

Planejamento e Análise da *Capacidade de Setor ATC*



Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

OBJETIVO

Elucidar sobre os fatores que devem ser observados para planejar uma adequada coleta de dados referentes a capacidade de setores ATC, os quesitos operacionais que devem ser analisados para a melhoria desta capacidade e quais os parâmetros que são calculados no modelo matemático.

ROTEIRO

- ✓ Fatores de Planejamento
- ✓ Carga de Trabalho
- ✓ Análise Operacional
- ✓ Parâmetros do Modelo Matemático

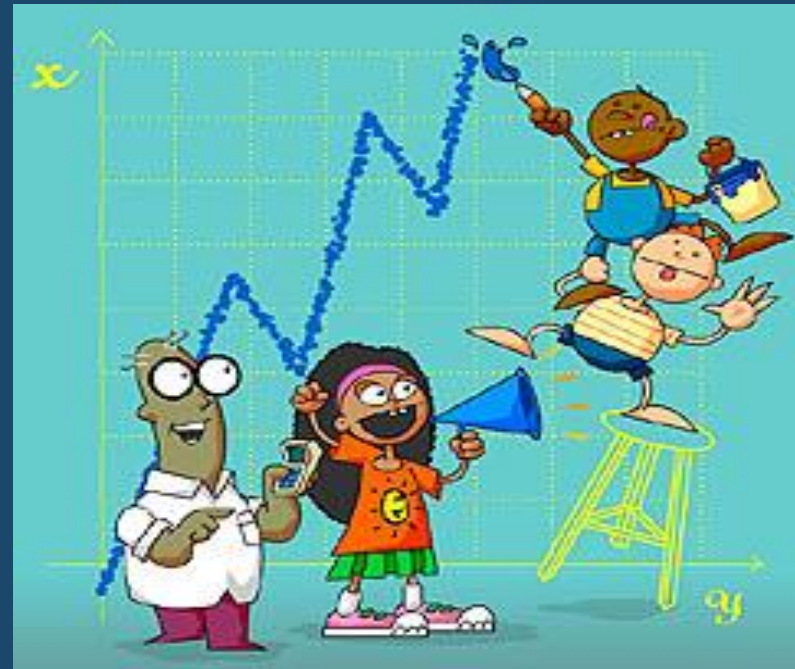
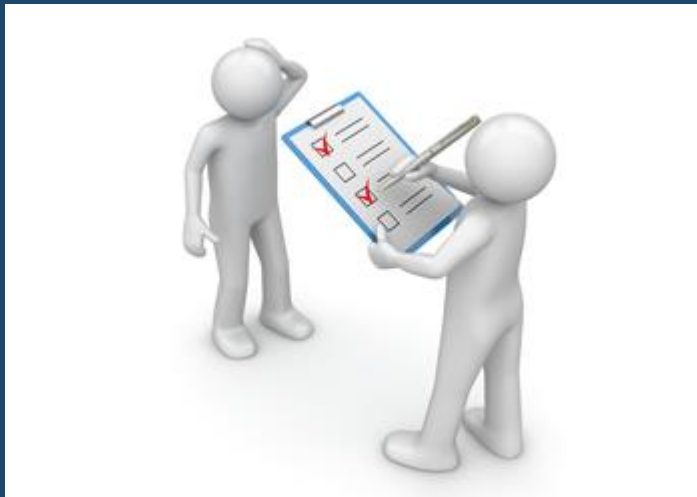
INTRODUÇÃO

A capacidade de setores ATC tem estreita ligação com a carga de trabalho imposta ao ATCO. Diante dos dados levantados no órgão de controle, legislações, efetivo, treinamento e procedimentos operacionais pertinentes, é que poderemos reduzir, senão dirimir, dificuldades que possam impactar na referida capacidade.

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

Adequada Coleta dos Dados



Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

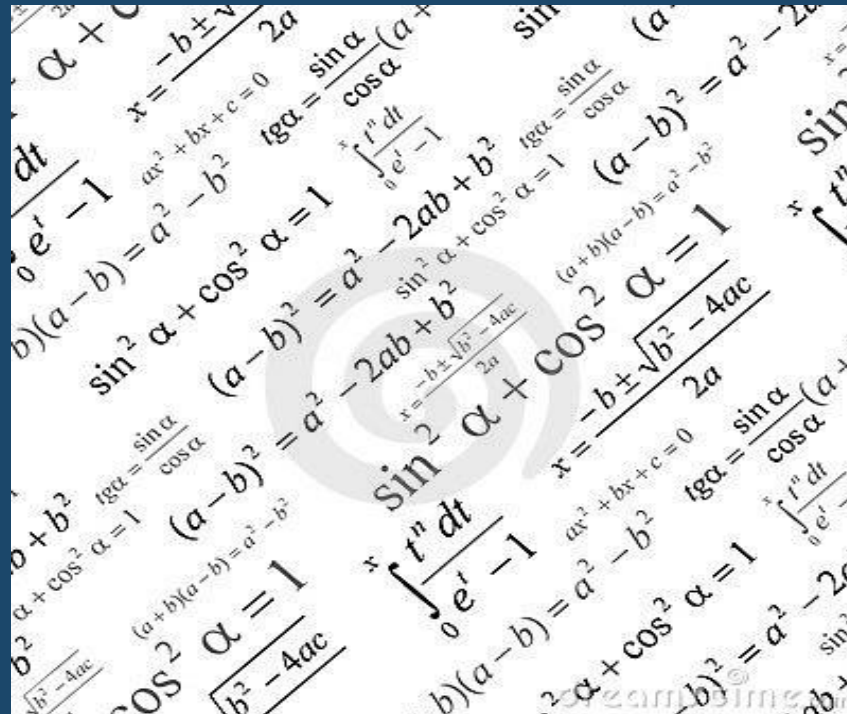
Analisar com primor as condições operacionais ATC



Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

Modelo Matemático Fidedigno



Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

SERVIÇO ATC			
ÓRGÃO ATC	RADAR	NÃO RADAR	TOTAL
ACC	4	1	5
APP	23	17	40



FATORES DE PLANEJAMENTO

Para que uma coleta de dados seja bem sucedida é necessário analisar o modelo operacional, manual de operações do órgão ATC e demais fatores que possam descaracterizar a rotina do órgão, como:

- Estatística da demanda de tráfego no período de coleta;
- Épocas que evidenciam instabilidade meteorológica;
- Operações militares;
- Eventos festivos e feriados;

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

FATORES DE PLANEJAMENTO

- Manutenção radar;
- Manutenção de auxílios à navegação aérea, ILS e frequências;
- Download de base de dados;
- Plataforma de trabalho (X-4000 e SAGITARIO);
- Mapeamentos dos agrupamentos mais utilizados no órgão ATC e
- Gravação de áudio digitalizado (Audiosoft) ou analógico (RACAL).



Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

ESTATÍSTICA DE DEMANDA ATC

MOVIMENTO MENSAL DE SBPA – 2013			
PERÍODO	SBPA	CLASSIFICAÇÃO	
Mês	Total	Mês	Total
Janeiro	7804	Julho	8391
Fevereiro	6746	Abril	8314
Março	8133	Maio	8207
Abril	8314	Dezembro	8170
Maio	8207	Março	8133
Junho	7949	Agosto	8103
Julho	8391	Junho	7949
Agosto	8103	Janeiro	7804
Setembro	6293	Outubro	6915
Outubro	6915	Fevereiro	6746
Novembro	6637	Novembro	6637
Dezembro	8170	Setembro	6293
Média	7638		

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

ESTATÍSTICA DE DEMANDA ATC

MOVIMENTO MENSAL DE SBNT – 2013			
PERÍODO	SBNT	CLASSIFICAÇÃO	
Mês	Total	Mês	Total
Janeiro	2879	Maio	5943
Fevereiro	2871	Abril	5469
Março	2681	Junho	4620
Abril	5469	Julho	4398
Maio	5943	Agosto	4366
Junho	4620	Outubro	4263
Julho	4398	Novembro	3760
Agosto	4366	Setembro	3496
Setembro	3496	Dezembro	3194
Outubro	4263	Janeiro	2879
Novembro	3760	Fevereiro	2871
Dezembro	3194	Março	2681
Média	3995		

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

CARGA DE TRABALHO



Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

CARGA DE TRABALHO

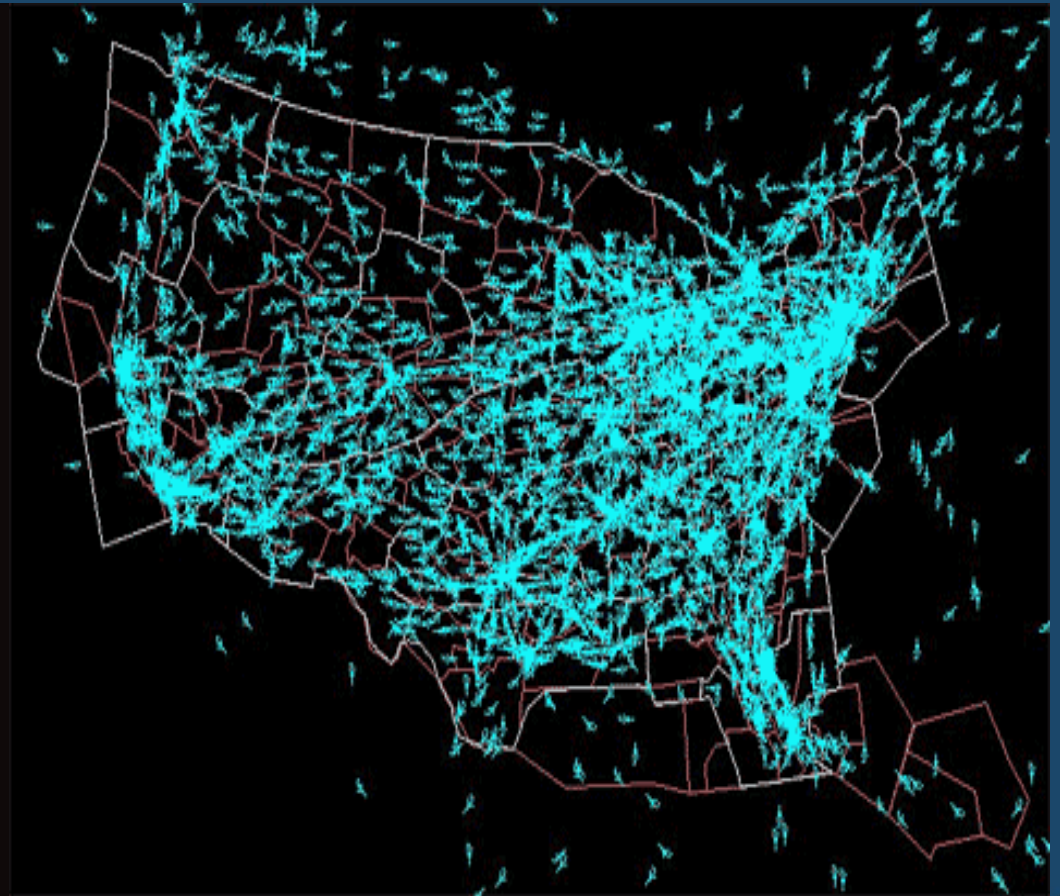


Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

CARGA DE TRABALHO

BRASIL

EUA



Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

CARGA DE TRABALHO

De acordo com a “U.S. Bureau of Labor Statistics” o controle de tráfego Aéreo é o quarto trabalho mais estressante dos E.U.A. por lidar com uma função de alta exigência.

Para se ter uma ideia da complexidade do nosso trabalho, é suficiente dizer que, de acordo com uma pesquisa feita por pesquisadores “Federal Aviation Administration” (FAA) há seis atividades que podem ser destacadas:

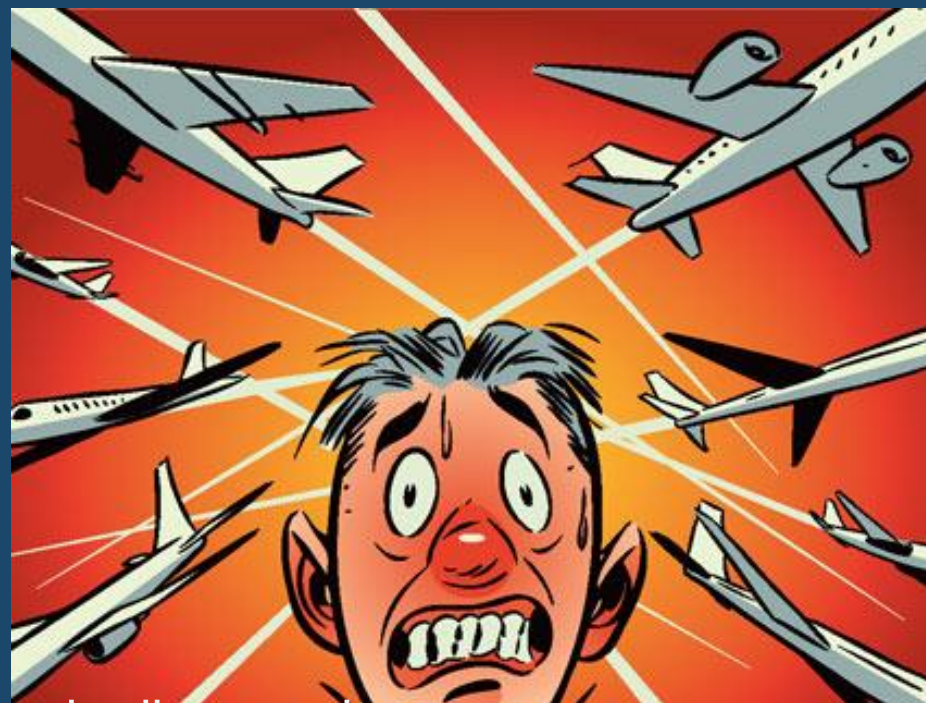
- Monitoramento contínuo de situações;
- Resolução de conflitos aéreos;
- Gerenciamento de fluxo de aeronaves;
- Rerroteamento e planejamento de voos;
- Cálculo de impactos meteorológicos;
- Gerenciamento de recursos de posições.



CARGA DE TRABALHO

Esta atividade torna-se cada vez mais complexa devido ao crescente número de aeronaves que cruzam o espaço aéreo e ao surgimento de aeronaves cada vez mais modernas e rápidas, as quais voam conjuntamente com outras mais antigas e lentas. Os controladores de tráfego aéreo necessitam de diversas habilidades para exercer, de maneira eficiente, o seu trabalho. Dentre outras, eles precisam das seguintes habilidades:

- Raciocínio rápido;
- Controle emocional;
- Raciocínio espacial;
- Capacidade de rápida adaptação às mudanças operacionais;
- Capacidade de atuar em grupo;
- Capacidade física e orgânica para atuar seja dia ou noite.



CARGA DE TRABALHO

Tais atividades incluem 46 sub - atividades e 348 tarefas distintas. Das quais, os relevantes atributos cognitivo/sensorial requeridos para o controle de aeronaves são: a análise do espaço aéreo, detecção de conflitos, reconhecimento de imagem e padrões, determinar prioridades, filtro visual e sonoros, codificações e decodificações (Dígitos das Etiquetas), análises indutivas e dedutivas, memória de curto e longo prazo e análise matemática e de probabilidade.



Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

ANÁLISE OPERACIONAL



Agência Espaço Aéreo / @ Sat. Johnson



ANÁLISE OPERACIONAL

Torna-se necessária uma análise criteriosa nos procedimentos operacionais existentes no órgão ATC, de forma a averiguar as possibilidades de redução da carga de trabalho para, conseqüentemente, ocorrer um aumento da capacidade dos respectivos setores.

ANÁLISE OPERACIONAL

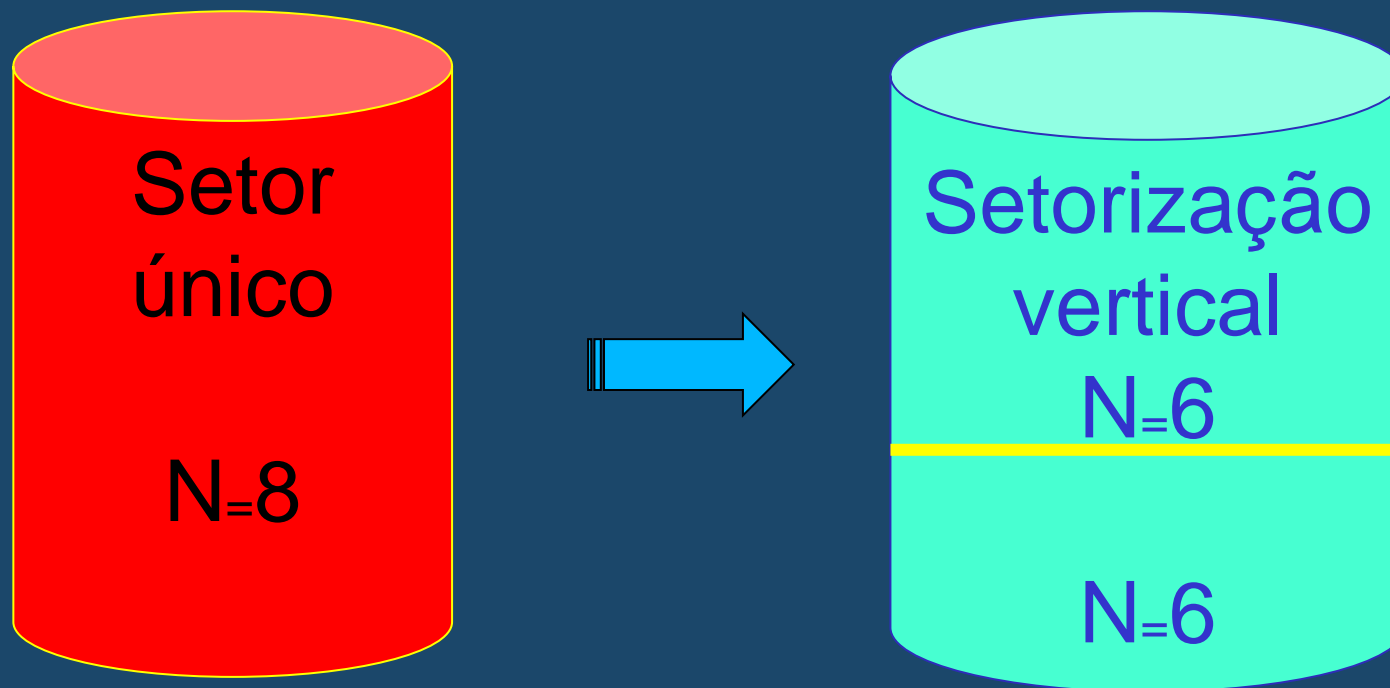
É importante observar a necessidade de:

- ATIS;
- Corredores Visuais;
- STAR;
- Acordos operacionais com outros órgãos ATS, aeroclubes e etc;

ANÁLISE OPERACIONAL

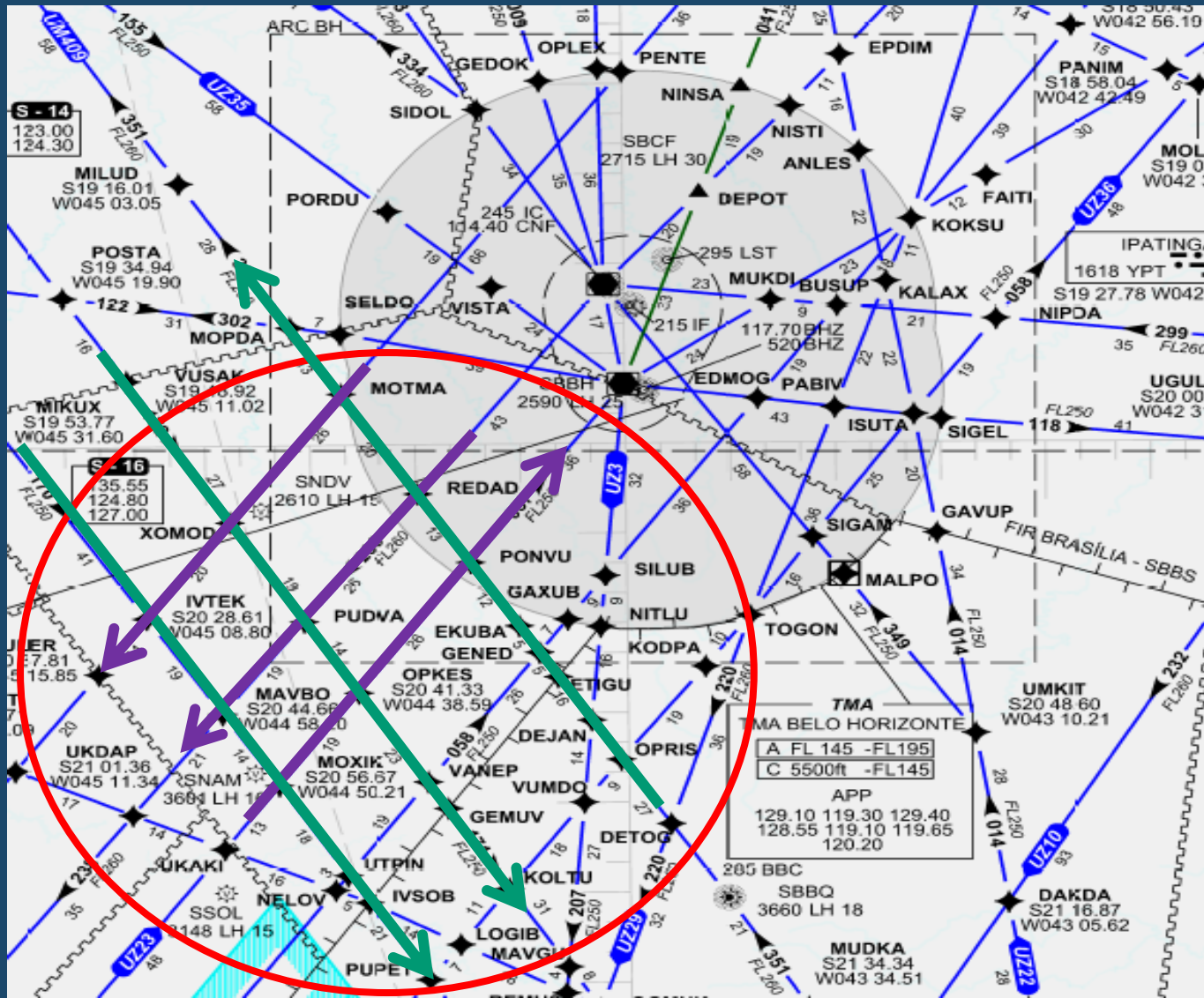
- Área de treinamento para aeronaves civis ou militares;
- Aprimoramento na coordenação entre órgãos ATC (Intercâmbio);
- Setorização;
- Reconfiguração física da TMA (27NM para 40NM);
- REAST e
- Plano AFIL.

ANÁLISE OPERACIONAL



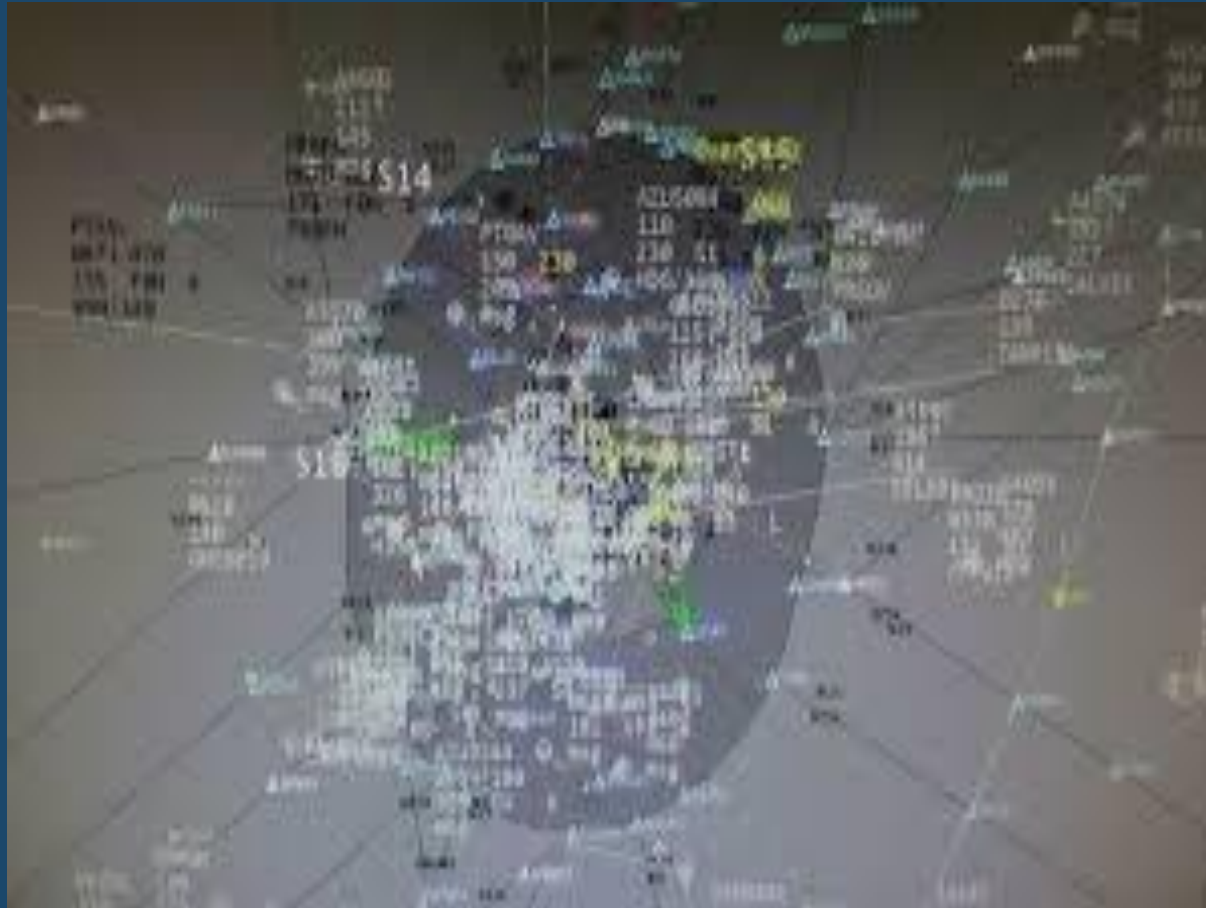
Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

ANÁLISE OPERACIONAL

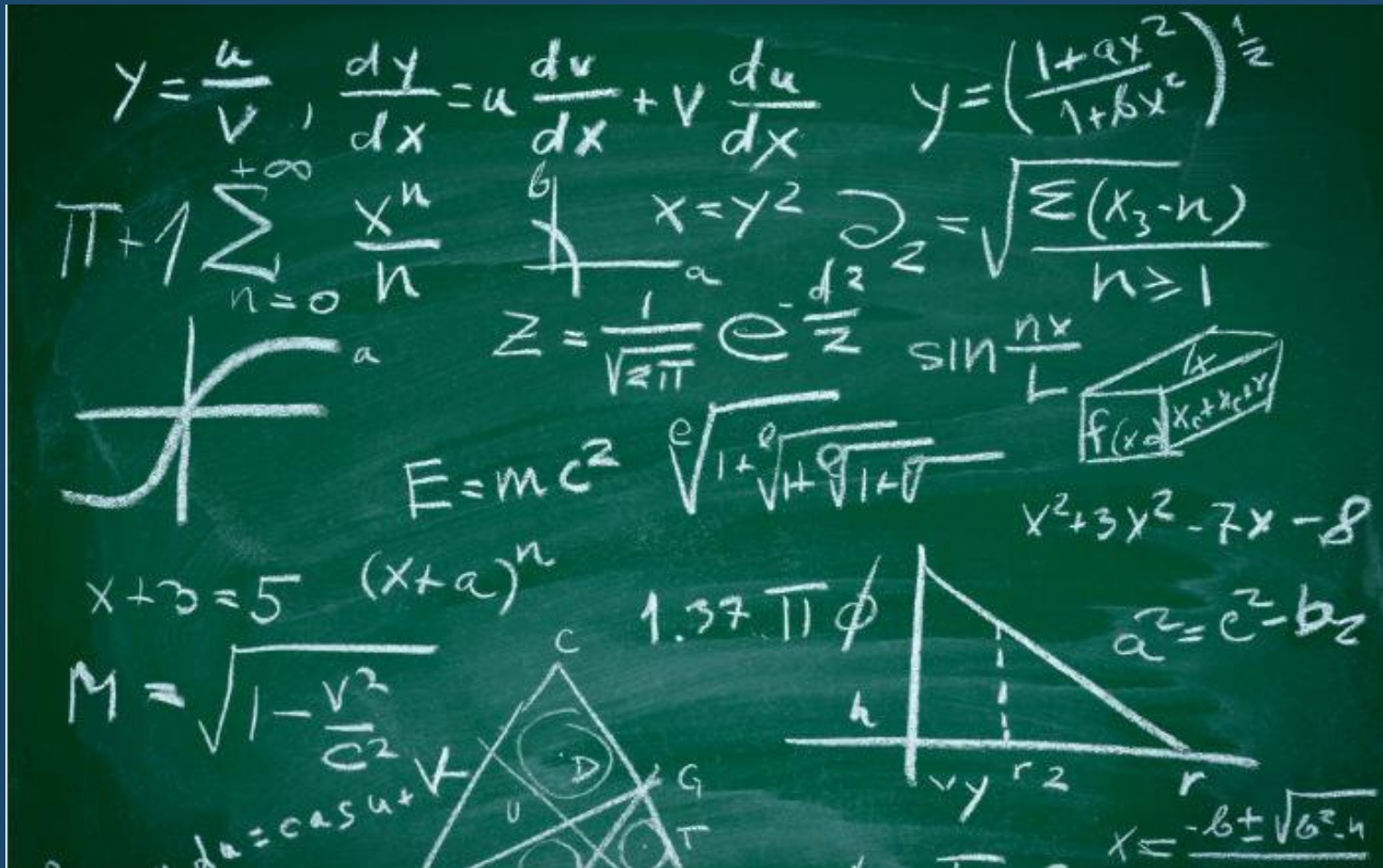


Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

ANÁLISE OPERACIONAL



MODELO MATEMÁTICO



Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

MODELO MATEMÁTICO

Capacidade Referencial do setor ATC: É o número ótimo de aeronaves em controle simultâneo dentro de um setor ATC específico.

Fórmula:

$$N_n = \frac{T \cdot \alpha_n}{(T_{com} + TTS) \cdot 1,30}, \quad 1 \leq n \leq 10$$

Fator de Convergência

$$\begin{aligned} T \leq 900 \text{ seg} &\Rightarrow \alpha_1 = 1; \\ 900 \text{ seg} < T \leq 1000 \text{ seg} &\Rightarrow \alpha_2 = 0,95; \\ 1000 \text{ seg} < T \leq 1100 \text{ seg} &\Rightarrow \alpha_3 = 0,90; \\ 1100 \text{ seg} < T \leq 1200 \text{ seg} &\Rightarrow \alpha_4 = 0,85; \\ 1200 \text{ seg} < T \leq 1300 \text{ seg} &\Rightarrow \alpha_5 = 0,80; \\ 1300 \text{ seg} < T \leq 1400 \text{ seg} &\Rightarrow \alpha_6 = 0,75; \\ 1400 \text{ seg} < T \leq 1500 \text{ seg} &\Rightarrow \alpha_7 = 0,71; \\ 1500 \text{ seg} < T \leq 1600 \text{ seg} &\Rightarrow \alpha_8 = 0,68; \\ 1600 \text{ seg} < T \leq 1700 \text{ seg} &\Rightarrow \alpha_9 = 0,65; e \\ T > 1700 \text{ seg} &\Rightarrow \alpha_{10} = 0,65. \end{aligned}$$



MODELO MATEMÁTICO

N_n – número de referência (capacidade calculada do setor) = N_{ref}

T – tempo médio de permanência no setor (em segundos)

α_n – fator de convergência

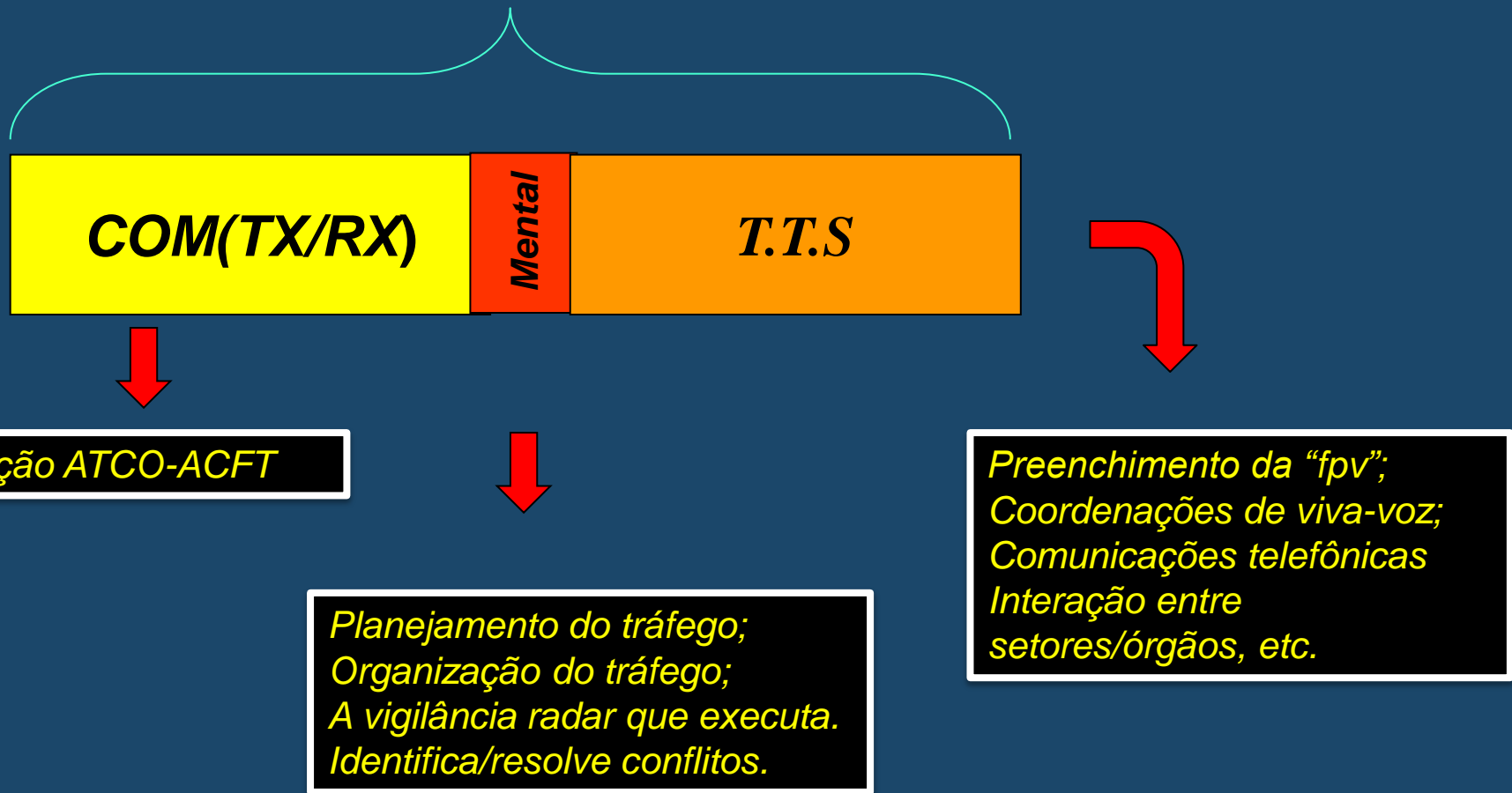
T_{com} – tempo médio de comunicação com a aeronave (em segundos)

TTS – tempo médio gasto em atividades secundárias (em segundos)

1,30 – fator cognitivo

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

MODELO MATEMÁTICO



MODELO MATEMÁTICO

NÚMERO PICO (N_{pico}) - É a capacidade de controle simultâneo que um determinado setor ATC tem condições de manter, por no máximo 19 (dezenove minutos) em uma hora, contínuo ou não, fins de atender um aumento de demanda de curta duração. Durante este período, o ATCO experimentará uma sobrecarga de trabalho controlado. Caso se observe que a situação tenda a se prolongar, medidas ATFM deverão ser tomadas.

MODELO MATEMÁTICO

Fórmula do N_{pico} :

$$N_n = \frac{T \cdot \alpha_n}{(Tcom + TTS) \cdot 1,30}, \quad 1 \leq n \leq 10$$

O T_{max} é obtido por $T_{max} = T + \sigma_T$, sendo o desvio padrão de T .

O $Tcom_{min}$ é obtido por $Tcom_{min} = Tcom - \sigma_{Tcom}$, sendo σ_{Tcom} o desvio padrão de $Tcom$.

O TTS_{min} é obtido por $TTS_{min} = TTS - \sigma_{TTS}$, sendo σ_{TTS} o desvio padrão de TTS .

MODELO MATEMÁTICO

Capacidade Horária do Setor - É o número de aeronaves que um setor é capaz de prestar o serviço de tráfego aéreo no período de uma hora.

Fórmula:

$$CHS = \frac{3.600 \cdot (0,683 \cdot N_{ref} + 0,317 \cdot N_{pico})}{T}$$

Em uma hora, $N_{ref} + \Delta$ ou $N_{ref} - \Delta$ acontecerá 31,7% do tempo (aproximadamente 19 minutos), variação ocasionada pelo uso dos σ do $T_{máx}$, $T_{com_{min}}$ e TTS_{min} .

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Coleta de dados do *TTS*

A Coleta das Atividades Secundárias (*TTS*) será feita pela unidade de tempo em segundos, somente, sobre atividades inerentes ao serviço de tráfego aéreo (inserção ou atualização de plano de voo, coordenação e etc.), exceto comunicações com as aeronaves



Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Coleta de dados do *TTS*

Será cronometrado no órgão operacional, no mínimo 30 medidas de *TTS* de 180 segundos, de cada setor, com intervalo de 60 segundos entre as medidas e registrar conforme formulário abaixo:

FORMULÁRIO 1 - Coleta de Tarefas Secundárias (*TTS*)

ÓRGÃO: ACC XX

DATA	SETOR	CA	SA	HHMM		TTS (Seg)	TTS ASS (Seg)	OBS	CONSOLE OPERACIONAL	DENSIDADE DE TRÁEGO N REAL				COLETOR	ATCO TÁTICO	COLETOR	ATCO ESTRATÉGICO	
				INÍCIO	TÉRMINO					INÍCIO		FINAL						
										VFR	TTL	VFR	TTL					
05/03/2012	5/9	X		1033	1036	51	43		14		9		9	COLETOR Z	ATCO X	COLETOR A	ATCO R	
05/03/2012	5/9	X		1038	1041	28	26		14		9		10	COLETOR Z	ATCO X	COLETOR A	ATCO R	
05/03/2012	5/9	X		1044	1047	29	53		14		11		14	COLETOR W	ATCO Y	COLETOR B	ATCO S	
05/03/2012	6/7/17	X		1106	1109	2	-		12		-	6	6	COLETOR W	ATCO Y	COLETOR B	ATCO S	
05/03/2012	6/7/17/18	X		1114	1117	61	-	COORDENAÇÃO C/ DEFESA AÉREA	12		-	14	-	13	COLETOR W	ATCO Y	COLETOR B	ATCO S

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Tratamento de dados do TTS

O valor encontrado será dividido pelo número de aeronaves registradas em cada amostra selecionada na coleta de T_{com} , que resultará o TTS por aeronave em cada amostra (TTS_n , com $1 \leq n \leq 35$), conforme exemplo abaixo:

$$TTS_n = \frac{TTS \text{ do setor}}{\text{quantidade de aeronaves}}$$

$$TTS_1 = \frac{594}{46} = 12,91 \text{ segundos por aeronave na amostra 1}$$

$$TTS_2 = \frac{594}{41} = 14,49 \text{ segundos por aeronave na amostra 2}$$

∴ Assim por diante até o TTS_{35} da amostra 35

$$TTS_{35} = \frac{594}{44} = 13,50 \text{ segundos por aeronave na amostra 35}$$

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Tratamento de dados do *TTS*

Em seguida, será calculada a média de todas as amostras e o respectivo desvio padrão dos tempos de atividades secundárias por aeronave, conforme exemplo abaixo:

Média

$$TTS \text{ por aeronave do setor} = \frac{12,91 + 14,49 + \dots + 13,50}{35} = 15,07 \text{ segundos}$$

Desvio Padrão

$$\sigma_{TTS} \text{ por aeronave do setor} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{35} (TTS_n - TTS)^2}{n-1}} =$$

$$= \sqrt{\frac{(12,91 - 15,07)^2 + (14,49 - 15,07)^2 + \dots + (13,50 - 15,07)^2}{35 - 1}} = 3,40 \text{ segundos}$$

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Tratamento de dados do *TTS*

Inserção dos dados *TTS* na tabela de médias das amostras e desvio padrão dos parâmetros do modelo matemático:

TABELA 1: Médias e Desvios Padrão						
	TEMPOS MÉDIOS DE ATIVIDADES SECUNDÁRIAS POR AERONAVE NO SETOR (<i>TTS</i>)		TEMPOS MÉDIOS DE PERMANÊNCIA NO SETOR (<i>T</i>)		TEMPOS MÉDIOS DE CONUNICAÇÃO POR AERONAVE NO SETOR (<i>Tcom</i>)	
Amostra 1	TTS_1	12,91	T_1		$Tcom_1$	
Amostra 2	TTS_2	14,49	T_2		$Tcom_2$	
Amostra 3	TTS_3	12,38	T_3		$Tcom_3$	
Amostra 4	TTS_4	11,65	T_4		$Tcom_4$	
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	
Amostra 10	TTS_{10}	12,38	T_{10}		$Tcom_{10}$	
⋮	⋮	⋮	-		⋮	
Amostra 35	TTS_{35}	13,50	-		$Tcom_{35}$	
<i>Tempo Médio</i>	<i>TTS</i>	15,07	<i>T</i>		<i>Tcom</i>	
DESVIO PADRÃO	σ_{TTS}	3,40	σ_T		σ_{Tcom}	

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

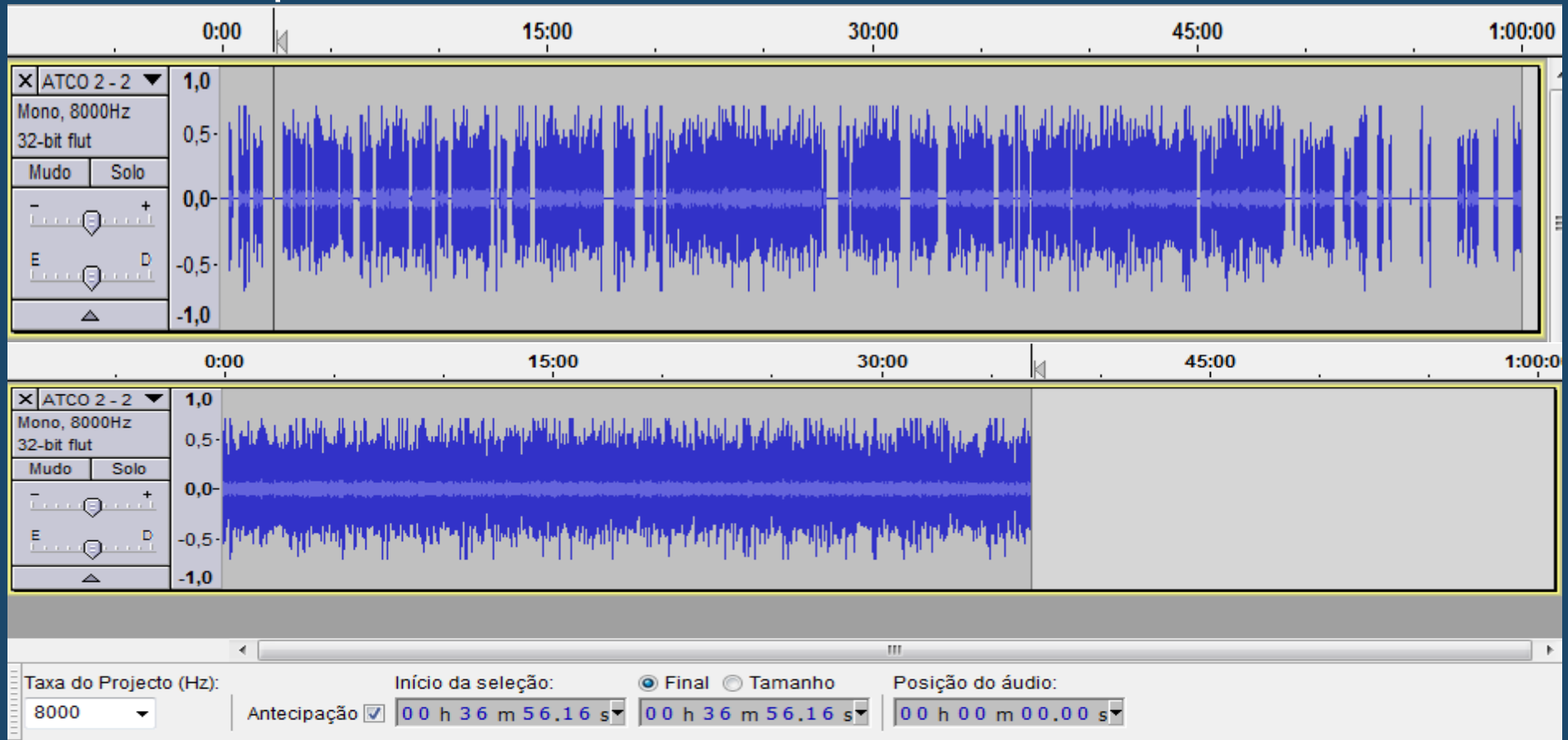
Coleta de dados para o *T*

As fitas de áudio devem ser coletadas dos órgãos de controle, com áudios das últimas quatro semanas, em amostras de uma hora contínua, nos períodos de maior densidade de tráfego e separadas por setor e/ou agrupamento. Ocorrerá a exclusão do silêncio com o auxílio de algum software de redução de áudio (ex: AUDACITY), e em seguida serão selecionadas, no mínimo, as dez amostras com maior tempo de áudio.

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Coleta de dados para o T

Exclusão do silêncio com o auxílio de algum software de redução de áudio (ex: AUDACITY), para seleção das dez amostras com maior tempo de áudio:



Tratamento de dados do T

O tratamento será iniciado com a audição das dez maiores amostras selecionadas, desprezando a exclusão do silêncio. Em consequência, efetuar-se-á a média de cada amostra, calculando-se os horários de entrada e saída do setor, dividindo-se pela quantidade de aeronaves. Desta forma, será feita a média das dez amostras e o respectivo desvio padrão.

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Tratamento de dados do T

Formulário de amostra para T e T_{com} :

FORMULÁRIO 3: Coleta do T e do T_{com}

AMOSTRA					
DATA	dd/mm/aaaa		1	TEMPO REAL DE ÁUDIO	
HORA DA GRAVAÇÃO (UTC)	HORA	MINUTO		MIN	SEG
	hh	mm		32	15
ACFT	Entrada		Saída		Tempo no Setor
	Min	Seg	Min	Seg	Min
TAM3599	6	49	17	51	11,03
UAL845	7	12	26	24	19,20
PP-LGD	10	32	28	45	18,22
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
TAM3070	38	24	55	19	16,92
Tempo Médio no Setor (T)					16,18



Tratamento de dados do T

Tempo médio de permanência no setor (T) e a respectiva média dos tempos de T do setor Y de uma amostra:

$T_1 = 16,56$ minutos por aeronave na amostra 1
 $T_2 = 15,69$ minutos por aeronave na amostra 2
:
Assim por diante até o T_{10} da amostra 10
 $T_{10} = 17,68$ minutos por aeronave na amostra 10

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Tratamento de dados do T

Será calculado a média das 10 amostras e o respectivo desvio padrão, que serão inseridos numa tabela junto com os valores dos demais parâmetros (T_{com} e TTS), exemplo:

Média

$$T \text{ por aeronave do setor} = \frac{16,56 + 15,69 + \dots + 17,68}{10} = 17,58 \text{ minutos}$$

Desvio Padrão

$$\sigma_T \text{ por aeronave do setor} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{10} (T_n - T)^2}{n - 1}} =$$

$$= \sqrt{\frac{(16,56 - 17,58)^2 + (15,69 - 17,58)^2 + \dots + (17,68 - 17,58)^2}{10 - 1}} = 1,06 \text{ minutos}$$

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Tratamento de dados do T

A inserção dos dados T na tabela de médias das amostras e desvio padrão dos parâmetros do modelo matemático:

TABELA 1: Médias e Desvios Padrão

	TEMPOS MÉDIOS DE ATIVIDADES SECUNDÁRIAS POR AERONAVE NO SETOR (TTS)		TEMPOS MÉDIOS DE PERMANÊNCIA NO SETOR (T)		TEMPOS MÉDIOS DE CONUNICAÇÃO POR AERONAVE NO SETOR ($Tcom$)	
Amostra 1	TTS_1	12,91	T_1	16,56	$Tcom_1$	
Amostra 2	TTS_2	14,49	T_2	15,69	$Tcom_2$	
Amostra 3	TTS_3	12,38	T_3	17,96	$Tcom_3$	
Amostra 4	TTS_4	11,65	T_4	17,98	$Tcom_4$	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
Amostra 10	TTS_{10}	12,38	T_{10}	18,40	$Tcom_{10}$	
⋮	⋮	⋮	-	-	⋮	
Amostra 35	TTS_{35}	13,50	-	-	$Tcom_{35}$	
<i>Tempo Médio</i>	TTS	15,07	T	17,58	$Tcom$	
<i>DESVIO PADRÃO</i>	σ_{TTS}	3,40	σ_T	1,06	σ_{Tcom}	

Coleta de dados do *Tcom*

A Coleta do *Tcom* será realizada junto à coleta do *T*, acrescida das demais amostras com maior tempo de áudio até que resulte num total de 35 amostras.

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Tratamento de dados do T_{com}

O Tratamento ocorrerá na divisão do total de tempo real de áudio comprimido (transformar em segundos), pela quantidade de aeronaves que se comunicaram em cada amostra.

FORMULÁRIO 3: Coleta do T e do T_{com}					
AMOSTRA					
DATA	dd/mm/aaaa		1	TEMPO REAL DE ÁUDIO	
HORA DA GRAVAÇÃO (UTC)	HORA	MINUTO		MIN	SEG
	hh	mm		32	15
ACFT	Entrada		Saída		Tempo no Setor
	Min	Seg	Min	Seg	Min
TAM3599	6	49	17	51	11,03
UAL845	7	12	26	24	19,20
PP-LGD	10	32	28	45	18,22
:	:	:	:	:	:
TAM3070	38	24	55	19	16,92
Tempo Médio no Setor (T)					16,56

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Tratamento de dados do T_{com}

Em seguida, será calculada a média de todas as 35 amostras e o desvio padrão dos T_{com} , para serem inseridos na tabela de médias das amostras e desvio padrão dos parâmetros do modelo matemático.

Média dos tempos de T_{com} do setor Y de uma amostra:

$T_{com_1} = 47,11$ segundos por aeronave na amostra 1
 $T_{com_2} = 50,15$ segundos por aeronave na amostra 2
: Assim por diante até o $T_{com_{35}}$ da amostra 35
 $T_{com_{35}} = 34,50$ segundos por aeronave na amostra 35

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Tratamento de dados do T_{com}

Cálculo da média das 35 amostras e o respectivo desvio padrão.

Média

$$T_{com} \text{ por aeronave do setor} = \frac{47,11 + 50,15 + \dots + 34,50}{35}$$

41,27 segundos

Desvio Padrão

$$\sigma_{T_{com}} \text{ por aeronave do setor} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{35} (T_{com_n} - T_{com})^2}{n-1}} =$$

$$= \sqrt{\frac{(47,11 - 41,27)^2 + (50,15 - 41,27)^2 + \dots + (34,50 - 41,27)^2}{35-1}} = 7,32 \text{ segundos}$$

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Tratamento de dados do T_{com}

A inserção dos dados T_{com} na tabela de médias das amostras e desvio padrão dos parâmetros do modelo matemático:

TABELA 1: Médias e Desvios Padrão						
	TEMPOS MÉDIOS DE ATIVIDADES SECUNDÁRIAS POR AERONAVE NO SETOR (TTS)		TEMPOS MÉDIOS DE PERMANÊNCIA NO SETOR (T)		TEMPOS MÉDIOS DE CONUNICAÇÃO POR AERONAVE NO SETOR (T_{com})	
Amostra 1	TTS_1	12,91	T_1	16,56	T_{com_1}	47,11
Amostra 2	TTS_2	14,49	T_2	15,69	T_{com_2}	50,15
Amostra 3	TTS_3	12,38	T_3	17,96	T_{com_3}	42,94
Amostra 4	TTS_4	11,65	T_4	17,98	T_{com_4}	46,10
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Amostra 10	TTS_{10}	12,38	T_{10}	18,40	$T_{com_{10}}$	50,33
⋮	⋮	⋮	-	-	⋮	⋮
Amostra 35	TTS_{35}	13,50	-	-	$T_{com_{35}}$	34,50
<i>Tempo Médio</i>	TTS	15,07	T	17,58	T_{com}	41,27
DESVIO PADRÃO	σ_{TTS}	3,40	σ_T	1,06	$\sigma_{T_{com}}$	7,32

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Análise dos Resultados

Após encontrar os parâmetros TTS , T e $Tcom$ de cada setor, o analista deverá aplicar os valores no modelo matemático, observando o fator de convergência a ser utilizado, conforme exemplo abaixo:

- $T = 17,58$ (1055 segundos), logo: $\alpha = 0,90$

$T \leq 900 \text{ seg} \Rightarrow \alpha_1 = 1;$
$900 \text{ seg} < T \leq 1000 \text{ seg} \Rightarrow \alpha_2 = 0,95;$
$1000 \text{ seg} < T \leq 1100 \text{ seg} \Rightarrow \alpha_3 = 0,90;$
$1100 \text{ seg} < T \leq 1200 \text{ seg} \Rightarrow \alpha_4 = 0,85;$
$1200 \text{ seg} < T \leq 1300 \text{ seg} \Rightarrow \alpha_5 = 0,80;$
$1300 \text{ seg} < T \leq 1400 \text{ seg} \Rightarrow \alpha_6 = 0,75;$
$1400 \text{ seg} < T \leq 1500 \text{ seg} \Rightarrow \alpha_7 = 0,71;$
$1500 \text{ seg} < T \leq 1600 \text{ seg} \Rightarrow \alpha_8 = 0,68;$
$1600 \text{ seg} < T \leq 1700 \text{ seg} \Rightarrow \alpha_9 = 0,65; e$
$T > 1700 \text{ seg} \Rightarrow \alpha_{10} = 0,65.$



Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Análise dos Resultados

Conforme os dados encontrados, os resultados serão calculados:

$$N_{ref} = \frac{T \cdot \alpha_n}{(T_{com} + TAS) \cdot 1,30} = \frac{17,58 \cdot 60 \cdot 0,90}{(41,27 + 15,07) \cdot 1,30} = 12,96$$



Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Análise dos Resultados

A partir do N_{ref} encontrado, será calculado o N_{pico} , conforme a sequência abaixo:

$$T_{max}$$

$$T_{min} \quad T_{com}$$

$$TTS_{min} = TTS - \sigma_{TTS} = 15,07 - 3,40 = 11,67$$

$$N_{pico} = \frac{T_{max} \cdot \alpha}{(T_{com}_{min} + TTS_{min}) \cdot 1,30} = \frac{18,64 \cdot 60 \cdot 0,85}{(33,95 + 11,67) \cdot 1,30} = 16,07$$

Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Análise dos Resultados

A partir do N_{ref} e N_{pico} encontrados, será calculada a CHS (Capacidade Horária do Setor), conforme abaixo:

$$CHS = \frac{3.600 \cdot (0,683 \cdot N_{ref} + 0,317 \cdot N_{pico})}{T} = \frac{3.600 \cdot (0,683 \cdot 13 + 0,317 \cdot 17)}{17,58 \cdot 60} = 49 \text{ tráfegos por hora}$$



REDUÇÃO DA CARGA DE TRABALHO PARA AUMENTO DA CAPACIDADE ATC



Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Capacidade Calculada dos Setores ATC

T_{com} calculado em 80 segundos

VALORES DE CAPACIDADE DO SETOR

Capacidade de Referência do Setor

$$N_{ref} = \frac{T \cdot \alpha}{(T_{com} + TTS) \cdot 1,30}$$

$$N_{ref} = 6$$

Capacidade de Pico do Setor

$$N_{pico} = \frac{T_{max} \cdot \alpha}{(T_{com_{min}} + TTS_{min}) \cdot 1,30}$$

$$N_{pico} = 8$$

Capacidade Horária de Setor

$$CHS = \frac{3600 \cdot (N_{ref} \cdot 0,683 + N_{pico} \cdot 0,317)}{T}$$

$$CHS = 32$$



Centro de Gerenciamento da Navegação Aérea

Capacidade Ajustada dos Setores ATC

T_{com} ajustado em 51 segundos

VALORES DE CAPACIDADE DO SETOR

Capacidade de Referência do Setor

$$N_{ref} = \frac{T \cdot \alpha}{(T_{com} + TTS) \cdot 1,30}$$

$$N_{ref} = 11$$

Capacidade de Pico do Setor

$$N_{pico} = \frac{T_{max} \cdot \alpha}{(T_{com_{min}} + TTS_{min}) \cdot 1,30}$$

$$N_{pico} = 12$$

Capacidade Horária de Setor

$$CHS = \frac{3600 \cdot (N_{ref} \cdot 0,683 + N_{pico} \cdot 0,317)}{T}$$

$$CHS = 57$$



ROTEIRO

- ✓ Fatores de Planejamento
- ✓ Carga de Trabalho
- ✓ Análise Operacional
- ✓ Parâmetros do Modelo Matemático

18:00-00:00

“Há algo muito mais escasso, muito mais sutil e mais raro de encontrar do que a capacidade. É a capacidade de reconhecer a capacidade”.

Elbert Hubbard



NATS