

## Referências bibliográficas

Arrow, Kenneth J. *The genesis of “Optimal Inventory Policy”*. **Operations Research**, vol. 50, nº 1, pg 1 -2, 2002.

Ballou, Ronald H.. *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos*. 4ª ed. Porto Alegre: editora Bookman, 2001.

Ballou, Ronald H.. *Logística Empresarial*. 13ª Ed. São Paulo: editora Atlas.

Blanchard, Benjamin S.. *Logistics Engineering and Management*. 5ª ed. New Jersey, editor Prentice Hall, 1998.

Bowersox, Donald J.; Closs, David J.. *Logística Empresarial – Processo de Integração da Cadeia de suprimento*. São Paulo: editora Atlas, 2001.

Ching, Hong Yuh. *Gestão de Estoques na Cadeia de Logística Integrada*. 3ª ed. São Paulo: editora Atlas, 2008.

Christopher, Martin. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos*. São Paulo: editora Pioneira, 1997.

Cohen, Morris A.; Agrawal, Narendra. *Winning in the aftermarket*. **Harvard business review**, Reprint R0605H; EBSCOhost, Tool Kit, 2006.

Cohen, Morris; Kamesam, Pasumarti V.; Lee, Hau. *Optimizer: IBM’s Multi-Echelon Inventory System for Managing Service Logistics*. **Interfaces**, vol. 20, pg 65 – 82, 1990.

Colin, New. *Requirements Planning*. New York: John Willey & Sons, 1973.

Costa Neto, Pedro Luiz. *Estatística*. 3ª Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

Diversos autores. *Notas de aula – Mestrado em Logística*. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2007 a 2008.

Documento de Especificação Logística, CISCEA, 1990 (uso interno).

Doutrina de Logística da Aeronáutica, DCA 2-1, COMAER, 2003 (uso interno).

Edgell, Ms Jaydee; Spangler, CDR S. K.; Drago, Maj G. F.; Jackson, Maj L. W. *Logistics in 2025: Consider It Done! A Research Paper Presented To Air Force 2025- EUA*. Disponível em <http://csat.au.af.mil/2025/volume2/vol2ch01.pdf>.

Acessado na internet em 01/07/2009.

Feeney, G.J.; Sherbrooke, C.C. *The (s-1,s) inventory policy under compound Poisson Demand*. **Management science**, vol. 12, nº 5, 1966.

Fulk, David A. “Demystifying Readiness-based Leveling ”, Expeditionary Airpower, Vol. XXIII, No. 2: 1, 34-38 (Summer 1999).

Graves, Stephen C. *A multi-echelon inventory model for a repairable item with one-for-one replenishment*. **Management Science**, Vol. 31, No. 10, pg 1247 – 1256, 1985.

Green, Linda L. *Logistics Engineering*. New York: John Wiley & Sons, 1991.

Grosh, Doris Lloyd. *A Primer of Reliability Theory*. Singapore: editora John Wiley & Sons, 1989.

Kennedy, W.J; Patterson, J. Wayne; Fredendall, Lawrence D. *An overview of recent literature on spare parts inventories*. **Int. J. Production Economics**, Vol. 76, pg 201–215, 2002.

Lafraia, João Ricardo Baruso. *Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade*. Rio de Janeiro: editora Qualitymark, 2001.

Lustosa, Leonardo; Mesquita, Marco A.; Quelhas, Osvaldo; Oliveira, Rodrigo. *Planejamento e Controle da Produção*. Rio de Janeiro: editora Elsevier, 2008.

Manual de Suprimento, MCA 67-1, DIRMAB, 2007 (uso interno).

Muckstadt, John A.; Thomas, L . Joseph. *Are multi-echelon inventory methods worth implementing in systems with low-demand-rate items?* **Management Science**, Vol. 26, No. 5, pg 483 – 494, 1980.

Muckstadt, John A. “A Model for a Multi-Item, Multi-Echelon, Multi-Indenture Inventory System”, **Management Science**, Vol. 20, No. 4: 472-481(December 1973).

Nitz, Marcelo; Galha, Rodrigo. *Mathcad 12 – Guia Prático*. 1ª Ed. São Paulo: editora Érica, 2005.

Orlicky, Joseph. *Material Requirements Planning*. New York: McGraw-Hill, 1975.

Pires, Sílvio R. I.. *Gestão da Cadeia de Suprimentos*. São Paulo: editora Atlas, 2007.

RAYTHEON. *Logistics Support Plan, Section 11 Maintenance Plan Rev. S. USA*, 2005 (uso interno).

Sherbrooke, Craig C.. *Optimal Inventory Modeling of Systems-Multi-Echelon Techniques*. New York, editora John Wiley & Sons, INC, 1992.

Sherbrooke, Craig C. *Metric – A Multi-Echelon Technique for recoverable Item control*. **The Rand corporation**, Santa Monica, California, pg 122 – 141, 1967.

Silver, Edward A. and others. *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. New York: John Wiley & Sons, 1998.

**United States Government Accountability Office (GAO)**, *Defense Inventory - Opportunities exist to save billions by reducing Air Force's unneeded spare parts inventory*. **GAO 07-232**, 04/2007.

Wanke, Peter. *Gestão de Estoque na Cadeia de Suprimento*. São Paulo: editora Atlas, 2003.

# Anexo I

## Memória de Cálculo para Modelo CISCEA

### 1. Dados para cálculo dos estoques de sobressalentes pelo Modelo CISCEA

1.1 - Calcular o número de sobressalentes (LRU e SRU) para suporte às estações dos tipos ALX, F-5BR e AMX.

1.2 - Condições a serem usadas:

Distribuição de Poisson; e

P = Fill Rate (probabilidade de encontrar uma unidade do item em estoque):  $\geq 90\%$

1.3 - Números de níveis (escalões) a serem considerados

Alternativa 1  $\rightarrow$  3 (sítios, Regionais e 1 Parque)

1.4 - TAT (dias)

LRU	60
SRU	120

1.5 - AOR (Tempo de Operação Anual)

Aeronave	AOR
ALX	300
F-5 BR	150
AMX	150

1.6 - Números de aeronaves por Base Aérea

Aeronave	Boa Vista	Campo Grande	Porto Velho	Santa Cruz	Canoas	Santa Maria	Natal	Total
AL-X	19	19	19	0	0	0	19	76
F5-BR	0	0	0	23	23	0	0	46
AM-X	0	0	0	21	0	32	0	53

1.7 - Números de equipamentos por Aeronave

	AL-X	F5-BR	AM-X
XT6313D	1	1	1
XT6013	1	1	0

1.8 - Tempo de Autonomia do SECOS

Aeronave	T. A. [h]
ALX	4
F-5 BR	3
AMX	3

1.9 - MTBF

LRU	MTBF [h]	MTBF EQ [h]
XT6313D	3169	<b>1317,59</b>
XT6013	4213	

EQ = equivalente devido a calibração deste tipo de rádio.

### 1.10 - SRU dos rádios XT6313D e XT6013

SRU	1/MTBF ( $\lambda$ )	MTBF [h]
Radio Control	8,32E-06	120.192
Protection Processor	7,98E-05	12.525
Synthesizer	3,21E-05	31.182
Receiver	7,31E-05	13.676
Transmitter Amplifier	2,72E-05	36.819
Transmitter Control	9,16E-06	109.170
Power Supply	3,40E-05	29.403
Interface	4,64E-05	21.575
Housing	3,94E-06	253.807

### 1.11 - Distribuições de LRU por Regional, Sítios e Tipo de Aeronave

		R1		R2		R3	R4			
		Tot. XT1603	CG	SC	CO	SM	NT	BV	PV	Tot. XT6313D
AL-X	XT6313D		19				19	19	19	76
	XT6013	76	19				19	19	19	
F-5BR	XT6313D			23	23					46
	XT6013	46		23	23					
AM-X	XT6313D			21		32				53
	XT6013	0								
Total Rádios		122	38	67	46	32	38	38	38	175

## 2 - Cálculos das LRU sobressalentes para a Base Boa Vista

P = Fill Rate = probabilidade de encontrar um item em estoque

K = quantidade de unidades do item

T = TAT (turn around time) em horas de operação = TAT \* AOR/365

AOR = operação anual requerida

n = número de sobressalentes requeridos para encontrar "fill rate"

R = confiabilidade

ln R = logaritmo natural de R

$$P = \sum_{i=0}^n \left[ R * (-\ln R)^i \right] / i!$$

$$R = e^{-K \lambda T}$$

Aeronave	TAT [d]	AOR [h]	T [h]
ALX	60	300	49,315
F-5 BR	60	150	24,657
AMX	60	150	24,657

LRU	MTBF	1/MTBF ( $\lambda$ )
XT6313D	<b>1317,59</b>	7,5896E-04
XT6013	4213	2,3736E-04

**Rádio tipo XT6313D.**

						Nr. De falhas por hora	
						ALX	1,44203E-02
Aeronave	QTD (K)	(- K λ T)	$\sum (-K \lambda T)$	$R = e^{-K\lambda T}$	(-ln R)	F-5 BR	0,00000E+00
ALX	19	-0,71113776	-0,71113776	0,4910851	0,71113776	AMX	0,00000E+00
F-5 BR	0	0,00000000					
AMX	0	0,00000000					

						Nr. de falhas por ano	
						ALX	4,326088035
n	$(-\ln R)^i$	$R * (-\ln R)^i$	i!	$(R * (-\ln R)^i) / i!$	P	F-5 BR	0
0	1,00000000	0,49108514	1	0,49108514	0,49108514	AMX	0
1	0,71113776	0,34922919	1	0,34922919	0,84031433		4,33
2	0,50571691	0,24835006	2	0,12417503	0,96448936		
3	0,35963439	0,17661111	6	0,02943518	0,99392455		
4	0,25574960	0,12559483	24	0,00523312	0,99915766		
5	0,18187319	0,08931522	120	0,00074429	0,99990196		
6	0,12933690	0,06351543	720	0,00008822	0,99999017		
7	0,09197635	0,04516822	5040	0,00000896	0,99999914		
8	0,06540786	0,03212083	40320	0,00000080	0,99999993		

**Rádio tipo XT6013**

Aeronave	QTD (K)	(- K λ T)	$\sum (-K \lambda T)$	$R = e^{-K\lambda T}$	(-ln R)
ALX	19	-0,22240358	-0,22240358	0,8005922	0,22240358
F-5 BR	0	0,00000000			
AMX	0	0,00000000			

n	$(-\ln R)^i$	$R * (-\ln R)^i$	i!	$(R * (-\ln R)^i) / i!$	P
0	1,00000000	0,80059219	1	0,80059219	0,80059219
1	0,22240358	0,17805457	1	0,17805457	0,97864677
2	0,04946335	0,03959998	2	0,01979999	0,99844675
3	0,01100083	0,00880718	6	0,00146786	0,99991462
4	0,00244662	0,00195875	24	0,00008161	0,99999623
5	0,00054414	0,00043563	120	0,00000363	0,99999986
6	0,00012102	0,00009689	720	0,00000013	1,00000000
7	0,00002691	0,00002155	5040	0,00000000	1,00000000

### 3 – Cálculos das SRU sobressalentes para o PAME

#### SRU

Descrição	1/MTBF ( $\lambda$ ) (Taxa de Falha)
Radio Ctrl	8,32E-06
Prot Proc	7,98E-05
Synthesizer	3,21E-05
Receiver	7,31E-05
Transm Ampl	2,72E-05
Transm Ctrl	9,16E-06
Power Supply	3,40E-05
Interface	4,64E-05
Housing	3,94E-06

Aeronave	TAT [d]	AOR [h]	T [h]
ALX	120	1	0,328767123
F-5 BR	120	0	0
AMX	120	0	0

#### SRU Radio Ctrl $1/MTBF (\lambda) = 8,32E-06$

Aeronave	QTD (K)	$(-K \lambda T)$	$\sum (-K \lambda T)$	$R = e^{-K\lambda T}$	$(-\ln R)$
ALX	76	-0,06236581	-0,08123967	0,921972695	0,08123967
F-5 BR	46	-0,01887386			
AMX	0	0,00000000			

122

n	$(-\ln R)^i$	$R * (-\ln R)^i$	i!	$(R * (-\ln R)^i) / i!$	P
0	1,00000000	0,92197269	1	0,92197269	0,92197269
1	0,08123967	0,07490076	1	0,07490076	0,99687345
2	0,00659988	0,00608491	2	0,00304246	0,99991591
3	0,00053617	0,00049434	6	0,00008239	0,99999830
4	0,00004356	0,00004016	24	0,00000167	0,99999997
5	0,00000354	0,00000326	120	0,00000003	1,00000000

#### SRU Protection Processor $1/MTBF (\lambda) = 7,98E-05$

Aeronave	QTD (K)	$(-K \lambda T)$	$\sum (-K \lambda T)$	$R = e^{-K\lambda T}$	$(-\ln R)$
ALX	152	-1,19694378	-1,76785447	0,170698836	1,76785447
F-5 BR	92	-0,36223299			
AMX	53	-0,20867770			

297

n	$(-\ln R)^i$	$R * (-\ln R)^i$	i!	$(R * (-\ln R)^i) / i!$	P
0	1,00000000	0,17069884	1	0,17069884	0,17069884
1	1,76785447	0,30177070	1	0,30177070	0,47246954
2	3,12530941	0,53348668	2	0,26674334	0,73921288
3	5,52509220	0,94312681	6	0,15718780	0,89640068
4	9,76755892	1,66731094	24	0,06947129	0,96587197
5	17,26762266	2,94756310	120	0,02456303	0,99043499
6	30,52664383	5,21086258	720	0,00723731	0,99767230
7	53,96666362	9,21204668	5040	0,00182779	0,99950009
8	95,40520728	16,28555787	40320	0,00040391	0,99990400

## SRU - Synthesizer

1/MTBF ( $\lambda$ ) = 3,21E-05

Aeronave	QTD (K)	$(-K \lambda T)$	$\sum (-K \lambda T)$	$R = e^{-K \lambda T}$	$(-\ln R)$
ALX	152	-0,48078641	-0,71010888	0,491590672	0,71010888
F-5 BR	92	-0,14550115			
AMX	53	-0,08382132			
297					
n	$(-\ln R)^i$	$R * (-\ln R)^i$	i!	$(R * (-\ln R)^i) / i!$	P
0	1,00000000	0,49159067	1	0,49159067	0,49159067
1	0,71010888	0,34908290	1	0,34908290	0,84067357
2	0,50425462	0,24788687	2	0,12394343	0,96461700
3	0,35807568	0,17602666	6	0,02933778	0,99395478
4	0,25427272	0,12499810	24	0,00520825	0,99916304
5	0,18056131	0,08876226	120	0,00073969	0,99990272
6	0,12821819	0,06303087	720	0,00008754	0,99999026
7	0,09104888	0,04475878	5040	0,00000888	0,99999914

## SRU - Receiver

1/MTBF ( $\lambda$ ) = 7,31E-05

Aeronave	QTD (K)	$(-K \lambda T)$	$\sum (-K \lambda T)$	$R = e^{-K \lambda T}$	$(-\ln R)$
ALX	152	-1,09619901	-1,61905710	0,198085387	1,61905710
F-5 BR	92	-0,33174444			
AMX	53	-0,19111364			
n	$(-\ln R)^i$	$R * (-\ln R)^i$	i!	$(R * (-\ln R)^i) / i!$	P
0	1,00000000	0,19808539	1	0,19808539	0,19808539
1	1,61905710	0,32071155	1	0,32071155	0,51879694
2	2,62134588	0,51925031	2	0,25962516	0,77842209
3	4,24410865	0,84069590	6	0,14011598	0,91853808
4	6,87145422	1,36113467	24	0,05671394	0,97525202
5	11,12527672	2,20375474	120	0,01836462	0,99361664
6	18,01245821	3,56800475	720	0,00495556	0,99857221
7	29,16319828	5,77680341	5040	0,00114619	0,99971840
8	47,21688312	9,35297455	40320	0,00023197	0,99995037
9	76,44682965	15,14299980	362880	0,00004173	0,99999210
10	123,77178201	24,51738129	3628800	0,00000676	0,99999885

## SRU - Transmitter Amplifier

1/MTBF ( $\lambda$ ) =

2,72E-05

Aeronave	QTD (K)	$(-K \lambda T)$	$\sum (-K \lambda T)$	$R = e^{-K \lambda T}$	$(-\ln R)$
ALX	152	-0,40717677	-0,60138937	0,548049663	0,60138937
F-5 BR	92	-0,12322455			
AMX	53	-0,07098805			
n	$(-\ln R)^i$	$R * (-\ln R)^i$	i!	$(R * (-\ln R)^i) / i!$	P
0	1,00000000	0,54804966	1	0,54804966	0,54804966
1	0,60138937	0,32959124	1	0,32959124	0,87764090
2	0,36166917	0,19821267	2	0,09910633	0,97674724
3	0,21750400	0,11920299	6	0,01986717	0,99661440
4	0,13080459	0,07168741	24	0,00298698	0,99960138

5	0,07866449	0,04311205	120	0,00035927	0,99996065
6	0,04730799	0,02592713	720	0,00003601	0,99999666
7	0,02845052	0,01559230	5040	0,00000309	0,99999999

**SRU - Transmitter Control****1/MTBF ( $\lambda$ ) =****9,16E-06**

Aeronave	QTD (K)	(- K $\lambda$ T)	$\sum$ (-K $\lambda$ T)	R = e <sup>-K<math>\lambda</math>T</sup>	(-ln R)
ALX	152	-0,13732471	-0,20282499	0,816421114	0,20282499
F-5 BR	92	-0,04155879			
AMX	53	-0,02394148			

n	(-ln R) <sup>i</sup>	R * (-ln R) <sup>i</sup>	i!	(R * (-ln R) <sup>i</sup> ) / i!	P
0	1,00000000	0,81642111	1	0,81642111	0,81642111
1	0,20282499	0,16559060	1	0,16559060	0,98201172
2	0,04113798	0,03358591	2	0,01679296	0,99880467
3	0,00834381	0,00681206	6	0,00113534	0,99994001
4	0,00169233	0,00138166	24	0,00005757	0,99999758
5	0,00034325	0,00028023	120	0,00000234	0,99999992
6	0,00006962	0,00005684	720	0,00000008	1,00000000
7	0,00001412	0,00001153	5040	0,00000000	1,00000000

**Power Supply****1/MTBF ( $\lambda$ ) =****3,40E-05**

Aeronave	QTD (K)	(- K $\lambda$ T)	$\sum$ (-K $\lambda$ T)	R = e <sup>-K<math>\lambda</math>T</sup>	(-ln R)
ALX	152	-0,50987047	-0,75306526	0,470920843	0,75306526
F-5 BR	92	-0,15430290			
AMX	53	-0,08889189			

n	(-ln R) <sup>i</sup>	R * (-ln R) <sup>i</sup>	i!	(R * (-ln R) <sup>i</sup> ) / i!	P
0	1,00000000	0,47092084	1	0,47092084	0,47092084
1	0,75306526	0,35463413	1	0,35463413	0,82555497
2	0,56710729	0,26706264	2	0,13353132	0,95908629
3	0,42706880	0,20111560	6	0,03351927	0,99260556
4	0,32161067	0,15145317	24	0,00631055	0,99891611
5	0,24219383	0,11405412	120	0,00095045	0,99986656
6	0,18238776	0,08589020	720	0,00011929	0,99998585
7	0,13734988	0,06468092	5040	0,00001283	0,99999868
8	0,10343343	0,04870896	40320	0,00000121	0,99999989

**SRU- Interface****1/MTBF ( $\lambda$ ) =****4,64E-05**

Aeronave	QTD (K)	(- K $\lambda$ T)	$\sum$ (-K $\lambda$ T)	R = e <sup>-K<math>\lambda</math>T</sup>	(-ln R)
ALX	152	-0,69486904	-1,02630329	0,358329155	1,02630329
F-5 BR	92	-0,21028932			
AMX	53	-0,12114493			

n	(-ln R) <sup>i</sup>	R * (-ln R) <sup>i</sup>	i!	(R * (-ln R) <sup>i</sup> ) / i!	P
0	1,00000000	0,35832915	1	0,35832915	0,35832915
1	1,02630329	0,36775439	1	0,36775439	0,72608354
2	1,05329844	0,37742754	2	0,18871377	0,91479731
3	1,08100365	0,38735512	6	0,06455919	0,97935650
4	1,10943760	0,39754384	24	0,01656433	0,99592083
5	1,13861946	0,40800055	120	0,00340000	0,99932083

6	1,16856889	0,41873230	720	0,00058157	0,99990241
7	1,19930610	0,42974634	5040	0,00008527	0,99998767
8	1,23085179	0,44105008	40320	0,00001094	0,99999861

**SRU Housing**  $1/MTBF (\lambda) = 3,94E-06$

Aeronave	QTD (K)	$(-K \lambda T)$	$\sum (-K \lambda T)$	$R = e^{-K \lambda T}$	$(-\ln R)$
ALX	152	-0,05906762	-0,08724132	0,916455914	0,08724132
F-5 BR	92	-0,01787573			
AMX	53	-0,01029797			

n	$(-\ln R)^i$	$R^* (-\ln R)^i$	i!	$(R^* (-\ln R)^i) / i!$	P
0	1,00000000	0,91645591	1	0,91645591	0,91645591
1	0,08724132	0,07995282	1	0,07995282	0,99640873
2	0,00761105	0,00697519	2	0,00348759	0,99989633
3	0,00066400	0,00060852	6	0,00010142	0,99999775
4	0,00005793	0,00005309	24	0,00000221	0,99999996

Os cálculos das LRU e SRU sobressalentes para os demais sítios, Regionais e PAME seguem os mesmos procedimentos, só variando as quantidades de equipamentos instalados e subordinados a cada localidade, por isso não serão inclusos neste anexo.

A Tabela abaixo, quanto a quantidade de sobressalentes, é preenchida seguindo o disposto na sessão 2.5.2 (e) deste trabalho.

#### 4 – Planilha de Sobressalentes por Localidade – Modelo CISCEA

Descrição	Tipo	R1		R2		R3		R4		R1	R2	R3	R4	PAME	Total	Pu (€)	PT (€)
		CG	SC	CO	SM	NT	BV	PV									
Equipamentos Instalados.	XT6313D	19	44	23	32	19	19	19							175		
	XT6013	19	23	23	0	19	19	19							122		
Sobressalentes Nível LRU	XT6313D	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	19	95.750,00	1.819.250,00	
	XT6013	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	11	48.900,00	537.900,00	
Sobressalentes Nível SRU	Radio Control								1	1	1	1	1	5	7.532,00	37.660,00	
	Protection Processor								2	1	1	2	1	7	50.378,00	352.646,00	
	Synthesizer								1	1	1	1	1	5	9.005,00	45.025,00	
	Receiver								1	1	1	2	1	6	8.674,00	52.044,00	
	Transmitter Amplifier								1	1	1	1	1	5	7.186,00	35.930,00	
	Transmitter Control								1	1	1	1	1	5	2.405,00	12.025,00	
	Power Supply								1	1	1	1	1	5	3.705,00	18.525,00	
	Interface Complete Housing								1	1	1	1	1	5	6.705,00	33.525,00	
<b>Total</b>																<b>2.982.990,00</b>	

Notas:

- 1) R1,R2,R3,R4 - Regionais.
- 2) Pu (€) e PT (€) - Preço Unitário e Preço Total em Euro.
- 3) LRU - Line Repleaceble Unit e SRU - Shop Repleaceble Unit.