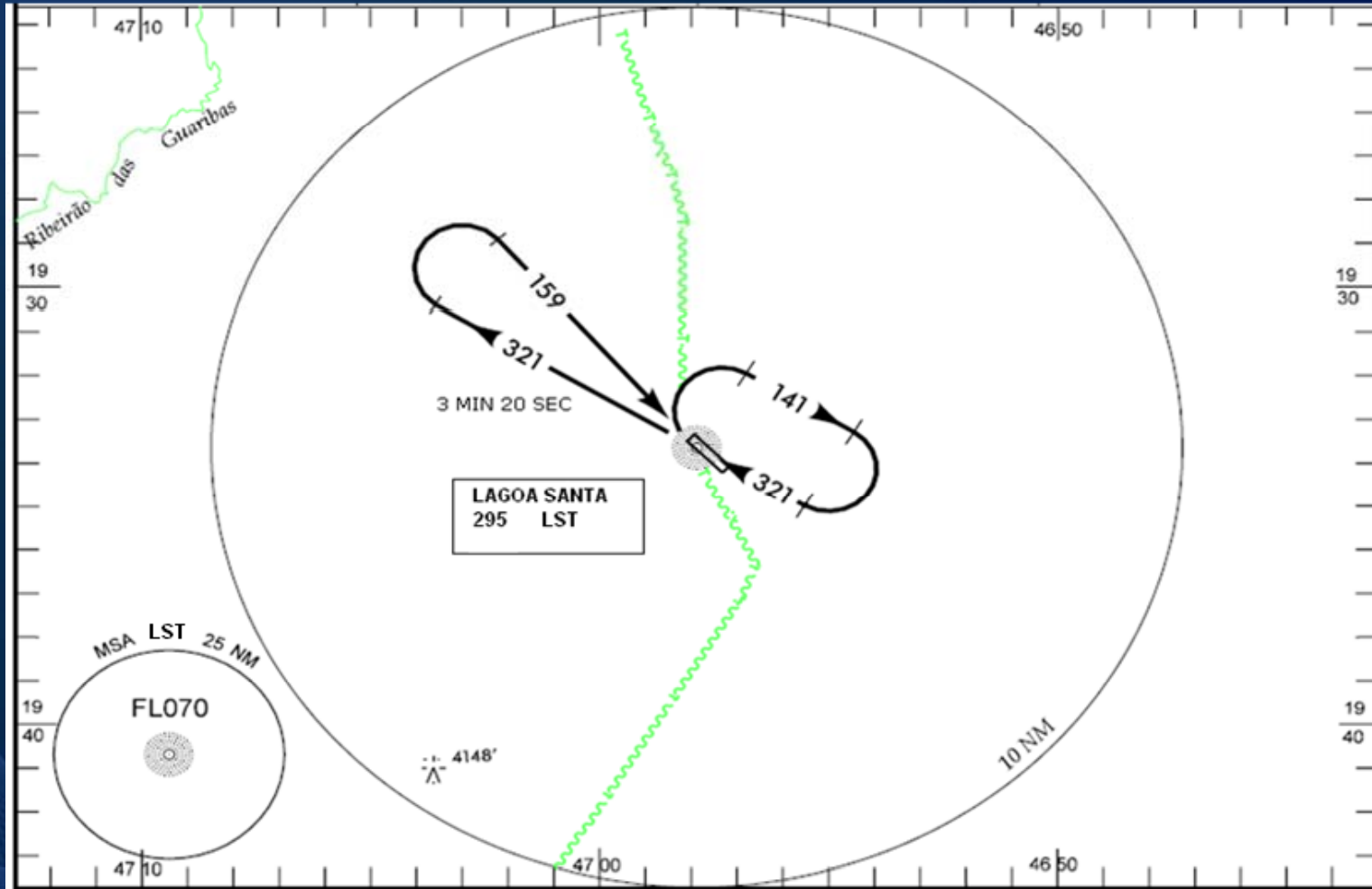
Analisando os procedimentos, determinaremos as SMR.



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo



# NDB RWY 16



Departamento de Controle do Espaço Aéreo





## RWY16

Analisando o procedimento NDB RWY 16 verifica-se que o tempo a partir do início da curva base até a cabeceira é composto da seguinte maneira (SMR):

SMR = TEMPO DA CURVA BASE + TEMPO DE RETORNO DO AFASTAMENTO

SMR = 60 seg + 200 seg

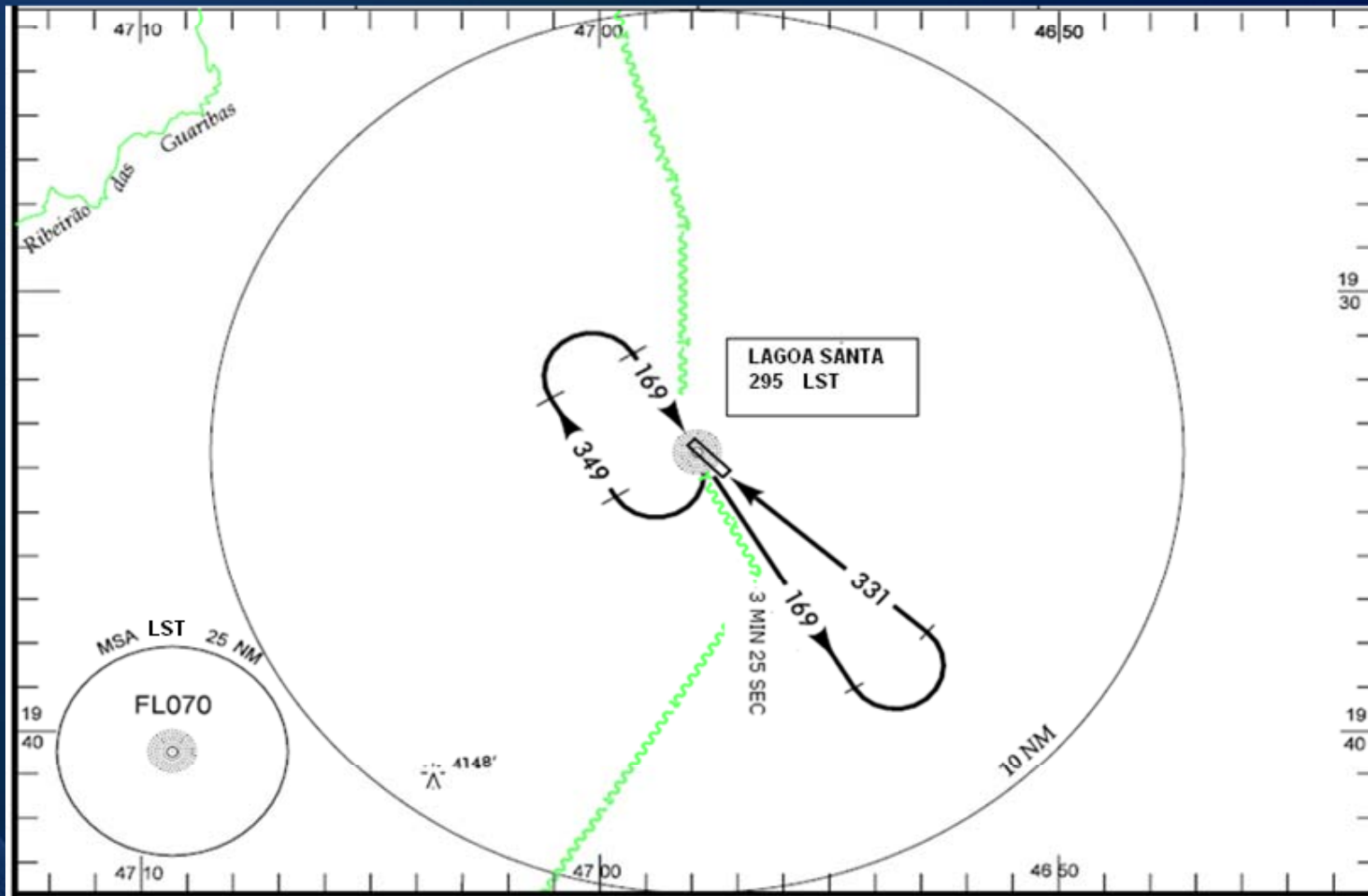
SMR = 260 seg



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo



# NDB RWY 34



Departamento de Controle do Espaço Aéreo





## RWY 34

Analisando o procedimento NDB RWY 34 verifica-se que o tempo a partir do início da curva base até a cabeceira é composto da seguinte maneira (SMR):

SMR = TEMPO DA CURVA BASE + TEMPO DE RETORNO DO AFASTAMENTO

SMR = 60 seg + 205 seg

SMR = 265 seg



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





## Resolução:

A metodologia de cálculo adotada prevê a possibilidade de ocorrer uma decolagem entre dois pousos consecutivos, porém sem ferir a separação mínima regulamentar (SMR), que no Brasil é estabelecida na ICA 100-12, entre as aeronaves pousando e decolando. Com esse objetivo, é necessário calcular uma separação de segurança a ser somada à separação mínima regulamentar, entre as aeronaves em aproximação, de forma a viabilizar a decolagem de uma aeronave, logo após o pouso da primeira, mas sem comprometer a sua separação mínima regulamentar com a segunda aeronave em aproximação. No nosso caso, a SS será igual ao tempo médio de ocupação de pista (TMOP).

### RWY16

$$SS = TMOP$$

$$SS = 74,78 \text{ seg}$$

### RWY34

$$SS = TMOP$$

$$SS = 78,69 \text{ seg}$$



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





Resolução:

A separação total entre dois pousos consecutivos (ST) será:

$$ST = SMR + SS$$

RWY 16

$$ST = 260 + 74,78 \text{ seg}$$

$$ST = 334,78 \text{ seg}$$

RWY 34

$$ST = 265 + 78,69 \text{ seg}$$

$$ST = 343,69 \text{ seg}$$



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





Resolução:

O número de pousos para cada cabeceira será dado pela divisão dos 3600 seg da hora pelo tempo que expressa a separação total, que equivale ao tempo médio ponderado entre dois pousos consecutivos (TMST).

$$P = \frac{1\text{HOUR}}{\text{TMST}}$$

$$P_{16} = \frac{1\text{HOUR}}{ST_{16}} = \frac{3600\text{SEG}}{334,78\text{SEG}} = 10,75 \cong 10 \text{POUSOS}$$

$$P_{34} = \frac{1\text{HOUR}}{\text{TMST}_{34}} = \frac{3600\text{SEG}}{343,69\text{SEG}} = 10,47 \cong 10 \text{POUSOS}$$



Departamento de Controle do Espaço Aéreo





Resolução:

- o O número de decolagens será determinado ao subtrairmos uma aeronave do total de pousos:

$$D = P - 1$$

Para a RWY 16:

$$D_{16} = P_{16} - 1 = 10 - 1 = 9 \text{ DECOLAGENS}$$

Para a RWY 34:

$$D_{34} = P_{34} - 1 = 10 - 1 = 9 \text{ DECOLAGENS}$$



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo





Resolução:

- o O número total de operações, a capacidade teórica de cada pista, será obtido pela soma do número de pousos com o número de decolagens:

$$\mathbf{CTP = P + D}$$

Para a RWY 16:

$$\mathbf{CTP_{16} = P_{16} + D_{16} = 10 + 9 = 19 \text{ AERONAVES}}$$

Para a RWY 34:

$$\mathbf{CTP_{34} = P_{34} + D_{34} = 10 + 9 = 19 \text{ AERONAVES}}$$



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo



## Resolução:



- Com os valores obtidos, através da ponderação com os percentuais de utilização das cabeceiras, podemos determinar a capacidade do conjunto de pistas do aeródromo para a operação NÃO RADAR:

PERCENTUAL DE UTILIZAÇÃO DAS RWY	RWY 16	RWY 34
	93,19%	6,81%

$$CDP = \frac{(PU_A \times CTP_A) + \dots + (PU_N \times CTP_N)}{PU_A + \dots + PU_N}$$

$$CDP = \frac{(PU_{16} \times CTP_{16}) + (PU_{34} \times CTP_{34})}{PU_{16} + PU_{34}}$$

$$CDP = \frac{(93,19 \times 19) + (6,81 \times 19)}{93,19 + 6,81} = 19 \text{ AERONAVES}$$

R: A capacidade de pista do aeroporto de Confins sem a utilização do RADAR será de 19 aeronaves por hora. (100%)



Departamento de Controle  
do Espaço Aéreo

