

APÊNDICE A – Programação em R das SMC dos Seis Sistemas Analisados¹

PROGRAMAÇÃO GERAL

```
# Programa em R para cálculo de custos e IEE ao longo da vida útil de equipamentos
# Aquecimento de água em conjuntos prediais via Simulação de Monte Carlo
# Autores: Rilton Primo (rilton@ufba.br) e Ricardo Kalid (ricardo.kalid@gmail.com)
# Data da última atualização 28 de abril de 2018

# -----
# Preparação do ambiente R:
# -----

# Functions:
Gera_PDF <- function( x , quantidade.SMC ) { ## Gera PDF empírica
  if ( x$PDF == "Triangular" ) { ## PDF triangular com moda no centro entre o máximo e o
mínimo
    ( x$maximo - x$minimo ) * ( runif(quantidade.SMC)+runif(quantidade.SMC) )/2 +
x$minimo
  } else if ( x$PDF == "Uniforme" ) { ## Gera PDF empírica uniforme ou retangular
    ( x$maximo - x$minimo ) * runif( quantidade.SMC ) + x$minimo
  } else { ## Gera PDF empírica gaussiana ou normal
    rnorm( quantidade.SMC , mean = x$estimativa , sd = x$incerteza_padrao ) } }

Histograma <- function( x , x.amostra , quantidade.classes ) { ## Constroi um histograma
dev.new()
hist( x.amostra ,
      main = paste("Histograma da ",x$descricao) ,
      xlab = paste(x$descricao," / (" ,x$unidade," )"),
      ylab = "frequência" ,
      xlim = c( min(x.amostra) , max(x.amostra) ) ,
      nclass = quantidade.classes ) }

# Estrutura de dados
variavel.gaussiana = data.frame( descricao = "...", estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0,
unidade = "adim." , PDF = "Gaussiana" )
variavel.uniforme = data.frame( descricao = "...", minimo = 0 , maximo = 0 , unidade
= "adim." , PDF = "Uniforme" )
variavel.triangular = data.frame( descricao = "...", minimo = 0 , maximo = 0 , unidade
= "adim." , PDF = "Triangular" )
```

¹ Elemento pós-textual integrante da dissertação de mestrado de Rilton Gonçalo Bonfim Primo intitulada “Economia e eco-eficiência de sistemas de aquecimento de água para conjuntos verticais na Zona Intertropical: revisão da literatura de experimentos e estimações para o nordeste do Brasil”, defendida e aprovada em 16 de abril de 2018 no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial de conclusão do Mestrado Acadêmico em Engenharia Industrial - Desenvolvimento Sustentável de Processos e Produtos. Orientador 1: Prof. Dr. Ricardo de Araújo Kalid. Orientador 2: Prof. Dr. Marcelo de Santana Silva.

```

# Estrutura de dados das grandezas de saída
Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE = data.frame( descricao = "Custo total em 20 anos, C1
sem GEE" , estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0 , unidade = "R$" , PDF = "...")
Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE = data.frame( descricao = "Custo total em 20 anos, C2
sem GEE" , estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0 , unidade = "R$" , PDF = "...")
Custo_20_anos_total_C1_com_GEE = data.frame( descricao = "Custo total em 20 anos, C1
com GEE" , estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0 , unidade = "R$" , PDF = "...")
Custo_20_anos_total_C2_com_GEE = data.frame( descricao = "Custo total em 20 anos, C2
com GEE" , estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0 , unidade = "R$" , PDF = "...")
Economia_total_C1_sem_GEE = data.frame( descricao = "Economia total em 20 anos, C1
sem GEE" , estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0 , unidade = "R$" , PDF = "...")
Economia_total_C2_sem_GEE = data.frame( descricao = "Economia total em 20 anos, C2
sem GEE" , estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0 , unidade = "R$" , PDF = "...")
Economia_total_C1_com_GEE = data.frame( descricao = "Economia total em 20 anos, C1
com GEE" , estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0 , unidade = "R$" , PDF = "...")
Economia_total_C2_com_GEE = data.frame( descricao = "Economia total em 20 anos, C2
com GEE" , estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0 , unidade = "R$" , PDF = "...")
Custo_por_banho_C1_sem_GEE = data.frame( descricao = "Custo por banho, C1 sem
GEE" , estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0 , unidade = "R$/banho" , PDF = "...")
Custo_por_banho_C2_sem_GEE = data.frame( descricao = "Custo por banho, C2 sem
GEE" , estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0 , unidade = "R$/banho" , PDF = "...")
Custo_por_banho_C1_com_GEE = data.frame( descricao = "Custo por banho, C1 com
GEE" , estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0 , unidade = "R$/banho" , PDF = "...")
Custo_por_banho_C2_com_GEE = data.frame( descricao = "Custo por banho, C2 com
GEE" , estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0 , unidade = "R$/banho" , PDF = "...")
Ecoeficiencia = data.frame( descricao = "Ecoeficiência" , estimativa = 0 ,
incerteza_padrao = 0 , unidade = "%" , PDF = "...")
EEI_C1_sem_GEE = data.frame( descricao = "Índice de Economicidade e
Ecoeficiência, C1 sem GEE" , estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0 , unidade = "%" , PDF =
"...")
EEI_C2_sem_GEE = data.frame( descricao = "Índice de Economicidade e
Ecoeficiência, C1 sem GEE" , estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0 , unidade = "%" , PDF =
"...")
EEI_C1_com_GEE = data.frame( descricao = "Índice de Economicidade e
Ecoeficiência, C1 sem GEE" , estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0 , unidade = "%" , PDF =
"...")
EEI_C2_com_GEE = data.frame( descricao = "Índice de Economicidade e
Ecoeficiência, C1 sem GEE" , estimativa = 0 , incerteza_padrao = 0 , unidade = "%" , PDF =
"...")

# Estrutura de dados das constantes
constante = data.frame( descricao = "...", estimativa = 0 , unidade = "adim.")
Efeito_estufa = constante
CO2 = constante
Preco_energia = constante
Preco_fixo_agua = constante
Preco_variavel_agua = constante
Menor_custo_energetico = constante
Maior_custo_energetico = constante

```

Menor_custo_agua = constante
Maior_custo_total_sem_GEE = constante
Maior_custo_total_com_GEE = constante

Entrada de dados: inserir uma a uma as programações

Constantes

CO2\$descricao = "Preço da tonelada de CO2 em reais"
CO2\$estimativa = 159
CO2\$unidade = "R\$/t"

Preco_energia\$descricao = "Preço da energia elétrica"
Preco_energia\$estimativa = 0.62
Preco_energia\$unidade = "R\$/kW.h"

Preco_fixo_agua\$descricao = "Preço da parte fixa da água até 6 m³"
Preco_fixo_agua\$estimativa = 24.2
Preco_fixo_agua\$unidade = "R\$"

Preco_variavel_agua\$descricao = "Preço da parte variável da água acima de 6 m³"
Preco_variavel_agua\$estimativa = 6.73
Preco_variavel_agua\$unidade = "R\$/m³"

Menor_custo_energetico\$descricao = "Menor dos custos da energia acumulados em 20 anos"
Menor_custo_energetico\$estimativa = 718.50
Menor_custo_energetico\$unidade = "R\$"

Maior_custo_energetico\$descricao = "Maior dos custos da energia acumulados em 20 anos"
Maior_custo_energetico\$estimativa = 18748.80
Maior_custo_energetico\$unidade = "R\$"

Menor_custo_agua\$descricao = "Menor dos custos da água acumulados em 20 anos"
Menor_custo_agua\$estimativa = 13560.96
Menor_custo_agua\$unidade = "R\$"

Maior_custo_total_sem_GEE\$descricao = "Maior dos custos, incluindo água e energia, acumulados em 20 anos, sem efeito estufa"
Maior_custo_total_sem_GEE\$estimativa = 52794.11 ##52353.74
Maior_custo_total_sem_GEE\$unidade = "R\$"

Maior_custo_total_com_GEE\$descricao = "Maior dos custos, incluindo água e energia, acumulados em 20 anos, com efeito estufa"
Maior_custo_total_com_GEE\$estimativa = 53913.86 ##53473.49
Maior_custo_total_com_GEE\$unidade = "R\$"

```

# -----
# Processamento de dados:
# -----

PAp = paste( PA*100 , "%" )
quantidade.classes = trunc( sqrt( quantidade.SMC ) )

# SMC: Simulação de Monte Carlo

# Amostragem das grandezas de entrada
Vida_util.SMC      <- Gera_PDF( Vida_util , quantidade.SMC )
Custo_aquisicao.SMC  <- Gera_PDF( Custo_aquisicao , quantidade.SMC )
Custo_instalacao.SMC <- Gera_PDF( Custo_instalacao , quantidade.SMC )
Custo_manutencao.SMC <- Gera_PDF( Custo_manutencao , quantidade.SMC )
Quantidade_pessoas.SMC <- Gera_PDF( Quantidade_pessoas , quantidade.SMC )
Quantidade_banhos_diarios.SMC <- Gera_PDF( Quantidade_banhos_diarios ,
quantidade.SMC )
Comprimento_tubulacao.SMC <- Gera_PDF( Comprimento_tubulacao , quantidade.SMC
)
Consumo_mensal_energia.SMC <- Gera_PDF( Consumo_mensal_energia ,
quantidade.SMC )
Consumo_mensal_util_agua.SMC <- Gera_PDF( Consumo_mensal_util_agua ,
quantidade.SMC )

# Cálculo das grandezas intermediárias
Reinvestimento.SMC = 20 / Vida_util.SMC * ( Custo_aquisicao.SMC +
Custo_instalacao.SMC )
Custo_com_sistema.SMC = Custo_aquisicao.SMC + Custo_instalacao.SMC +
Custo_manutencao.SMC + Reinvestimento.SMC

Volume_desperdicado_mensal_C1_agua.SMC = pi * (9.5/1000)^2 *
Comprimento_tubulacao.SMC * Quantidade_banhos_diarios.SMC *
Quantidade_pessoas.SMC * 30
if ( Tipo_sistema == "Sistema de aquecimento com resistência elétrica" ) {
  Volume_desperdicado_mensal_C2_agua.SMC =
Volume_desperdicado_mensal_C1_agua.SMC
} else
  Volume_desperdicado_mensal_C2_agua.SMC = 0

Volume_total_C1_agua.SMC = Volume_desperdicado_mensal_C1_agua.SMC +
Consumo_mensal_util_agua.SMC
Volume_total_C2_agua.SMC = Volume_desperdicado_mensal_C2_agua.SMC +
Consumo_mensal_util_agua.SMC
Custo_mensal_total_C1_agua.SMC = ( Volume_total_C1_agua.SMC - 6 ) *
Preco_variavel_agua$estimativa + Preco_fixo_agua$estimativa
Custo_mensal_total_C2_agua.SMC = ( Volume_total_C2_agua.SMC - 6 ) *
Preco_variavel_agua$estimativa + Preco_fixo_agua$estimativa
Custo_20_anos_acumulados_C1_agua.SMC = Custo_mensal_total_C1_agua.SMC * 12 * 20

```

$$\begin{aligned} \text{Custo_20_anos_acumulados_C2_agua.SMC} &= \text{Custo_mensal_total_C2_agua.SMC} * 12 * 20 \\ \text{Custo_20_anos_oportunidade_C1_agua.SMC} &= \text{Custo_20_anos_acumulados_C1_agua.SMC} \\ &- \text{Menor_custo_agua\$estimativa} \\ \text{Custo_20_anos_oportunidade_C2_agua.SMC} &= \text{Custo_20_anos_acumulados_C2_agua.SMC} \\ &- \text{Menor_custo_agua\$estimativa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Custo_acumulado_energia.SMC} &= \text{Consumo_mensal_energia.SMC} * \\ \text{Preco_energia\$estimativa} * 12 * 20 \\ \text{Custo_oportunidade_energia.SMC} &= \text{Custo_acumulado_energia.SMC} - \\ \text{Menor_custo_energetico\$estimativa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE.SMC} &= \text{Custo_com_sistema.SMC} + \\ \text{Custo_20_anos_acumulados_C1_agua.SMC} &+ \text{Custo_20_anos_oportunidade_C1_agua.SMC} \\ + \\ + \text{Custo_acumulado_energia.SMC} &+ \text{Custo_oportunidade_energia.SMC} \\ \text{Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE.SMC} &= \text{Custo_com_sistema.SMC} + \\ \text{Custo_20_anos_acumulados_C2_agua.SMC} &+ \text{Custo_20_anos_oportunidade_C2_agua.SMC} \\ + \\ + \text{Custo_acumulado_energia.SMC} &+ \text{Custo_oportunidade_energia.SMC} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Quantidade_banhos.SMC} &= 12 * 20 * 30 * \text{Quantidade_pessoas.SMC} * \\ \text{Quantidade_banhos_diarios.SMC} \end{aligned}$$

$$\text{Custo_Efeito_estufa} = \text{Efeito_estufa\$estimativa} * \text{CO2\$estimativa}$$

$$\begin{aligned} \text{Custo_20_anos_total_C1_com_GEE.SMC} &= \text{Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE.SMC} + \\ \text{Custo_Efeito_estufa} \\ \text{Custo_20_anos_total_C2_com_GEE.SMC} &= \text{Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE.SMC} + \\ \text{Custo_Efeito_estufa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Custo_por_banho_C1_sem_GEE.SMC} &= \text{Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE.SMC} / \\ \text{Quantidade_banhos.SMC} \\ \text{Custo_por_banho_C2_sem_GEE.SMC} &= \text{Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE.SMC} / \\ \text{Quantidade_banhos.SMC} \\ \text{Custo_por_banho_C1_com_GEE.SMC} &= \text{Custo_20_anos_total_C1_com_GEE.SMC} / \\ \text{Quantidade_banhos.SMC} \\ \text{Custo_por_banho_C2_com_GEE.SMC} &= \text{Custo_20_anos_total_C2_com_GEE.SMC} / \\ \text{Quantidade_banhos.SMC} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Economia_total_C1_sem_GEE.SMC} &= \text{Maior_custo_total_sem_GEE\$estimativa} - \\ \text{Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE.SMC} \\ \text{Economia_total_C2_sem_GEE.SMC} &= \text{Maior_custo_total_sem_GEE\$estimativa} - \\ \text{Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE.SMC} \\ \text{Economia_total_C1_com_GEE.SMC} &= \text{Maior_custo_total_com_GEE\$estimativa} - \\ \text{Custo_20_anos_total_C1_com_GEE.SMC} \\ \text{Economia_total_C2_com_GEE.SMC} &= \text{Maior_custo_total_com_GEE\$estimativa} - \\ \text{Custo_20_anos_total_C2_com_GEE.SMC} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ecoeficiencia.SMC} &= 100 * (\text{Maior_custo_energetico\$estimativa} - \\ \text{Custo_acumulado_energia.SMC}) / \text{Maior_custo_energetico\$estimativa} \end{aligned}$$

```

# Índice de Economicidade e Ecoeficiência - EEI em %
EEI_C1_sem_GEE.SMC = 100 * ( Maior_custo_total_sem_GEE$estimativa -
Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE.SMC ) /
+ Maior_custo_total_sem_GEE$estimativa
EEI_C2_sem_GEE.SMC = 100 * ( Maior_custo_total_sem_GEE$estimativa -
Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE.SMC ) /
+ Maior_custo_total_sem_GEE$estimativa
EEI_C1_com_GEE.SMC = 100 * ( Maior_custo_total_com_GEE$estimativa -
Custo_20_anos_total_C1_com_GEE.SMC ) /
+ Maior_custo_total_com_GEE$estimativa
EEI_C2_com_GEE.SMC = 100 * ( Maior_custo_total_com_GEE$estimativa -
Custo_20_anos_total_C2_com_GEE.SMC ) /
+ Maior_custo_total_com_GEE$estimativa
if ( Tipo_sistema == "Sistema de aquecimento com resistência elétrica" ) {
  EEI_C1_sem_GEE.SMC = 0 * EEI_C1_sem_GEE.SMC
  EEI_C2_sem_GEE.SMC = 0 * EEI_C2_sem_GEE.SMC
  EEI_C1_com_GEE.SMC = 0 * EEI_C1_com_GEE.SMC
  EEI_C2_com_GEE.SMC = 0 * EEI_C2_com_GEE.SMC
  Economia_total_C1_sem_GEE.SMC = 0 * Economia_total_C1_sem_GEE.SMC
  Economia_total_C2_sem_GEE.SMC = 0 * Economia_total_C1_sem_GEE.SMC
  Economia_total_C1_com_GEE.SMC = 0 * Economia_total_C1_sem_GEE.SMC
  Economia_total_C2_com_GEE.SMC = 0 * Economia_total_C1_sem_GEE.SMC
  Ecoeficiencia.SMC = 0 * Ecoeficiencia.SMC }

# Estatísticas das grandezas de saída
Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE$estimativa =
mean(Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE.SMC)
Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE$estimativa =
mean(Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE.SMC)
Custo_20_anos_total_C1_com_GEE$estimativa =
mean(Custo_20_anos_total_C1_com_GEE.SMC)
Custo_20_anos_total_C2_com_GEE$estimativa =
mean(Custo_20_anos_total_C2_com_GEE.SMC)

Economia_total_C1_sem_GEE$estimativa = mean(Economia_total_C1_sem_GEE.SMC)
Economia_total_C2_sem_GEE$estimativa = mean(Economia_total_C2_sem_GEE.SMC)
Economia_total_C1_com_GEE$estimativa = mean(Economia_total_C1_com_GEE.SMC)
Economia_total_C2_com_GEE$estimativa = mean(Economia_total_C2_com_GEE.SMC)

Custo_por_banho_C1_sem_GEE$estimativa =
mean(Custo_por_banho_C1_sem_GEE.SMC)
Custo_por_banho_C2_sem_GEE$estimativa =
mean(Custo_por_banho_C2_sem_GEE.SMC)
Custo_por_banho_C1_com_GEE$estimativa =
mean(Custo_por_banho_C1_com_GEE.SMC)
Custo_por_banho_C2_com_GEE$estimativa =
mean(Custo_por_banho_C2_com_GEE.SMC)

EEI_C1_sem_GEE$estimativa = mean(EEI_C1_sem_GEE.SMC)

```

EEI_C2_sem_GEE\$estimativa = mean(EEI_C2_sem_GEE.SMC)
 EEI_C1_com_GEE\$estimativa = mean(EEI_C1_com_GEE.SMC)
 EEI_C2_com_GEE\$estimativa = mean(EEI_C2_com_GEE.SMC)

Ecoeficiencia\$estimativa = mean(Ecoeficiencia.SMC)
 Ecoeficiencia\$incerteza_padrao = sd(Ecoeficiencia.SMC)
 Ecoeficiencia_incerteza_padrao_relativa = 100 * Ecoeficiencia\$incerteza_padrao / (Ecoeficiencia\$estimativa + 1e-10)

Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE\$incerteza_padrao = sd(Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE.SMC)
 Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE\$incerteza_padrao = sd(Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE.SMC)
 Custo_20_anos_total_C1_com_GEE\$incerteza_padrao = sd(Custo_20_anos_total_C1_com_GEE.SMC)
 Custo_20_anos_total_C2_com_GEE\$incerteza_padrao = sd(Custo_20_anos_total_C2_com_GEE.SMC)

Economia_total_C1_sem_GEE\$incerteza_padrao = sd(Economia_total_C1_sem_GEE.SMC)
 Economia_total_C2_sem_GEE\$incerteza_padrao = sd(Economia_total_C2_sem_GEE.SMC)
 Economia_total_C1_com_GEE\$incerteza_padrao = sd(Economia_total_C1_com_GEE.SMC)
 Economia_total_C2_com_GEE\$incerteza_padrao = sd(Economia_total_C2_com_GEE.SMC)

Custo_por_banho_C1_sem_GEE\$incerteza_padrao = sd(Custo_por_banho_C1_sem_GEE.SMC)
 Custo_por_banho_C2_sem_GEE\$incerteza_padrao = sd(Custo_por_banho_C2_sem_GEE.SMC)
 Custo_por_banho_C1_com_GEE\$incerteza_padrao = sd(Custo_por_banho_C1_com_GEE.SMC)
 Custo_por_banho_C2_com_GEE\$incerteza_padrao = sd(Custo_por_banho_C2_com_GEE.SMC)

EEI_C1_sem_GEE\$incerteza_padrao = sd(EEI_C1_sem_GEE.SMC)
 EEI_C2_sem_GEE\$incerteza_padrao = sd(EEI_C2_sem_GEE.SMC)
 EEI_C1_com_GEE\$incerteza_padrao = sd(EEI_C1_com_GEE.SMC)
 EEI_C2_com_GEE\$incerteza_padrao = sd(EEI_C2_com_GEE.SMC)

Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE_incerteza_padrao_relativa = 100 *
 Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE\$incerteza_padrao /
 (Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE\$estimativa + 1e-10)
 Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE_incerteza_padrao_relativa = 100 *
 Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE\$incerteza_padrao /
 (Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE\$estimativa + 1e-10)
 Custo_20_anos_total_C1_com_GEE_incerteza_padrao_relativa = 100 *
 Custo_20_anos_total_C1_com_GEE\$incerteza_padrao /
 (Custo_20_anos_total_C1_com_GEE\$estimativa + 1e-10)

$$\frac{\text{Custo_20_anos_total_C2_com_GEE_incerteza_padrao_relativa}}{\text{Custo_20_anos_total_C2_com_GEE\$incerteza_padrao} / (\text{Custo_20_anos_total_C2_com_GEE\$estimativa} + 1e-10)} = 100 *$$

$$\frac{\text{Economia_total_C1_sem_GEE_incerteza_padrao_relativa}}{\text{Economia_total_C1_sem_GEE\$incerteza_padrao} / (\text{Economia_total_C1_sem_GEE\$estimativa} + 1e-10)} = 100 *$$

$$\frac{\text{Economia_total_C2_sem_GEE_incerteza_padrao_relativa}}{\text{Economia_total_C2_sem_GEE\$incerteza_padrao} / (\text{Economia_total_C2_sem_GEE\$estimativa} + 1e-10)} = 100 *$$

$$\frac{\text{Economia_total_C1_com_GEE_incerteza_padrao_relativa}}{\text{Economia_total_C1_com_GEE\$incerteza_padrao} / (\text{Economia_total_C1_com_GEE\$estimativa} + 1e-10)} = 100 *$$

$$\frac{\text{Economia_total_C2_com_GEE_incerteza_padrao_relativa}}{\text{Economia_total_C2_com_GEE\$incerteza_padrao} / (\text{Economia_total_C2_com_GEE\$estimativa} + 1e-10)} = 100 *$$

$$\frac{\text{Custo_por_banho_C1_sem_GEE_incerteza_padrao_relativa}}{\text{Custo_por_banho_C1_sem_GEE\$incerteza_padrao} / (\text{Custo_por_banho_C1_sem_GEE\$estimativa} + 1e-10)} = 100 *$$

$$\frac{\text{Custo_por_banho_C2_sem_GEE_incerteza_padrao_relativa}}{\text{Custo_por_banho_C2_sem_GEE\$incerteza_padrao} / (\text{Custo_por_banho_C2_sem_GEE\$estimativa} + 1e-10)} = 100 *$$

$$\frac{\text{Custo_por_banho_C1_com_GEE_incerteza_padrao_relativa}}{\text{Custo_por_banho_C1_com_GEE\$incerteza_padrao} / (\text{Custo_por_banho_C1_com_GEE\$estimativa} + 1e-10)} = 100 *$$

$$\frac{\text{Custo_por_banho_C2_com_GEE_incerteza_padrao_relativa}}{\text{Custo_por_banho_C2_com_GEE\$incerteza_padrao} / (\text{Custo_por_banho_C2_com_GEE\$estimativa} + 1e-10)} = 100 *$$

$$\text{EEI_C1_sem_GEE_incerteza_padrao_relativa} = 100 * \text{EEI_C1_sem_GEE\$incerteza_padrao} / (\text{EEI_C1_sem_GEE\$estimativa} + 1e-10)$$

$$\text{EEI_C2_sem_GEE_incerteza_padrao_relativa} = 100 * \text{EEI_C2_sem_GEE\$incerteza_padrao} / (\text{EEI_C2_sem_GEE\$estimativa} + 1e-10)$$

$$\text{EEI_C1_com_GEE_incerteza_padrao_relativa} = 100 * \text{EEI_C1_com_GEE\$incerteza_padrao} / (\text{EEI_C1_com_GEE\$estimativa} + 1e-10)$$

$$\text{EEI_C2_com_GEE_incerteza_padrao_relativa} = 100 * \text{EEI_C2_com_GEE\$incerteza_padrao} / (\text{EEI_C2_com_GEE\$estimativa} + 1e-10)$$

Saída de dados:

Histograma das grandezas de entrada:

Histograma(Vida_util , Vida_util.SMC , quantidade.classes)

Histograma(Custo_aquisicao , Custo_aquisicao.SMC , quantidade.classes)

Histograma(Custo_instalacao , Custo_instalacao.SMC , quantidade.classes)

Histograma(Custo_manutencao , Custo_manutencao.SMC , quantidade.classes)

Histograma(Quantidade_pessoas , Quantidade_pessoas.SMC , quantidade.classes)


```

Histograma( Quantidade_banhos_diarios , Quantidade_banhos_diarios.SMC ,
quantidade.classes )
Histograma( Comprimento_tubulacao , Comprimento_tubulacao.SMC ,
quantidade.classes )
Histograma( Consumo_mensal_energia , Consumo_mensal_energia.SMC ,
quantidade.classes )
Histograma( Consumo_mensal_util_agua , Consumo_mensal_util_agua.SMC ,
quantidade.classes )

```

Histograma das grandezas de saída:

```

Histograma( Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE ,
Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE.SMC , quantidade.classes )
Histograma( Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE ,
Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE.SMC , quantidade.classes )
Histograma( Custo_20_anos_total_C1_com_GEE ,
Custo_20_anos_total_C1_com_GEE.SMC , quantidade.classes )
Histograma( Custo_20_anos_total_C2_com_GEE ,
Custo_20_anos_total_C2_com_GEE.SMC , quantidade.classes )
Histograma( Economia_total_C1_sem_GEE , Economia_total_C1_sem_GEE.SMC ,
quantidade.classes )
Histograma( Economia_total_C2_sem_GEE , Economia_total_C2_sem_GEE.SMC ,
quantidade.classes )
Histograma( Economia_total_C1_com_GEE , Economia_total_C1_com_GEE.SMC ,
quantidade.classes )
Histograma( Economia_total_C2_com_GEE , Economia_total_C2_com_GEE.SMC ,
quantidade.classes )
Histograma( Custo_por_banho_C1_sem_GEE , Custo_por_banho_C2_sem_GEE.SMC ,
quantidade.classes )
Histograma( Custo_por_banho_C2_sem_GEE , Custo_por_banho_C1_sem_GEE.SMC ,
quantidade.classes )
Histograma( Custo_por_banho_C1_com_GEE , Custo_por_banho_C2_com_GEE.SMC ,
quantidade.classes )
Histograma( Custo_por_banho_C2_com_GEE , Custo_por_banho_C2_com_GEE.SMC ,
quantidade.classes )
Histograma( Ecoeficiencia , Ecoeficiencia.SMC , quantidade.classes )
Histograma( EEI_C1_sem_GEE , EEI_C1_sem_GEE.SMC ,
quantidade.classes )
Histograma( EEI_C2_sem_GEE , EEI_C2_sem_GEE.SMC ,
quantidade.classes )
Histograma( EEI_C1_com_GEE , EEI_C1_com_GEE.SMC ,
quantidade.classes )
Histograma( EEI_C2_com_GEE , EEI_C2_com_GEE.SMC ,
quantidade.classes )

```

```

# -----
# Relatório
# -----

```

coluna.1 = noquote(c(" " ,

"Resultados SMC:" ,
"Sistemas de Aquecimento" ,
"2 SAS Convencional" ,
"2 SAS Convencional incerteza-padrão" ,
"2 SAS Convencional incerteza-padrão relativa / %"))

coluna.12 = noquote(c(" " ,
"Custo total" ,
" C1 /" ,
"R\$x10³" ,
sprintf("%6.2f" , Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE\$estimativa/1000)
,
sprintf("%6.2f" , Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE\$incerteza_padrao/1000
) ,
sprintf("%6.2f" ,
Custo_20_anos_total_C1_sem_GEE_incerteza_padrao_relativa)))

coluna.13 = noquote(c(" " ,
"sem GEE: " ,
" C2 /" ,
"R\$x10³" ,
sprintf("%6.2f" , Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE\$estimativa/1000)
,
sprintf("%6.2f" , Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE\$incerteza_padrao/1000
) ,
sprintf("%6.2f" ,
Custo_20_anos_total_C2_sem_GEE_incerteza_padrao_relativa)))

coluna.14 = noquote(c(" " ,
"Custo total" ,
" C1 /" ,
"R\$x10³" ,
sprintf("%6.2f" , Custo_20_anos_total_C1_com_GEE\$estimativa/1000)
,
sprintf("%6.2f" , Custo_20_anos_total_C1_com_GEE\$incerteza_padrao/1000
) ,
sprintf("%6.2f" ,
Custo_20_anos_total_C1_com_GEE_incerteza_padrao_relativa)))

coluna.15 = noquote(c(" " ,
"com GEE: " ,
" C2 /" ,
"R\$x10³" ,
sprintf("%6.2f" , Custo_20_anos_total_C2_com_GEE\$estimativa/1000)
,
sprintf("%6.2f" , Custo_20_anos_total_C2_com_GEE\$incerteza_padrao/1000
) ,
sprintf("%6.2f" ,
Custo_20_anos_total_C2_com_GEE_incerteza_padrao_relativa)))

coluna.16 = noquote(c(" " ,
"Custo banho" ,
" C1 /" ,
"(R\$/banho)" ,

```

        sprintf( "%6.2f" , Custo_por_banho_C1_sem_GEE$estimativa          ),
        sprintf( "%6.2f" , Custo_por_banho_C1_sem_GEE$incerteza_padrao      ),
        sprintf( "%6.2f" , Custo_por_banho_C1_sem_GEE_incerteza_padrao_relativa )
    ))
coluna.17 = noquote( c( " " ,
                        "sem GEE: " ,
                        " C2 /" ,
                        "(R$/banho)" ,
                        sprintf( "%6.2f" , Custo_por_banho_C2_sem_GEE$estimativa          ),
                        sprintf( "%6.2f" , Custo_por_banho_C2_sem_GEE$incerteza_padrao      ),
                        sprintf( "%6.2f" , Custo_por_banho_C2_sem_GEE_incerteza_padrao_relativa )
    ))
coluna.18 = noquote( c( " " ,
                        "Custo banho" ,
                        " C1 /" ,
                        "(R$/banho)" ,
                        sprintf( "%6.2f" , Custo_por_banho_C1_sem_GEE$estimativa          ),
                        sprintf( "%6.2f" , Custo_por_banho_C1_sem_GEE$incerteza_padrao      ),
                        sprintf( "%6.2f" , Custo_por_banho_C1_sem_GEE_incerteza_padrao_relativa )
    ))
coluna.19 = noquote( c( " " ,
                        "com GEE: " ,
                        " C2 /" ,
                        "(R$/banho)" ,
                        sprintf( "%6.2f" , Custo_por_banho_C2_com_GEE$estimativa          ),
                        sprintf( "%6.2f" , Custo_por_banho_C2_com_GEE$incerteza_padrao      ),
                        sprintf( "%6.2f" , Custo_por_banho_C2_com_GEE_incerteza_padrao_relativa
    ) ) )

coluna.22 = noquote( c( " " ,
                        " Ecoef." ,
                        " Energ." ,
                        " /%" ,
                        sprintf( "%6.2f" , Ecoeficiencia$estimativa          ),
                        sprintf( "%6.2f" , Ecoeficiencia$incerteza_padrao      ),
                        sprintf( "%6.2f" , Ecoeficiencia_incerteza_padrao_relativa ) ) )
coluna.23 = noquote( c( " " ,
                        " EEI" ,
                        " C1" ,
                        " /%" ,
                        sprintf( "%6.2f" , EEI_C1_sem_GEE$estimativa          ),
                        sprintf( "%6.2f" , EEI_C1_sem_GEE$incerteza_padrao      ),
                        sprintf( "%6.2f" , EEI_C1_sem_GEE_incerteza_padrao_relativa ) ) )
coluna.24 = noquote( c( " " ,
                        "sem GEE: " ,
                        " C2" ,
                        " /%" ,
                        sprintf( "%6.2f" , EEI_C2_sem_GEE$estimativa          ),
                        sprintf( "%6.2f" , EEI_C2_sem_GEE$incerteza_padrao      ),
                        sprintf( "%6.2f" , EEI_C2_sem_GEE_incerteza_padrao_relativa ) ) )

```

```

coluna.25 = noquote( c( " ",
                        " EEI",
                        " C1",
                        "/%",
                        sprintf( "%6.2f", EEI_C1_com_GEE$estimativa      ),
                        sprintf( "%6.2f", EEI_C1_com_GEE$incerteza_padrao      ),
                        sprintf( "%6.2f", EEI_C1_com_GEE_incerteza_padrao_relativa ) ) )
coluna.26 = noquote( c( " ",
                        "com GEE: ",
                        " C2",
                        "/%",
                        sprintf( "%6.2f", EEI_C2_com_GEE$estimativa      ),
                        sprintf( "%6.2f", EEI_C2_com_GEE$incerteza_padrao      ),
                        sprintf( "%6.2f", EEI_C2_com_GEE_incerteza_padrao_relativa ) ) )

tabela.1 = matrix(
c(coluna.1,coluna.12,coluna.13,coluna.14,coluna.15,coluna.16,coluna.17,coluna.18,coluna.19
), ncol = 9 )
tabela.2 = matrix( c(coluna.1,coluna.22,coluna.23,coluna.24,coluna.25,coluna.26) , ncol = 6 )
print( noquote(tabela.1) )
print( noquote(tabela.2) )

```

ENTRADAS DE DADOS DOS SISTEMAS

Sistema 1 - ChE

Tipo_sistema = "Sistema de aquecimento com resistência elétrica"

Quantidade de Simulações de Monte Carlo
quantidade.SMC = 1e+6

Probabilidade de abrangência
PA = 0.9

Grandezas de entrada 1:
Vida_util = variavel.triangular
Vida_util\$descricao = "Vida útil"
Vida_util\$minimo = 5-1
Vida_util\$maximo = 5+1
Vida_util\$unidade = "anos"
Vida_util\$PDF = "Triangular"

Grandeza de entrada 2:
Custo_aquisicao = variavel.gaussiana
Custo_aquisicao\$descricao = "Custo de aquisição"
Custo_aquisicao\$estimativa = 70.0
Custo_aquisicao\$incerteza_padrao = 7.0

Custo_aquisicao\$unidade = "R\$"
Custo_aquisicao\$PDF = "Gaussiana"

Grandeza de entrada 3:

Custo_instalacao = variavel.gaussiana
Custo_instalacao\$descricao = "Custo de instalação"
Custo_instalacao\$estimativa = 30.0
Custo_instalacao\$incerteza_padrao = 5.0
Custo_instalacao\$unidade = "R\$"
Custo_instalacao\$PDF = "Gaussiana"

Grandeza de entrada 4:

Custo_manutencao = variavel.gaussiana
Custo_manutencao\$descricao = "Custo de manutenção"
Custo_manutencao\$estimativa = 800.00
Custo_manutencao\$incerteza_padrao = 80.0
Custo_manutencao\$unidade = "R\$"
Custo_manutencao\$PDF = "Gaussiana"

Grandezas de entrada 5:

Quantidade_pessoas = variavel.uniforme
Quantidade_pessoas\$descricao = "Quantidade de pessoas por domicílio"
Quantidade_pessoas\$minimo = 2
Quantidade_pessoas\$maximo = 4
Quantidade_pessoas\$unidade = "pessoas"
Quantidade_pessoas\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 6:

Quantidade_banhos_diarios = variavel.uniforme
Quantidade_banhos_diarios\$descricao = "Quantidade de banhos por dia"
Quantidade_banhos_diarios\$minimo = 1
Quantidade_banhos_diarios\$maximo = 3
Quantidade_banhos_diarios\$unidade = "banhos/dia"
Quantidade_banhos_diarios\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 7:

Comprimento_tubulacao = variavel.uniforme
Comprimento_tubulacao\$descricao = "Comprimento equivalente da tubulação a montante"
Comprimento_tubulacao\$minimo = 2
Comprimento_tubulacao\$maximo = 18
Comprimento_tubulacao\$unidade = "m"
Comprimento_tubulacao\$PDF = "Uniforme"

Grandezas de entrada 8:

Consumo_mensal_energia = variavel.triangular
Consumo_mensal_energia\$descricao = "Consumo mensal de energia do chuveiro elétrico de 3,5 kW"
Consumo_mensal_energia\$minimo = 126-12.6
Consumo_mensal_energia\$maximo = 126+12.6
Consumo_mensal_energia\$unidade = "kW.h"

Consumo_mensal_energia\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 9:

Consumo_mensal_util_agua = variavel.gaussiana
Consumo_mensal_util_agua\$descricao = "Consumo mensal de água útil"
Consumo_mensal_util_agua\$estimativa = 10.8
Consumo_mensal_util_agua\$incerteza_padrao = 1.08
Consumo_mensal_util_agua\$unidade = "m³/mês"
Consumo_mensal_util_agua\$PDF = "Gaussiana"

Constantes

Efeito_estufa\$descricao = "Efeito estufa"
Efeito_estufa\$estimativa = 7.0424424000
Efeito_estufa\$unidade = "t/kW.h"

Sistema 2 - SAS-C

Tipo_sistema = "Sistema de aquecimento solar convencional"

Quantidade de Simulações de Monte Carlo
quantidade.SMC = 1e+6

Probabilidade de abrangência
PA = 0.9

Grandezas de entrada 1:

Vida_util = variavel.triangular
Vida_util\$descricao = "Vida útil"
Vida_util\$minimo = 20-3
Vida_util\$maximo = 20+3
Vida_util\$unidade = "anos"
Vida_util\$PDF = "Triangular"

Grandeza de entrada 2:

Custo_aquisicao = variavel.gaussiana
Custo_aquisicao\$descricao = "Custo de aquisição"
Custo_aquisicao\$estimativa = 5139.0
Custo_aquisicao\$incerteza_padrao = 513.9
Custo_aquisicao\$unidade = "R\$"
Custo_aquisicao\$PDF = "Gaussiana"

Grandeza de entrada 3:

Custo_instalacao = variavel.gaussiana
Custo_instalacao\$descricao = "Custo de instalação"
Custo_instalacao\$estimativa = 400.0
Custo_instalacao\$incerteza_padrao = 40.0
Custo_instalacao\$unidade = "R\$"
Custo_instalacao\$PDF = "Gaussiana"

Grandeza de entrada 4:

Custo_manutencao = variavel.gaussiana
Custo_manutencao\$descricao = "Custo de manutenção"
Custo_manutencao\$estimativa = 101.88
Custo_manutencao\$incerteza_padrao = 10.1
Custo_manutencao\$unidade = "R\$"
Custo_manutencao\$PDF = "Gaussiana"

Grandezas de entrada 5:

Quantidade_pessoas = variavel.uniforme
Quantidade_pessoas\$descricao = "Quantidade de pessoas por domicílio"
Quantidade_pessoas\$minimo = 2
Quantidade_pessoas\$maximo = 4
Quantidade_pessoas\$unidade = "pessoas"
Quantidade_pessoas\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 6:

Quantidade_banhos_diarios = variavel.uniforme
Quantidade_banhos_diarios\$descricao = "Quantidade de banhos por dia"
Quantidade_banhos_diarios\$minimo = 1
Quantidade_banhos_diarios\$maximo = 3
Quantidade_banhos_diarios\$unidade = "banhos/dia"
Quantidade_banhos_diarios\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 7:

Comprimento_tubulacao = variavel.uniforme
Comprimento_tubulacao\$descricao = "Comprimento equivalente da tubulação a montante"
Comprimento_tubulacao\$minimo = 2
Comprimento_tubulacao\$maximo = 18
Comprimento_tubulacao\$unidade = "m"
Comprimento_tubulacao\$PDF = "Uniforme"

Grandezas de entrada 8:

Consumo_mensal_energia = variavel.triangular
Consumo_mensal_energia\$descricao = "Consumo mensal de energia com base num chuveiro elétrico de 3,5 kW"
Consumo_mensal_energia\$minimo = 7.79-7.8
Consumo_mensal_energia\$maximo = 7.79+7.8
Consumo_mensal_energia\$unidade = "kW.h"
Consumo_mensal_energia\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 9:

Consumo_mensal_util_agua = variavel.gaussiana
Consumo_mensal_util_agua\$descricao = "Consumo mensal de água útil"
Consumo_mensal_util_agua\$estimativa = 10.8
Consumo_mensal_util_agua\$incerteza_padrao = 1.08
Consumo_mensal_util_agua\$unidade = "m³/mês"
Consumo_mensal_util_agua\$PDF = "Gaussiana"

Constantes

Efeito_estufa\$descricao = "Efeito estufa"
Efeito_estufa\$estimativa = 0.4354017960
Efeito_estufa\$unidade = "t/kW.h"

Sistema 3a – ASBC-PVC

Tipo_sistema = "Sistema de aquecimento solar de baixo custo com PVC"

Quantidade de Simulações de Monte Carlo
quantidade.SMC = 1e+6

Probabilidade de abrangência
PA = 0.9

Grandezas de entrada 1:
Vida_util = variavel.triangular
Vida_util\$descricao = "Vida útil"
Vida_util\$minimo = 10-2
Vida_util\$maximo = 10+2
Vida_util\$unidade = "anos"
Vida_util\$PDF = "Triangular"

Grandeza de entrada 2:
Custo_aquisicao = variavel.gaussiana
Custo_aquisicao\$descricao = "Custo de aquisição"
Custo_aquisicao\$estimativa = 450.0
Custo_aquisicao\$incerteza_padrao = 45.0
Custo_aquisicao\$unidade = "R\$"
Custo_aquisicao\$PDF = "Gaussiana"

Grandeza de entrada 3:
Custo_instalacao = variavel.gaussiana
Custo_instalacao\$descricao = "Custo de instalação"
Custo_instalacao\$estimativa = 350.0
Custo_instalacao\$incerteza_padrao = 35.0
Custo_instalacao\$unidade = "R\$"
Custo_instalacao\$PDF = "Gaussiana"

Grandeza de entrada 4:
Custo_manutencao = variavel.gaussiana
Custo_manutencao\$descricao = "Custo de manutenção"
Custo_manutencao\$estimativa = 200.00
Custo_manutencao\$incerteza_padrao = 20.0
Custo_manutencao\$unidade = "R\$"
Custo_manutencao\$PDF = "Gaussiana"

Grandezas de entrada 5:
Quantidade_pessoas = variavel.uniforme
Quantidade_pessoas\$descricao = "Quantidade de pessoas por domicílio"
Quantidade_pessoas\$minimo = 2

Quantidade_pessoas\$maximo = 4
Quantidade_pessoas\$unidade = "pessoas"
Quantidade_pessoas\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 6:

Quantidade_banhos_diarios = variavel.uniforme
Quantidade_banhos_diarios\$descricao = "Quantidade de banhos por dia"
Quantidade_banhos_diarios\$minimo = 1
Quantidade_banhos_diarios\$maximo = 3
Quantidade_banhos_diarios\$unidade = "banhos/dia"
Quantidade_banhos_diarios\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 7:

Comprimento_tubulacao = variavel.uniforme
Comprimento_tubulacao\$descricao = "Comprimento equivalente da tubulação a montante"
Comprimento_tubulacao\$minimo = 2
Comprimento_tubulacao\$maximo = 18
Comprimento_tubulacao\$unidade = "m"
Comprimento_tubulacao\$PDF = "Uniforme"

Grandezas de entrada 8:

Consumo_mensal_energia = variavel.triangular
Consumo_mensal_energia\$descricao = "Consumo mensal de energia com base num chuveiro elétrico de 3,5 kW"
Consumo_mensal_energia\$minimo = 8.42-0.84
Consumo_mensal_energia\$maximo = 8.42+0.84
Consumo_mensal_energia\$unidade = "kW.h"
Consumo_mensal_energia\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 9:

Consumo_mensal_util_agua = variavel.gaussiana
Consumo_mensal_util_agua\$descricao = "Consumo mensal de água útil"
Consumo_mensal_util_agua\$estimativa = 10.8
Consumo_mensal_util_agua\$incerteza_padrao = 1.08
Consumo_mensal_util_agua\$unidade = "m³/mês"
Consumo_mensal_util_agua\$PDF = "Gaussiana"

Constantes

Efeito_estufa\$descricao = "Efeito estufa"
Efeito_estufa\$estimativa = 0.4706140080
Efeito_estufa\$unidade = "t/kW.h"

Sistema 3b – ASBC-PP

Tipo_sistema = "Sistema de aquecimento solar de baixo custo com PP"

Quantidade de Simulações de Monte Carlo
quantidade.SMC = 1e+6

Probabilidade de abrangência

PA = 0.9

Grandezas de entrada 1:

Vida_util = variavel.triangular

Vida_util\$descricao = "Vida útil"

Vida_util\$minimo = 10-2

Vida_util\$maximo = 10+2

Vida_util\$unidade = "anos"

Vida_util\$PDF = "Triangular"

Grandeza de entrada 2:

Custo_aquisicao = variavel.gaussiana

Custo_aquisicao\$descricao = "Custo de aquisição"

Custo_aquisicao\$estimativa = 450.0

Custo_aquisicao\$incerteza_padrao = 45.0

Custo_aquisicao\$unidade = "R\$"

Custo_aquisicao\$PDF = "Gaussiana"

Grandeza de entrada 3:

Custo_instalacao = variavel.gaussiana

Custo_instalacao\$descricao = "Custo de instalação"

Custo_instalacao\$estimativa = 350.0

Custo_instalacao\$incerteza_padrao = 35.0

Custo_instalacao\$unidade = "R\$"

Custo_instalacao\$PDF = "Gaussiana"

Grandeza de entrada 4:

Custo_manutencao = variavel.gaussiana

Custo_manutencao\$descricao = "Custo de manutenção"

Custo_manutencao\$estimativa = 200.00

Custo_manutencao\$incerteza_padrao = 20.00

Custo_manutencao\$unidade = "R\$"

Custo_manutencao\$PDF = "Gaussiana"

Grandezas de entrada 5:

Quantidade_pessoas = variavel.uniforme

Quantidade_pessoas\$descricao = "Quantidade de pessoas por domicílio"

Quantidade_pessoas\$minimo = 2

Quantidade_pessoas\$maximo = 4

Quantidade_pessoas\$unidade = "pessoas"

Quantidade_pessoas\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 6:

Quantidade_banhos_diarios = variavel.uniforme

Quantidade_banhos_diarios\$descricao = "Quantidade de banhos por dia"

Quantidade_banhos_diarios\$minimo = 1

Quantidade_banhos_diarios\$maximo = 3

Quantidade_banhos_diarios\$unidade = "banhos/dia"

Quantidade_banhos_diarios\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 7:

Comprimento_tubulacao = variavel.uniforme

Comprimento_tubulacao\$descricao = "Comprimento equivalente da tubulação a montante"

Comprimento_tubulacao\$minimo = 2

Comprimento_tubulacao\$maximo = 18

Comprimento_tubulacao\$unidade = "m"

Comprimento_tubulacao\$PDF = "Uniforme"

Grandezas de entrada 8:

Consumo_mensal_energia = variavel.triangular

Consumo_mensal_energia\$descricao = "Consumo mensal de energia com base num chuveiro elétrico de 3,5 kW"

Consumo_mensal_energia\$minimo = 5.52-5.5

Consumo_mensal_energia\$maximo = 5.52+5.5

Consumo_mensal_energia\$unidade = "kW.h"

Consumo_mensal_energia\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 9:

Consumo_mensal_util_agua = variavel.gaussiana

Consumo_mensal_util_agua\$descricao = "Consumo mensal de água útil"

Consumo_mensal_util_agua\$estimativa = 10.80

Consumo_mensal_util_agua\$incerteza_padrao = 1.08

Consumo_mensal_util_agua\$unidade = "m³/mês"

Consumo_mensal_util_agua\$PDF = "Gaussiana"

Constantes

Efeito_estufa\$descricao = "Efeito estufa"

Efeito_estufa\$estimativa = 0,4980012840

Efeito_estufa\$unidade = "t/kW.h"

Sistema 4a - SHPS

Tipo_sistema = "Sistema de aquecimento com bomba de calor SHPS"

Quantidade de Simulações de Monte Carlo

quantidade.SMC = 1e+6

Probabilidade de abrangência

PA = 0.9

Grandezas de entrada 1:

Vida_util = variavel.triangular

Vida_util\$descricao = "Vida útil"

Vida_util\$minimo = 10-2

Vida_util\$maximo = 10+2

Vida_util\$unidade = "anos"

Vida_util\$PDF = "Triangular"

Grandeza de entrada 2:

Custo_aquisicao = variavel.gaussiana
Custo_aquisicao\$descricao = "Custo de aquisição"
Custo_aquisicao\$estimativa = 3648.69
Custo_aquisicao\$incerteza_padrao = 364.86
Custo_aquisicao\$unidade = "R\$"
Custo_aquisicao\$PDF = "Gaussiana"

Grandeza de entrada 3:

Custo_instalacao = variavel.gaussiana
Custo_instalacao\$descricao = "Custo de instalação"
Custo_instalacao\$estimativa = 359.12
Custo_instalacao\$incerteza_padrao = 35.91
Custo_instalacao\$unidade = "R\$"
Custo_instalacao\$PDF = "Gaussiana"

Grandeza de entrada 4:

Custo_manutencao = variavel.gaussiana
Custo_manutencao\$descricao = "Custo de manutenção"
Custo_manutencao\$estimativa = 1080.00
Custo_manutencao\$incerteza_padrao = 108.00
Custo_manutencao\$unidade = "R\$"
Custo_manutencao\$PDF = "Gaussiana"

Grandezas de entrada 5:

Quantidade_pessoas = variavel.uniforme
Quantidade_pessoas\$descricao = "Quantidade de pessoas por domicílio"
Quantidade_pessoas\$minimo = 2
Quantidade_pessoas\$maximo = 4
Quantidade_pessoas\$unidade = "pessoas"
Quantidade_pessoas\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 6:

Quantidade_banhos_diarios = variavel.uniforme
Quantidade_banhos_diarios\$descricao = "Quantidade de banhos por dia"
Quantidade_banhos_diarios\$minimo = 1
Quantidade_banhos_diarios\$maximo = 3
Quantidade_banhos_diarios\$unidade = "banhos/dia"
Quantidade_banhos_diarios\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 7:

Comprimento_tubulacao = variavel.uniforme
Comprimento_tubulacao\$descricao = "Comprimento equivalente da tubulação a montante"
Comprimento_tubulacao\$minimo = 2
Comprimento_tubulacao\$maximo = 18
Comprimento_tubulacao\$unidade = "m"
Comprimento_tubulacao\$PDF = "Uniforme"

Grandezas de entrada 8:

```
Consumo_mensal_energia = variavel.triangular
Consumo_mensal_energia$descricao = "Consumo mensal de energia com base num chuveiro
elétrico de 3,5 kW"
Consumo_mensal_energia$minimo = 44.12-4.4
Consumo_mensal_energia$maximo = 44.12+4.4
Consumo_mensal_energia$unidade = "kW.h"
Consumo_mensal_energia$PDF = "Triangular"
```

```
# Grandezas de entrada 9:
```

```
Consumo_mensal_util_agua = variavel.gaussiana
Consumo_mensal_util_agua$descricao = "Consumo mensal de água útil"
Consumo_mensal_util_agua$estimativa = 10.80
Consumo_mensal_util_agua$incerteza_padrao = 1.08
Consumo_mensal_util_agua$unidade = "m³/mês"
Consumo_mensal_util_agua$PDF = "Gaussiana"
```

```
# Constantes
```

```
Efeito_estufa$descricao = "Efeito estufa"
Efeito_estufa$estimativa = 2,4659726880
Efeito_estufa$unidade = "t/kW.h"
```

Sistema 4b - ASHP

```
Tipo_sistema = "Sistema de aquecimento com bomba de calor ASHP(flex)"
```

```
# Quantidade de Simulações de Monte Carlo
quantidade.SMC = 1e+6
```

```
# Probabilidade de abrangência
PA = 0.9
```

```
# Grandezas de entrada 1:
```

```
Vida_util = variavel.triangular
Vida_util$descricao = "Vida útil"
Vida_util$minimo = 10-2
Vida_util$maximo = 10+2
Vida_util$unidade = "anos"
Vida_util$PDF = "Triangular"
```

```
# Grandeza de entrada 2:
```

```
Custo_aquisicao = variavel.gaussiana
Custo_aquisicao$descricao = "Custo de aquisição"
Custo_aquisicao$estimativa = 2877.84
Custo_aquisicao$incerteza_padrao = 287.78
Custo_aquisicao$unidade = "R$"
Custo_aquisicao$PDF = "Gaussiana"
```

```
# Grandeza de entrada 3:
```

```
Custo_instalacao = variavel.gaussiana
```

Custo_instalacao\$descricao = "Custo de instalação"
Custo_instalacao\$estimativa = 287.78
Custo_instalacao\$incerteza_padrao = 28.78
Custo_instalacao\$unidade = "R\$"
Custo_instalacao\$PDF = "Gaussiana"

Grandeza de entrada 4:

Custo_manutencao = variavel.gaussiana
Custo_manutencao\$descricao = "Custo de manutenção"
Custo_manutencao\$estimativa = 1080.0
Custo_manutencao\$incerteza_padrao = 108.0
Custo_manutencao\$unidade = "R\$"
Custo_manutencao\$PDF = "Gaussiana"

Grandezas de entrada 5:

Quantidade_pessoas = variavel.uniforme
Quantidade_pessoas\$descricao = "Quantidade de pessoas por domicílio"
Quantidade_pessoas\$minimo = 2
Quantidade_pessoas\$maximo = 4
Quantidade_pessoas\$unidade = "pessoas"
Quantidade_pessoas\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 6:

Quantidade_banhos_diarios = variavel.uniforme
Quantidade_banhos_diarios\$descricao = "Quantidade de banhos por dia"
Quantidade_banhos_diarios\$minimo = 1
Quantidade_banhos_diarios\$maximo = 3
Quantidade_banhos_diarios\$unidade = "banhos/dia"
Quantidade_banhos_diarios\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 7:

Comprimento_tubulacao = variavel.uniforme
Comprimento_tubulacao\$descricao = "Comprimento equivalente da tubulação a montante"
Comprimento_tubulacao\$minimo = 2
Comprimento_tubulacao\$maximo = 18
Comprimento_tubulacao\$unidade = "m"
Comprimento_tubulacao\$PDF = "Uniforme"

Grandezas de entrada 8:

Consumo_mensal_energia = variavel.triangular
Consumo_mensal_energia\$descricao = "Consumo mensal de energia com base num chuveiro elétrico de 3,5 kW"
Consumo_mensal_energia\$minimo = 69.33-6.93
Consumo_mensal_energia\$maximo = 69.33+6.93
Consumo_mensal_energia\$unidade = "kW.h"
Consumo_mensal_energia\$PDF = "Triangular"

Grandezas de entrada 9:

Consumo_mensal_util_agua = variavel.gaussiana
Consumo_mensal_util_agua\$descricao = "Consumo mensal de água útil"

```
Consumo_mensal_util_agua$estimativa = 10.80
Consumo_mensal_util_agua$incerteza_padrao = 1.08
Consumo_mensal_util_agua$unidade = "m³/mês"
Consumo_mensal_util_agua$PDF = "Gaussiana"
```

```
# Constantes
```

```
Efeito_estufa$descricao = "Efeito estufa"
Efeito_estufa$estimativa = 3.8750200920
Efeito_estufa$unidade = "t/kW.h"
```