

# Confiabilidade em Circuitos Eletrônicos

- Abordagem via Parts Stress Analysis

João Pedro Samarino

Paulo Cirino Ribeiro Neto

Walter Fonseca de Magalhães

# Tópicos

- Circuito Eletrônico
- Modelagem e simulação
- Metodologia
- Modelos de Confiabilidade
- Confiabilidade dos componentes
- Experimentos
- Conclusões

# O Circuito Eletrônico

## Amplificador de Áudio

O som é caracterizado por

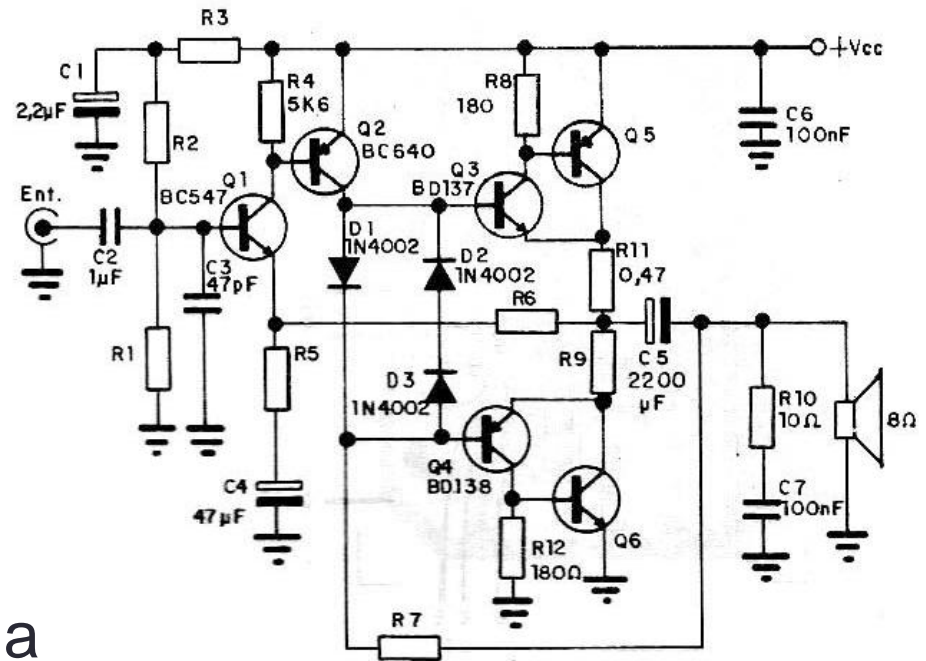
- Intensidade
- Altura
- Timbre

## Função do Amplificador

- Fornecer ganho de potência
- Preservar características originais

## Classe AB

- Rendimento teórico 78,5%
- Ângulo de condução 180°



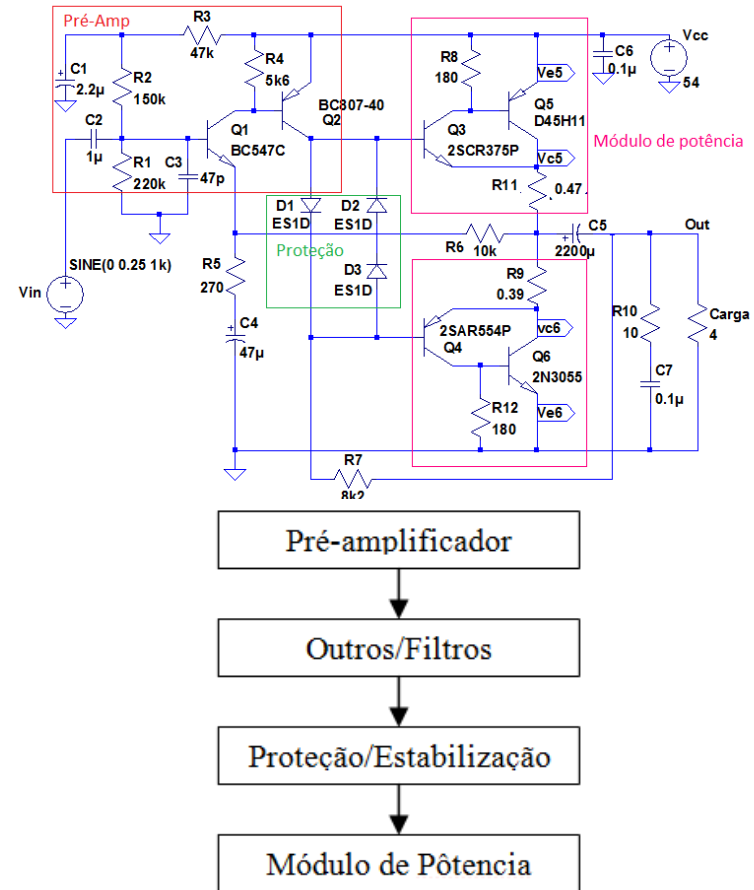
# Modelagem e Simulação

Utilização de software

- MATLAB™ e Simulink™
- LtSpice™

Modelagem e Simulação por Blocos

Limite superior de potência  
35 W



# Metodologia

## Parts Stress Analysis

- Baseado na norma militar  
MIL-HDBK-217F
- Expressa como um somatório  
da contribuição de cada componente  
submetido aos fatores que o caracterizam
- Leva em consideração aspectos físicos e de  
condição de uso

$$\lambda_{sys} = \sum_{i=1}^n (\lambda_{g_i} \cdot \pi_{f_i})$$

# Modelo de Confiabilidade

- Utilizado modelo de confiabilidade exponencial
- Componentes modelados
  - Diodos
  - Transistores
  - Resistores
  - Capacitores
- Dados de resistência térmica dos transistores retirados do datasheet

MIL-HDBK-217F CHG NOTICE 2 ■ 9999970 0197016 14T ■

**NOT MEASUREMENT SENSITIVE**

MIL-HDBK-217F

**2 DECEMBER 1991**

**SUPERSEDING**

MIL-HDBK-217E, Notice 1

2 January 1990

# MILITARY HANDBOOK

# RELIABILITY PREDICTION OF ELECTRONIC EQUIPMENT



**THIS HANDBOOK IS FOR GUIDANCE ONLY - DO NOT CITE THIS DOCUMENT AS A REQUIREMENT**

AMSC N/A

FSC-RELI

DISTRIBUTION STATEMENT A: Approved for public release; distribution unlimited

Description by BH

Demeritieren Sie die folgenden Aussagen (Richtig/Falsch) mit 0 oder 100.  
 1. Die Zinsen sind ein Kostenfaktor für den Kreditnehmer.  
 2. Die Zinsen sind ein Kostenfaktor für den Kreditgeber.  
 3. Die Zinsen sind ein Kostenfaktor für den Staat.  
 4. Die Zinsen sind ein Kostenfaktor für die Wirtschaft.

# Confiabilidade dos Componentes

Resistor

$$\lambda_r = \lambda_B \pi_P \pi_Q \pi_E \pi_T \pi_S$$

Diodo

$$\lambda_d = \lambda_B \pi_T \pi_C \pi_V \pi_E \pi_Q$$

Capacitor

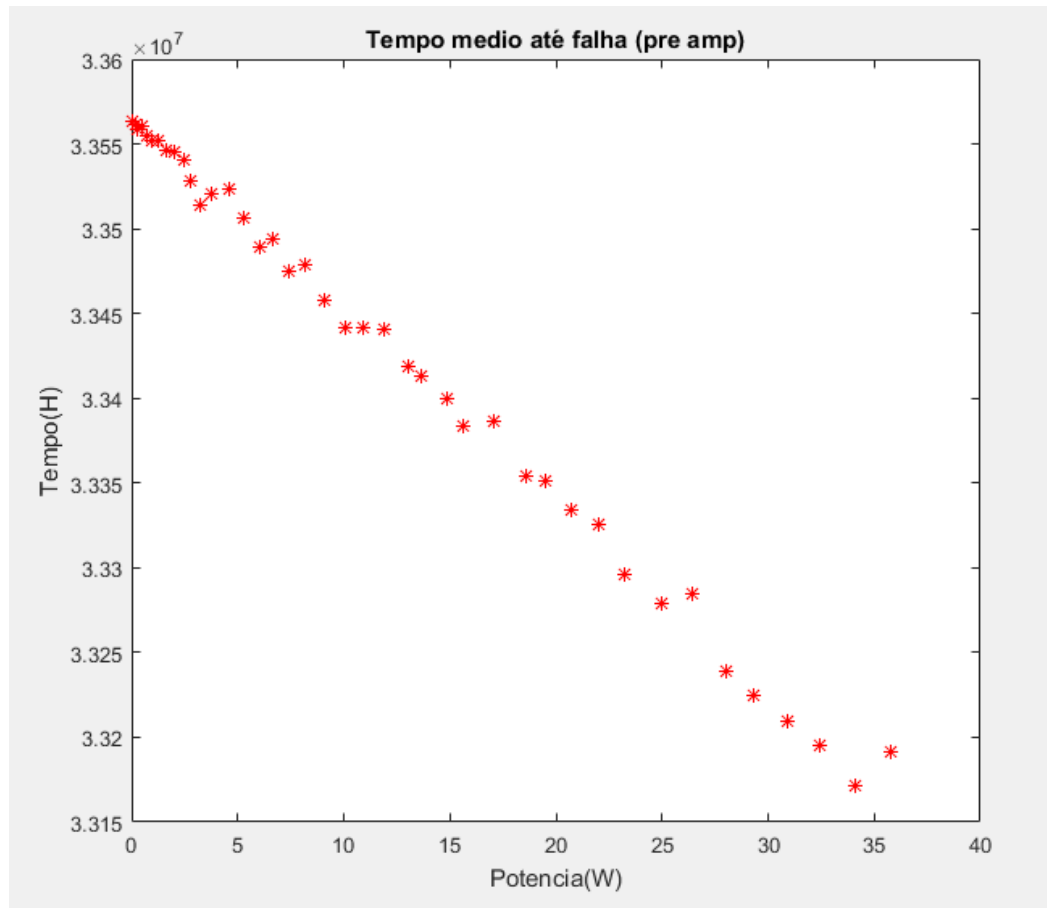
$$\lambda_c = \lambda_B \pi_T \pi_C \pi_V \pi_E \pi_Q \pi_{SR}$$

Transistor

$$\lambda_t = \lambda_B \pi_T \pi_P \pi_S \pi_E \pi_Q \pi_A$$

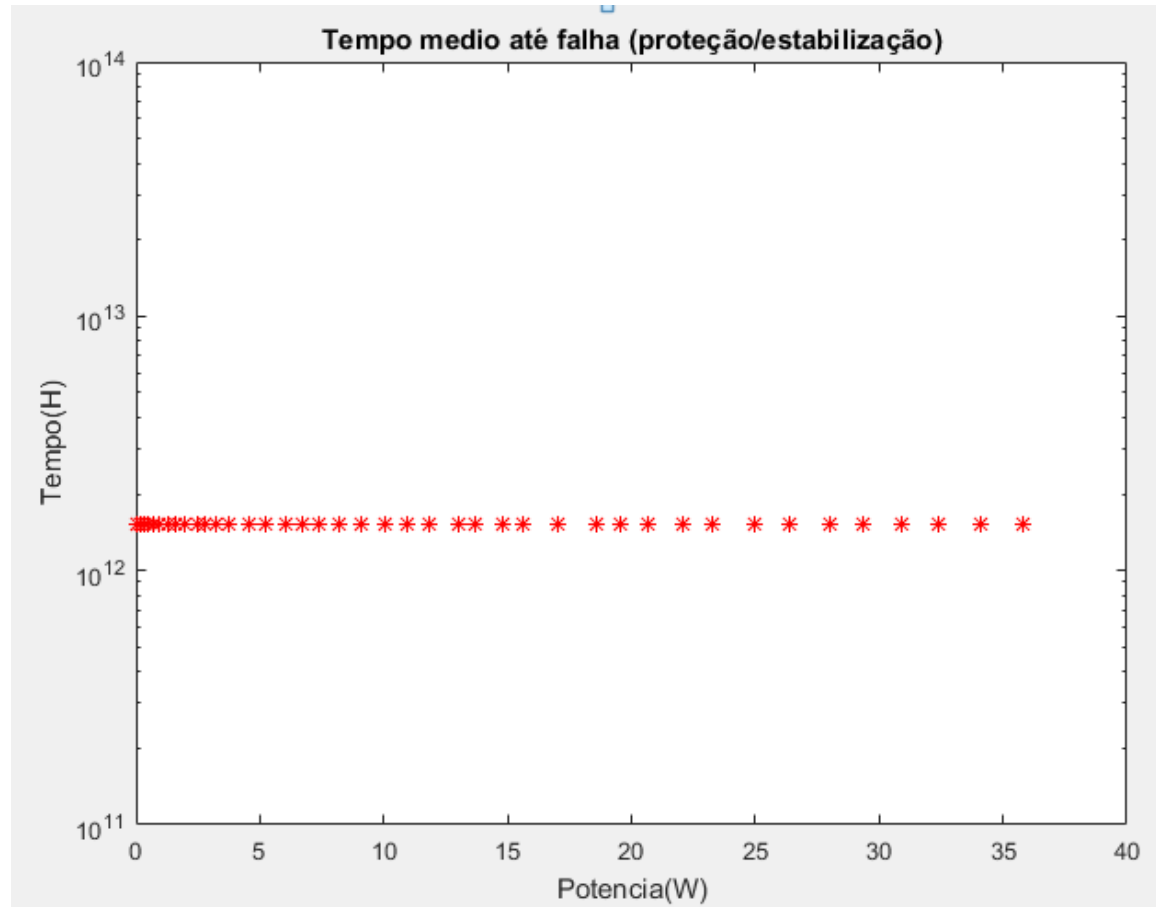
$$R(t) = e^{-\frac{\lambda_p}{10^6}}$$

# Experimento

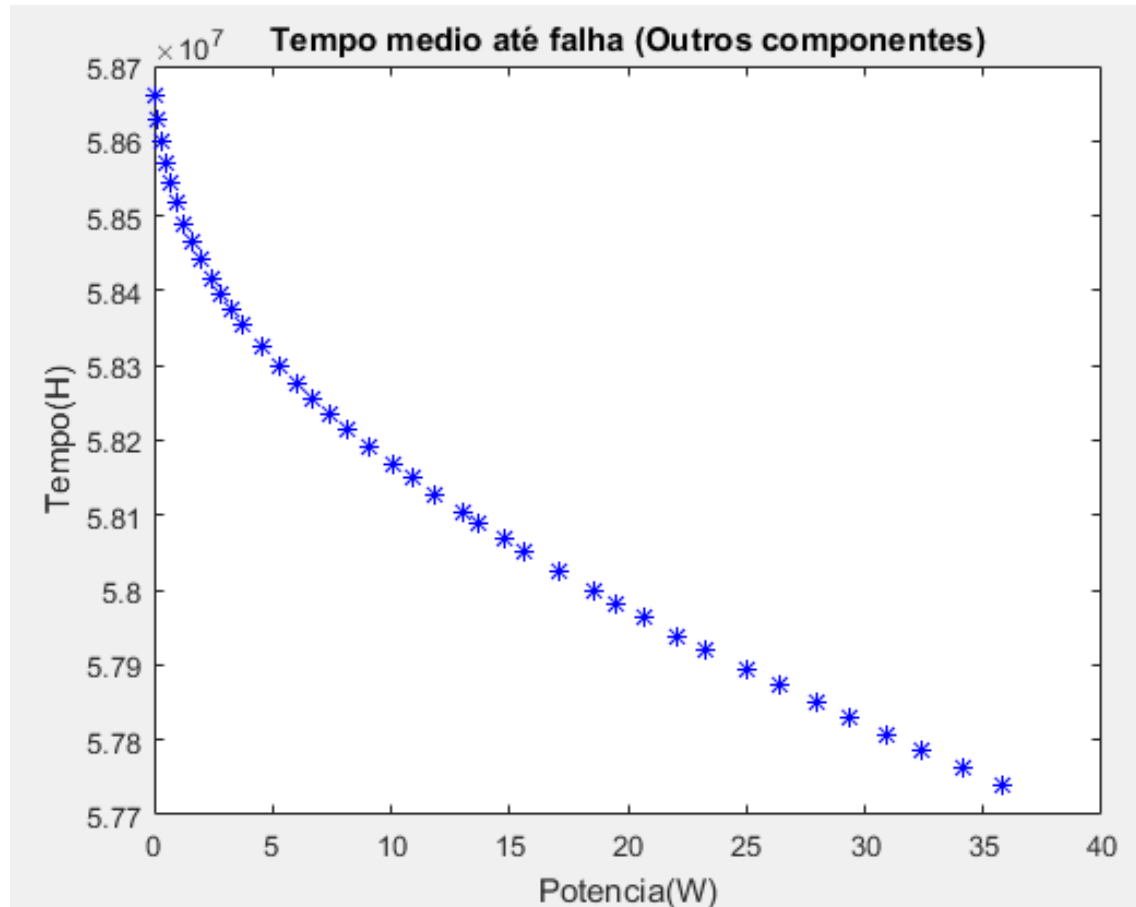




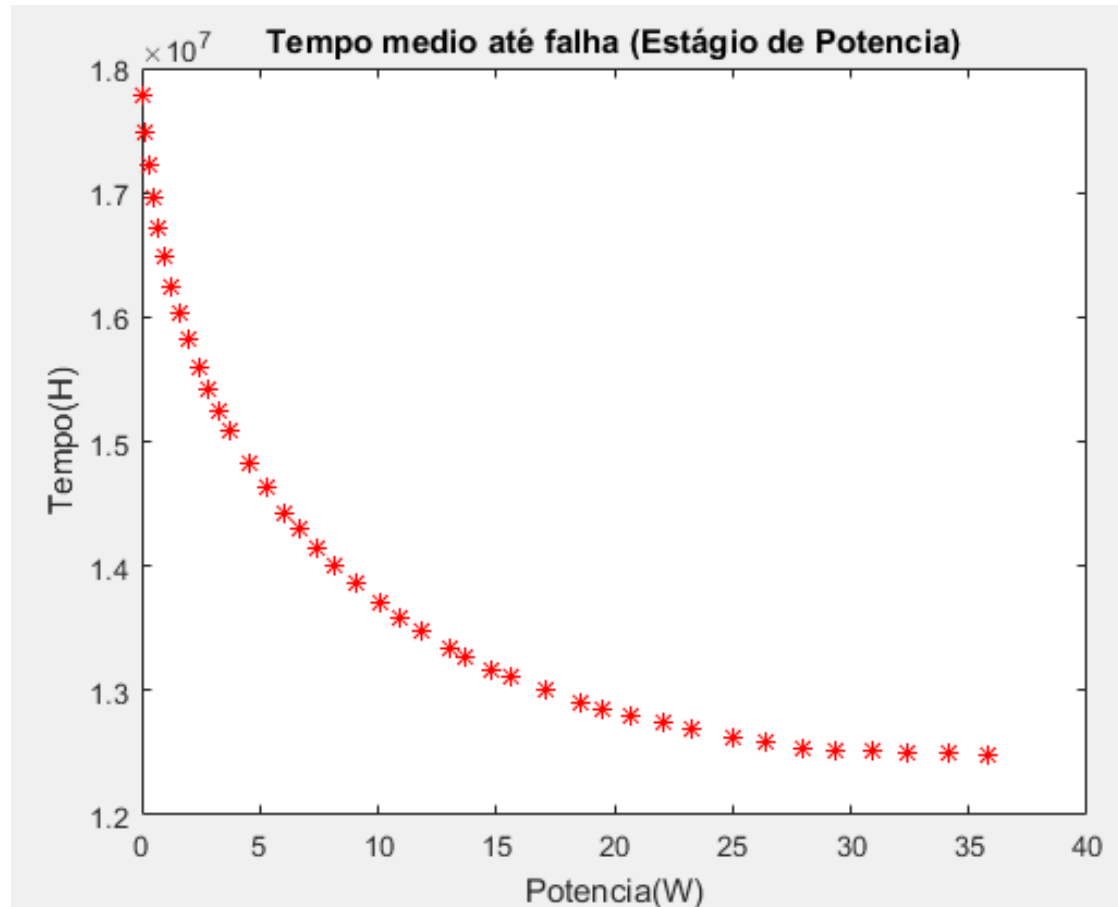
# Experimento



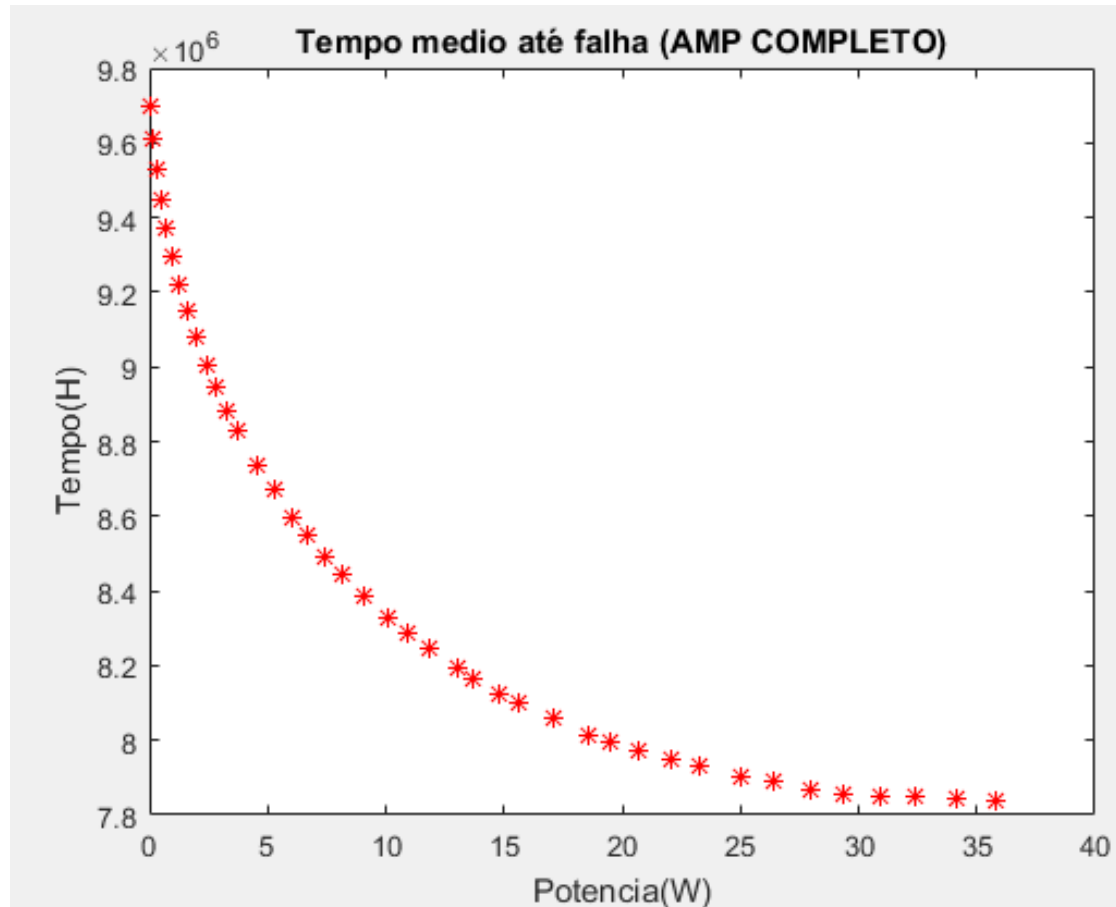
# Experimento



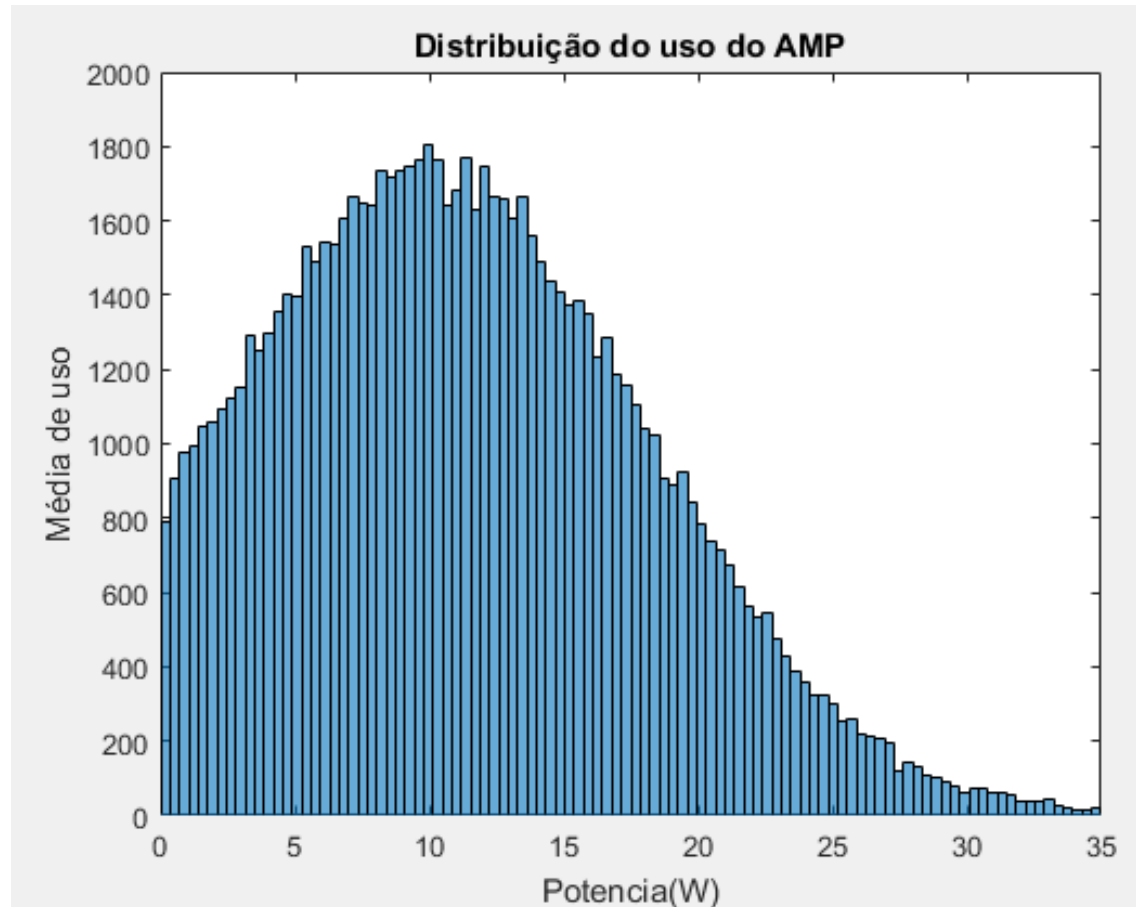
# Experimento



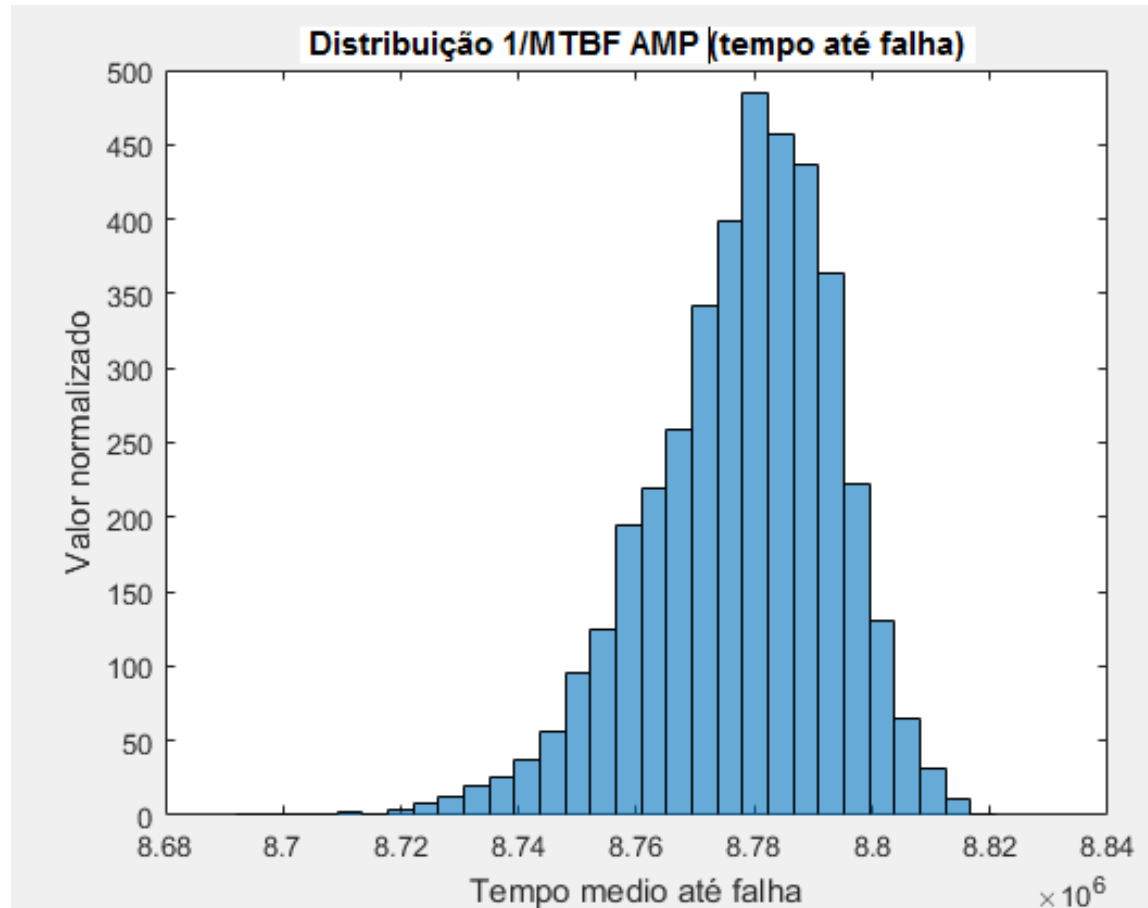
# Experimento



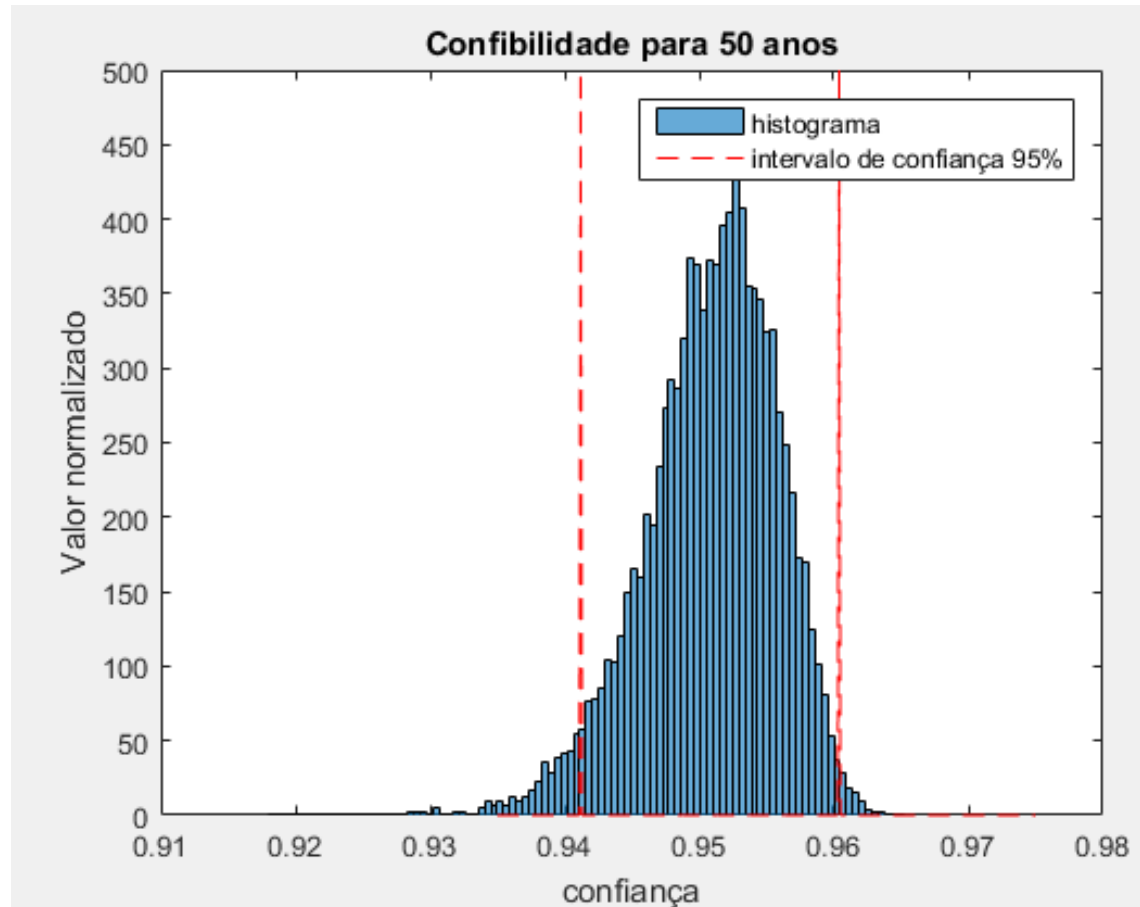
# Experimento



# Experimento

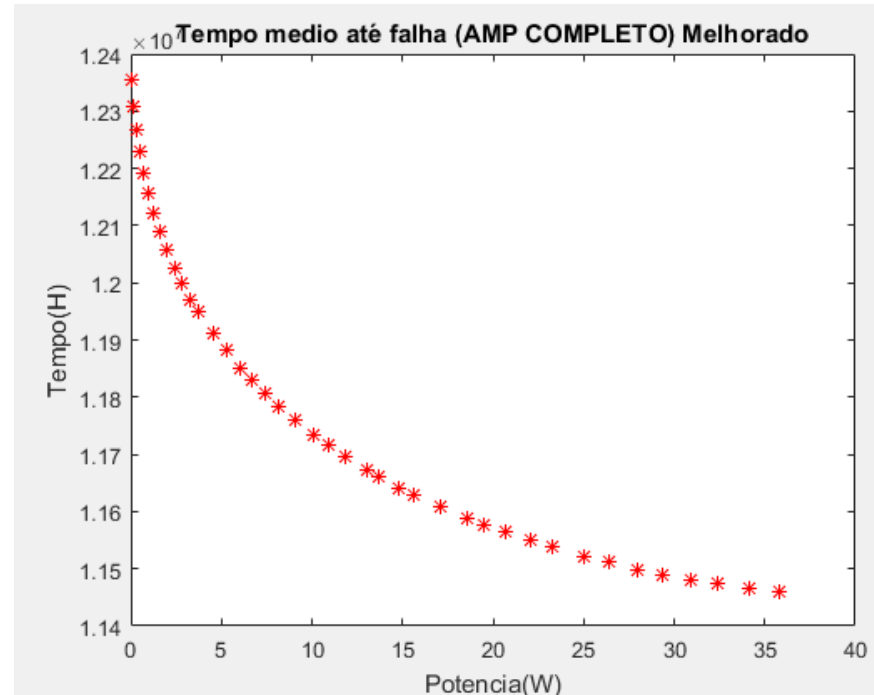


# Experimento



# Proposta de Melhoria

- Transistor com maior capacidade de dissipação
- Temperatura interna do amplificador 35 °C
- Par complementar
  - NJW0281G
  - NJW0302G
  - Resistência térmica de 0,8°C/W





# Conclusão

- Predição da confiabilidade auxilia na redução de custos do projeto
- Embora possua críticas, o MIL-HDBK\_217 continua sendo útil e aplicável (principalmente em circuitos discretos/simples)
- Sistemas mais complexos podem demandar a utilização de mais de uma metodologia de predição da confiabilidade

# Obrigado

