

# Grupo de Risco

## Análise Referente ao Relatório Técnico Parcial No 03 - Projeto UFCG/PETROBRAS

Jul/2024



**PETROBRAS**



**CeMEAI**

CEPID - Centro de Ciências  
Matemáticas Aplicadas à Indústria

# Testes de Vida Acelerados

- Foram analisados 7 fluidos (F1, F2, ..., F7) de formulações diferentes;
- Foram medidas diferentes características físico-químicas, como pH, densidade, volume de filtrado;
- Os fluidos foram expostos a altas temperaturas e analisou-se tais características após determinados dias;
- Critério de falha: volumes de filtrado 40% superiores aos obtidos em temperatura ambiente ou mudanças nas características reológicas.

## Testes de Vida Acelerados

- A análise dos tempos de vida é largamente utilizada, tendo várias distribuições disponíveis para implementação;
- A incerteza inerente dos dados censurados à esquerda ou à direita é incorporada na função de verossimilhança.

## Processos de Degradação Acelerados

- A análise de dados de degradação é muito utilizada quando há poucas ou nenhuma falha;
- A análise é fundamentada no tempo de primeira passagem pelo threshold (limiar) especificado;
- Pressupõe uma distribuição para o caminho de degradação, podendo ser influenciada por valores extremos.

## Construção da função verossimilhança: dados censurados em intervalos de tempo

### Modelo:

Weibull com taxa de falha acelerada e lei de Arrhenius

### Método de estimação:

Máxima Verossimilhança

### Método de otimização:

BFGS  
(Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno)

## Resultados:

- Estimativas dos parâmetros e Intervalo de confiança para os parâmetros.
- Estimativas de confiabilidade para tempos de vida específicos (em dias e anos)
- Tempo médio de vida estimado (em dias)
- Tempos de vida estimados para novas temperaturas (sob condições normais)
- Intervalos de Confiança para as quantidades de interesse

## Construção da função verossimilhança: dados censurados em intervalos de tempo

### Modelo:

Weibull com taxa de falha acelerada e lei de Arrhenius

### Método de estimação:

Máxima Verossimilhança

### Método de otimização:

BFGS

(Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno)

## Quadro 1: Resultados obtidos

parâmetro	emv	IC (95%) inferior	IC (95%) superior
$\log(a)$	1,9017	1,4214	2,3820
$\log(\sigma)$	-5,5295	-7,6907	-3,3683
$\beta_1$	1029,2682	717,9875	1340,5490

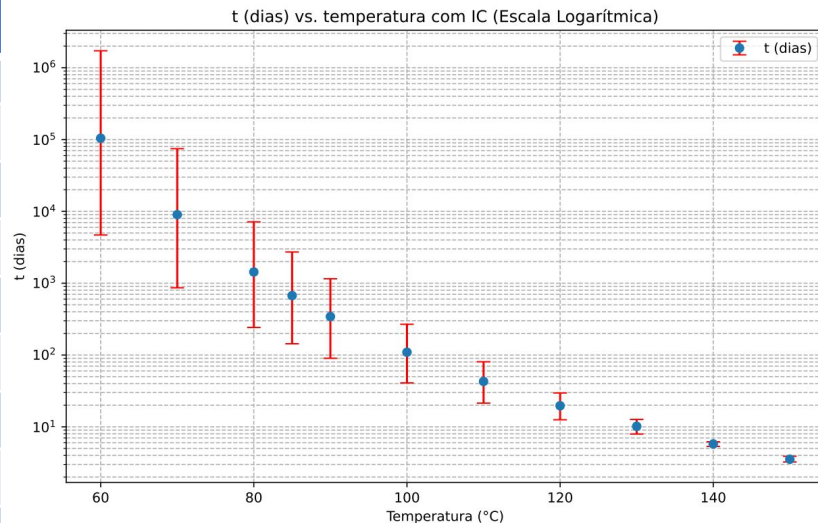
### Quantidades de interesse:

- Estimativas de confiabilidade para tempos de vida específicos (em dias e anos)
- Tempo médio de vida estimado (em dias)
- Tempos de vida estimados para novas temperaturas
- Intervalos de confiança para estas quantidades

**Quadro 2: Tempos médios de vida.**

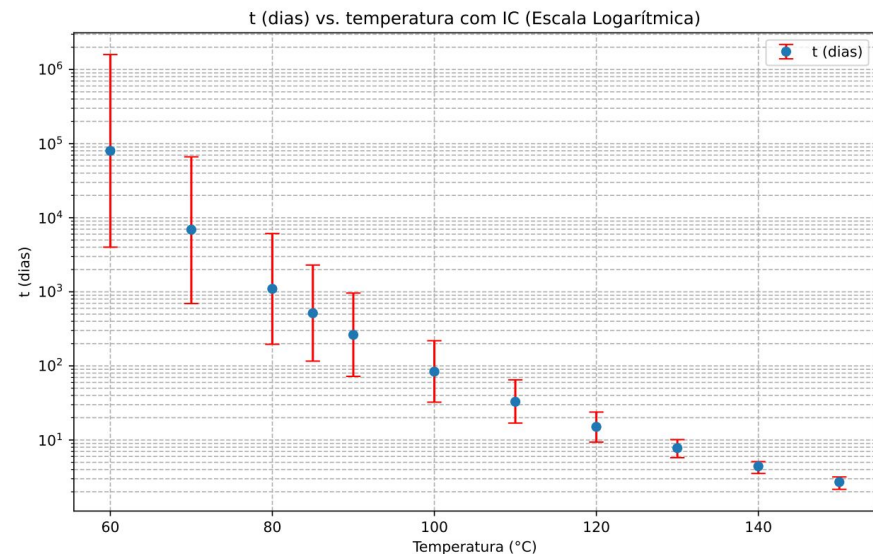
Temp. °C	t (dias)	IC (95%) inferior	IC (95%) superior
60	104391,76	4689,09	1721190,46
70	9002,58	862,08	74614,22
80	1432,66	242,04	7143,56
85	672,14	143,46	2719,81
90	343,01	90,12	1152,82
100	109,30	40,89	267,94
110	42,88	21,38	80,59
120	19,66	12,54	29,60
130	10,16	7,94	12,68
140	5,77	5,34	6,20
150	3,54	3,24	3,89

São agregados os intervalos de confiança.



**Quadro 3: Tempos de vida estimados para  $S(t)=0,9$ .**

Temp. °C	t (dias)	IC (95%) inferior	IC (95%) superior
60	79934,42	4006,76	1592803,42
70	6893,42	695,12	66329,89
80	1097,01	195,94	6113,65
85	514,67	116,04	2297,93
90	262,64	72,27	961,67
100	83,69	32,40	218,70
110	32,83	16,91	64,89
120	15,05	9,38	23,82
130	7,78	5,78	10,13
140	4,42	3,53	5,11
150	2,71	2,16	3,17





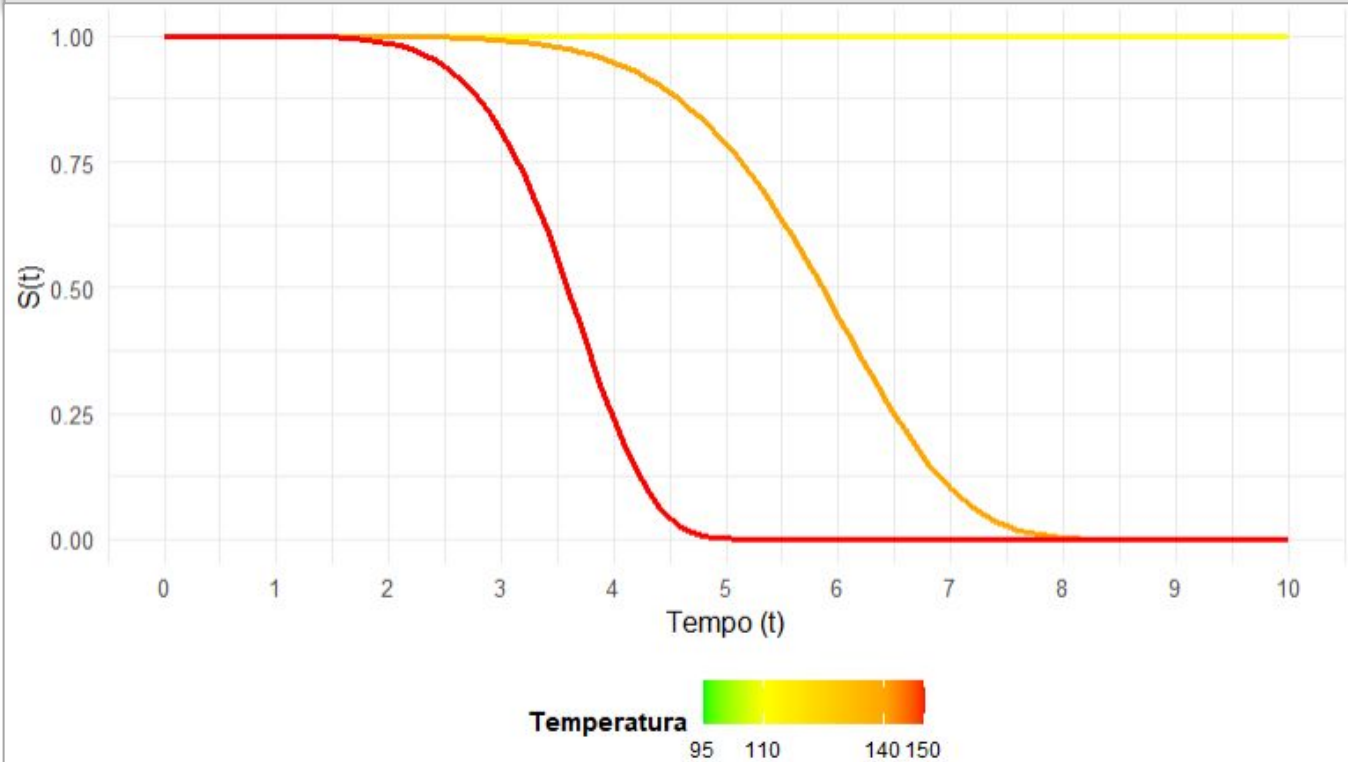
**Quadro 3: Valores de sobrevivência para tempos específicos.**

Temp. ° C	t dias)	S(t)	IC (95%) inferior	IC (95%) superior
60	até 1095	1,00	>0,99	>0,99
70	183	1,00	>0,99	>0,99
70	365	1,00	0,99	>0,99
70	548	1,00	0,99	>0,99
70	730	1,00	0,93	>0,99
70	913	1,00	0,68	>0,99
70	1095	1,00	0,30	>0,99
80	183	1,00	0,96	>0,99
80	365	0,99	0,02	>0,99
80	548	0,99	0,00	>0,99
80	730	0,99	0,00	>0,99
80	913	0,97	0,00	>0,99
80	1095	0,90	0,00	>0,99

**Quadro 4: Valores de sobrevivência para tempos específicos.**

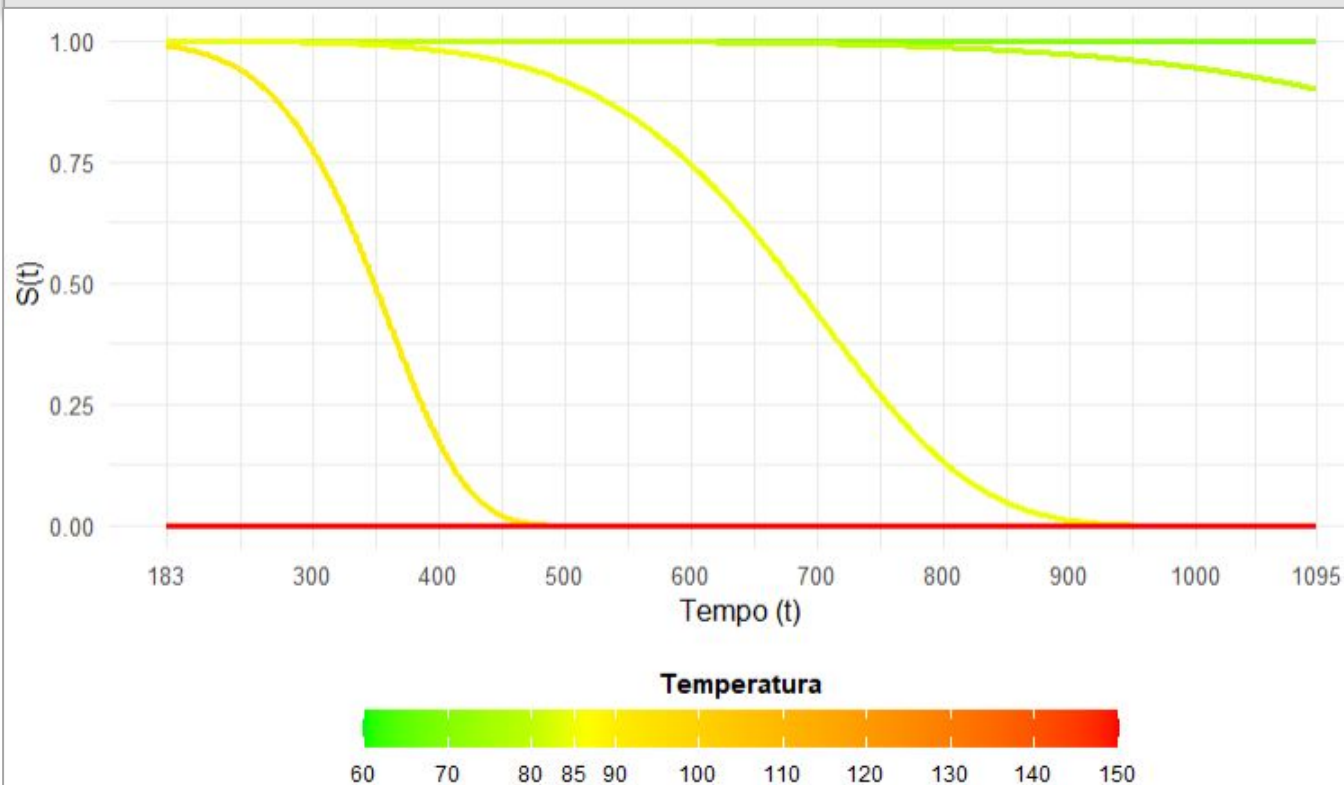
Temp. ° C	t (dias)	S(t)	IC (95%) inferior	IC (95%) superior
85	183	0,99	0,20	>0,99
85	365	0,95	<0,01	>0,99
85	548	0,85	<0,01	>0,99
85	730	0,33	<0,01	>0,99
85	913	0,01	<0,01	>0,99
85	1095	0,00	<0,01	0,99
90	183	0,99	<0,01	>0,99
90	365	0,38	<0,01	>0,99
90	548	0,00	<0,01	0,99
90	730	0,00	<0,01	0,98
90	913	0,00	<0,01	0,95
90	1095	0,00	<0,01	0,85
100	183	0,00	<0,01	0,98
100	365	0,00	<0,01	0,06
100	548 até 1095	0,00	<0,01	<0,01
110	> 183	0,00	<0,01	<0,01
120	> 183	0,00	<0,01	<0,01
130	> 183	0,00	<0,01	<0,01
140	> 183	0,00	<0,01	<0,01
150	> 183	0,00	<0,01	<0,01

**Figura 1: Curva de Sobrevivência para 0 a 10 dias**



Temperaturas de 95 e 110 apresentam valores muito próximos de 1

**Figura 2: Curva de Sobrevivência para 183 a 1095 dias**



Temperaturas de 60 e 70 apresentam valores muito próximos de 1

Temperaturas de 100 a 150 apresentam valores muito próximos de 0

- Os intervalos de confiança são pouco informativos, devido ao tamanho amostral pequeno (poucas unidades de fluido que foram testadas);
- Não tivemos acesso aos dados brutos (com 5 unidades para cada composto);
- Os compostos (fluidos) têm diferenças de formulação, mas isso não foi considerado, devido ao pequeno tamanho amostral, os fluidos foram agregados.



# Processos de Degradação

- A análise de dados de degradação é muito utilizada quando há poucas ou nenhuma falha;
- Nos ensaios destrutivos, apenas uma medição é realizada em cada unidade de teste;
- A análise é fundamentada no tempo de primeira passagem pelo threshold (limiar) especificado;
- Esta abordagem permite estimar a distribuição dos tempos de falha sob diferentes contextos de aceleração (temperaturas).\*

\*Escobar, L.A., Meeker, W.Q., Kugler, D.L., & Kramer, L.L. (2003). Accelerated Destructive Degradation Tests: Data, Models, and Analysis.



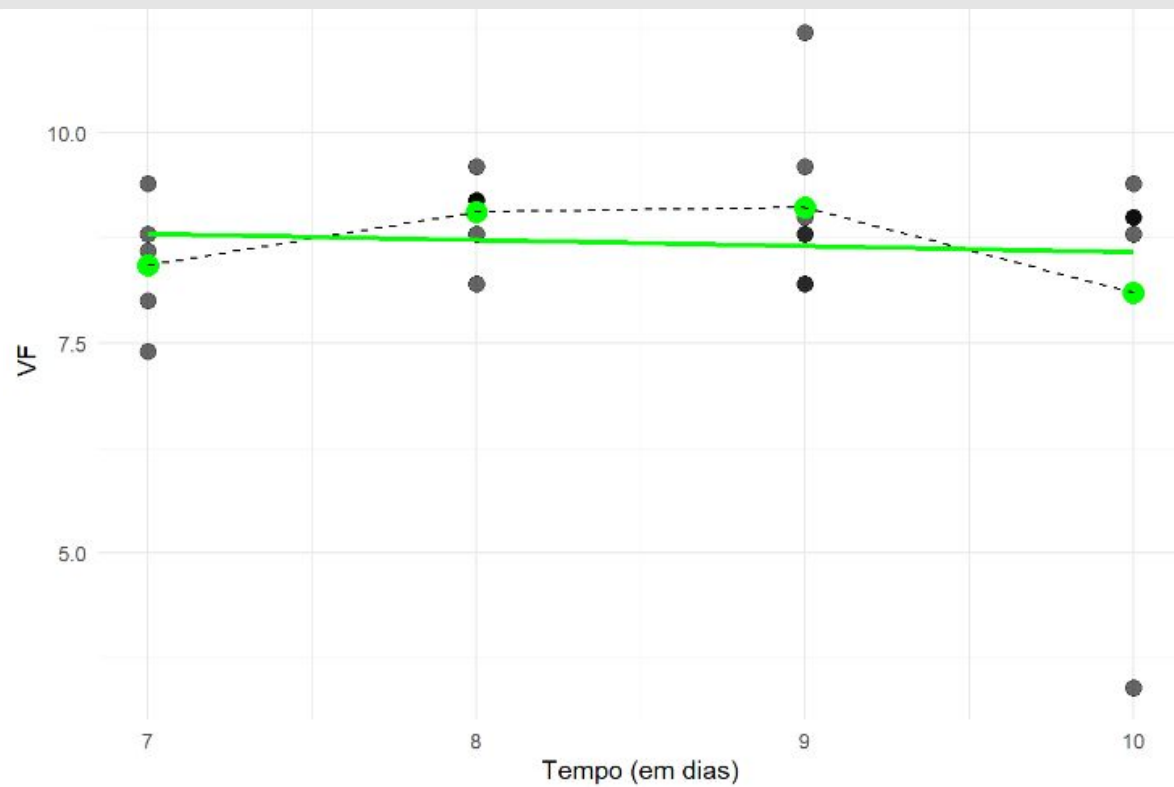
**Quadro 5: Dados do experimento – Volume do Filtrado**

Ambiente		95 ° C			110 ° C			140 ° C			150 ° C		
K	média	t	K	média	K	K	média	t	K	média	K	K	média
4	8,25	7	7	8,4286	7	7	9,2000	4	6	9,6000	1	7	9,1714
		8	7	9,0571	8	7	8,8000	5	6	10,3000	2	7	10,4286
		9	7	9,1143	9	7	8,1429	6	7	11,5429	3	7	10,7143
		10	6	8,1000	10	7	8,8857	7	7	45,2000	4	7	15,3714
								8	7	30,6857	5	7	36,6571
								9	7	30,9143	6	7	93,8857
								10	7	32,2857			

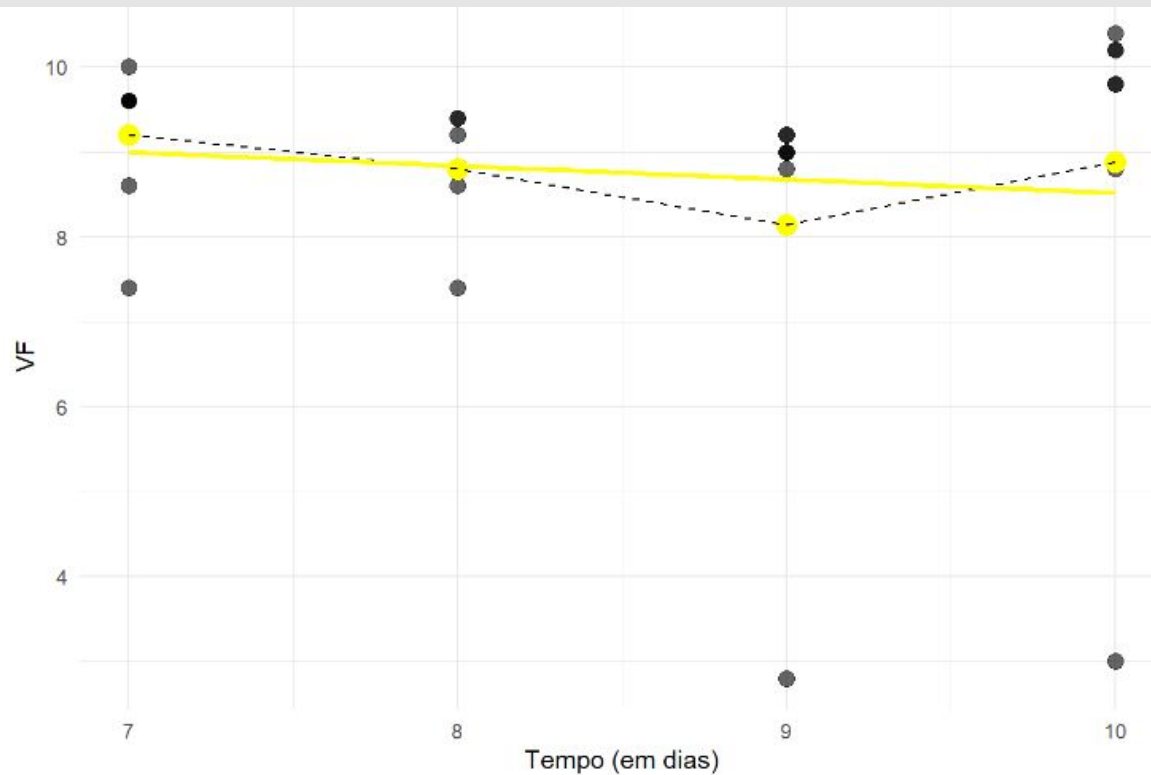




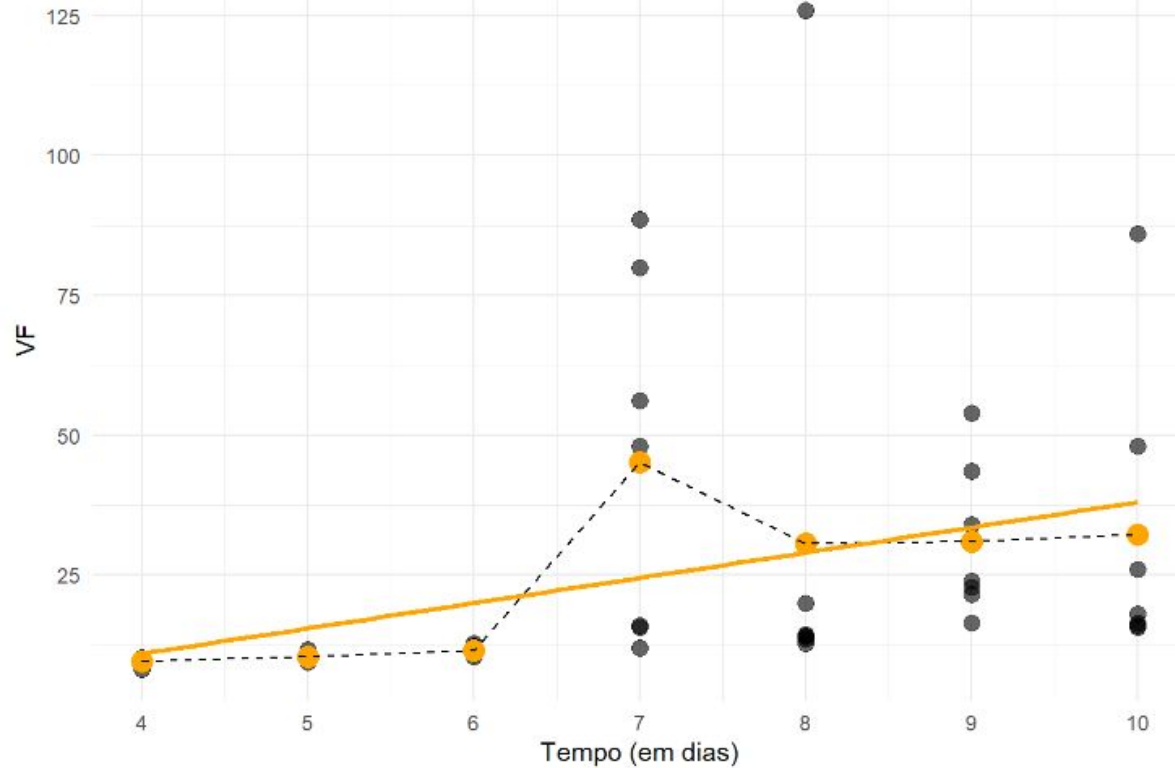
**Figura 3: Caminhos de degradação – Variável VF (95°C)**



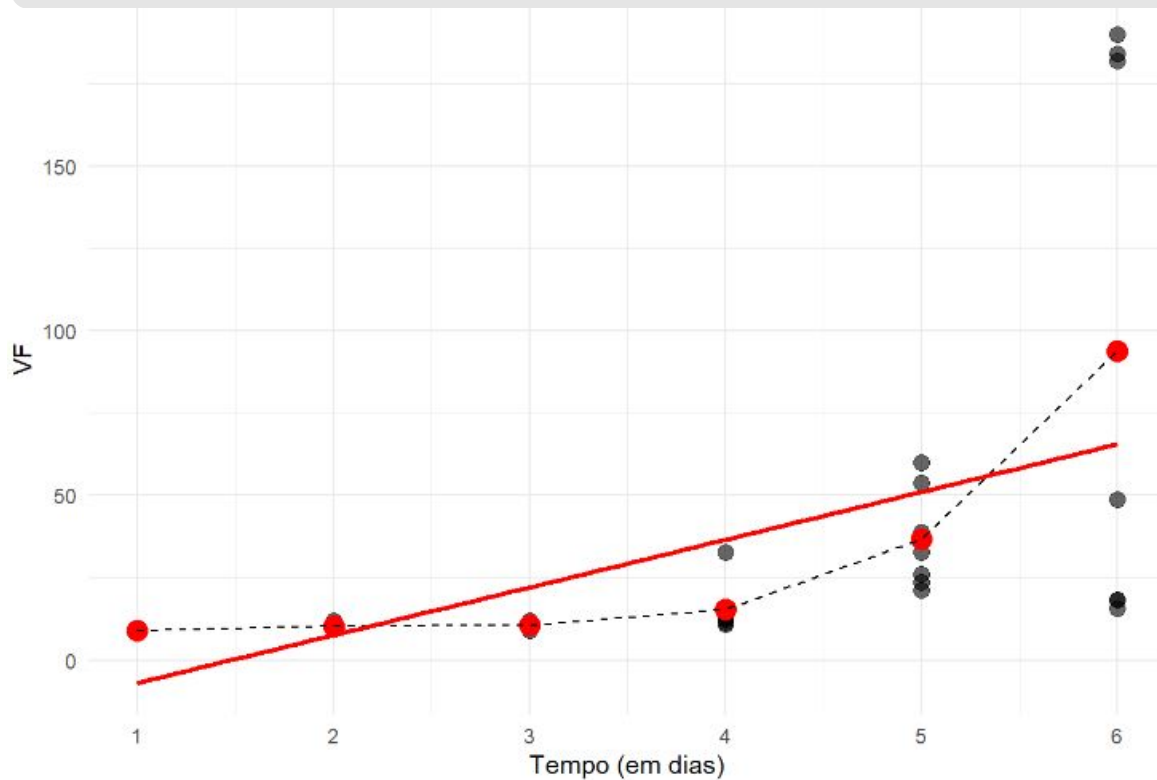
**Figura 4: Caminhos de degradação – Variável VF (110°C)**



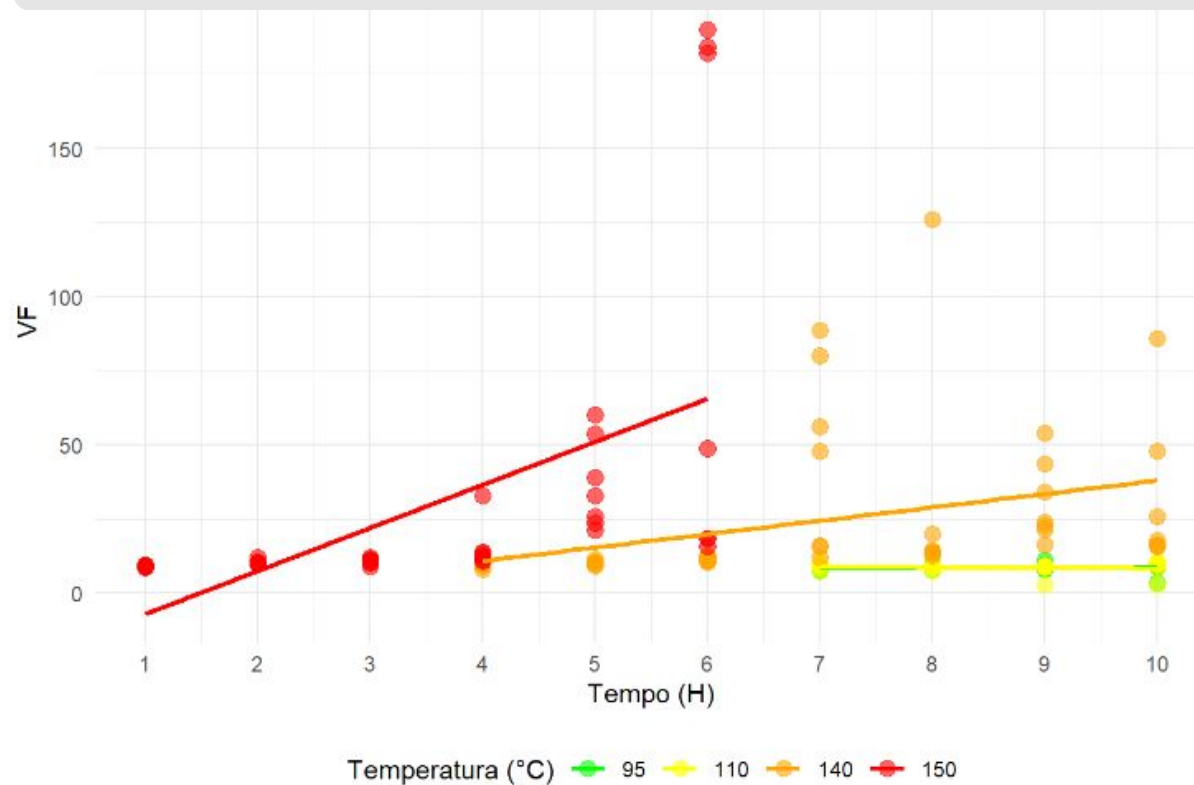
**Figura 5: Caminhos de degradação – Variável VF (140°C)**



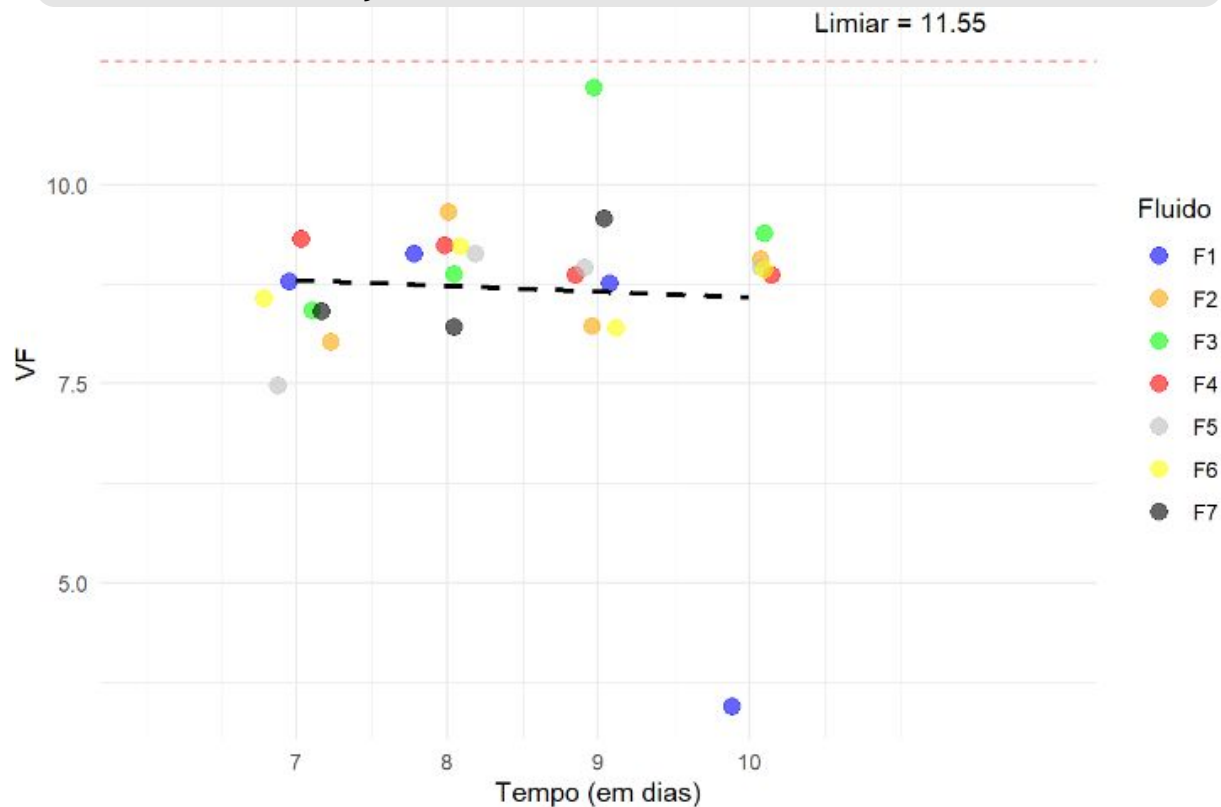
**Figura 6: Caminhos de degradação – Variável VF (150°C)**



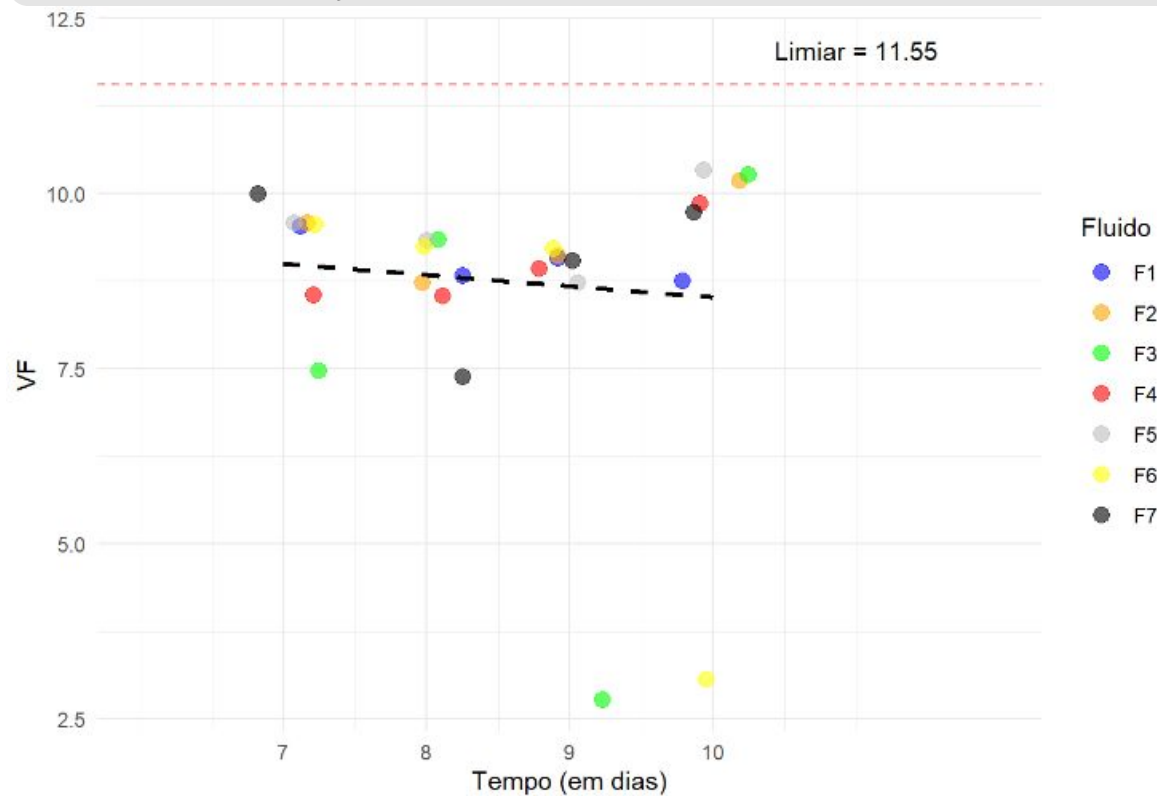
**Figura 7: Caminhos de degradação – Variável VF**



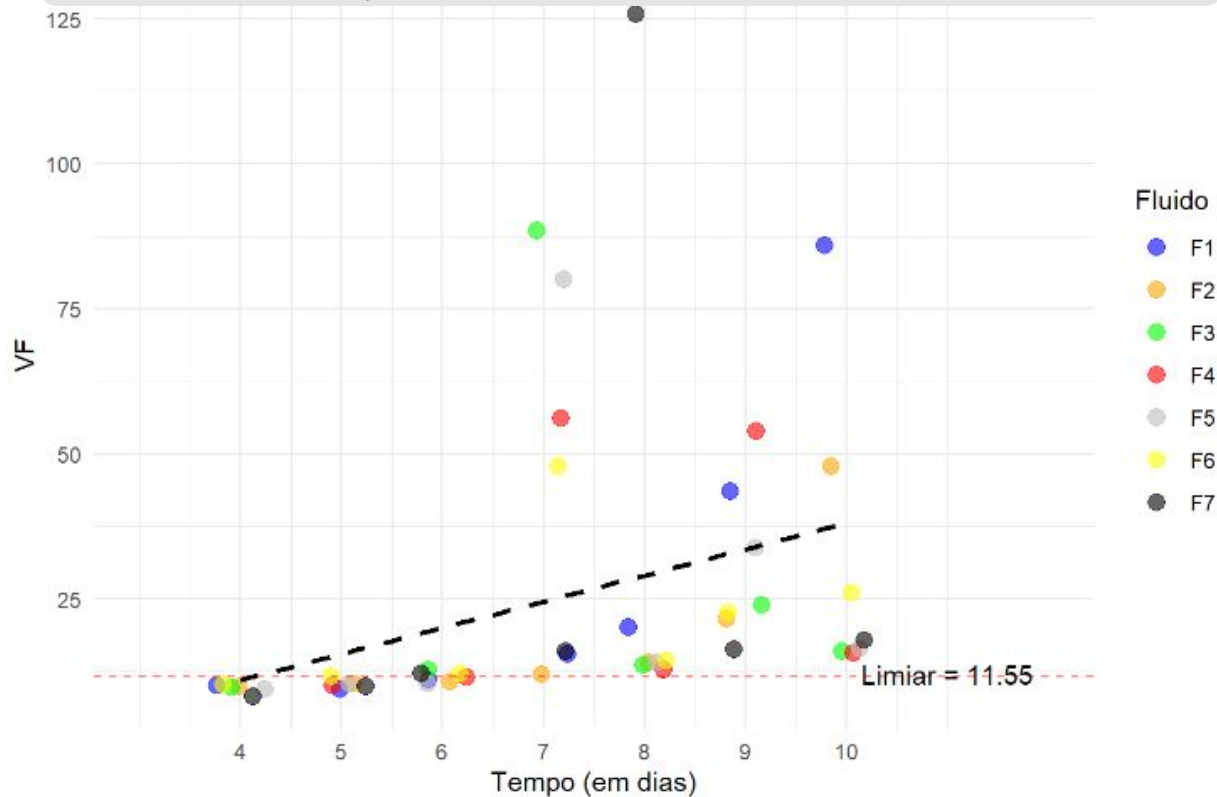
**Figura 8: Caminhos de degradação – Variável VF (95°C) com a visualização dos Fluidos e limiar**



**Figura 9: Caminhos de degradação – Variável VF (110°C) com a visualização dos Fluidos e limiar**

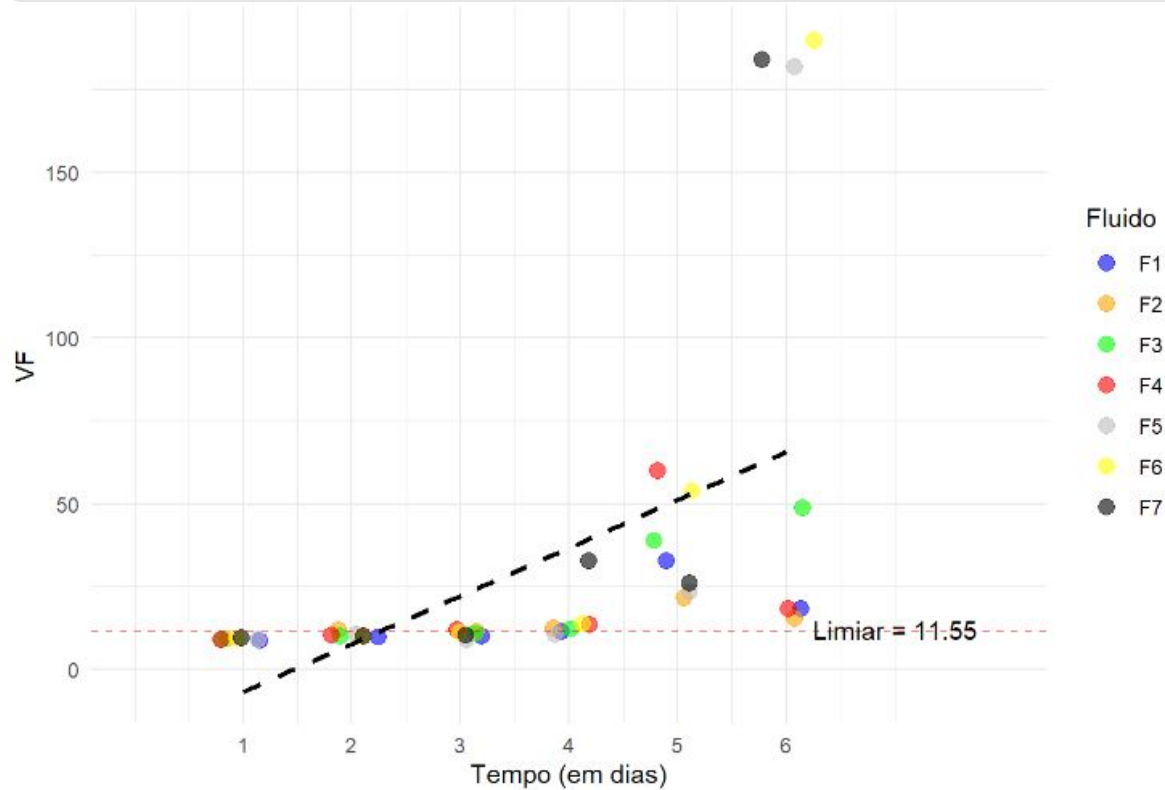


**Figura 10: Caminhos de degradação – Variável VF (140°C) com a visualização dos Fluidos e limiar**





**Figura 11: Caminhos de degradação – Variável VF (150°C) com a visualização dos Fluidos e limiar**



- Qual a temperatura ambiente considerada?
- Além do aumento de VF de 40%, qual critério de redução dos parâmetros reológicos caracteriza falha?
- Como se explicam os saltos para volumes de filtrado muito altos?



- Qual a temperatura ambiente considerada?
- A redução dos parâmetros reológicos foi considerada como critério de falha?
- Como se explicam os saltos para volumes de filtrado muito altos?
- O algoritmo EM pode ser bastante sensível aos valores dos parâmetros iniciais\*. Como essa questão foi tratada?

\*Baudry, J. P., & Celeux, G. (2015). EM for mixtures: Initialization requires special care. *Statistics and computing*, 25, 713-726. Panić, B., Klemenc, J., & Nagode, M. (2020). Improved initialization of the em algorithm for mixture model parameter estimation. *Mathematics*, 8(3), 373.



## Quadro 6: Valores de VF - para verificar consistência

Tabela A4- Propriedades dos fluidos expostos à temperatura de 140°C.

8 dias	F1	9.7	8.64	3.888	3.153	0.2995	0.9939	20.0
	F2	9.8	9.00	4.626	3.214	0.3487	0.9956	14.0
	F3	9.8	8.93	10.345	2.852	0.3915	0.9955	13.6
	F4	9.8	8.89	10.928	2.416	0.4081	0.9959	12.8
	F5	9.8	8.98	9.814	3.171	0.3852	0.9950	14.0
	F6	9.7	8.96	9.166	3.250	0.3578	0.9942	14.4
	F7	9.7	6.84	4.319	0.186	0.7438	0.9450	126.0

Tabela A5- Propriedades dos fluidos expostos à temperatura de 150°C.

6 dias	F1	9.7	8.60	5.572	2.668	0.3454	0.9910	18.4
	F2	9.8	8.74	4.833	1.690	0.3980	0.9928	15.6
	F3	9.7	8.18	3.049	3.033	0.2865	0.9649	48.8
	F4	9.9	9.49	15.526	0.102	0.9703	0.9865	18.4
	F5	9.8	6.60	6.991	0.267	0.7788	0.9192	182.0
	F6	9.8	6.45	4.619	0.139	0.8043	0.9395	190.0
	F7	9.8	6.57	10.487	0.078	0.9206	0.8594	184.0



**Quadro 7: Exemplo de Banco de Dados Brutos**

Temp.	Tempo	ID	Fluido	Densidade	PH	Parâmetros Reológicos	VF	Falha?
95°C	7 dias	1	F1	9,4	10,55	-	8,8	NAO
95°C	7 dias	2	F1	9	10,53	-	8,0	NAO
95°C	7 dias	3	F1	8	10,52	-	8,3	NAO
95°C	7 dias	4	F1	7	10,51	-	8,2	NAO
95°C	7 dias	5	F1	9	10,64	-	8,4	NAO
95°C	7 dias	6	F2	10	10,60	-	9,4	NAO
95°C	7 dias	7	F2	9,2	9,88	-	7,4	NAO
95°C	7 dias	8	F2	9,3	10,35	-	8,6	NAO
95°C	7 dias	9	F2	9,4	10,36	-	7,2	NAO
95°C	7 dias	...	...	...	...	...	...	...
95°C	7 dias	21	F5	9,3	10,64	-	11,3	SIM
95°C	7 dias	22	F5	10	10,57	-	6,9	NAO
95°C	7 dias	23	F5	9,2	10,54	-	8,8	NAO
95°C	7 dias	24	F5	9,3	10,56	-	8,2	NAO
95°C	7 dias	25	F5	9,5	10,55	-	8,1	NAO

Preencher para todas as temperaturas testadas e tempos de inspeção

Preencher os parâmetros reológicos e identificar a falha (ou não falha) com base nos critérios

# Tabela exemplo dos dados que gostaríamos de ter

Id	Tempo	Fluido	Temperatura	Densidade	Falha
1	7 dias	F1	95	9,4	1
2	7 dias	F1	95	9	1
3	7 dias	F1	95	8	0
4	7 dias	F1	95	7	0
5	7 dias	F1	95	9	1
6	7 dias	F2	95	10	1
7	7 dias	F2	95	9,2	1
8	7 dias	F2	95	9,3	0
9	7 dias	F2	95	9,4	0
10	7 dias	F2	95	9	1
11	7 dias	F3	95	8	1
12	7 dias	F3	95	7	1
13	7 dias	F3	95	9	0
14	7 dias	F3	95	10	0
15	7 dias	F3	95	9,2	1
16	7 dias	F4	95	9,3	1
17	7 dias	F4	95	10	1
18	7 dias	F4	95	9,2	0
19	7 dias	F4	95	9,3	0
20	7 dias	F4	95	9,5	1

# Tabela exemplo dos dados que gostaríamos de ter

Temperatura = xx							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
7 dias	8,8	8	8,4	9,4	7,4	8,6	8,4
	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
8 dias	9,2	9,6	8,8	9,2	9,2	9,2	8,2
	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
9 dias	8,8	8,2	11,2	8,8	9	8,2	9,6
	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
10 dias	3,4	9	9,4	8,8	9	9	**
	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx