

Confiabilidade de Software

Uma Visão Geral

**VI Workshop Anual do MPS (WAMPS)
2010**

Odair Jacinto da Silva



- A **IN3 Software** é uma empresa sustentada por três pilares: **Interação**, **Inspiração** e **Inovação**. Na base destes pilares está o relacionamento com clientes. Acreditamos que soluções de negócios inovadoras surgem a partir do entendimento das necessidades de nossos clientes, alavancadas pela tecnologia disponível mais adequada à capacidade de investimento de cada empresa. Nossa missão é identificar, capacitar, entregar e manter soluções de negócios com a tecnologia necessária e adequada para nossos clientes.

A **IN3 Software** desenvolve soluções de gestão de relacionamento com clientes (CRM), soluções para gestão e planejamento de vendas, gestão empresarial (ERP). Além de contarmos com Fábrica de Software avaliada MPS.BR, Fábrica de Teste de Software, consultoria em teste de software e ciclo de vida de processos de desenvolvimento de software.



USS Yorktown, SmartShip

- Membro da tripulação digitou o valor “0” em um campo causando um erro de “divisão por zero” desligando os motores.
- Ficaram a deriva por 2h 45m.



Ariane 5 Flight 501

- Código reutilizado do Ariane 4
- A falha ocorreu durante a execução de uma conversão de dados de um número de 64 bits em ponto flutuante para um inteiro de 16 bits com sinal.
- Custo: > US\$370 milhões (valores de 1996)



Mars Polar Orbiter



- Perda da Mars Polar Orbiter: Em 1999, o satélite foi destruído devido a uma confusão no uso do sistema de medida, a equipe da Terra fez uso do Sistema Imperial (Inglês) para calcular os parâmetros de inserção do dispositivo na atmosfera Marciana enquanto este realizava cálculos no sistema métrico.

Precisa de alguma coisa mais visual?

Visual C# 2005 Express Edition Setup



The following applications should be closed before continuing with setup:

E:\WINDOWS\System

Cancel

Retry

Ignore



10559 Days and 20 hours remaining



Copying 3 items (2.31 GB)



From: **PlainOSImages** (\\sqlcl\data\V...\PlainOSImages)

To: **Desktop** (Desktop)

Time remaining: About 10559 Days and 20 hours

Items remaining: 2 (2.05 GB)

Speed: 1.37 MB/sec



Less information

Cancel

Error



An error has occurred while displaying the error that has occurred while creating an error report

OK

Microsoft SQL Server Management Studio

File Edit View Tools Window Community Help



Microsoft SQL Server Management Studio



OK

Cuidado com seu próximo carro...



Sistema de rádio e navegação: mais de 20.000.000 de linhas de código....



Heure Time	Provenance From	Voli Flight	Terminal
1100	Los Angeles Minneapolis	AF 065 DL 8553	2E Landed
1115	Rio Janeiro Intl	AF 447	2E Delayed
1120	Bogota	AF 423	2E Arrived 11:34
1125	Detroit Wayne Co	AF 377 DL 8573	2E Arrived 11:29
1130	Damascus	AF 511	2E Arrived 11:31
1130	Washington Dulles	AF 027 DL 8331	2E Arrived 11:39
		AF 349	2E Arrived 11:41
	Guarul	AF 459	Transferred 2C
		AF 2391 NW 4367	2E Arrived 11:54
		AF 1685 DL 8595	2E Arrived 11:28
		AF 5133 MK 9331	2E Arrived 11:42
		AF 5059 MK 9391	2E Arrived 11:29
		AF 5001 UX 3574	2E Arrived 12:05



Qualidade de Software

Engenharia de Confiabilidade de Software é definida como o estudo quantitativo do comportamento de um software com respeito à confiabilidade dos requisitos dos usuários.

Modelos de Confiabilidade de SW

- Um modelo de confiabilidade de software especifica a forma geral da dependência do processo de falhas sobre os fatores que a afetam:
 - introdução de defeitos,
 - remoção de defeitos e
 - ambiente de operação.
- Todos os modelos de confiabilidade de software são de natureza probabilística -> tentam especificar a probabilidade de falhas no software.

Modelos de Confiabilidade de SW

- Podem expressar:
 - Número médio de falhas observadas num ponto no tempo.
 - Número médio de falhas num intervalo de tempo.
 - A intensidade de falhas num ponto no tempo.

Características Bom Modelo

- Obter boa predição para o comportamento futuro.
- Ter forma funcional simples.
- Amplamente aplicável.
- Baseado em suposições concretas.

Classificação dos Modelos

- Implante de defeitos.
- Baseado no domínio de dados.
- **Baseado no domínio de tempo.**
- **Baseado em cobertura de critérios de teste.**

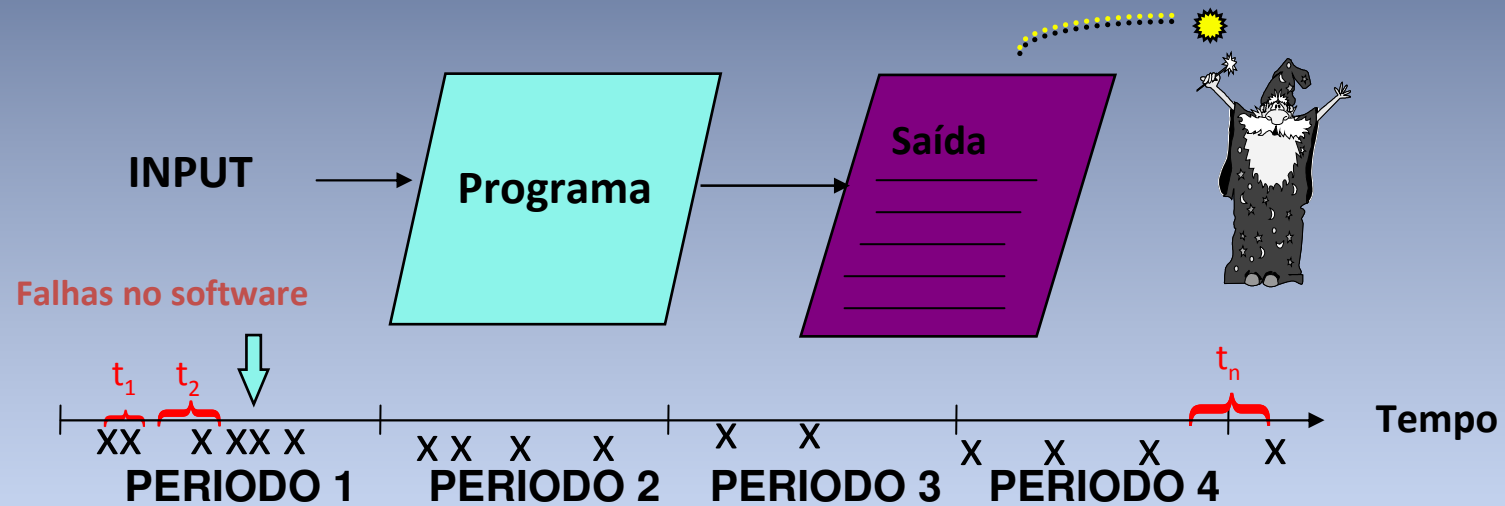
Modelos Baseados no Domínio do Tempo

- Essa abordagem utiliza o *tempo de ocorrência entre falhas* ou o *número de falhas ocorridos num intervalo de tempo*, para se modelar o processo de falhas no software.
- Em geral, os modelos podem ser utilizados para prever o *tempo* até a ocorrência da próxima falha ou o *número esperado* de falhas no próximo intervalo de tempo.

Exemplos de Modelos Baseados no Domínio do Tempo

	Tipo		
Classe	Poisson	Binomial	Outros
Exponencial	Musa (1975) Moranda (1975) Schneidewind (1975) Goel-Okumoto (1979b)	Jelinski-Moranda (1972) Shooman (1972)	Goel-Okumoto (1978) Musa (1979a) Keiller-Littlewood (1983)
Weibull	-	Schick-Wolveron (1973) Wagoner (1973)	-
Pareto	-	Littlewood (1978)	-
Gamma	Yamada-Ohba-Osaki (1983)	-	-

Exemplificando o uso de modelos
baseados no domínio do tempo com
apoio de uma ferramenta...

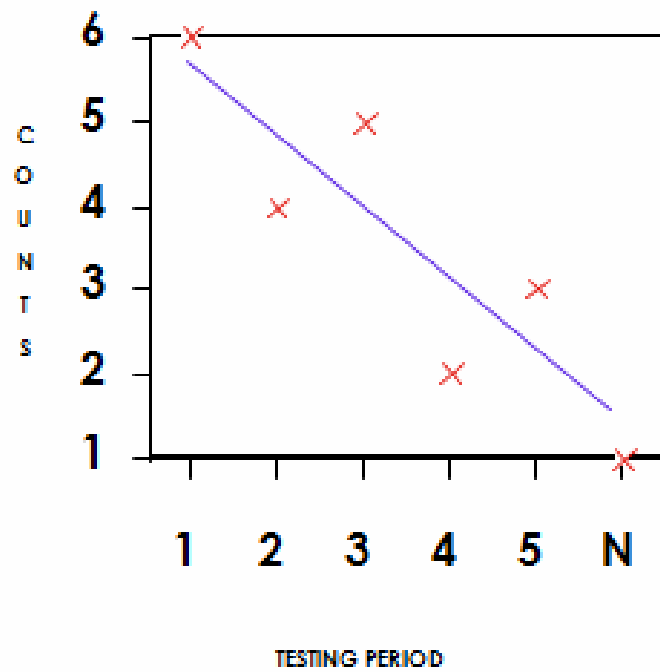


Dados obtidos no processo de teste:

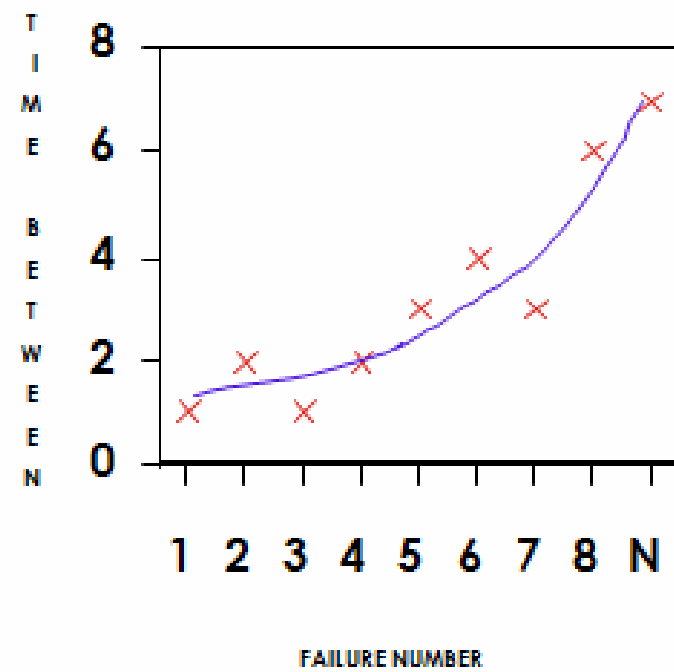
Número de falhas/período : $\{6, 4, 2, 3, 1, \dots\}$

ou

Tempo entre falhas $\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$



FAILURE COUNTS PLOT



FAILURE TIME PLOT



NAVAL SEA SYSTEMS COMMAND

SMERFS 3

Supporting
Software & Hardware
Analyses

Statistical **M**odeling and **E**stimation of **R**eliability **F**unctions for **S**ystems
(Software, Hardware & Systems)

Time-Between-Failure Model Executions

Software Reliability Models	Hardware Reliability Models
☒ Geometric Model	☐ Exponential Distribution Model
☒ Jelinski/Moranda Model	☐ Weibull Distribution Model
☒ Littlewood and Verrall Linear Model	☐ Rayleigh Distribution Model
☒ Littlewood and Verrall Quadratic Model	☐ Reliability Growth Projection Model
☒ Musa's Basic Model	☐ Maturity Projection Model-Cont.
☒ Musa's Logarithmic Model	☐ Select All Hardware Models
☒ Non-homogeneous Poisson Model	
☐ Select All Software Models	

☐ Model Applicability Analyses

System Reliability Models
☐ Hyperexponential Model
☐ Markov Model

Execution Summary for Software Time Models

	GEO	JAM	LAV-L	LAV-Q	MS-B	MS-L	NPT
Accuracy	2	6	0	1	4	3	4
Bias	0	0	0	0	0	0	0
Noise	0	0	0	0	0	0	0
Trend	0	0	0	0	0	0	0
Overall	2	6	0	1	4	3	4

HazRate:	0.561	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
IIF:	0.643	0.173	20610	0.866	0.160	0.537	0.160
CIF:	0.012	0.005	0.028	0.017	0.007	0.013	0.007
IMTBNF:	n/a	n/a	n/a	n/a	6.218	n/a	n/a
CMTBNF:	92.17	375.2	32.92	57.17	132.2	288.2	n/a
TNOF:	n/a	29.45	n/a	n/a	30.43	n/a	30.43
TNOFR:	n/a	0.452	n/a	n/a	1.431	n/a	1.431
Purf Lev:	0.980	0.984	n/a	n/a	0.952	1	0.952
KS Dist:	0.448	0.245	0	0.560	0.236	0.478	0.236

Software Data Statistics

Number of Entries:	29
Average of the Data:	19.94
Median of the Data:	13.5
Lower Hinge:	6
Upper Hinge:	30
Minimum:	1
Maximum:	53
Standard Deviation:	17.63
Variance:	310.9
Skewness:	0.700
Kurtosis:	-0.934

Print

Help

Plot

OK

Jelinski / Moranda Model

Estimations:

Proportionality Constant:	0.005
Initial Intensity Function:	0.173
Current Intensity Function:	0.005
Current Mean Time Before Next Failure:	375.2
Total Number of Faults:	29.45
Total Number of Faults Remaining:	0.452
Purification Level:	0.984

Predictions:

- > For a specified time of 0 the expected Reliability is 0
- > For the next 0 failures, the Total MTBNF will be 0
- > To reach a desired intensity function of 0, the number of failures must be 0 and the time must be 0
- > In a specified time of 0 the number of failures expected is 0

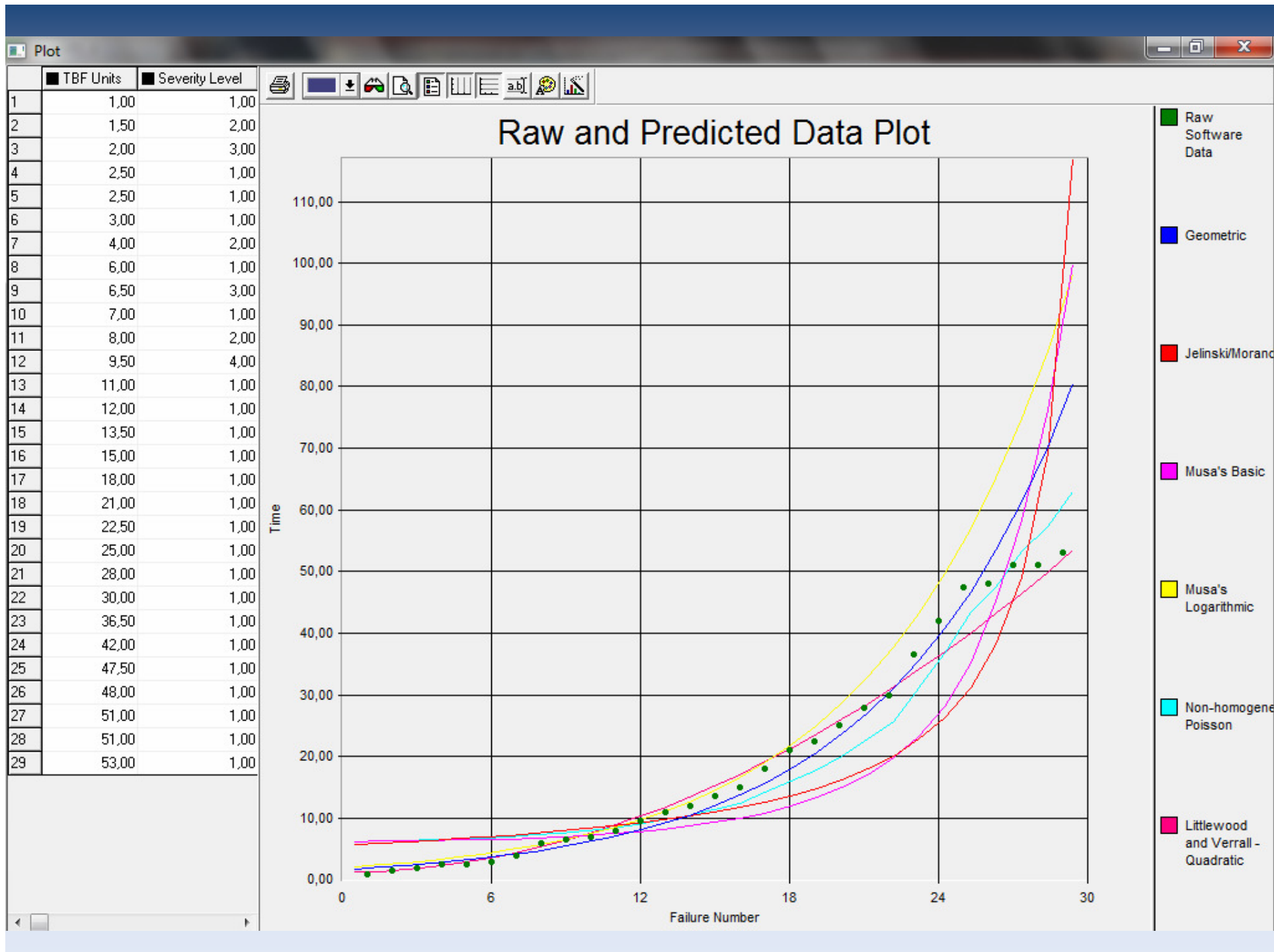
Print

Plots

Run

Help

OK

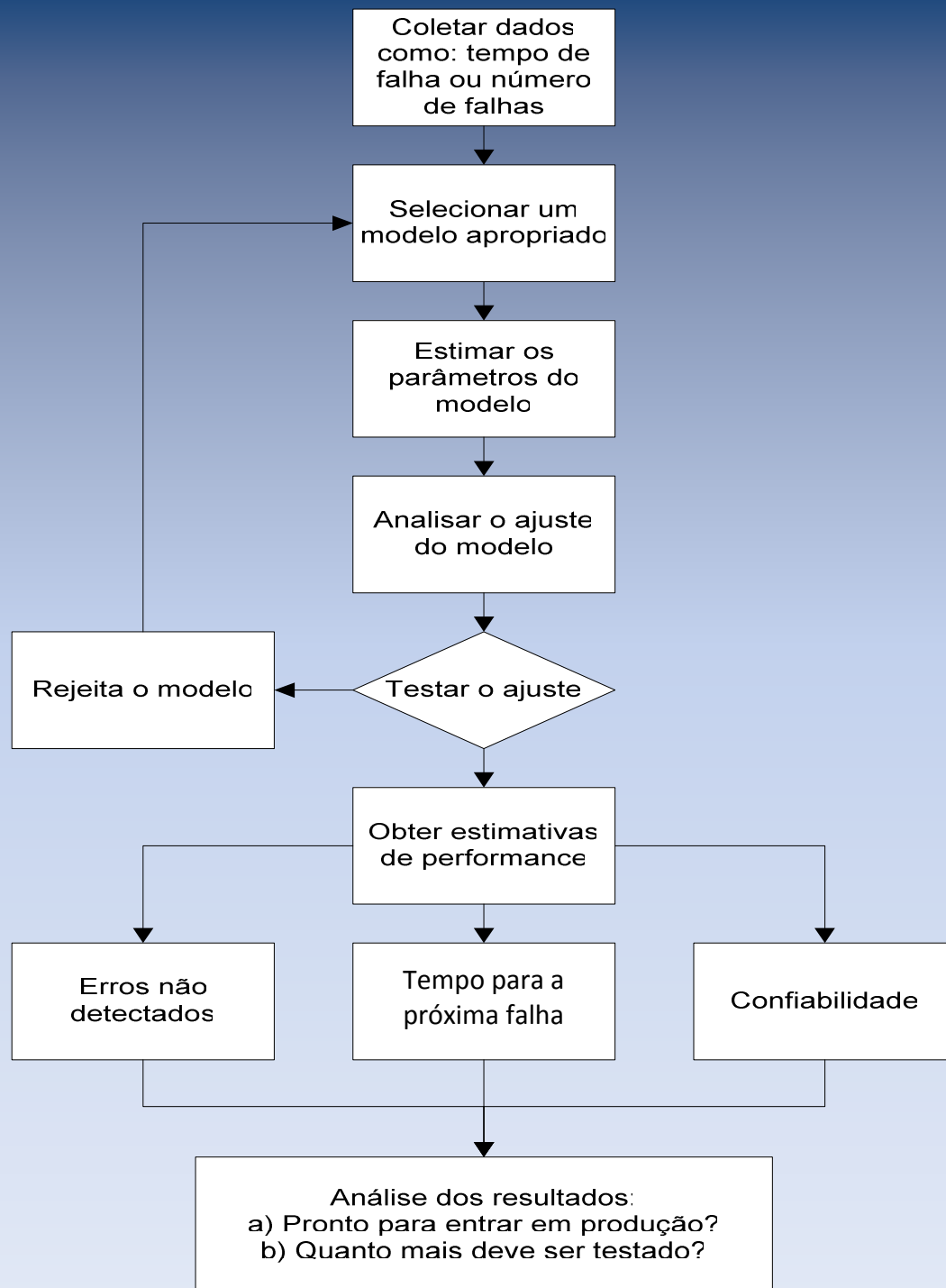


Outra Ferramenta

- **CASRE** – Computer-Aided Software Estimation
- Criado pelo Jet Propulsion Laboratory (JPL)



- http://www.openchannelsoftware.com/orders/index.php?group_id=250



Suposições dos Modelos

- Tempo entre falhas é independente.
- Defeitos são corrigidos imediatamente.
- ...e nenhum defeito “novo” é introduzido.
- Taxa de falhas diminui com o tempo (com o progresso dos testes).
- Taxa de falhas é proporcional ao número de defeitos que restam no software.
- Confiabilidade = $f(\text{número de defeitos restantes})$.
- Tempo é utilizado como base para a taxa de falha.
- O teste é representativo do perfil operacional.

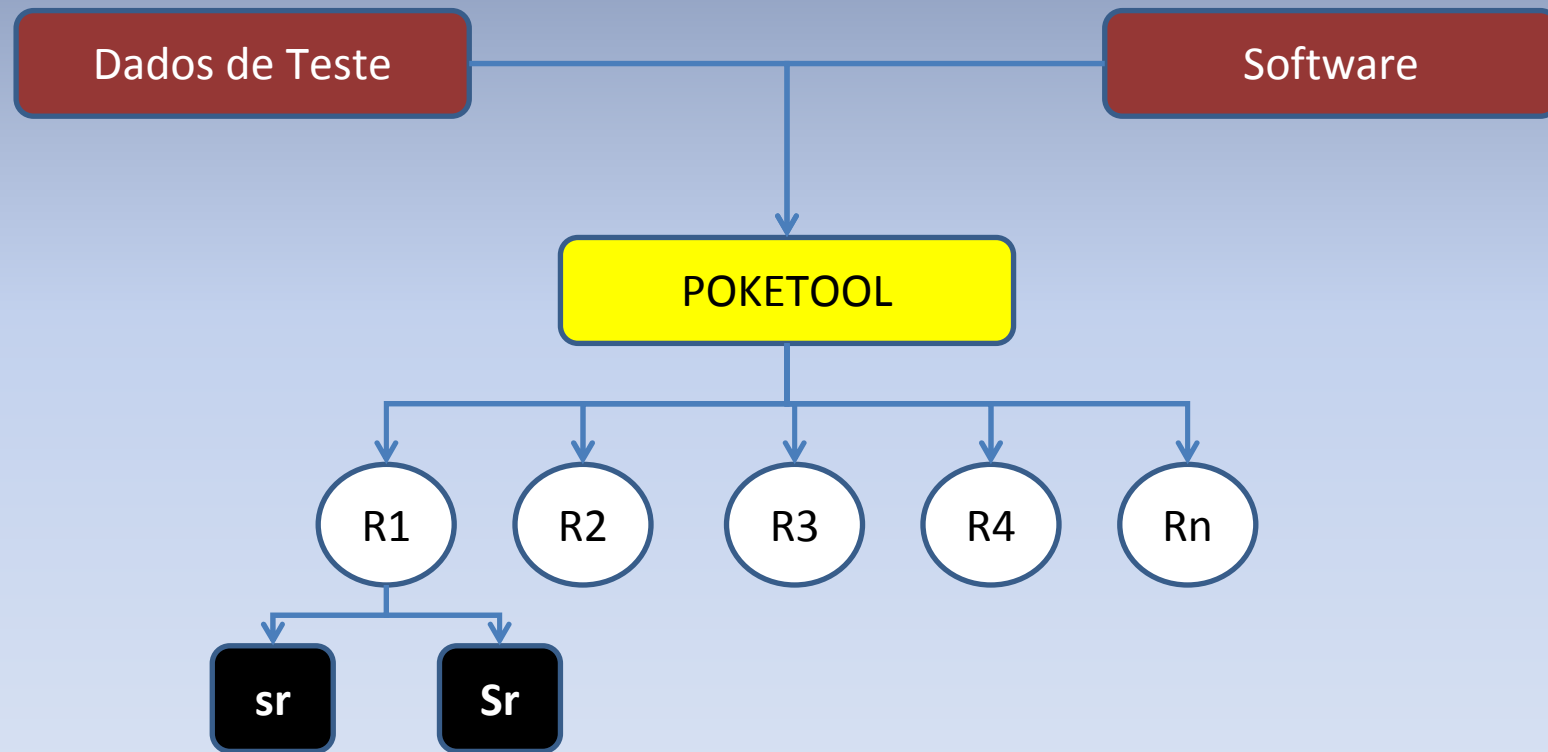
Modelos Baseados na Cobertura de Critérios de Teste

- Tempo não é o único fator que deveria ser considerado nos modelos de confiabilidade de software.
- Experimentos indicam haver uma correlação positiva entre o número de defeitos removidos e a cobertura de código.
- O efeito da saturação do critério de teste deve ser considerado.

Modelos Baseados na Cobertura de Critérios de Teste

- Utilizam, como parâmetro, a informação da cobertura obtida pelo critério de teste, por exemplo:
 - Todos os arcos
 - Todos os usos
- Diversos modelos têm sido propostos no entanto faltam resultados que mostrem sua robustez.

Como Medir a Cobertura?



$$\text{Cobertura} = \frac{[sr_1 + sr_2 + \dots + sr_{134}]}{[Sr_1 + Sr_2 + \dots + Sr_{134}]}$$

Dois Modelos de Confiabilidade Baseados em Cobertura

- Binomial Software Reliability Model Based on Coverage (**BMBC**)

$$R(k_i | n_i) = \exp\left\{-[N-i] \left[(n_i + k_i)^{\alpha_i} - (n_i)^{\alpha_i} \right]\right\}$$

- Infinite Failure Software Reliability Model Based on Coverage (**IFMBC**)

$$R(n) = \exp\left[-D(\phi_i)^i n\right]$$

Perfil Operacional

- *Conjunto de operações que um software pode executar com sua probabilidade de ocorrência.*
- A forma como o software é utilizado afeta a confiabilidade percebida por seus usuários.
- A confiabilidade do software pode não ser a mesma para diferentes perfis operacionais.
- A confiabilidade de software é dependente do perfil operacional
- **Os modelos propostos são robustos à variação de perfil operacional?**

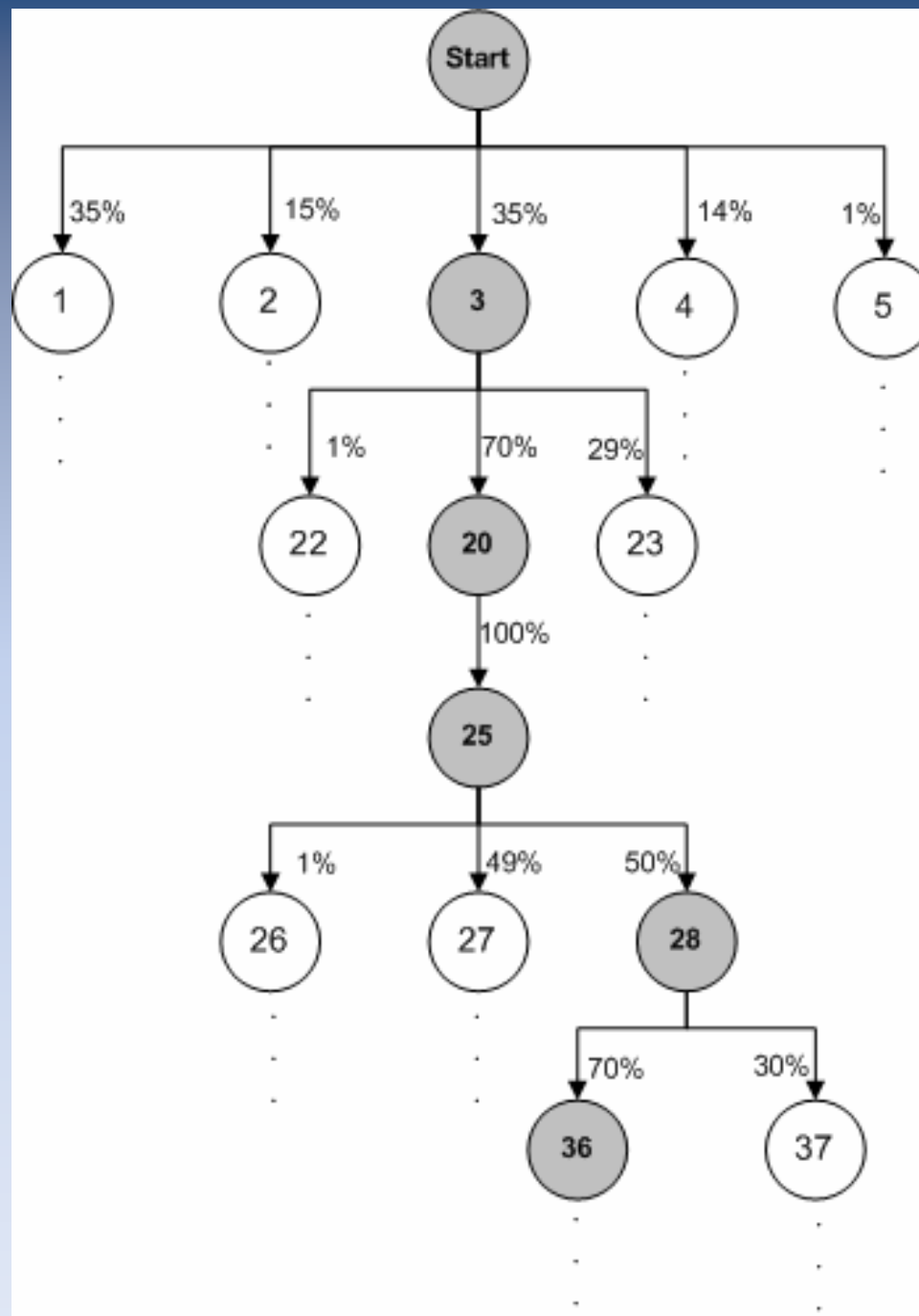


TABLE II – MEASURED RELIABILITY – OP1

Removed Faults	Fault Identifier	# Test Data Between Failures	# Accumul. Test Data	Measured Reliability
1	6	1	1	0,0078
2	10	1	2	0,0078
⋮				
22	27	243	691	0,9961
23	12	250	941	0,9961
24	18	250	1191	0,9987

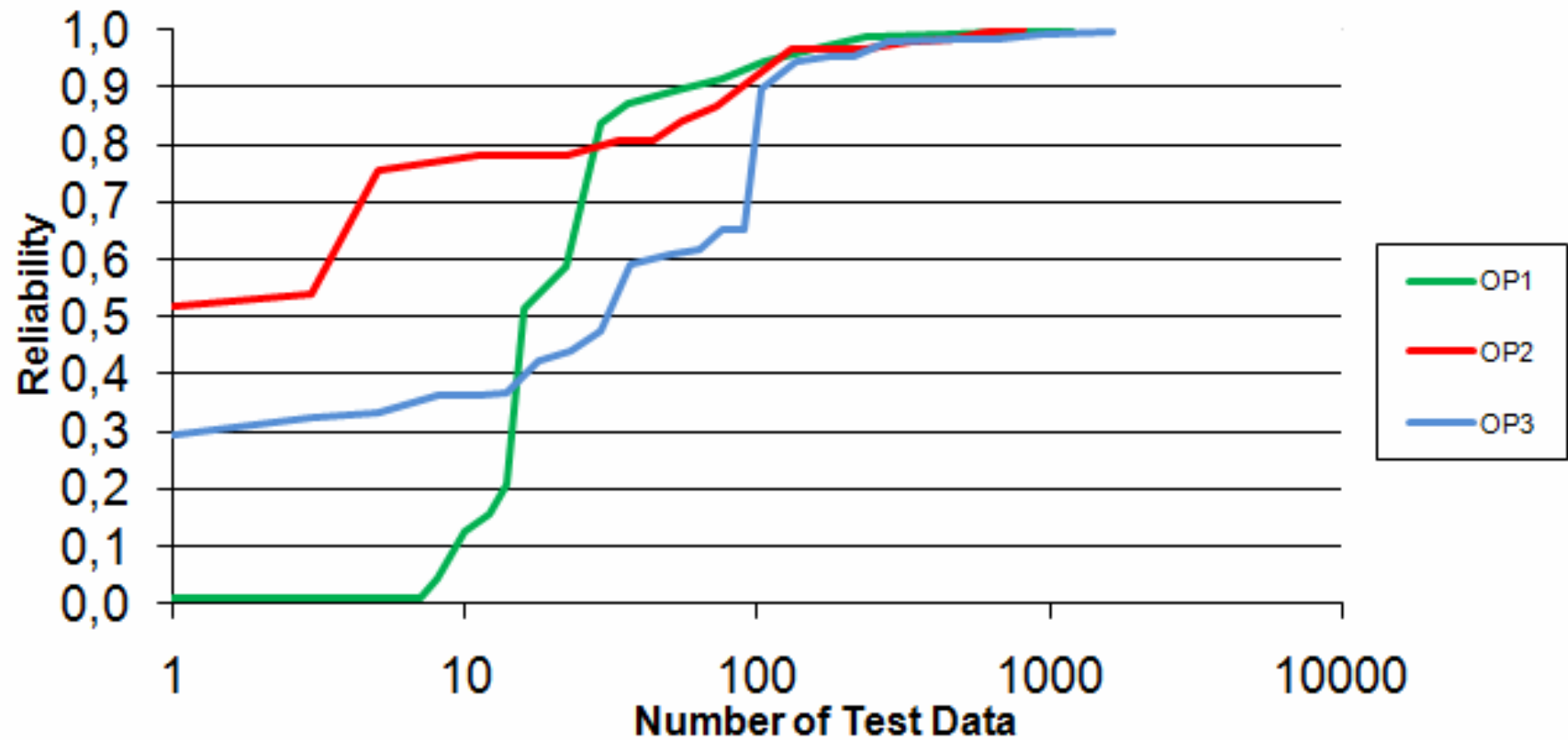
TABLE III – MEASURED RELIABILITY – OP2

Removed Faults	Fault Identifier	# Test Data Between Failures	# Accumul. Test Data	Measured Reliability
1	31	1	1	0,5176
2	11	2	3	0,5176
⋮				
15	27	136	602	0,9836
16	17	216	818	0,9962
17	33	1610	2428	0,9991

TABLE IV – MEASURED RELIABILITY – OP3

Removed Faults	Fault Identifier	# Test Data Between Failures	# Accumul. Test Data	Measured Reliability
1	4	1	1	0,2946
2	10	2	3	0,3259
⋮				
21	18	187	650	0,9836
22	22	276	926	0,9908
23	32	708	1634	0,9988

Measured Reliability



	Significance Level - SL	P-Value	K-S Statistics	Decision
OP1&OP2	1%	0,0084	0.5000	Reject H_0
OP1&OP3	1%	0,0092	0.4583	Reject H_0
OP2&OP3	5%	0,0358	0.4322	Reject H_0

Cobertura de Código

Operational Profile 1

Removed Faults	Fault Identifier	Coverage for All-Nodes	Coverage for All-Arcs	Coverage for All-Potential-Uses
1	6	0,2218	0,1240	0,0769
2	10	0,2218	0,1240	0,0769
3	15	0,3038	0,1653	0,0961
⋮				
22	27	0,6943	0,5228	0,5413
23	12	0,6991	0,5281	0,5469
24	18	0,6991	0,5281	0,5469

Operational Profile 2

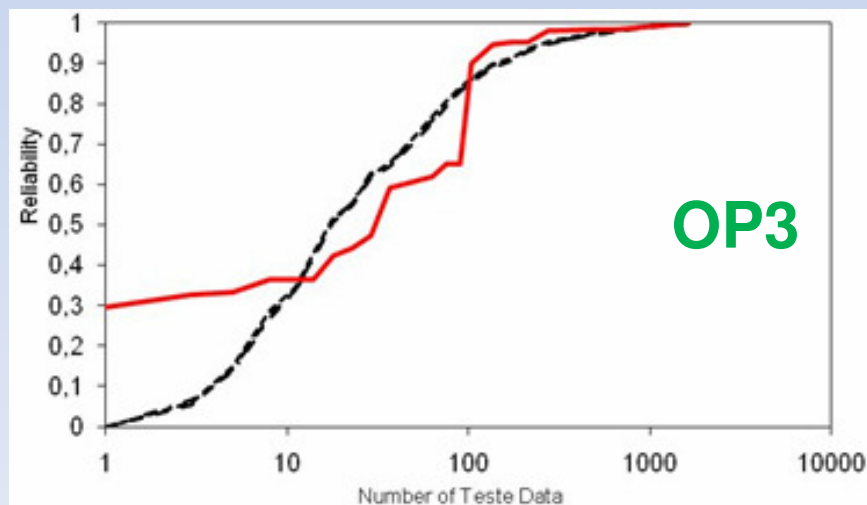
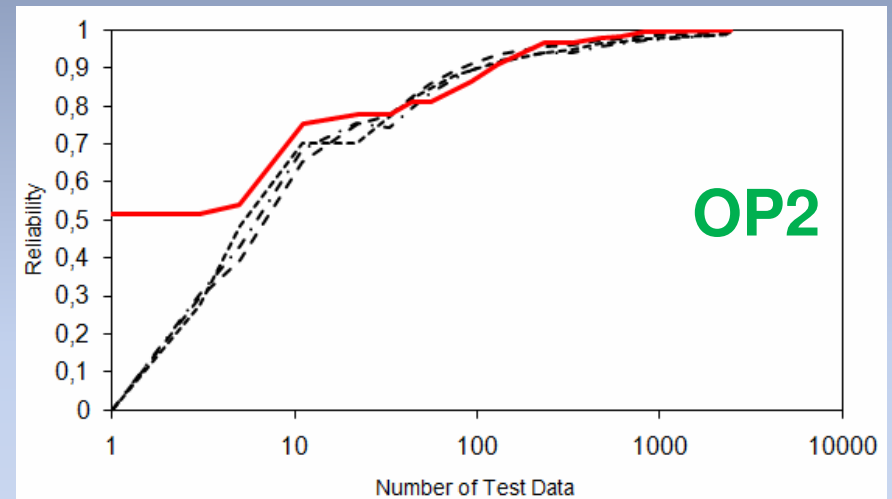
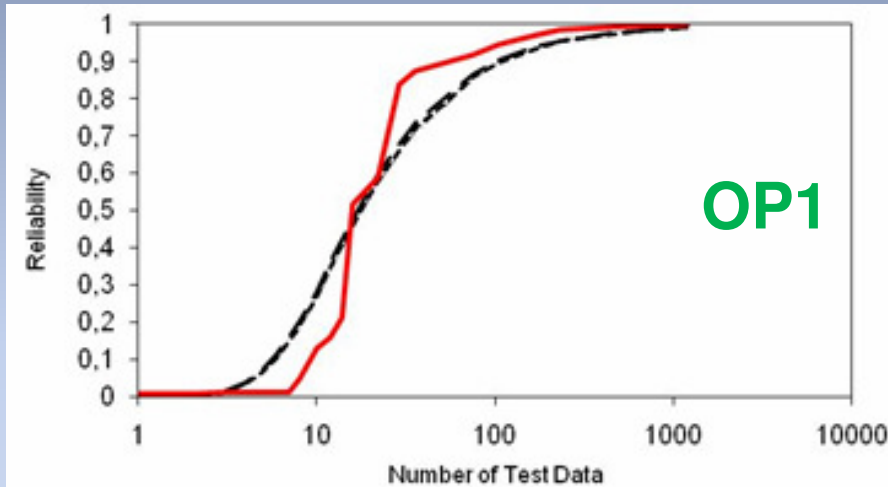
Removed Faults	Fault Identifier	Coverage for All-Nodes	Coverage for All-Arcs	Coverage for All-Potential-Uses
1	31	0,3497	0,2117	0,1789
2	11	0,4213	0,2718	0,2169
3	26	0,4213	0,2718	0,2169
⋮				
15	27	0,6242	0,4627	0,4970
16	17	0,6296	0,4692	0,5017
17	33	0,6358	0,4784	0,5410

Operational Profile 3

Removed Faults	Fault Identifier	Coverage for All-Nodes	Coverage for All-Arcs	Coverage for All-Potential-Uses
1	4	0,3179	0,1856	0,1467
2	10	0,3880	0,2326	0,2391
3	14	0,3880	0,2326	0,2391
⋮				
21	18	0,7018	0,5333	0,5616
22	22	0,7038	0,5335	0,5670
23	32	0,7038	0,5359	0,5733

Confiabilidade Estimada para BMBC

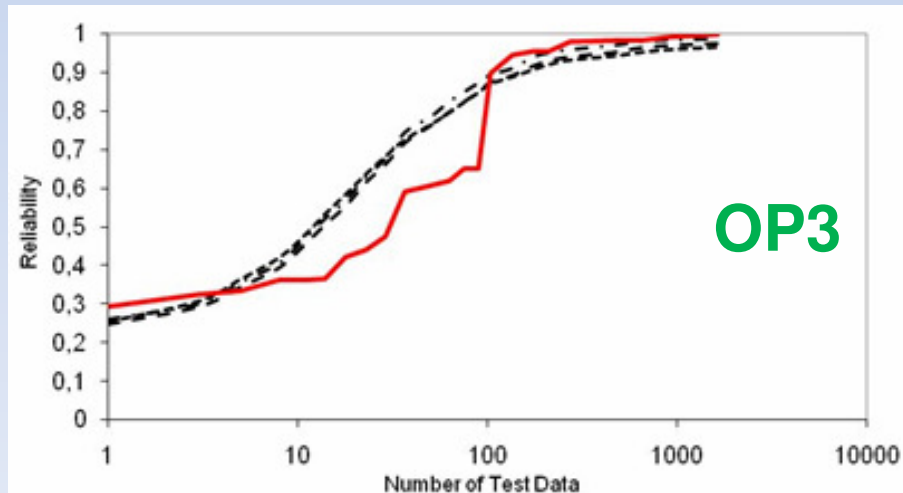
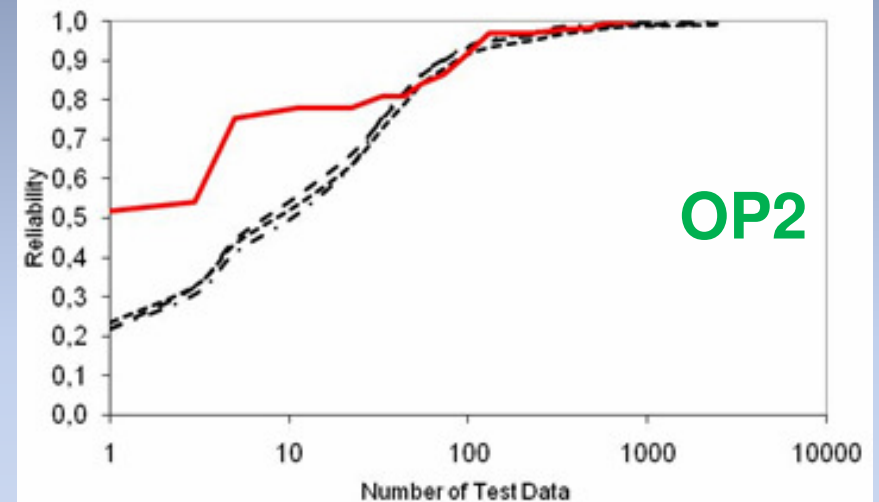
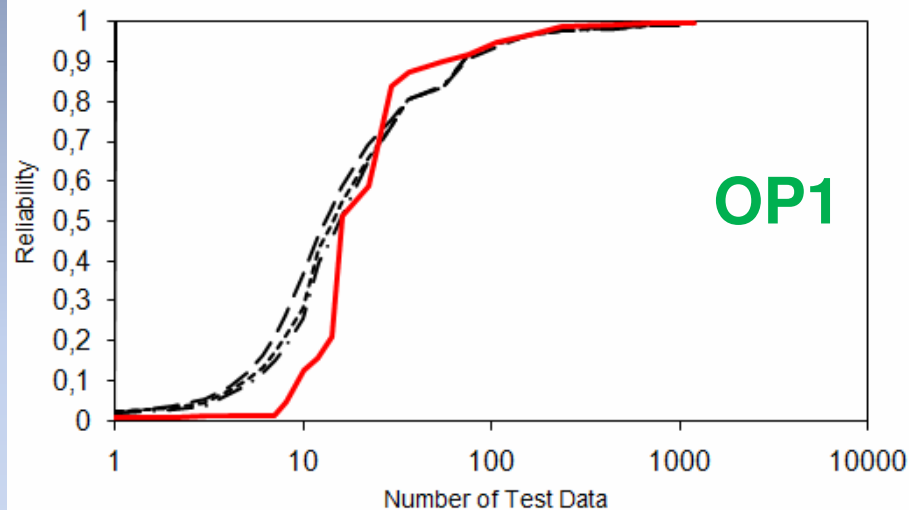
----- Nodes - - - Arcs - . - PU **—** Measured



	K-S Statistics	P-Value	Decision
OP1	0,2083	0,6216	Accept H_0
OP2	0,1765	0,9303	Accept H_0
OP3	0,2175	0,5930	Accept H_0

Confiabilidade Estimada para IFMBC

----- Nodes - - - Arcs - . - PU **—** Measured

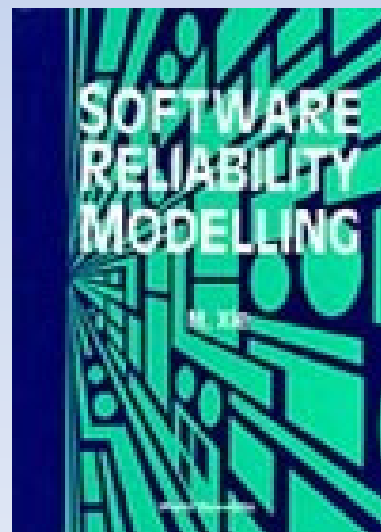
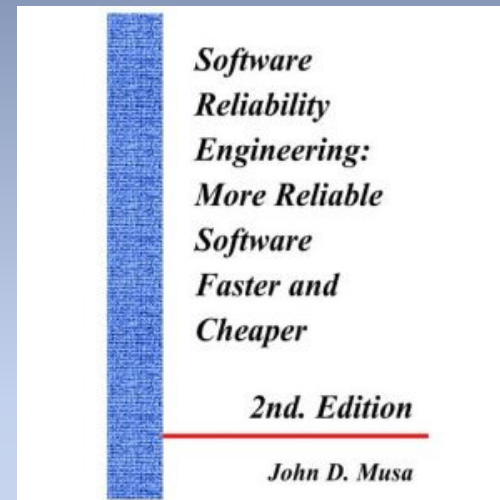
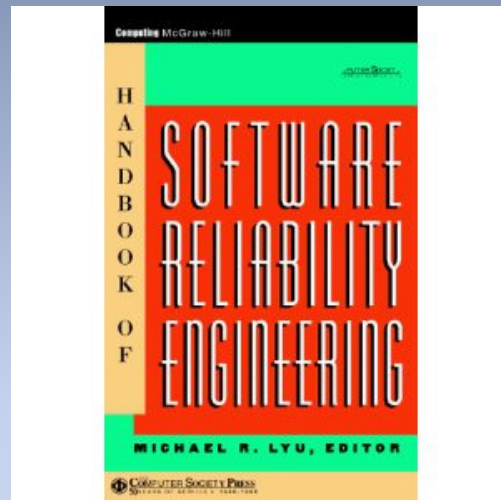


	K-S Statistics	P-Value	Decision
OP1	0,3333	0,4583	Accept H_0
OP2	0,1765	0,9303	Accept H_0
OP3	0,2609	0,3599	Accept H_0

Qualidade Importante

- Há evidências de que a capacidade preditiva dos modelos BMBC e IFMBC não é afetada pela variação do perfil operacional.

Leituras



Referências

- <http://spectrum.ieee.org/green-tech/advanced-cars/this-car-runs-on-code>
- <http://www.slingcode.com/smerfs/>
- http://www.openchannelsoftware.com/orders/index.php?group_id=250
- Crespo, A. N.; Jino, M.; Pasquini, A. and Maldonado, J. C., “A Binomial Software Reliability Model Based on Coverage of Structural Testing Criteria”, Empirical Software Engineering, Vol. 13, Issue 2, April 2008.
- Crespo, A. N.; Jino, M.; Pasquini, A. and Maldonado, J. C., “Applying Code Coverage Approach to an Infinite Failure Software Reliability Model”, XXIII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES), 2009, Fortaleza-CE, Brasil.
- Chaim, M. L., “POKE-TOOL – Uma Ferramenta para Suporte ao Teste Estruturado de Programas Baseado em Análise de Fluxo de Dados”. Tese de Mestrado, DCA/FEE/UNICAMP – Campinas, SP, Abril, 1991.
- <http://poketool.iv.org.br/portal>
- Silva, O. J. et al, “Sensitivity of Two Coverage-Based Software Reliability Models to Variations in the Operational Profile”, IV SSIRI 2010, Singapore, June 2010.
- Yang, Q., “A Survey of Coverage Based Testing Tools”, AST 2006, Shanghai, China.



Obrigado!

osilva@in3software.com