

# AVALIAÇÃO DE DEPENDABILIDADE E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE EM UM AMBIENTE DE PAAS

Ramon Santos Nascimento  
Orientador: Jean Teixeira



Universidade Federal Rural de Pernambuco

*ramonsantos.pe@gmail.com*

12 de dezembro de 2015

# Agenda

- Resumo
- Introdução
- Fundamentação Teórica
- Metodologia
- Modelos Propostos
- Resultados
- Considerações

# Resumo

- Foram propostos cenários de implantação de PaaS (Cloud Foundry);
- Cenários foram modelados de forma hierárquica e heterogênea através dos modelos RBD e CTMC;
- Foram feitas **avaliações de dependabilidade** (disponibilidade e confiabilidade) e **análise de sensibilidade**.

# Introdução

## Motivação

- Atributos de dependabilidade são **fatores de qualidade** de serviços de TI;
- Avaliação de dependabilidade é importante para o **planejamento, desenvolvimento e gerenciamento** de Nuvens;
- Avaliação por modelos analíticos é **menos custosa** que o monitoramento da aplicação em fase de produção;
- Não foram encontrados trabalho com avaliação de dependabilidade por meio de modelos analíticos em PaaS.

## Objetivos

- Propor **modelos de dependabilidade** para ambientes de PaaS;
- Identificar os componentes que mais influenciam na disponibilidade da plataforma;
- Recomendar uma configuração eficiente (em termos de recursos computacionais) para a implantação de PaaS que suportem alta disponibilidade;
- Encontrar possíveis gargalos na dependabilidade da plataforma e sugerir mudanças para superá-los.

# Introdução

## Trabalhos Relacionados

Artigos	CTMC	SPN	RBD	Outras	Contexto
(KOUTRAS; PLATIS, 2006)	√				Rejuvenescimento de <i>Software</i>
(ZHAO; SONG, 2008)	√				Rejuvenescimento de <i>Software</i>
(KOUTRAS et al., 2009)	√				Rejuvenescimento de <i>Software</i>
(CALLOU et al., 2010)		√	√		<i>Data Centers</i>
(WEI et al., 2011a)	√		√		<i>Clusters Virtuais</i>
(WEI et al., 2011b)		√	√		<i>Data Centers Virtuais</i> em Nuvem
(GUIMARÃES et al., 2011)		√			Infraestrutura de Redes
(DANTAS et al., 2012b)	√		√		Computação em Nuvem / IaaS
(CALLOU et al., 2012)		√	√		<i>Data Centers</i>
(ZENG et al., 2012)		√	√		Redes Inteligentes
(DANTAS et al., 2012a)	√		√		Computação em Nuvem / IaaS
(OMIDI; MORADI, 2012)		√	√		<i>Web Services</i>
(ZHANG et al., 2012)				√	Computação em Nuvem / PaaS

# Introdução

## Trabalhos Relacionados

Artigos	CTMC	SPN	RBD	Outras	Contexto
(SOUZA et al., 2013)		✓	✓		Computação em Nuvem / IaaS
(OLIVEIRA et al., 2013)		✓	✓		Computação em Nuvem / Móvel
(SOUZA et al., 2014a)		✓	✓		Computação em Nuvem / IaaS
(XIANG et al., 2014)		✓	✓		Redes Inteligentes
(BEZERRA et al., 2014)	✓		✓		Computação em Nuvem / IaaS
(SOUZA et al., 2014b)		✓	✓		Computação em Nuvem / IaaS
(ZHOU et al., 2014)				✓	Computação em Nuvem / PaaS
(ARAUJO et al., 2014)		✓	✓		Aplicações mHealth em Nuvem Móvel
(BRILHANTE et al., 2014)		✓			Computação em Nuvem / IaaS
(MELO et al., 2014)	✓		✓		Computação em Nuvem / IaaS
(MATOS et al., 2015)	✓		✓		Computação em Nuvem / Móvel
(SOUZA et al., 2015)		✓	✓		Computação em Nuvem / IaaS

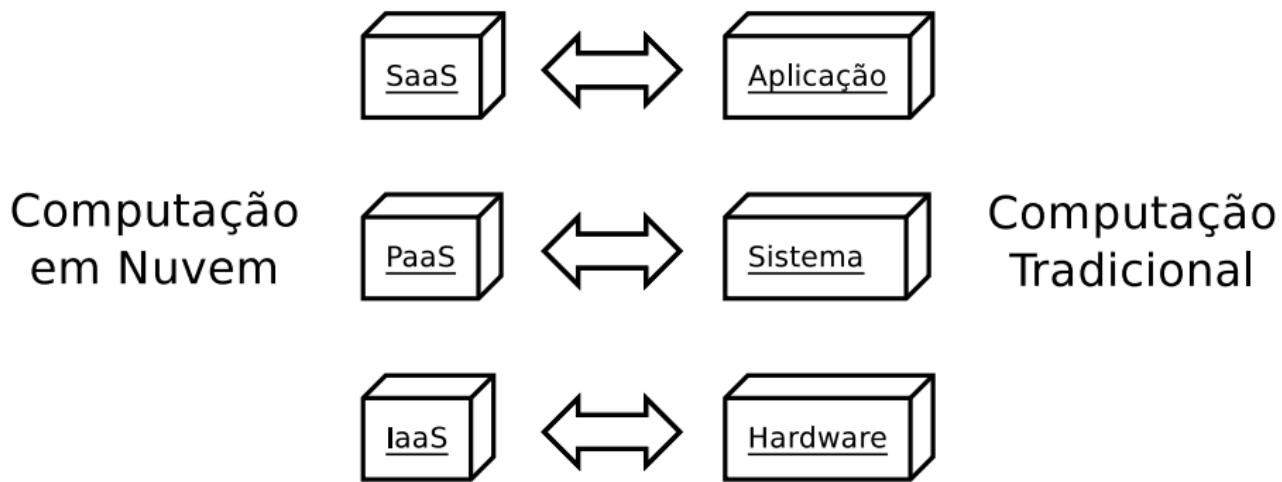
# Fundamentação Teórica

## Computação em Nuvem

### Definição

A computação em nuvem pode ser definida como um modelo que permite o acesso conveniente a recursos computacionais (armazenamento, processamento, aplicações, serviços e etc) sob demanda, que podem ser rapidamente provisionados e liberados com um esforço mínimo de gerenciamento.

# Fundamentação Teórica



# Fundamentação Teórica

A Plataforma como um Serviço (*Platform as a Services*) providencia um ambiente onde os desenvolvedores possam:

- Usar serviços e ferramentas para o desenvolvimento;
- Implantar aplicações;
- Gerenciar aplicações.

# Fundamentação Teórica

Dependabilidade diz respeito a capacidade de entrega de um serviço que pode ser considerando confiável. Entre os principais atributos de dependabilidade estão:

- **Disponibilidade:** A capacidade de um sistema estar de prontidão para prover um serviço corretamente;
- **Confiabilidade:** A probabilidade que um sistema irá prover um serviço de forma contínua até uma instante de tempo  $t$ ;
- **Segurança:** Ausência de consequências catastróficas que poderiam afetar o(s) usuário(s) e o ambiente;
- **Integridade:** Ausência de alterações impróprias no estado de um sistema;
- **Manutenibilidade:** A habilidade para sofrer reparos e modificações;
- **Confidencialidade:** Ausência de divulgação desautorizada de informação.

# Fundamentação Teórica

Cálculo de disponibilidade:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

Tempo de indisponibilidade em um ano:

$$\text{Downtime}_{\text{anual}} = (1 - \text{Disponibilidade}) \times 8760h$$

Número de noves:

$$\text{Nof9s} = -\log_{10}(1 - \text{Disponibilidade})$$

# Fundamentação Teórica

A função de confiabilidade  $R(t)$  representa a probabilidade de que um sistema será operado sem falha em um intervalo de tempo entre 0 e  $t$ :

$$R(t) = P(T > t), t \geq 0$$

onde  $T$  é uma variável aleatória que representa o tempo para ocorrência de defeitos.

# Fundamentação Teórica

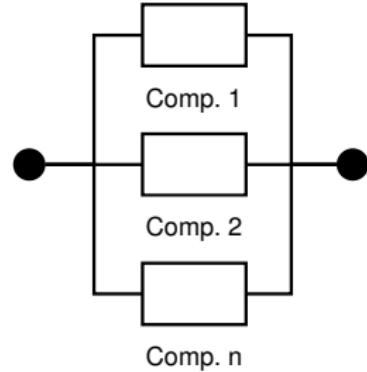
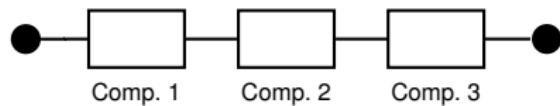
## Modelos Combinatórios:

- FT - Árvore de Falha;
- RBD - Diagrama de Bloco de Confiabilidade;
- RG - Grafos de Confiabilidade.

## Modelos Baseados em Estado:

- CTMC - Cadeias de Markov de Tempo Contínuo;
- SMP - Processos semi-Markov;
- SPN - Redes de Petri Estocáticas;
- GSPN - Redes de Petri Estocásticas Generalizadas;
- MRGP - Processo Regenerativo de Markov.

# Fundamentação Teórica

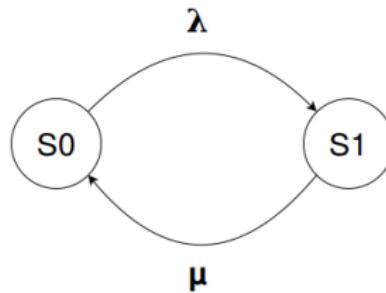


$$R_s = \prod_{i=1}^n R_i$$

$$R_p = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i)$$

# Fundamentação Teórica

Cadeias de Markov é um **processo probabilístico** que apresenta a propriedade markoviana em que os **estados anteriores são irrelevantes para a predição dos estados seguintes**, para isso, o estado atual deve necessariamente ser conhecido.



# Fundamentação Teórica

A análise de sensibilidade é uma técnica utilizada para **determinar os fatores** que possuem **maior relevância** sobre as medidas ou saídas de um modelo.

Técnicas:

- Análise Diferencial;
- Análise de Correlação;
- Análise de Regressão;
- Análise de Perturbação;
- Design Experimental Fatorial.

# Fundamentação Teórica

Termos importantes em DoE:

- Variável resposta;
- Fatores;
- Níveis.

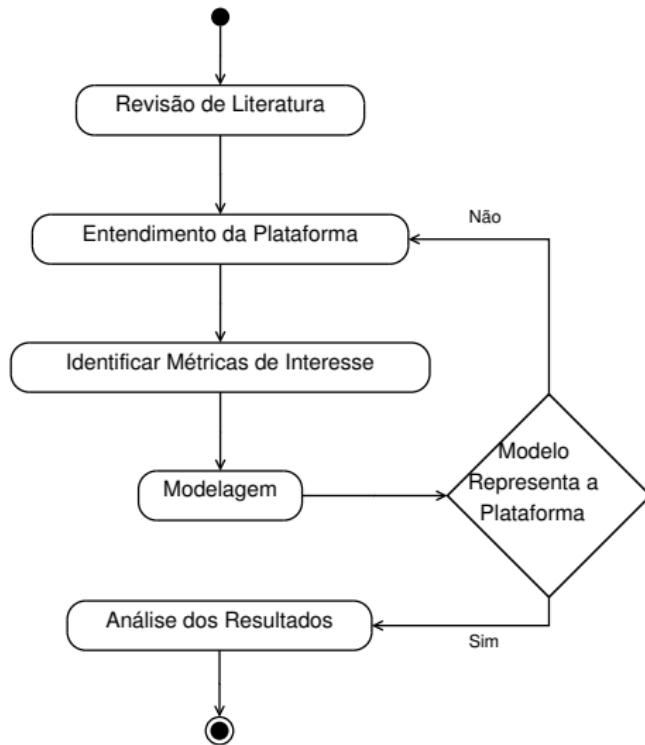
Fatorial Completo:

$$num = \prod_{i=1}^k (n_i)$$

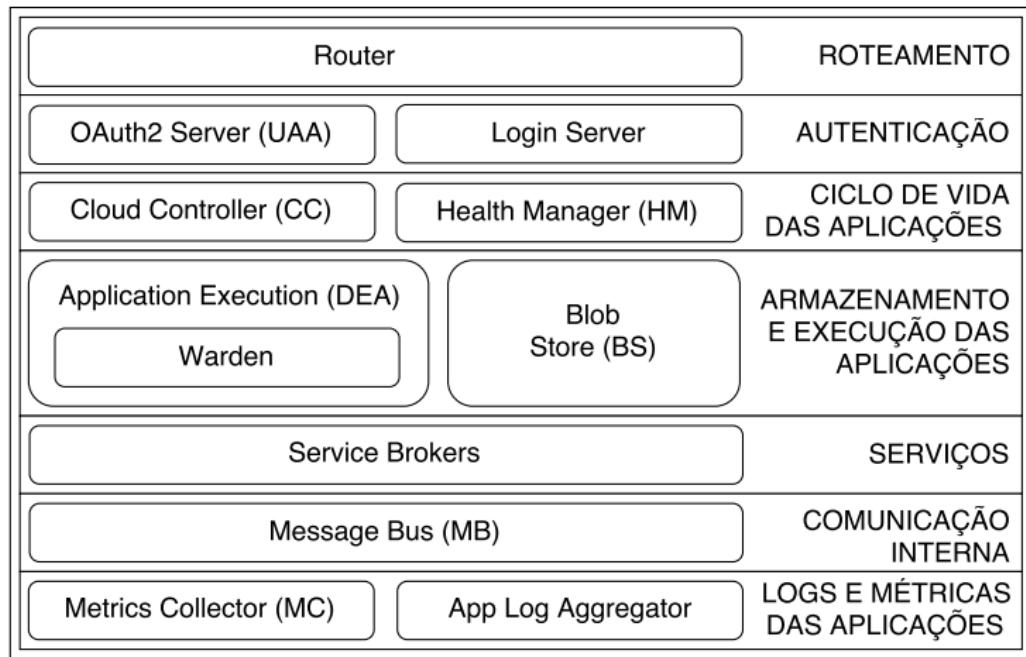
onde  $k$  é o número de fatores, com o  $i$ -ésimo fator tendo  $n_i$  níveis.

# Metodologia

# Metodologia



# Metodologia



# Metodologia

---

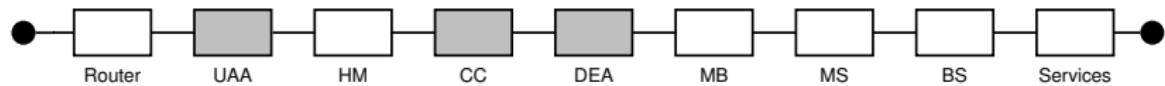
Componente	Dependências
Router	—
UAA	JVM, Tomcat e SGBD
CC	Nginx, IR e SGBD
HM	—
DEA	IR e Warden
Message Bus	—
Metrics Collector	IR

---

# Modelos Propostos

# Modelos Propostos

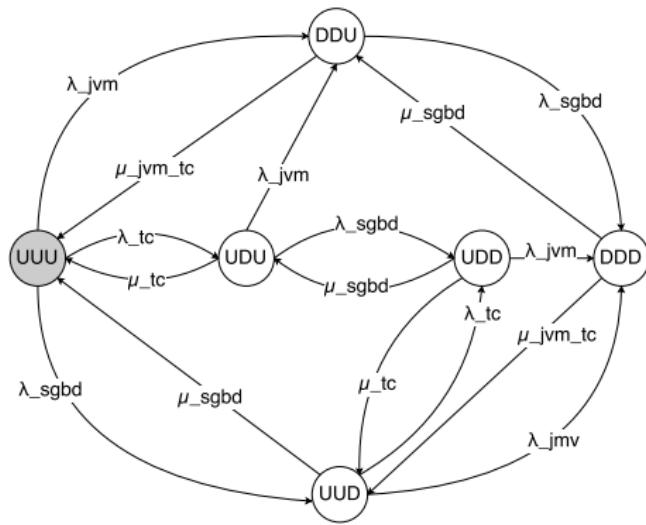
## Modelo para o Cenário 1 (baseline)



$$D_{Cenario\_1} = D_{Router} \times D_{UAA} \times D_{HM} \times D_{CC} \times \\ D_{DEA} \times D_{MB} \times D_{MC} \times D_{BS} \times D_{Services}$$

# Modelos Propostos

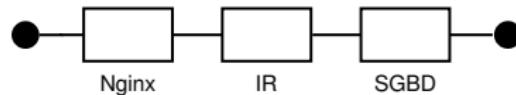
## Modelo de Disponibilidade do UAA



$$D_{UAA} = \frac{\mu_{SGBD} \times \mu_{JVM-TC} \times (\lambda_{JVM} \times \mu_{TC})}{(\lambda_{SGBD} + \mu_{SGBD}) \times (\lambda_{JVM} + \mu_{JVM-TC}) \times (\lambda_{JVM} + \lambda_{TC} + \mu_{TC})}$$

# Modelos Propostos

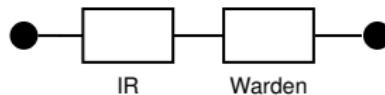
## Modelo de Disponibilidade do CC



$$D_{CC} = D_{Nginx} \times D_{IR} \times D_{SGBD}$$

# Modelos Propostos

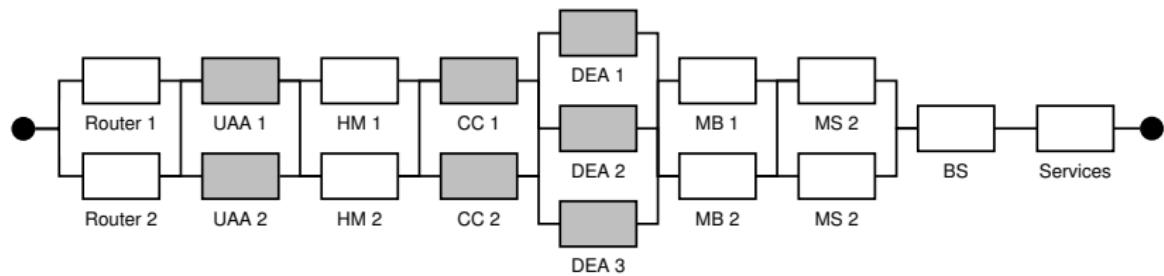
## Modelo de Disponibilidade do DEA



$$D_{DEA} = D_{IR} \times D_{Warden}$$

# Modelos Propostos

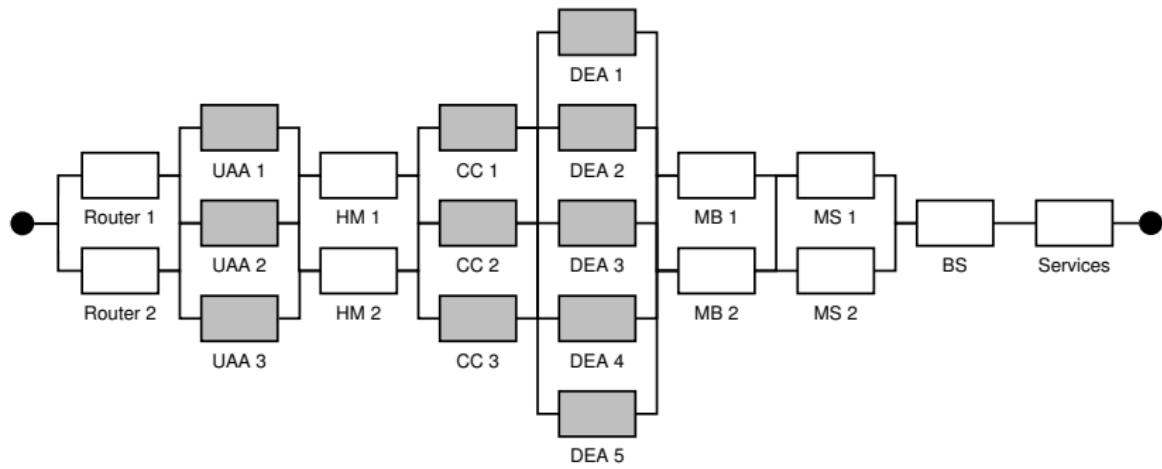
## Modelo para o Cenário 2



$$D_{Cenario\_2} = (1 - (1 - D_{Router})^2) \times (1 - (1 - D_{UAA})^2) \times (1 - (1 - D_{HM})^2) \times (1 - (1 - D_{CC})^2) \times (1 - (1 - D_{DEA})^3) \times (1 - (1 - D_{MB})^2) \times (1 - (1 - D_{MC})^2) \times D_{BS} \times D_{Services}$$

# Modelos Propostos

## Modelo para o Cenário 3



$$D_{Cenario\_3} = (1 - (1 - D_{Router})^2) \times (1 - (1 - D_{UAA})^3) \times (1 - (1 - D_{HM})^2) \times (1 - (1 - D_{CC})^3) \times (1 - (1 - D_{DEA})^5) \times (1 - (1 - D_{MB})^2) \times (1 - (1 - D_{MC})^2) \times D_{BS} \times D_{Services}$$

# Resultados

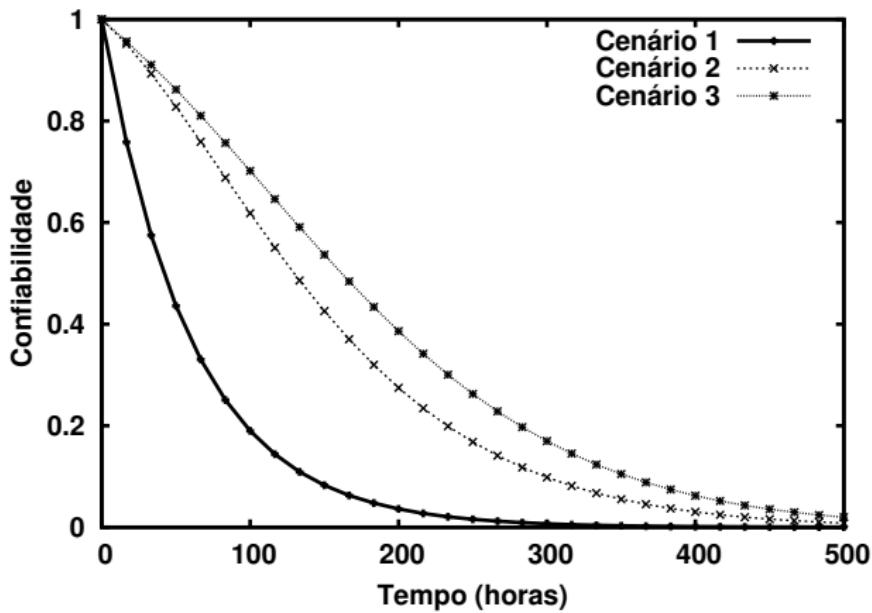
# Resultados

## Disponibilidade dos Componentes de Cloud Foundry

Componente	Disponibilidade (%)
Router	99,87332
UAA	99,67830
HM	99,87332
CC	99,67758
DEA	99,74680
Message Bus	99,87332
Metrics Collector	99,87332
Blob Store	99,87332
Services	99,87332

# Resultados

## Confiabilidade dos Cenários



# Resultados

## Disponibilidade dos Cenários

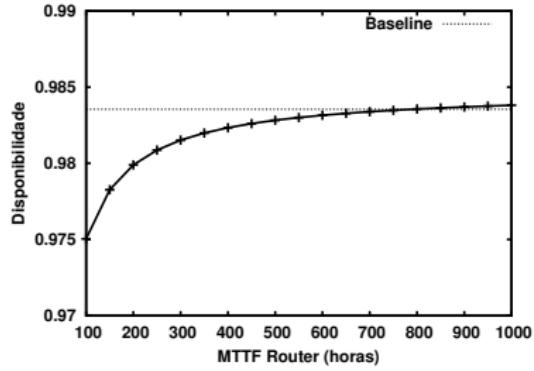
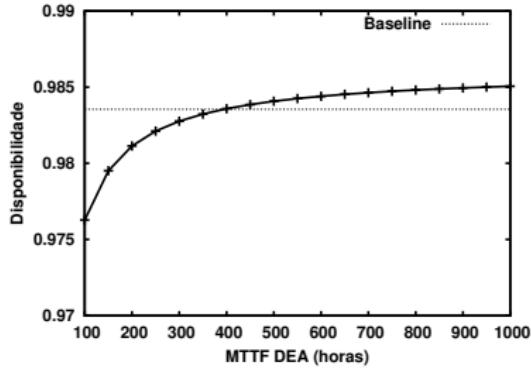
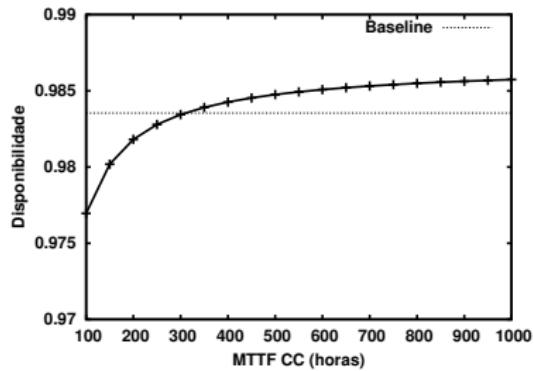
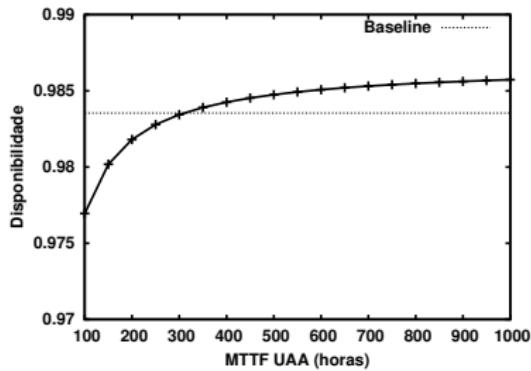
Métricas	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Disponibilidade (%)	98,35446	99,74409	99,74616
Disponibilidade (N de 9's )	1,7836905	2,5919169	2,5954341
<i>Uptime</i> Anual (horas)	8615,7547	8737,5676	8737,7486
<i>Downtime</i> Anual (horas)	144,2553	22,4324	22,2514

# Resultados

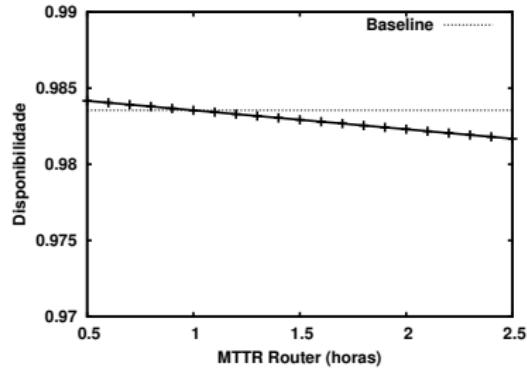
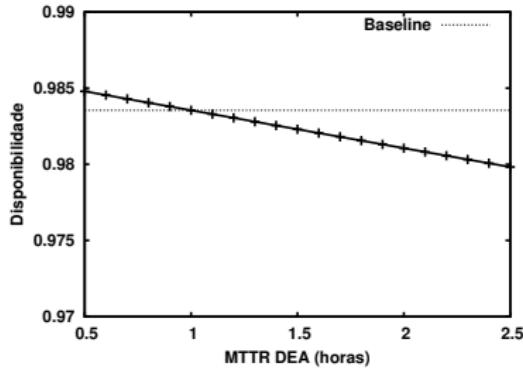
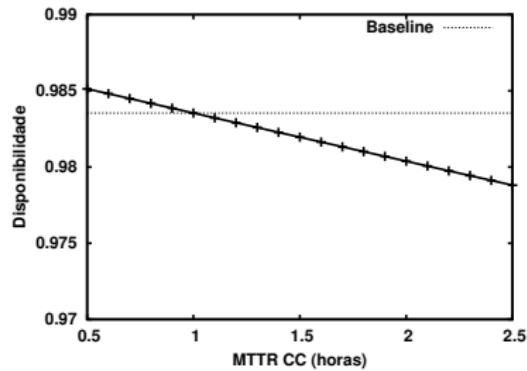
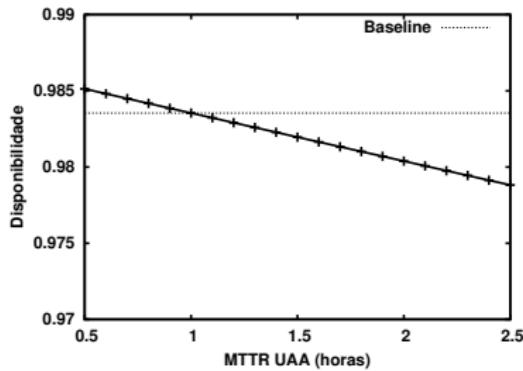
## Variação Paramétrica

Parâmetro	Valor (horas)
$MTTF_{Router}$	788,4
$MTTR_{Router}$	1,0
$MTTF_{DEA}$	393,944707812
$MTTR_{DEA}$	1,0
$MTTF_{UAA}$	309,848616791
$MTTR_{UAA}$	1,0
$MTTF_{CC}$	309,1544569
$MTTR_{CC}$	1,0

# Resultados



# Resultados

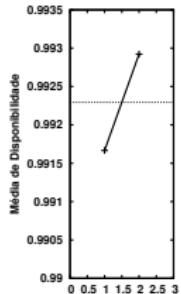


# Resultados

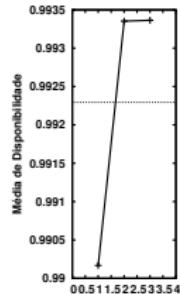
## Análise de Sensibilidade DoE

Fator	Níveis	Valores
Router	2	1, 2
UAA	3	1, 2, 3
HM	2	1, 2
CC	3	1, 2, 3
DEA	5	1, 2, 3, 4, 5
MB	2	1, 2
MC	2	1, 2

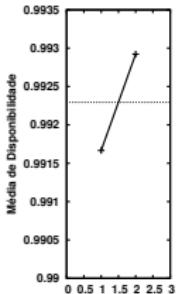
# Resultados



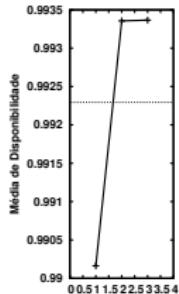
(a) Router



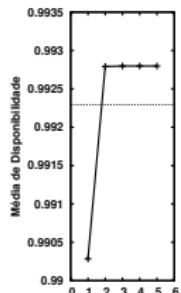
(b) UAA



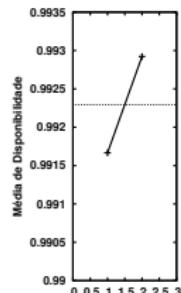
(c) HM



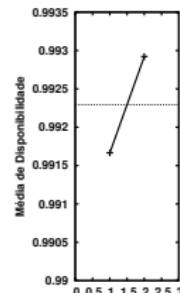
(d) CC



(e) DEA

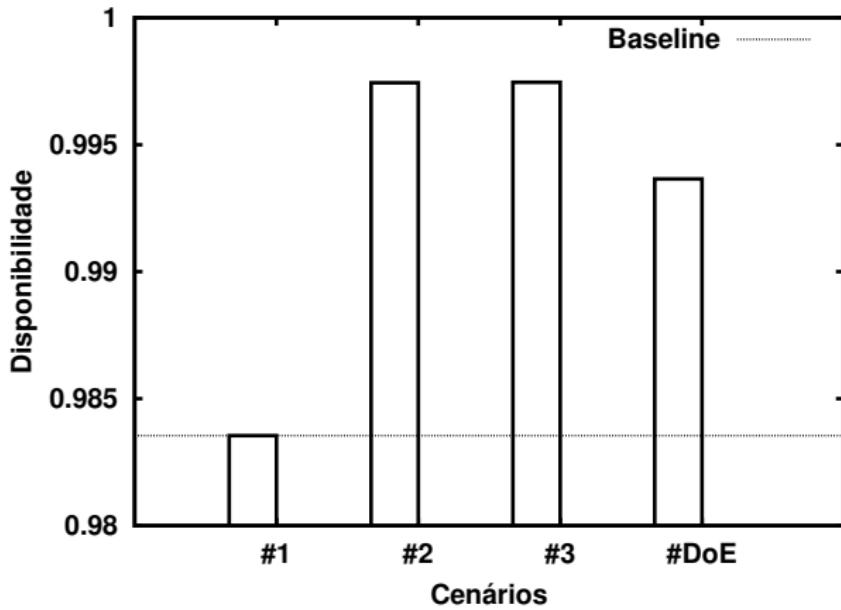


(f) MB



(g) MC

# Resultados



# Resultados

Número de Nós Redundantes	UAA	CC	DEA	Disponibilidade (%)
0	0	0	0	98,35445
1	0	1	0	98,67156
2	1	1	0	98,98899
3	1	1	1	99,23963

# Considerações Finais

# Considerações Finais

- Os Cenários 2 e 3 tiveram resultados semelhantes nas análises de confiabilidade e disponibilidade;
- A variação paramétrica nos valores de MTTR influenciam de forma mais efetiva na disponibilidade dos componentes;
- Os componentes *Services* e *Blob Store* são os que mais prejudicam a disponibilidade da plataforma;
- Os componentes de maior sensibilidade a adição de nós redundantes são: DEA, UAA e CC.
- Uma implantação com mais de dois nós por componentes é pouco eficiente.

# Considerações Finais

## Trabalhos Futuros

- Estudos de caso com outras PaaS e considerando novos atributos de dependabilidade;
- Estudos considerando a IaaS.

# Obrigado!