# Um estudo de estratégias de redundância para melhoria de dependabilidade em ambientes Openmobster mobile cloud computing

**Igor de Oliveira Costa** ioc@cin.ufpe.br

**Orientador: Prof. Paulo Romero Martins Maciel**

Centro de Informática U·F·P·E

Universidade Federal de Pernambuco

MoDCS

CIn.ufpe.br

# Agenda

- Introdução
- Objetivo
- Estudo Experimental
- Modelos de disponibilidade
- Validação
- Resultados
- Próximos Passos

# Agenda

- Introdução
- Objetivo
- Estudo Experimental
- Modelos de disponibilidade
- Validação
- Resultados
- Próximos Passos

# Introdução

- Mobile Cloud Computing combina técnicas de Computação Mobile e Cloud Computing, para difundir acesso a informação através de dispositivos móveis;
- Mobile Cloud Computing em sua definição mais simples, refere-se uma forma onde tanto o armazenamento de dados quanto o processamento acontecem fora do dispositivo móvel.[1]

# Introdução

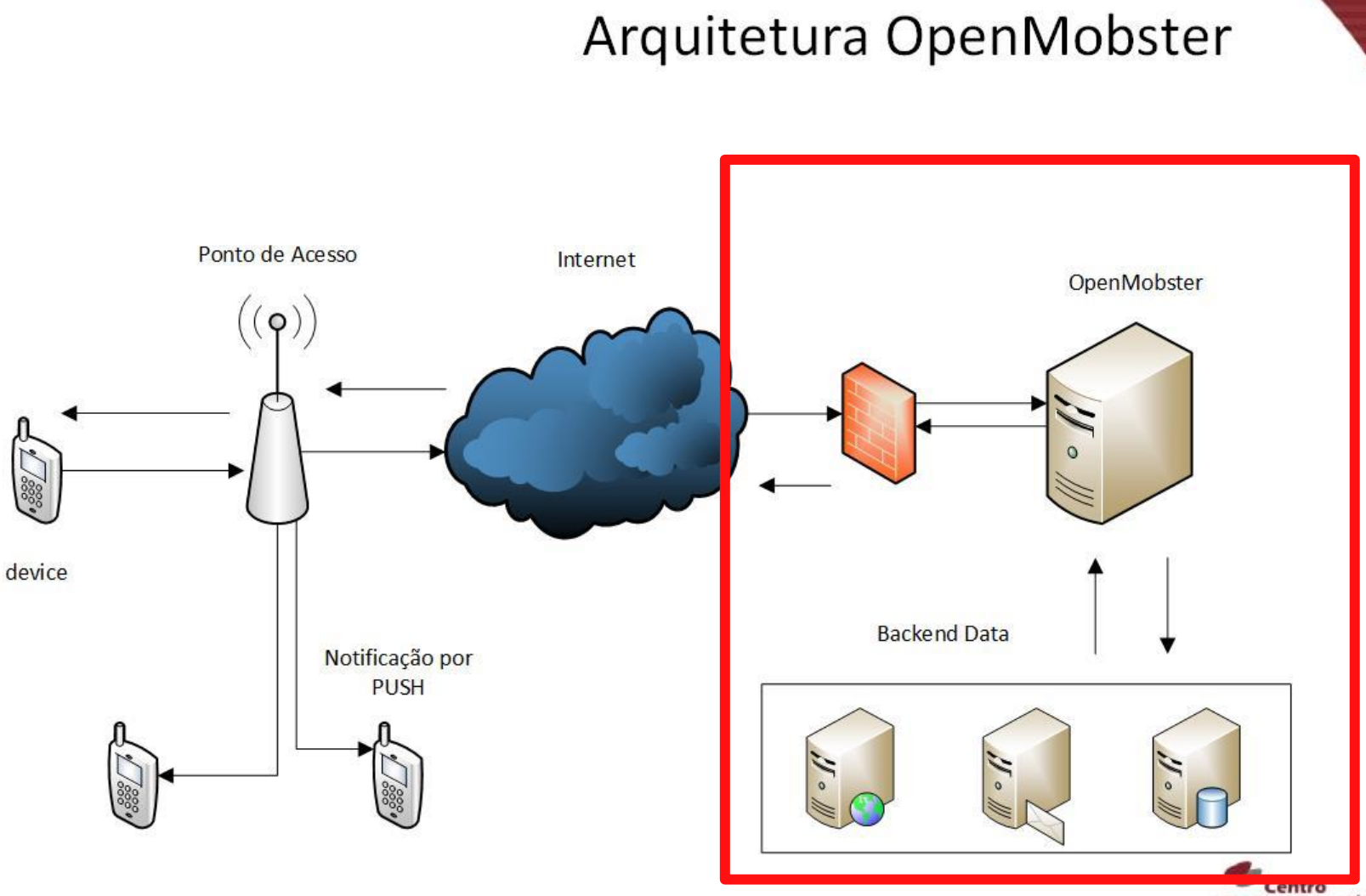
- Muitos são os desafios nesta área, entre eles podemos citar a disponibilidade, tanto *client-side* quanto *server-side*;
- E o OpenMobster o que é?
- Alguns autores definem como uma plataforma *open source* para *Mobile Cloud Computing*[2];
- Outros autores definem como uma plataforma de MBAAS (*Mobile Backend As a Service*) focada no espaço empresarial[3];
- Pode também ser definida como uma plataforma open source que provê integração entre aplicações móveis e serviço de cloud[2]

# Introdução

Fornece os seguintes recursos:

- **Data Synchronization;**
- **Real-Time Push Notifications;**
- **Mobile RPC (Remote Procedure Call): fornece os serviço através de um mecanismo de RPC;**
- **Management Console.**

# Introdução


Arquitetura OpenMobster
Ponto de Acesso
Internet
OpenMobster
device
Backend Data
Notificação por
PUSH

# Agenda

- Introdução
- **Objetivo**
- Estudo Experimental
- Modelos de disponibilidade
- Validação
- Resultados
- Próximos Passos

# Objetivo

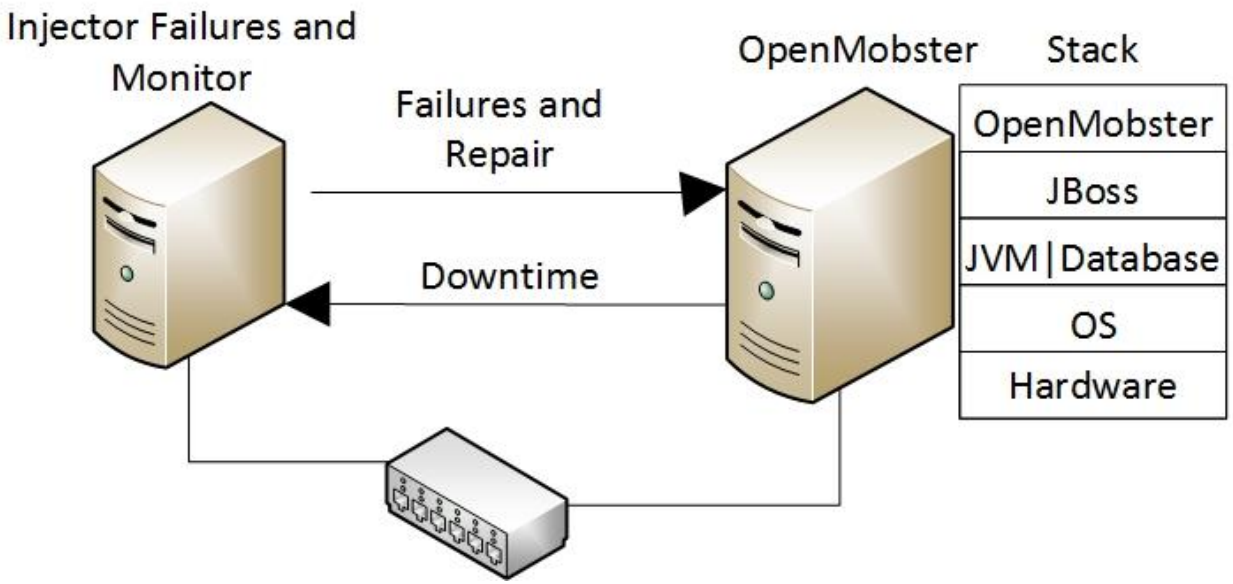
- **Propor modelos de disponibilidade para melhoria de dependabilidade em ambientes OpenMobster Mobile Cloud Computing;**

# Agenda

- Introdução
- Objetivo
- **Estudo Experimental**
- Modelos de disponibilidade
- Validação
- Resultados
- Próximos Passos

# Estudo Experimental

- **O estudo utilizou o seguinte ambiente:**

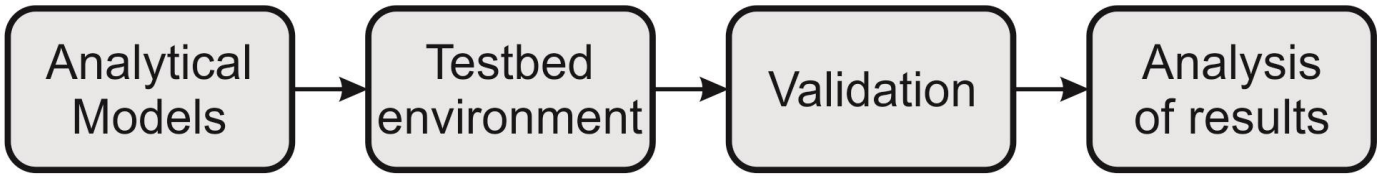


# Estudo Experimental

- **Foram investigados dois cenários principais:**
  - Um onde o sistema OpenMobster não tem implementado o processo de recuperação automática;
  - E outro onde é considerado o processo de recuperação automática implementado no componente JVM;

# Estudo Experimental

- **As atividades foram divididas em 4 passos:**



# Agenda

- Introdução
- Objetivo
- Estudo Experimental
- **Modelos de disponibilidade**
- Validação
- Resultados
- Próximos Passos

# Modelos

- **Para a criação dos modelos foi utilizado uma abordagem hierárquica com CTMC e RBD:**
  - A CTMC foi utilizada para modelar a parte do Sistema, ou seja, o OpenMobster, o Jboss, a JVM e o BD;
  - O RBD foi utilizado para modelar o sistema completo, ou seja, o Hardware, o SO, e o Sistema;

# Modelos

- **CTMC do sistema sem o processo de recuperação automática:**

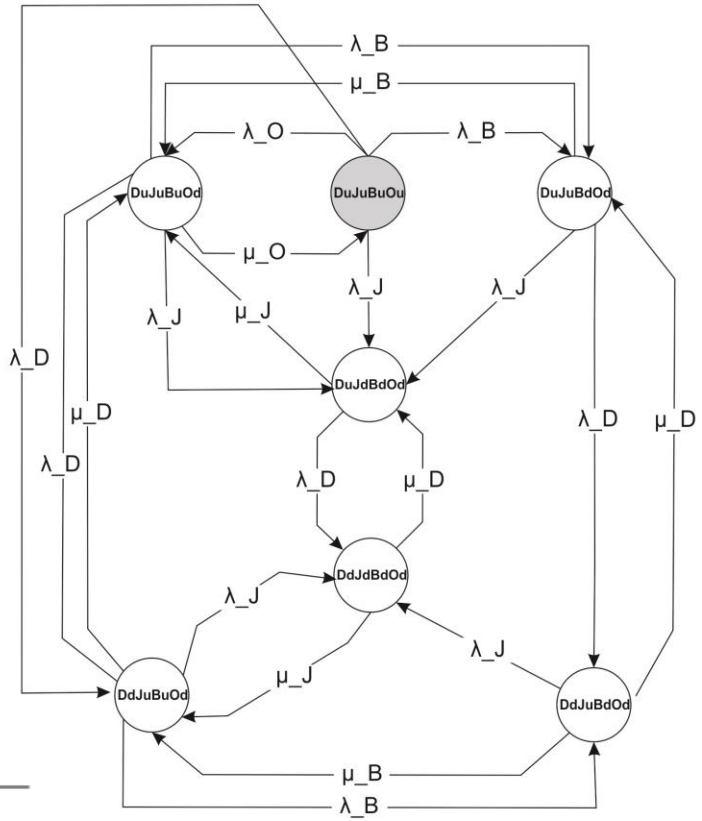
O estado UP do sistema é o DuJuBuOu.

$$A_s = \Pi_{(DuJuBuOu)}$$

Onde,
D = Database
J = JVM
B = Jboss
O = OpenMobster

Fórmula fechada do modelo:

$$A_{sys} = \frac{\mu^2 \mu_D}{(2\lambda + \mu)(3\lambda + \lambda_D + \mu)(\lambda_D + \mu_D)}$$




PARAMETER VALUES FOR THE MARKOV CHAIN MODEL

| Parameter | Description | Value |
|---|---|---|
| $\lambda_O = \lambda_B = \lambda_J$ | Mean time to failure | 1/788 |
| $\mu_O = \mu_B = \mu_J$ | Mean time to Repair | 1/2 |
| $\lambda_D$ | Mean time to failure | 1/1440 |
| $\mu_D$ | Mean time to Repair | 1/3 |

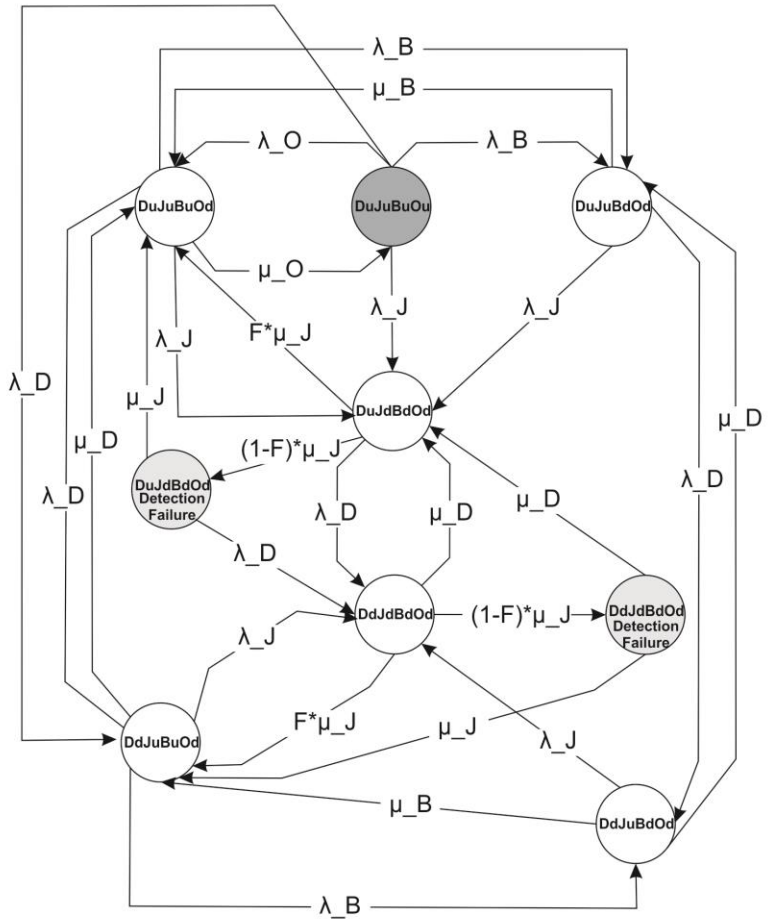
# Modelos

- **CTMC com o processo de recuperação automática:**

O estado UP do sistema é o DuJuBuOu.

$$A_s = \Pi_{(DuJuBuOu)}$$

Onde,
D = Database
J = JVM
B = Jboss
O = OpenMobster




PARAMETER VALUES FOR THE MARKOV CHAIN MODEL

| Parameter | Description | Value |
|---|---|---|
| $\lambda_O = \lambda_B = \lambda_J$ | Mean time to failure | 1/788 |
| $\mu_O = \mu_B = \mu_J$ | Mean time to Repair | 1/2 |
| $\lambda_D$ | Mean time to failure | 1/1440 |
| $\mu_D$ | Mean time to Repair | 1/3 |
| $f\mu_J$ | Mean time to Repair automatic failover | 1/0,1 |
| $F$ | Failover success probability | 99% |

# Modelos

- **Fórmula fechada da CTMC com processo de recuperação automática:**

$$A_{fail} = \frac{(\mu\mu_D(\alpha^2\beta_1 + \beta\mu(2\lambda^3\beta_2 + \beta_3) + \beta_4 + \lambda(\beta_5\beta_6 + \beta_7)) + \alpha(\beta_8 + \beta(2\lambda^3\beta_9 + \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3)))}{(\alpha_4(\alpha_5 + \alpha_6 + \beta(\lambda^2\alpha_7 + \alpha_8 + \alpha_9)))}$$

Onde,

$\beta = F \cdot f\mu_J,$
$\beta_1 = (\lambda + \mu)(\lambda_D + \mu)(2\lambda + \lambda_D + \mu + \mu_D),$
$\beta_2 = (\mu + \mu + D) + \beta(\lambda + \mu)(\lambda + \lambda_D + \mu + \mu_D)(2\lambda + \lambda_D + \mu + \mu_D),$
$\beta_3 = \mu(\lambda_D + \mu + \mu_D)(\lambda_D^2 + \lambda_D\mu + \mu_D(\mu + \mu_D)),$
$\beta_4 = \lambda^2(\lambda_D^2 + 3(\mu + \mu_D)^2 + \lambda_D(3\mu + 2\mu_D)),$
$\beta_5 = \lambda_D^3 + \lambda_D^2,$
$\beta_6 = (4\mu + \mu_D) + \lambda_D(4\mu^2 + 3\mu\mu_D + \mu_D^2),$
$\beta_7 = (\mu + \mu_D)(\mu^2 + 4\mu\mu_D + \mu_D^2),$
$\beta_8 = (\lambda + \mu)(\lambda_D + \mu)(\lambda + \lambda_D + \mu_D)(\mu + \mu_D)(2\lambda + \lambda_D + \mu + \mu_D),$
$\beta_9 = (\lambda_D + \mu) + 2\mu(\lambda_D + \mu)(\mu + \mu_D)(\lambda_D + \mu + \mu_D),$
$\alpha = (1 - F) \cdot f\mu_J,$
$\alpha_1 = \lambda(\lambda_D + \mu)(\lambda_D(3\mu + 2\mu_D)),$
$\alpha_2 = (\mu + \mu_D)(7\mu + 2\mu_D),$
$\alpha_3 = \lambda^2(2\lambda_D^2 + 4\lambda_D(2\mu + \mu_D) + \mu(7\mu + 5\mu_D)),$
$\alpha_4 = (2\lambda + \mu)(3\lambda + \lambda_D + \mu)(\lambda_D + \mu)(2\lambda + \lambda_D + \mu + \mu_D),$
$\alpha_5 = (\alpha + \lambda)(\lambda_D + \mu)(\alpha + \lambda + \lambda_D + \mu_D)(\mu + \mu_D),$
$\alpha_6 = \beta^2(\lambda + \mu)(\lambda + \lambda_D + \mu + \mu_D),$
$\alpha_7 = (\lambda_D + 2\mu + \mu_D) + \lambda(\lambda_D + \mu + \mu_D)(\lambda_D + 2\mu + \mu_D),$
$\alpha_8 = \mu(\lambda_D(\lambda_D + \mu) + \mu\mu_D + \mu_D^2),$ and
$\alpha_9 = \alpha(2(\lambda_D + \mu)(\mu + \mu_D) + \lambda(\lambda_D + 2\mu + \mu_D)).$

# Modelos

RESULTS OF THE MARKOV CHAIN

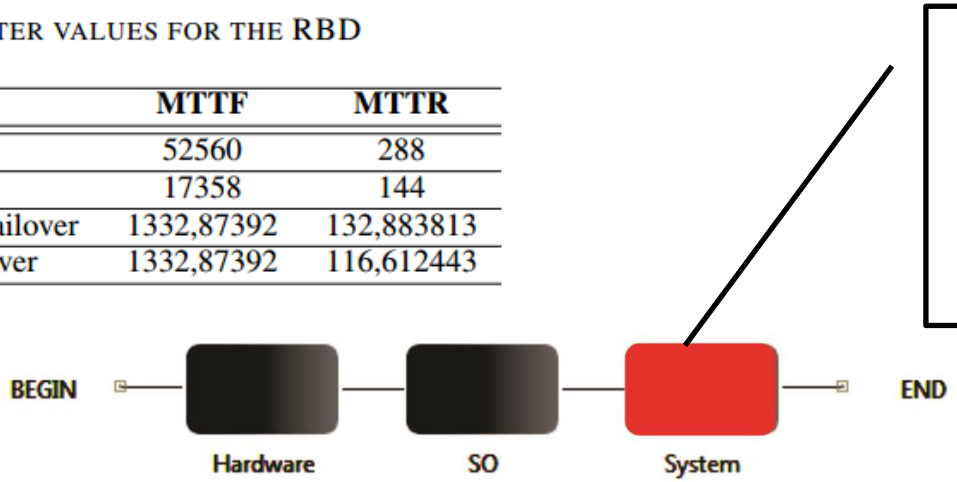
| MTTF | MTTR | Availability | Description |
|---|---|---|---|
| 1332,87392 | 132,883813 | 0,909341217 | CMTC without Failover |
| 1332,87392 | 116,612443 | 0,919549127 | CMTC with Failover 99% |

# Modelos

- **RBD do sistema completo:**

PARAMETER VALUES FOR THE RBD

| Component | MTTF | MTTR |
|---|---|---|
| Hardware | 52560 | 288 |
| SO | 17358 | 144 |
| Sistema without failover | 1332,87392 | 132,883813 |
| Sistema with failover | 1332,87392 | 116,612443 |




Métricas extraídas das CTMCs: MTTF e MTTR

A disponibilidade pode ser calculada com a seguinte fórmula:

$$AALL = A_{HW} \times A_{SO} \times A_{fail}$$

# Agenda

- Introdução
- Objetivo
- Estudo Experimental
- Modelos de disponibilidade
- **Validação**
- Resultados
- Próximos Passos

# Validação

- Para o processo de validação do modelo foi utilizada técnica de injeção de falhas no ambiente real, e posteriormente foi realizado a validação a partir de cálculos estatísticos proposto por Keesee;
- A injeção de falhas foi construída através da linguagem Shell Script;
- Foram implementados seis algoritmos que são executados de forma paralela;

# Validação

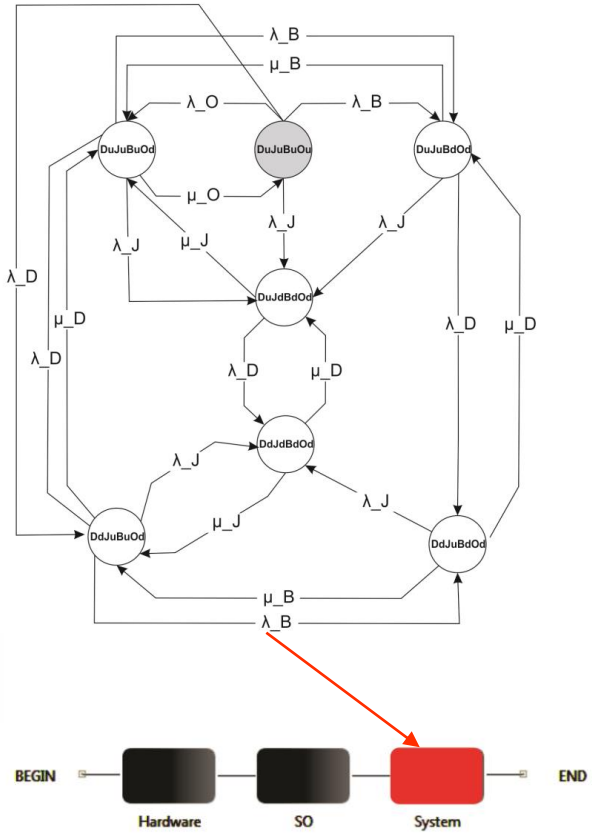
- Para acelerar o experimento foi utilizado um fator de redução sobre os valores dos parâmetros;
- Para a falha foi utilizado um fator de redução de 600;
- Para o reparo foi utilizado um fator de 100;
- E para failover foi utilizado um fator de 20;

RATES USED IN FAULT INJECTION

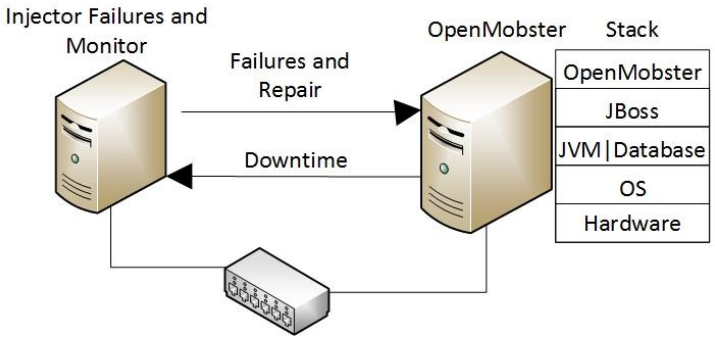
| Component | Rate Failure | Rate Repair |
|---|---|---|
| Hardware | 0,0000190 | 0,0034722 |
| SO | 0,0000576 | 0,0069444 |
| JVM | 0,0002115 | 0,0138888 |
| JBOSS | 0,0002115 | 0,0138888 |
| OpenMobster | 0,0002115 | 0,0138888 |
| Database | 0,0001157 | 0,0092592 |

# Validação

## Modelo validado

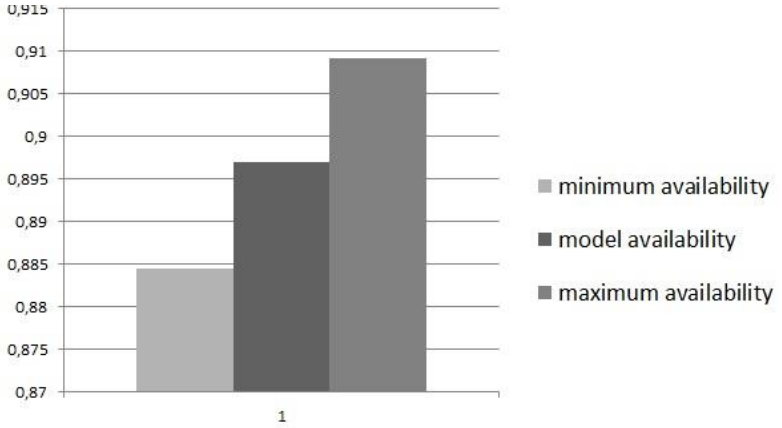



A = 0,8969447




CONFIDENCE INTERVAL

| Measurement | Confidence Interval $\rho$ | Confidence Interval Avail. |
|---|---|---|
| $\rho_U$ | 0,1306041 | 0,8844828 |
| $\rho_L$ | 0,0999241 | 0,9439913 |



# Agenda

- Introdução
- Objetivo
- Estudo Experimental
- Modelos de disponibilidade
- Validação
- **Resultados**
- Próximos Passos

# Resultados

- **Resultados gerados a partir do modelo RBD do sistema completo com e sem o processo de recuperação automática:**

RESULTS OF THE RBD MODEL (SYSTEM WITHOUT FAILOVER)

| MTTF | MTTR | Availability | Number 9's |
|---|---|---|---|
| 1209,343814 | 137,2273265 | 0,8969447 | 0,9869297 |

RESULTS OF THE RBD MODEL (SYSTEM WITHOUT FAILOVER)

| MTTF | MTTR | Availability | Number 9's |
|---|---|---|---|
| 1209,343814 | 122,463979 | 0,9070134 | 1.0315800 |

# Resultados

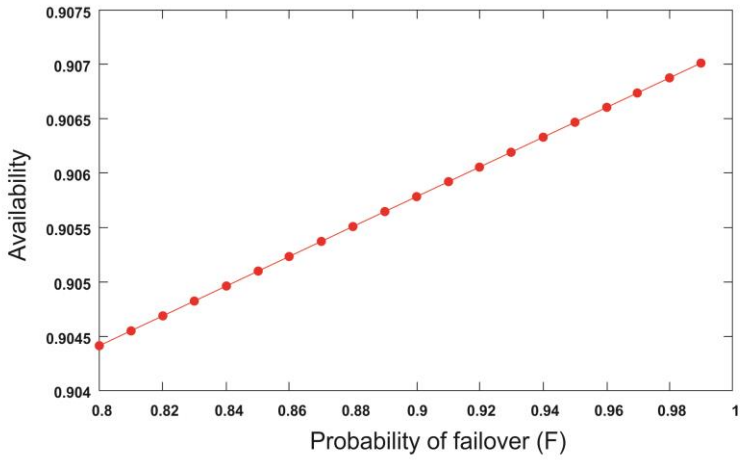
- **Resultados comparados em downtime, podemos observar uma melhora de 10%;**

RESULTS OF THE COMPARISON BETWEEN MODELS

| Measures | System with failover | System without failover |
|---|---|---|
| Availability | 0,9070134 | 0,8969447 |
| MTTF | 1209,343814 | 1209,343814 |
| MTTR | 122,4639792 | 137,2273265 |
| Downtime | 814,5626 h | 902,7644 h |

# Resultado

- **Variação da taxa de sucesso do Failover de 0.8 a 0.99 em 0.01:**




VARIATION OF THE PROBABILITY OF SUCCESSFUL FAILOVER

| Prabability Failover | MTTF | MTTR | Availability |
|---|---|---|---|
| 0,8 | 1209,343814 | 126,2347006 | 0,9044203 |
| 0,81 | 1209,343814 | 126,0359566 | 0,9045566 |
| 0,82 | 1209,343814 | 125,8372452 | 0,9046930 |
| 0,83 | 1209,343814 | 125,6385683 | 0,9048293 |
| 0,84 | 1209,343814 | 125,4399241 | 0,9049657 |
| 0,85 | 1209,343814 | 125,2413117 | 0,9051020 |
| 0,86 | 1209,343814 | 125,0427328 | 0,9052384 |
| 0,87 | 1209,343814 | 124,8441848 | 0,9053748 |
| 0,88 | 1209,343814 | 124,6456685 | 0,9055113 |
| 0,89 | 1209,343814 | 124,447184 | 0,9056477 |
| 0,90 | 1209,343814 | 124,2487303 | 0,9057842 |
| 0,91 | 1209,343814 | 124,0503066 | 0,9059207 |
| 0,92 | 1209,343814 | 123,8519137 | 0,9060572 |
| 0,93 | 1209,343814 | 123,6535507 | 0,9061938 |
| 0,94 | 1209,343814 | 123,4552168 | 0,9063303 |
| 0,95 | 1209,343814 | 123,256912 | 0,9064669 |
| 0,96 | 1209,343814 | 123,058637 | 0,9066035 |
| 0,97 | 1209,343814 | 122,8603893 | 0,9067401 |
| 0,98 | 1209,343814 | 122,6621706 | 0,9068768 |
| 0,99 | 1209,343814 | 122,4639792 | 0,9070134 |

# Agenda

- Introdução
- Objetivo
- Estudo
- Modelos de disponibilidade
- Validação
- Resultados
- **Próximos Passos**

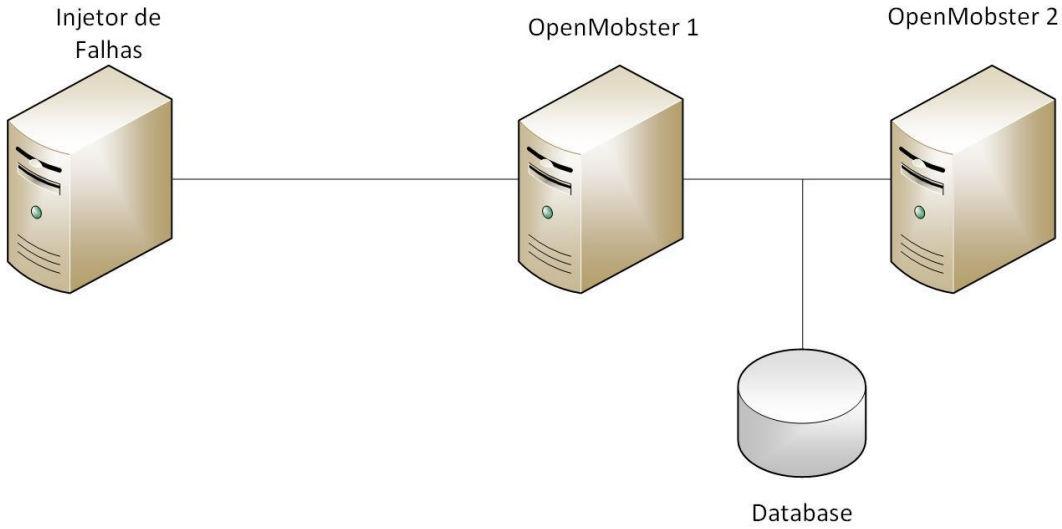
# Próximos passos

- **Segundo Cenário:**

Irá ser utilizado a função de cluster do OpenMobster em uma estratégia Warm Standby ( Em andamento )

| OpenMobster |
| --- |
| Jboss |
| Java \| Database |
| SO |
| Hardware |

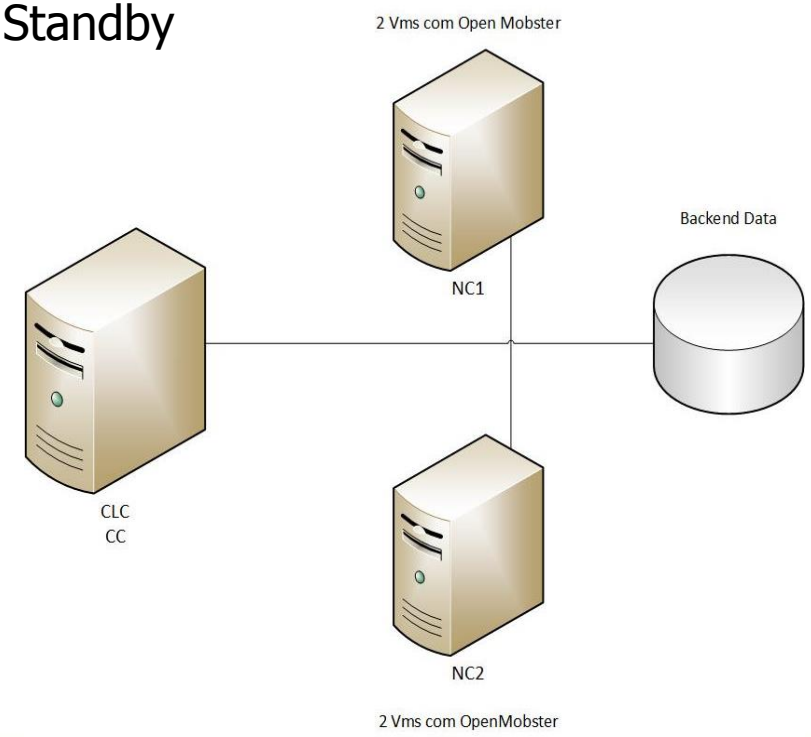
| OpenMobster |
| --- |
| Jboss |
| Java \| Database |
| SO |
| Hardware |



# Próximos passos

- **Terceiro cenário redundância com Eucalyptus:**

Irá ser utilizado a função de cluster do OpenMobster em uma estratégia Warm Standby




| OpenMobster |
| --- |
| Jboss |
| Java \| Database |
| SO_VM |
| VM |
| Hypervisor |
| SO |
| Hardware |

# Referências


- [1]Niroshinie Fernando, Seng W. Loke, Wenny Rahayu, Mobile cloud computing: A survey, *Future Generation Computer Systems*, 2013, 29, 1, 84, in Wireless Communications and Mobile Computing
- [2] OpenMobster*. http://code.google.com/p/openmobster*
- [3] OpenMobster. *http://openmobster.blogspot.com.br*

# Perguntas