

Análise de Sobrevivência

Modelos Paramétricos - Outros Modelos

Ricardo Accioly

Modelos Paramétricos

Modelos Paramétricos

Neste exemplo são considerados os tempos de reincidência, em meses, de um grupo de 20 pacientes com cancer de bexiga que foram submetidos a um procedimento cirurgico feito por laser.

Modelos Paramétricos

Neste exemplo são considerados os tempos de reincidência, em meses, de um grupo de 20 pacientes com cancer de bexiga que foram submetidos a um procedimento cirurgico feito por laser.

Aqui vamos utilizar as funções existentes no pacote `survival` e `flexsurv`.

Modelos Paramétricos

Neste exemplo são considerados os tempos de reincidência, em meses, de um grupo de 20 pacientes com cancer de bexiga que foram submetidos a um procedimento cirurgico feito por laser.

Aqui vamos utilizar as funções existentes no pacote `survival` e `flexsurv`.

Para ajustar um modelo paramétrico usamos a função `survreg`.

Modelos Não Paramétricos - KM

```
library(survival)
```

Modelos Não Paramétricos - KM

```
library(survival)  
tempos←c(3,5,6,7,8,9,10,10,12,15,15,18,19,20,22,25,28,3
```

Modelos Não Paramétricos - KM

```
library(survival)
tempos←c(3,5,6,7,8,9,10,10,12,15,15,18,19,20,22,25,28,30)
cens←c(1,1,1,1,1,1,1,0,1,1,0,1,1,1,1,1,1,1,0)
```


Modelos Não Paramétricos - KM

```
library(survival)
tempos←c(3,5,6,7,8,9,10,10,12,15,15,18,19,20,22,25,28,3
cens←c(1,1,1,1,1,1,1,0,1,1,0,1,1,1,1,1,1,0)
dados ← data.frame(tempos=tempos, status=cens)
```

Modelos Não Paramétricos - KM

```
library(survival)
tempos←c(3,5,6,7,8,9,10,10,12,15,15,18,19,20,22,25,28,3
cens←c(1,1,1,1,1,1,1,0,1,1,0,1,1,1,1,1,1,0)
dados ← data.frame(tempos=tempos, status=cens)
ekm ← survfit(Surv(tempos,status)~1, data=dados)
```

Modelos Não Paramétricos - KM

```
library(survival)
tempos←c(3,5,6,7,8,9,10,10,12,15,15,18,19,20,22,25,28,3
cens←c(1,1,1,1,1,1,1,0,1,1,0,1,1,1,1,1,1,0)
dados ← data.frame(tempos=tempos, status=cens)
ekm ← survfit(Surv(tempos,status)~1, data=dados)
st ← ekm$surv
```

Modelos Não Paramétricos - KM

```
library(survival)
tempos←c(3,5,6,7,8,9,10,10,12,15,15,18,19,20,22,25,28,3
cens←c(1,1,1,1,1,1,1,0,1,1,0,1,1,1,1,1,1,0)
dados ← data.frame(tempos=tempos, status=cens)
ekm ← survfit(Surv(tempos,status)~1, data=dados)
st ← ekm$surv
tempost ← ekm$time
```

Ajuste com o flexsurv

```
library(flexsurv)
```

Ajuste com o flexsurv

```
library(flexsurv)  
ajuste1 ← flexsurvreg(Surv(tempo,status)~1,data=dados,
```

Ajuste com o flexsurv

```
library(flexsurv)
ajuste1 <- flexsurvreg(Surv(tempo,status)~1,data=dados,
ajuste1
```

Call:

```
flexsurvreg(formula = Surv(tempo, status) ~ 1, data = dados,
            dist = "exponential")
```

Estimates:

	est	L95%	U95%	se
rate	0.0490	0.0305	0.0788	0.0119

N = 20, Events: 17, Censored: 3

Total time at risk: 347

Log-likelihood = -68.27389, df = 1

AIC = 138.5478

Ajuste com o flexsurv

```
ajuste2 ← flexsurvreg(Surv(tempo,status)~1,data=dados,
```


Ajuste com o flexsurv

```
ajuste2 <- flexsurvreg(Surv(tempos,status)~1,data=dados,  
ajuste2
```

Call:

```
flexsurvreg(formula = Surv(tempos, status) ~ 1, data = dados,  
            dist = "weibull")
```

Estimates:

	est	L95%	U95%	se
shape	1.543	1.066	2.235	0.291
scale	21.339	15.591	29.206	3.417

N = 20, Events: 17, Censored: 3

Total time at risk: 347

Log-likelihood = -66.13336, df = 2

AIC = 136.2667

Ajuste com o flexsurv

```
ajuste3 ← flexsurvreg(Surv(tempo,status)~1,data=dados,
```

Ajuste com o flexsurv

```
ajuste3 <- flexsurvreg(Surv(tempos,status)~1,data=dados,  
ajuste3
```

Call:

```
flexsurvreg(formula = Surv(tempos, status) ~ 1, data = dados,  
            dist = "lognormal")
```

Estimates:

	est	L95%	U95%	se
meanlog	2.717	2.372	3.063	0.176
sdlog	0.765	0.544	1.075	0.133

N = 20, Events: 17, Censored: 3

Total time at risk: 347

Log-likelihood = -65.7399, df = 2

AIC = 135.4798

Ajuste com o flexsurv

```
ajuste4 ← flexsurvreg(Surv(tempo,status)~1,data=dados,
```

Ajuste com o flexsurv

```
ajuste4 ← flexsurvreg(Surv(tempo,status)~1,data=dados,  
ajuste4
```

Call:

```
flexsurvreg(formula = Surv(tempo, status) ~ 1, data = dados,  
dist = "llogis")
```

Estimates:

	est	L95%	U95%	se
shape	2.22	1.51	3.28	0.44
scale	15.45	10.85	21.98	2.78

N = 20, Events: 17, Censored: 3

Total time at risk: 347

Log-likelihood = -66.03053, df = 2

AIC = 136.0611

Ajuste com o flexsurv

```
ajuste5 ← flexsurvreg(Surv(tempo,status)~1,data=dados,
```

Ajuste com o flexsurv

```
ajuste5 ← flexsurvreg(Surv(tempos,status)~1,data=dados,  
ajuste5
```

Call:

```
flexsurvreg(formula = Surv(tempos, status) ~ 1, data = dados,  
dist = "gengamma")
```

Estimates:

	est	L95%	U95%	se
mu	2.805	2.168	3.442	0.325
sigma	0.743	0.498	1.110	0.152
Q	0.247	-1.291	1.786	0.785

N = 20, Events: 17, Censored: 3

Total time at risk: 347

Log-likelihood = -65.69074, df = 3

AIC = 137.3815

Comparação dos Modelos

```
ajuste1$loglik # exponencial
```

```
[1] -68.27389
```


Comparação dos Modelos

```
ajuste1$loglik # exponencial [1] -68.27389  
ajuste2$loglik # Weibull [1] -66.13336
```

Comparação dos Modelos

<code>ajuste1\$loglik</code>	<code># exponencial</code>	<code>[1] -68.27389</code>
<code>ajuste2\$loglik</code>	<code># Weibull</code>	<code>[1] -66.13336</code>
<code>ajuste3\$loglik</code>	<code># Lognormal</code>	<code>[1] -65.7399</code>

Comparação dos Modelos

<code>ajuste1\$loglik</code>	<code># exponencial</code>	<code>[1] -68.27389</code>
<code>ajuste2\$loglik</code>	<code># Weibull</code>	<code>[1] -66.13336</code>
<code>ajuste3\$loglik</code>	<code># Lognormal</code>	
<code>ajuste4\$loglik</code>	<code># LogLogistica</code>	<code>[1] -65.7399</code>
		<code>[1] -66.03053</code>

Comparação dos Modelos

<code>ajuste1\$loglik</code>	<code># exponencial</code>	<code>[1] -68.27389</code>
<code>ajuste2\$loglik</code>	<code># Weibull</code>	<code>[1] -66.13336</code>
<code>ajuste3\$loglik</code>	<code># Lognormal</code>	
<code>ajuste4\$loglik</code>	<code># LogLogistica</code>	<code>[1] -65.7399</code>
<code>ajuste5\$loglik</code>	<code># Gama Generalizada</code>	<code>[1] -66.03053</code>
		<code>[1] -65.69074</code>

Comparação dos Modelos

```
ajuste1$loglik # exponencial [1] -68.27389
ajuste2$loglik # Weibull [1] -66.13336
ajuste3$loglik # Lognormal
ajuste4$loglik # LogLogistica [1] -65.7399
ajuste5$loglik # Gama Generalizada [1] -66.03053

# Calculo do Teste de Razão de Verossimilhança
# Exponencial q=σ=1 [1] -65.69074
TRVe ← 2*(ajuste5$loglik - ajuste1$loglik)
```

Comparação dos Modelos

```
ajuste1$loglik # exponencial [1] -68.27389
ajuste2$loglik # Weibull [1] -66.13336
ajuste3$loglik # Lognormal
ajuste4$loglik # LogLogistica [1] -65.7399
ajuste5$loglik # Gama Generalizada [1] -66.03053

# Calculo do Teste de Razão de Verossimilhança
# Exponencial q=σ=1 [1] -65.69074
TRVe ← 2*(ajuste5$loglik - ajuste1$loglik)
pchisq(TRVe,2, lower.tail = F) [1] 0.07553559
```

Comparação dos Modelos

```
ajuste1$loglik # exponencial [1] -68.27389
ajuste2$loglik # Weibull [1] -66.13336
ajuste3$loglik # Lognormal
ajuste4$loglik # LogLogistica [1] -65.7399
ajuste5$loglik # Gama Generalizada [1] -66.03053

# Calculo do Teste de Razão de Verossimilhança
# Exponencial  $q=\sigma=1$  [1] -65.69074
TRVe ← 2*(ajuste5$loglik - ajuste1$loglik)
pchisq(TRVe,2, lower.tail = F) [1] 0.07553559
# Weibull  $q = 1$ 
TRVw ← 2*(ajuste5$loglik - ajuste2$loglik)
```

Comparação dos Modelos

```
ajuste1$loglik # exponencial [1] -68.27389
ajuste2$loglik # Weibull [1] -66.13336
ajuste3$loglik # Lognormal
ajuste4$loglik # LogLogistica [1] -65.7399
ajuste5$loglik # Gama Generalizada [1] -66.03053

# Calculo do Teste de Razão de Verossimilhança
# Exponencial q=σ=1 [1] -65.69074
TRVe ← 2*(ajuste5$loglik - ajuste1$loglik)
pchisq(TRVe,2, lower.tail = F) [1] 0.07553559
# Weibull q = 1
TRVw ← 2*(ajuste5$loglik - ajuste2$loglik) [1] 0.3467719
pchisq(TRVw,1, lower.tail = F)
```


Comparação dos Modelos

```
ajuste1$loglik # exponencial [1] -68.27389
ajuste2$loglik # Weibull [1] -66.13336
ajuste3$loglik # Lognormal
ajuste4$loglik # LogLogistica [1] -65.7399
ajuste5$loglik # Gama Generalizada [1] -66.03053

# Calculo do Teste de Razão de Verossimilhança
# Exponencial  $q=\sigma=1$  [1] -65.69074
TRVe ← 2*(ajuste5$loglik - ajuste1$loglik)
pchisq(TRVe,2, lower.tail = F) [1] 0.07553559
# Weibull  $q = 1$ 
TRVw ← 2*(ajuste5$loglik - ajuste2$loglik) [1] 0.3467719
pchisq(TRVw,1, lower.tail = F)
# Lognormal  $q = 0$ 
TRVlog ← 2*(ajuste5$loglik - ajuste3$loglik)
```

Comparação dos Modelos

```
ajuste1$loglik # exponencial [1] -68.27389
ajuste2$loglik # Weibull [1] -66.13336
ajuste3$loglik # Lognormal
ajuste4$loglik # LogLogistica [1] -65.7399
ajuste5$loglik # Gama Generalizada [1] -66.03053

# Calculo do Teste de Razão de Verossimilhança
# Exponencial  $q=\sigma=1$  [1] -65.69074
TRVe ← 2*(ajuste5$loglik - ajuste1$loglik)
pchisq(TRVe,2, lower.tail = F) [1] 0.07553559

# Weibull  $q = 1$ 
TRVw ← 2*(ajuste5$loglik - ajuste2$loglik) [1] 0.3467719
pchisq(TRVw,1, lower.tail = F) [1] 0.753858

# Lognormal  $q = 0$ 
TRVlog ← 2*(ajuste5$loglik - ajuste3$loglik)
pchisq(TRVlog,1, lower.tail = F)
```

Comparação dos Modelos

```
aic.exp ← -2*ajuste1$loglik + 2*1
```

Comparação dos Modelos

```
aic.exp ← -2*ajuste1$loglik + 2*1
```

```
aic.exp
```

```
[1] 138.5478
```

Comparação dos Modelos

```
aic.exp <- -2*ajuste1$loglik + 2*1  
aic.exp  
aic.wei <- -2*ajuste2$loglik + 2*2
```

```
[1] 138.5478
```

Comparação dos Modelos

```
aic.exp ← -2*ajuste1$loglik + 2*1  
aic.exp  
aic.wei ← -2*ajuste2$loglik + 2*2  
aic.wei
```

```
[1] 138.5478
```

```
[1] 136.2667
```

Comparação dos Modelos

```
aic.exp ← -2*ajuste1$loglik + 2*1
```

```
[1] 138.5478
```

```
aic.exp
```

```
[1] 136.2667
```

```
aic.wei ← -2*ajuste2$loglik + 2*2
```

```
aic.wei
```

```
aic.ln ← -2*ajuste3$loglik + 2*2
```

Comparação dos Modelos

```
aic.exp ← -2*ajuste1$loglik + 2*1
```

```
[1] 138.5478
```

```
aic.exp
```

```
[1] 136.2667
```

```
aic.wei ← -2*ajuste2$loglik + 2*2
```

```
aic.wei
```

```
[1] 135.4798
```

```
aic.ln ← -2*ajuste3$loglik + 2*2
```

```
aic.ln
```


Comparação dos Modelos

```
aic.exp ← -2*ajuste1$loglik + 2*1
```

```
[1] 138.5478
```

```
aic.exp
```

```
[1] 136.2667
```

```
aic.wei ← -2*ajuste2$loglik + 2*2
```

```
aic.wei
```

```
[1] 135.4798
```

```
aic.ln ← -2*ajuste3$loglik + 2*2
```

```
aic.ln
```

```
aic.ll ← -2*ajuste4$loglik + 2*2
```

Comparação dos Modelos

```
aic.exp ← -2*ajuste1$loglik + 2*1 [1] 138.5478
aic.exp                                     [1] 136.2667
aic.wei ← -2*ajuste2$loglik + 2*2
aic.wei                                     [1] 135.4798
aic.ln ← -2*ajuste3$loglik + 2*2
aic.ln                                     [1] 136.0611
aic.ll ← -2*ajuste4$loglik + 2*2
aic.ll
```

Comparação dos Modelos

```
aic.exp ← -2*ajuste1$loglik + 2*1 [1] 138.5478
aic.exp                                     [1] 136.2667
aic.wei ← -2*ajuste2$loglik + 2*2
aic.wei                                     [1] 135.4798
aic.ln ← -2*ajuste3$loglik + 2*2
aic.ln                                     [1] 136.0611
aic.ll ← -2*ajuste4$loglik + 2*2
aic.ll
aic.gg ← -2*ajuste5$loglik + 2*3
```

Comparação dos Modelos

aic.exp ← -2*ajuste1\$loglik + 2*1	[1] 138.5478
aic.exp	
aic.wei ← -2*ajuste2\$loglik + 2*2	[1] 136.2667
aic.wei	
aic.ln ← -2*ajuste3\$loglik + 2*2	[1] 135.4798
aic.ln	
aic.ll ← -2*ajuste4\$loglik + 2*2	[1] 136.0611
aic.ll	
aic.gg ← -2*ajuste5\$loglik + 2*3	[1] 137.3815
aic.gg	

Comparação dos Modelos

```
aic.exp ← -2*ajuste1$loglik + 2*1  
aic.exp  
aic.wei ← -2*ajuste2$loglik + 2*2  
aic.wei  
aic.ln ← -2*ajuste3$loglik + 2*2  
aic.ln  
aic.ll ← -2*ajuste4$loglik + 2*2  
aic.ll  
aic.gg ← -2*ajuste5$loglik + 2*3  
aic.gg  
aic ← c(aic.exp, aic.wei, aic.ln, aic.ll, aic.gg)
```

[1] 138.5478

[1] 136.2667

[1] 135.4798

[1] 136.0611

[1] 137.3815

Comparação dos Modelos

```
aic.exp ← -2*ajuste1$loglik + 2*1  
aic.exp  
aic.wei ← -2*ajuste2$loglik + 2*2  
aic.wei  
aic.ln ← -2*ajuste3$loglik + 2*2  
aic.ln  
aic.ll ← -2*ajuste4$loglik + 2*2  
aic.ll  
aic.gg ← -2*ajuste5$loglik + 2*3  
aic.gg  
aic ← c(aic.exp, aic.wei, aic.ln, aic.ll, aic.gg)  
delta.aic ← aic - min(aic)
```

[1] 138.5478

[1] 136.2667

[1] 135.4798

[1] 136.0611

[1] 137.3815

Comparação dos Modelos

```
aic.exp ← -2*ajuste1$loglik + 2*1
```

```
[1] 138.5478
```

```
aic.exp
```

```
[1] 136.2667
```

```
aic.wei ← -2*ajuste2$loglik + 2*2
```

```
aic.wei
```

```
[1] 135.4798
```

```
aic.ln ← -2*ajuste3$loglik + 2*2
```

```
aic.ln
```

```
[1] 136.0611
```

```
aic.ll ← -2*ajuste4$loglik + 2*2
```

```
aic.ll
```

```
[1] 137.3815
```

```
aic.gg ← -2*ajuste5$loglik + 2*3
```

```
aic.gg
```

```
[1] 3.0679853 0.7869174 0.0000000 0.5812562 1.9016824
```

```
aic ← c(aic.exp, aic.wei, aic.ln, aic.ll, aic.gg)
```

```
delta.aic ← aic - min(aic)
```

```
delta.aic
```

Comparação dos Modelos

```
aic.exp ← -2*ajuste1$loglik + 2*1
aic.exp
aic.wei ← -2*ajuste2$loglik + 2*2
aic.wei
aic.ln ← -2*ajuste3$loglik + 2*2
aic.ln
aic.ll ← -2*ajuste4$loglik + 2*2
aic.ll
aic.gg ← -2*ajuste5$loglik + 2*3
aic.gg
aic ← c(aic.exp, aic.wei, aic.ln, aic.ll, aic.gg)
delta.aic ← aic - min(aic)
delta.aic
peso.aic ← exp(-0.5*delta.aic)/sum(exp(-0.5*delta.aic))
```

[1] 138.5478

[1] 136.2667

[1] 135.4798

[1] 136.0611

[1] 137.3815

[1] 3.0679853 0.7869174 0.0000000 0.5812562 1.9016824

Comparação dos Modelos

```
aic.exp ← -2*ajuste1$loglik + 2*1
aic.exp
aic.wei ← -2*ajuste2$loglik + 2*2
aic.wei
aic.ln ← -2*ajuste3$loglik + 2*2
aic.ln
aic.ll ← -2*ajuste4$loglik + 2*2
aic.ll
aic.gg ← -2*ajuste5$loglik + 2*3
aic.gg
aic ← c(aic.exp, aic.wei, aic.ln, aic.ll, aic.gg)
delta.aic ← aic - min(aic)
delta.aic
peso.aic ← exp(-0.5*delta.aic)/sum(exp(-0.5*delta.aic))
sum(peso.aic)
```

[1] 138.5478

[1] 136.2667

[1] 135.4798

[1] 136.0611

[1] 137.3815

[1] 3.0679853 0.7869174 0.0000000 0.5812562 1.9016824

[1] 1

Comparação dos Modelos

```
aic.exp ← -2*ajuste1$loglik + 2*1
aic.exp
aic.wei ← -2*ajuste2$loglik + 2*2
aic.wei
aic.ln ← -2*ajuste3$loglik + 2*2
aic.ln
aic.ll ← -2*ajuste4$loglik + 2*2
aic.ll
aic.gg ← -2*ajuste5$loglik + 2*3
aic.gg
aic ← c(aic.exp, aic.wei, aic.ln, aic.ll, aic.gg)
delta.aic ← aic - min(aic)
delta.aic
peso.aic ← exp(-0.5*delta.aic)/sum(exp(-0.5*delta.aic))
sum(peso.aic)
modelos ← data.frame(modelos=c("Exponencial", "Weibull",
                                "Lognormal", "Loglogisti
                                p_Akaike = peso.aic)
```

[1] 138.5478

[1] 136.2667

[1] 135.4798

[1] 136.0611

[1] 137.3815

[1] 3.0679853 0.7869174 0.0000000 0.5812562 1.9016824

[1] 1

Comparação dos Modelos

```
aic.exp <- -2*ajuste1$loglik + 2*1
aic.exp
aic.wei <- -2*ajuste2$loglik + 2*2
aic.wei
aic.ln <- -2*ajuste3$loglik + 2*2
aic.ln
aic.ll <- -2*ajuste4$loglik + 2*2
aic.ll
aic.gg <- -2*ajuste5$loglik + 2*3
aic.gg
aic <- c(aic.exp, aic.wei, aic.ln, aic.ll, aic.gg)
delta.aic <- aic - min(aic)
delta.aic
peso.aic <- exp(-0.5*delta.aic)/sum(exp(-0.5*delta.aic))
sum(peso.aic)
modelos <- data.frame(modelos=c("Exponencial", "Weibull",
                                "Lognormal", "Loglogistico",
                                "GG"),
                      p_Akaike = peso.aic)
gt::gt(modelos)
```

[1] 138.5478

[1] 136.2667

[1] 135.4798

[1] 136.0611

[1] 137.3815

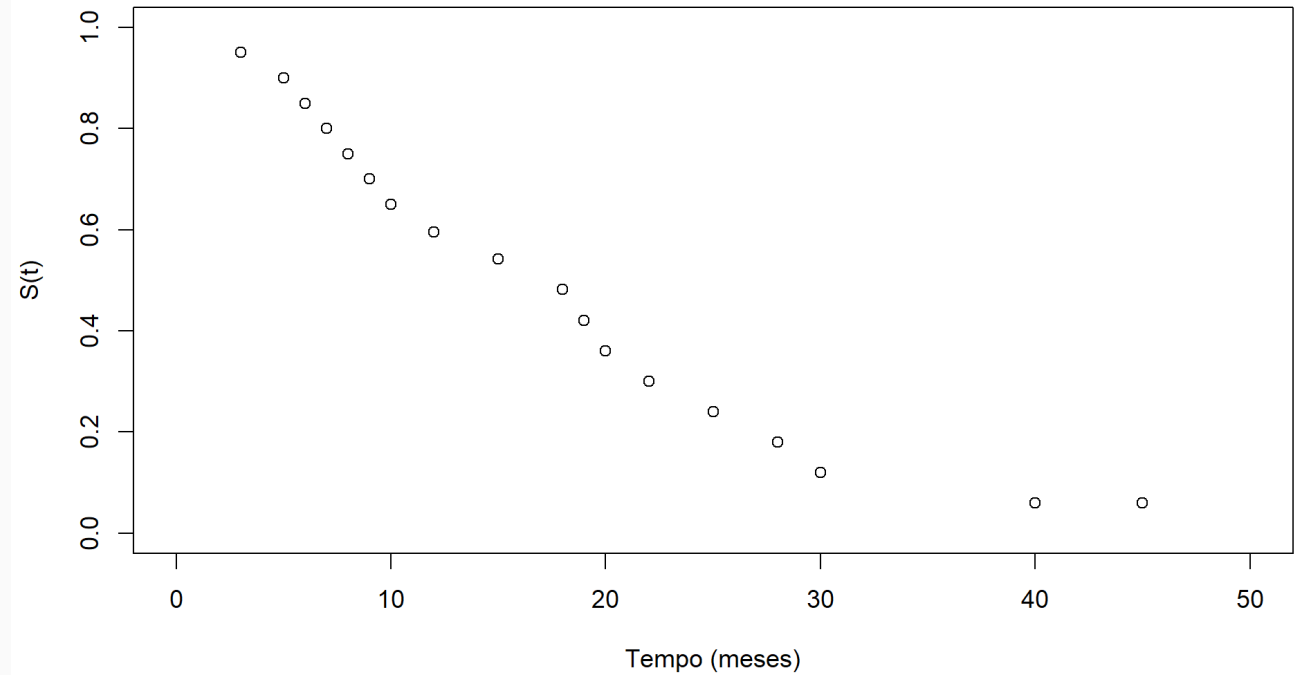
[1] 3.0679853 0.7869174 0.0000000 0.5812562 1.9016824

[1] 1

modelos	p_Akaike
Exponencial	0.0713062
Weibull	0.2230770
Lognormal	0.3306221
Loglogistico	0.2472371
GG	0.1277576

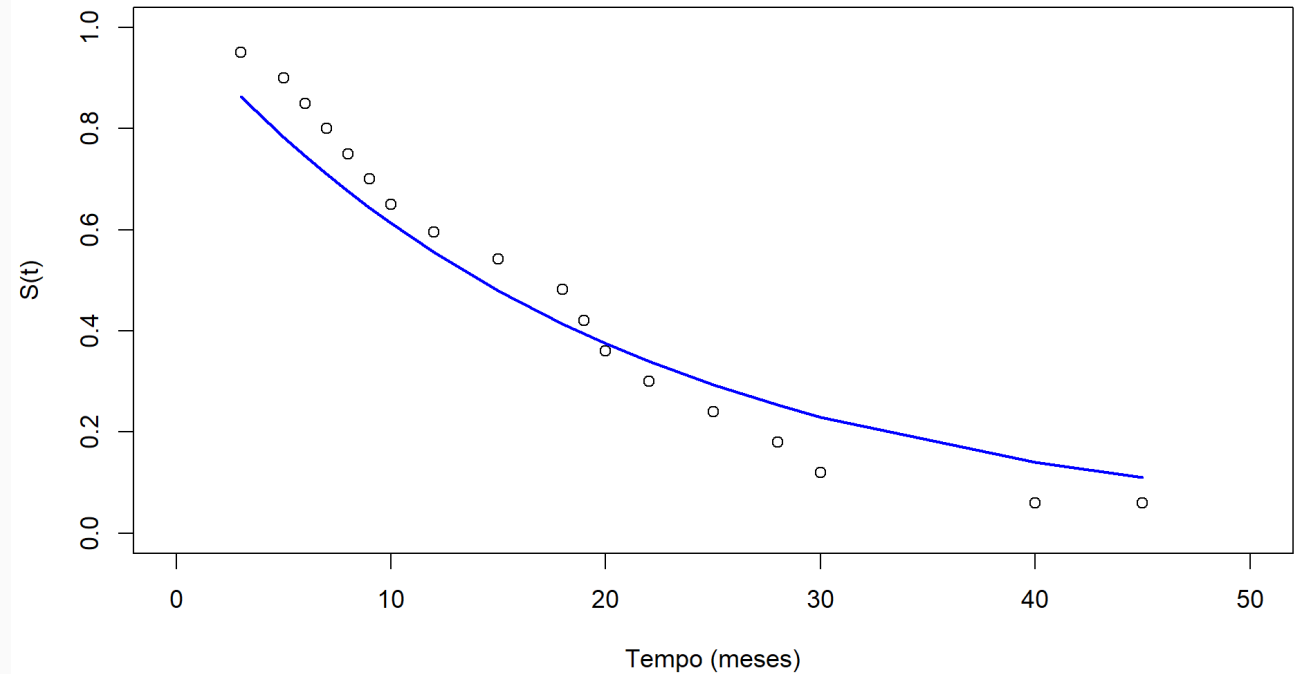
Avaliação Gráfica dos modelos

```
plot(tempo, st, ylim=range(c(0.0,1)), xlim=range(c(0,50)))
```



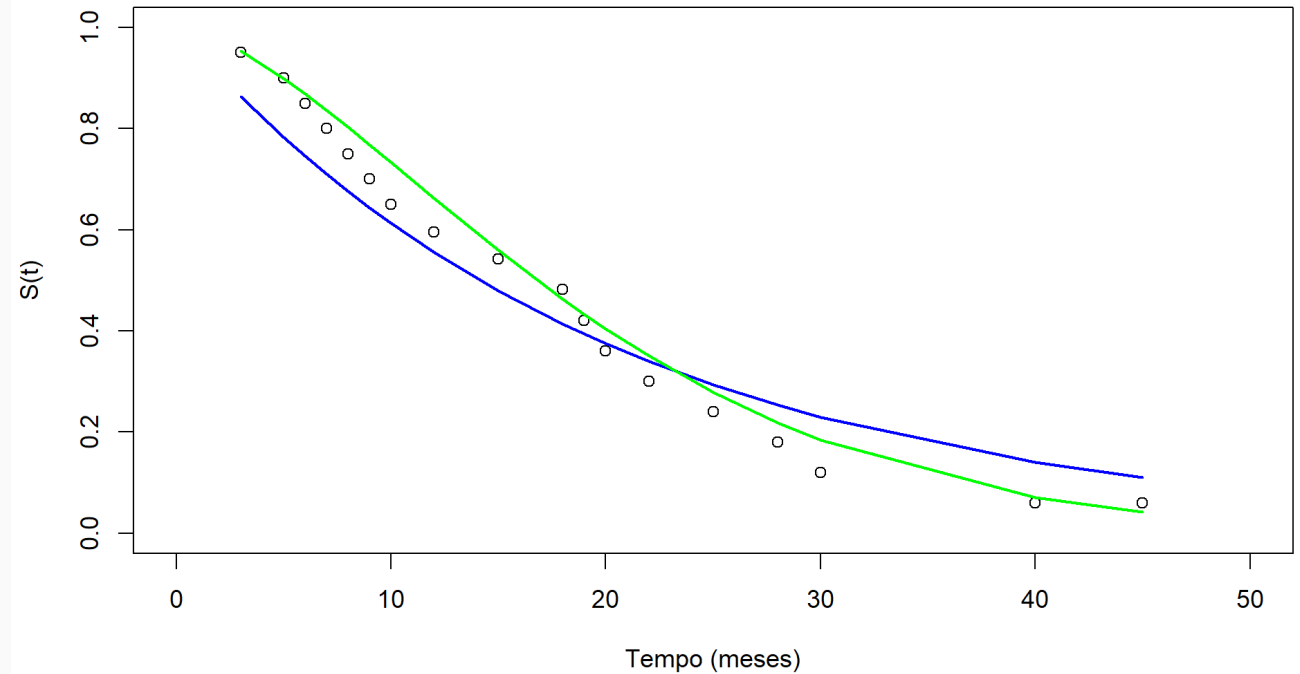
Avaliação Gráfica dos modelos

```
plot(tempost, st, ylim=range(c(0.0,1)), xlim=range(c(0,50)),  
lines(ajuste1, col="blue", ci=FALSE))
```



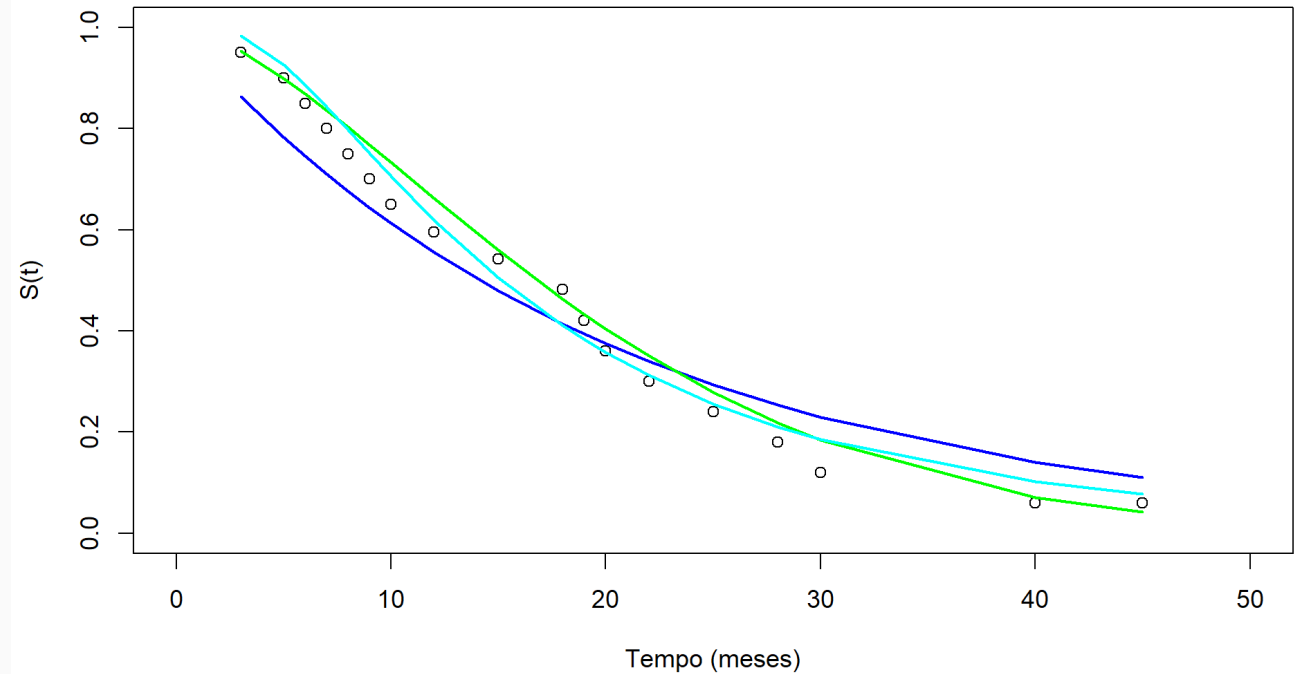
Avaliação Gráfica dos modelos

```
plot(tempo, st, ylim=range(c(0.0,1)), xlim=range(c(0,50)))  
lines(ajuste1, col="blue", ci=FALSE)  
lines(ajuste2, col="green", ci=FALSE)
```



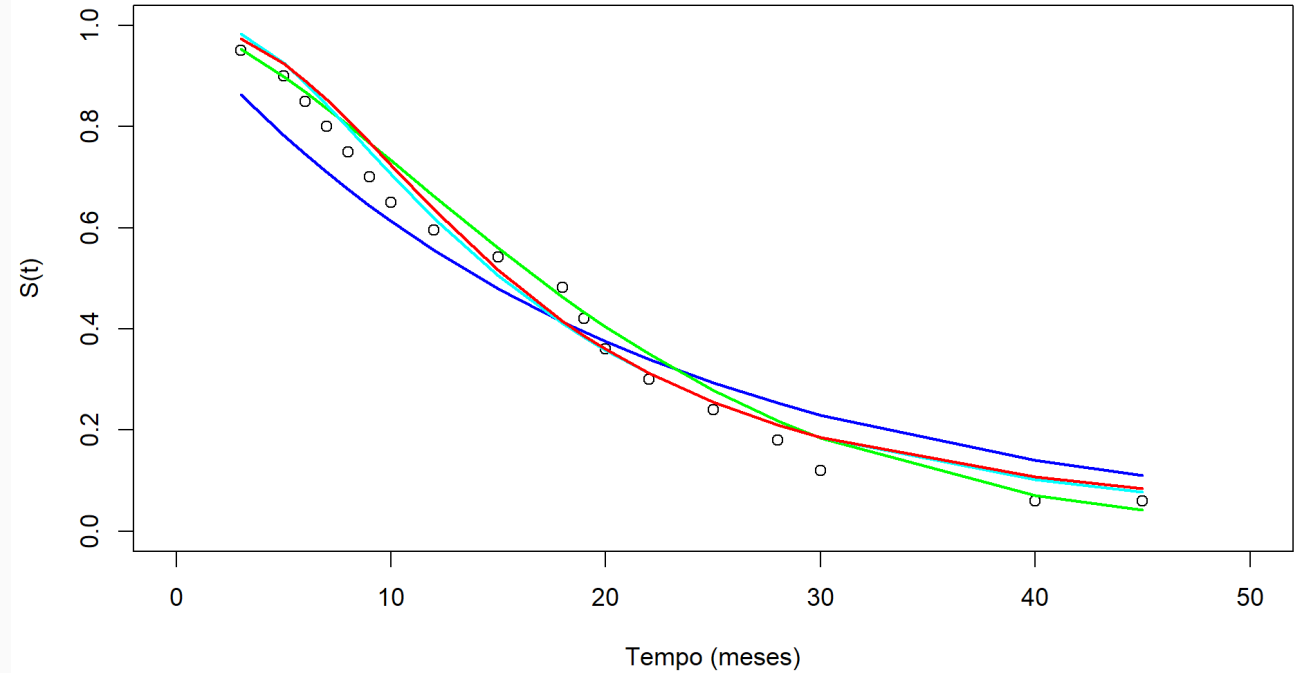
Avaliação Gráfica dos modelos

```
plot(tempo, st, ylim=range(c(0.0,1)), xlim=range(c(0,50)))  
lines(ajuste1, col="blue", ci=FALSE)  
lines(ajuste2, col="green", ci=FALSE)  
lines(ajuste3, col="cyan", ci=FALSE)
```



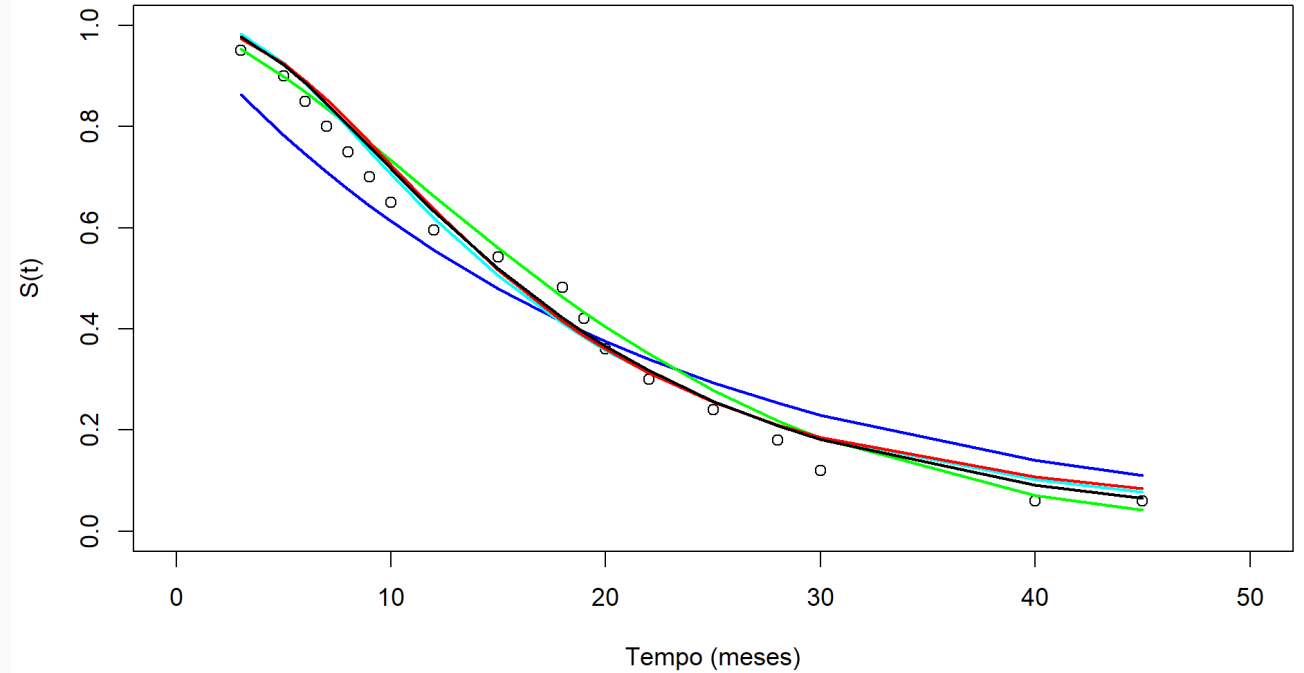
Avaliação Gráfica dos modelos

```
plot(tempo, st, ylim=range(c(0.0,1)), xlim=range(c(0,50)))  
lines(ajuste1, col="blue", ci=FALSE)  
lines(ajuste2, col="green", ci=FALSE)  
lines(ajuste3, col="cyan", ci=FALSE)  
lines(ajuste4, col="red", ci=FALSE)
```



Avaliação Gráfica dos modelos

```
plot(tempo, st, ylim=range(c(0.0,1)), xlim=range(c(0,50)))  
lines(ajuste1, col="blue", ci=FALSE)  
lines(ajuste2, col="green", ci=FALSE)  
lines(ajuste3, col="cyan", ci=FALSE)  
lines(ajuste4, col="red", ci=FALSE)  
lines(ajuste5, col="black", ci=FALSE)
```



Avaliação Gráfica dos modelos

```
plot(tempo, st, ylim=range(c(0.0,1)), xlim=range(c(0,50)))
lines(ajuste1, col="blue", ci=FALSE)
lines(ajuste2, col="green", ci=FALSE)
lines(ajuste3, col="cyan", ci=FALSE)
lines(ajuste4,col="red", ci=FALSE)
lines(ajuste5,col="black", ci=FALSE)
legend("topright", lty=c(1,1,1,1), lwd=c(2,2,2,2),
      col=c("blue", "green", "cyan","red", "black"),
      c("Exponencial","Weibull", "Lognormal", "LogLogi
```

