

T1 - Análise de Implementações Concorrentes para o Problema dos Filósofos Jantando - Hierarquia de recursos e Árbitro

Cristiano M Martins - Grupo 10

12 de abril de 2023

1 Introdução

Neste trabalho, duas implementações concorrentes foram utilizadas para avaliar o problema dos filósofos jantando: Hierarquia de Recursos e Árbitro.

1.1 Funcionamento geral das soluções

- **Hierarquia de Recursos:** Cada filósofo primeiro pega o garfo com o menor número e, em seguida, o garfo com o maior número. Dessa forma, o deadlock é evitado, já que pelo menos um filósofo sempre terá os dois garfos disponíveis, e com um número específico.
- **Árbitro:** Um árbitro centralizado gerencia o acesso aos garfos. Os filósofos solicitam ao árbitro permissão para pegar os garfos e o árbitro concede permissão apenas quando ambos os garfos estão disponíveis.

1.2 Mecanismos de sincronização

- **Hierarquia de Recursos:** Usa a sincronização em blocos `synchronized` do Java para garantir que apenas um filósofo possa pegar os garfos de cada vez.
- **Árbitro:** Usa os métodos `synchronized` do Java para garantir a exclusão mútua no acesso aos garfos.

1.3 Implementação na linguagem Java

- A linguagem Java tem o recurso de blocos `synchronized` e métodos `synchronized` para garantir a exclusão mútua no acesso aos recursos compartilhados. As soluções implementadas utilizam esses recursos para garantir que ocorra a sincronização entre os filósofos nos recursos compartilhados.

1.4 Evitando deadlock e starvation

- **Hierarquia de Recursos:** O deadlock é evitado pela ordem de aquisição dos garfos (menor número primeiro). Starvation tem menor chance de acontecer, pois ainda pode haver situações em que um filósofo fique sem comer por um tempo indefinido.
- **Árbitro:** O deadlock é evitado, pois o árbitro concede acesso aos garfos apenas quando ambos estão disponíveis. Starvation também é evitado, pois o árbitro usa o mecanismo de notificação (`notifyAll`) para informar todos os filósofos quando os garfos são liberados, permitindo que eles tentem pegar os garfos novamente.

1.5 Nível de concorrência obtido de cada solução

- **Hierarquia de Recursos:** Essa solução apresenta um bom nível de concorrência, pois os filósofos não precisam esperar por uma ordem específica para pegar os garfos. No entanto, essa abordagem ainda é inferior a uma versão totalmente sequencial, uma vez que os filósofos devem esperar pela liberação dos garfos.
- **Árbitro:** A solução com o árbitro permite que os filósofos pensem e comam de forma concorrente, melhorando a concorrência em comparação à versão sequencial.

Durante as execuções, a versão de Hierarquia de recursos e Árbitro apresentaram um tempo de execução semelhante, algumas vezes muito próximos e sempre inferiores ao tempo da versão sequencial. No entanto a versão do Árbitro mostrou um desempenho um pouco melhor que as outras versões nos testes realizados.

2 Execução

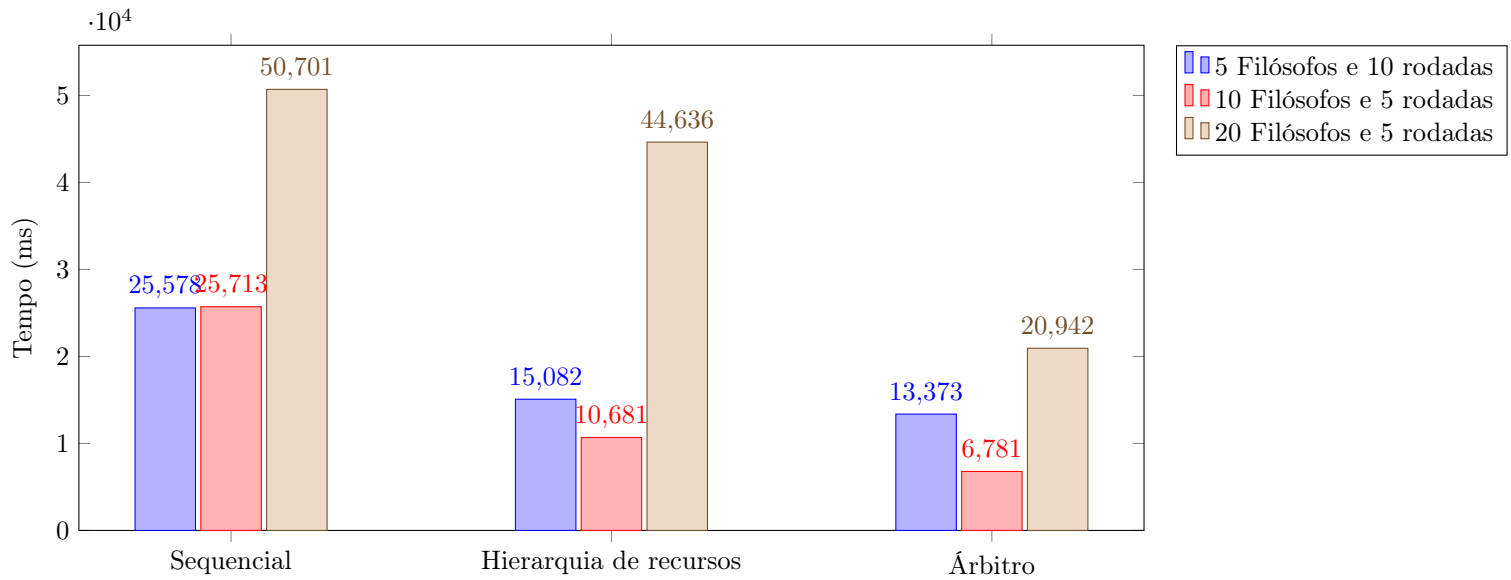


Figura 1: Comparação do tempo de execução entre as soluções Sequencial, Hierarquia de recursos e Árbitro

2.1 Logs da execução

Saída de todas as versões dos filósofos, na ordem Sequencial, Hierarquia de Recursos e Árbitro. Foi capturado os logs para 10 rodadas de cada uma das versões:

```

1 Executando solucao sequencial...
2 SEQ - Rodada 0----- Filosofo 0
3 Filosofo 0 esta pensando...
4 Filosofo 0 esta comendo...
5 SEQ - Rodada 1----- Filosofo 0
6 Filosofo 0 esta pensando...
7 Filosofo 0 esta comendo...
8 SEQ - Rodada 2----- Filosofo 0
9 Filosofo 0 esta pensando...
10 Filosofo 0 esta comendo...
11 SEQ - Rodada 3----- Filosofo 0
12 Filosofo 0 esta pensando...
13 Filosofo 0 esta comendo...
14 SEQ - Rodada 4----- Filosofo 0
15 Filosofo 0 esta pensando...
16 Filosofo 0 esta comendo...
17 SEQ - Rodada 5----- Filosofo 0
18 Filosofo 0 esta pensando...
19 Filosofo 0 esta comendo...
20 SEQ - Rodada 6----- Filosofo 0
21 Filosofo 0 esta pensando...
22 Filosofo 0 esta comendo...
23 SEQ - Rodada 7----- Filosofo 0
24 Filosofo 0 esta pensando...
25 Filosofo 0 esta comendo...
26 SEQ - Rodada 8----- Filosofo 0
27 Filosofo 0 esta pensando...
28 Filosofo 0 esta comendo...
29 SEQ - Rodada 9----- Filosofo 0
30 Filosofo 0 esta pensando...
31 Filosofo 0 esta comendo...
32 SEQ - Rodada 0----- Filosofo 1
33   Filosofo 1 esta pensando...
34   Filosofo 1 esta comendo...
35 SEQ - Rodada 1----- Filosofo 1
36   Filosofo 1 esta pensando...
37   Filosofo 1 esta comendo...
38 SEQ - Rodada 2----- Filosofo 1
39   Filosofo 1 esta pensando...
40   Filosofo 1 esta comendo...
41 SEQ - Rodada 3----- Filosofo 1

```

```

42 Filosofo 1 esta pensando...
43 Filosofo 1 esta comendo...
44 SEQ - Rodada 4----- Filosofo 1
45 Filosofo 1 esta pensando...
46 Filosofo 1 esta comendo...
47 SEQ - Rodada 5----- Filosofo 1
48 Filosofo 1 esta pensando...
49 Filosofo 1 esta comendo...
50 SEQ - Rodada 6----- Filosofo 1
51 Filosofo 1 esta pensando...
52 Filosofo 1 esta comendo...
53 SEQ - Rodada 7----- Filosofo 1
54 Filosofo 1 esta pensando...
55 Filosofo 1 esta comendo...
56 SEQ - Rodada 8----- Filosofo 1
57 Filosofo 1 esta pensando...
58 Filosofo 1 esta comendo...
59 SEQ - Rodada 9----- Filosofo 1
60 Filosofo 1 esta pensando...
61 Filosofo 1 esta comendo...
62 SEQ - Rodada 0----- Filosofo 2
63 Filosofo 2 esta pensando...
64 Filosofo 2 esta comendo...
65 SEQ - Rodada 1----- Filosofo 2
66 Filosofo 2 esta pensando...
67 Filosofo 2 esta comendo...
68 SEQ - Rodada 2----- Filosofo 2
69 Filosofo 2 esta pensando...
70 Filosofo 2 esta comendo...
71 SEQ - Rodada 3----- Filosofo 2
72 Filosofo 2 esta pensando...
73 Filosofo 2 esta comendo...
74 SEQ - Rodada 4----- Filosofo 2
75 Filosofo 2 esta pensando...
76 Filosofo 2 esta comendo...
77 SEQ - Rodada 5----- Filosofo 2
78 Filosofo 2 esta pensando...
79 Filosofo 2 esta comendo...
80 SEQ - Rodada 6----- Filosofo 2
81 Filosofo 2 esta pensando...
82 Filosofo 2 esta comendo...
83 SEQ - Rodada 7----- Filosofo 2
84 Filosofo 2 esta pensando...
85 Filosofo 2 esta comendo...
86 SEQ - Rodada 8----- Filosofo 2
87 Filosofo 2 esta pensando...
88 Filosofo 2 esta comendo...
89 SEQ - Rodada 9----- Filosofo 2
90 Filosofo 2 esta pensando...
91 Filosofo 2 esta comendo...
92 SEQ - Rodada 0----- Filosofo 3
93 Filosofo 3 esta pensando...
94 Filosofo 3 esta comendo...
95 SEQ - Rodada 1----- Filosofo 3
96 Filosofo 3 esta pensando...
97 Filosofo 3 esta comendo...
98 SEQ - Rodada 2----- Filosofo 3
99 Filosofo 3 esta pensando...
100 Filosofo 3 esta comendo...
101 SEQ - Rodada 3----- Filosofo 3
102 Filosofo 3 esta pensando...
103 Filosofo 3 esta comendo...
104 SEQ - Rodada 4----- Filosofo 3
105 Filosofo 3 esta pensando...
106 Filosofo 3 esta comendo...
107 SEQ - Rodada 5----- Filosofo 3
108 Filosofo 3 esta pensando...
109 Filosofo 3 esta comendo...
110 SEQ - Rodada 6----- Filosofo 3
111 Filosofo 3 esta pensando...
112 Filosofo 3 esta comendo...
113 SEQ - Rodada 7----- Filosofo 3
114 Filosofo 3 esta pensando...
115 Filosofo 3 esta comendo...
116 SEQ - Rodada 8----- Filosofo 3
117 Filosofo 3 esta pensando...
118 Filosofo 3 esta comendo...

```

```

119 SEQ - Rodada 9----- Filosofo 3
120     Filosofo 3 esta pensando...
121     Filosofo 3 esta comendo...
122 SEQ - Rodada 0----- Filosofo 4
123     Filosofo 4 esta pensando...
124     Filosofo 4 esta comendo...
125 SEQ - Rodada 1----- Filosofo 4
126     Filosofo 4 esta pensando...
127     Filosofo 4 esta comendo...
128 SEQ - Rodada 2----- Filosofo 4
129     Filosofo 4 esta pensando...
130     Filosofo 4 esta comendo...
131 SEQ - Rodada 3----- Filosofo 4
132     Filosofo 4 esta pensando...
133     Filosofo 4 esta comendo...
134 SEQ - Rodada 4----- Filosofo 4
135     Filosofo 4 esta pensando...
136     Filosofo 4 esta comendo...
137 SEQ - Rodada 5----- Filosofo 4
138     Filosofo 4 esta pensando...
139     Filosofo 4 esta comendo...
140 SEQ - Rodada 6----- Filosofo 4
141     Filosofo 4 esta pensando...
142     Filosofo 4 esta comendo...
143 SEQ - Rodada 7----- Filosofo 4
144     Filosofo 4 esta pensando...
145     Filosofo 4 esta comendo...
146 SEQ - Rodada 8----- Filosofo 4
147     Filosofo 4 esta pensando...
148     Filosofo 4 esta comendo...
149 SEQ - Rodada 9----- Filosofo 4
150     Filosofo 4 esta pensando...
151     Filosofo 4 esta comendo...
152 Tempo total de solicita o de garfos: 25578ms
153
154
155 Executando solucao Resource Hierarchy...
156 RH - Rodada 0----- Filosofo 0
157     Filosofo 0 esta pensando...
158 RH - Rodada 0----- Filosofo 1
159     Filosofo 1 esta pensando...
160 RH - Rodada 0----- Filosofo 2
161     Filosofo 2 esta pensando...
162 RH - Rodada 0----- Filosofo 3
163     Filosofo 3 esta pensando...
164 RH - Rodada 0----- Filosofo 4
165     Filosofo 4 esta pensando...
166     Filosofo 4 esta comendo...
167 RH - Rodada 1----- Filosofo 4
168     Filosofo 3 esta comendo...
169     Filosofo 4 esta pensando...
170 RH - Rodada 1----- Filosofo 3
171     Filosofo 2 esta comendo...
172     Filosofo 3 esta pensando...
173 RH - Rodada 1----- Filosofo 2
174     Filosofo 3 esta comendo...
175     Filosofo 1 esta comendo...
176     Filosofo 2 esta pensando...
177 RH - Rodada 2----- Filosofo 3
178 RH - Rodada 1----- Filosofo 1
179     Filosofo 2 esta comendo...
180     Filosofo 3 esta pensando...
181     Filosofo 0 esta comendo...
182     Filosofo 1 esta pensando...
183 RH - Rodada 2----- Filosofo 2
184     Filosofo 2 esta pensando...
185 RH - Rodada 1----- Filosofo 0
186     Filosofo 0 esta pensando...
187     Filosofo 3 esta comendo...
188     Filosofo 1 esta comendo...
189 RH - Rodada 3----- Filosofo 3
190 RH - Rodada 2----- Filosofo 1
191     Filosofo 4 esta comendo...
192     Filosofo 1 esta pensando...
193     Filosofo 3 esta pensando...
194     Filosofo 2 esta comendo...
195 RH - Rodada 2----- Filosofo 4

```

```

196 RH - Rodada 3----- Filosofo 2
197     Filosofo 1 esta comendo...
198     Filosofo 4 esta pensando...
199     Filosofo 2 esta pensando...
200     Filosofo 3 esta comendo...
201 RH - Rodada 4----- Filosofo 3
202 RH - Rodada 3----- Filosofo 1
203     Filosofo 1 esta pensando...
204 Filosofo 0 esta comendo...
205     Filosofo 2 esta comendo...
206     Filosofo 3 esta pensando...
207 RH - Rodada 4----- Filosofo 2
208 RH - Rodada 2----- Filosofo 0
209 Filosofo 0 esta pensando...
210     Filosofo 1 esta comendo...
211     Filosofo 4 esta comendo...
212     Filosofo 2 esta pensando...
213 RH - Rodada 4----- Filosofo 1
214 RH - Rodada 3----- Filosofo 4
215     Filosofo 1 esta pensando...
216     Filosofo 3 esta comendo...
217     Filosofo 4 esta pensando...
218 Filosofo 0 esta comendo...
219 RH - Rodada 3----- Filosofo 0
220 RH - Rodada 5----- Filosofo 3
221     Filosofo 2 esta comendo...
222 Filosofo 0 esta pensando...
223     Filosofo 3 esta pensando...
224     Filosofo 4 esta comendo...
225 RH - Rodada 4----- Filosofo 4
226 RH - Rodada 5----- Filosofo 2
227     Filosofo 3 esta comendo...
228     Filosofo 4 esta pensando...
229     Filosofo 1 esta comendo...
230     Filosofo 2 esta pensando...
231 RH - Rodada 6----- Filosofo 3
232 RH - Rodada 5----- Filosofo 1
233 Filosofo 0 esta comendo...
234     Filosofo 2 esta comendo...
235     Filosofo 3 esta pensando...
236     Filosofo 1 esta pensando...
237 RH - Rodada 4----- Filosofo 0
238 RH - Rodada 6----- Filosofo 2
239     Filosofo 3 esta comendo...
240 Filosofo 0 esta pensando...
241     Filosofo 2 esta pensando...
242     Filosofo 1 esta comendo...
243 RH - Rodada 7----- Filosofo 3
244 RH - Rodada 6----- Filosofo 1
245     Filosofo 2 esta comendo...
246     Filosofo 3 esta pensando...
247     Filosofo 4 esta comendo...
248     Filosofo 1 esta pensando...
249 RH - Rodada 7----- Filosofo 2
250     Filosofo 1 esta comendo...
251     Filosofo 2 esta pensando...
252 RH - Rodada 5----- Filosofo 4
253     Filosofo 3 esta comendo...
254     Filosofo 4 esta pensando...
255 RH - Rodada 7----- Filosofo 1
256 RH - Rodada 8----- Filosofo 3
257     Filosofo 2 esta comendo...
258     Filosofo 1 esta pensando...
259 Filosofo 0 esta comendo...
260     Filosofo 3 esta pensando...
261 RH - Rodada 8----- Filosofo 2
262     Filosofo 1 esta comendo...
263     Filosofo 3 esta comendo...
264 RH - Rodada 5----- Filosofo 0
265     Filosofo 2 esta pensando...
266 Filosofo 0 esta pensando...
267 RH - Rodada 9----- Filosofo 3
268 RH - Rodada 8----- Filosofo 1
269     Filosofo 4 esta comendo...
270     Filosofo 2 esta comendo...
271     Filosofo 1 esta pensando...
272     Filosofo 3 esta pensando...

```

```

273 RH - Rodada 9----- Filosofo 2
274 RH - Rodada 6----- Filosofo 4
275     Filosofo 3 esta comendo...
276     Filosofo 2 esta pensando...
277     Filosofo 1 esta comendo...
278     Filosofo 4 esta pensando...
279 RH - Rodada 9----- Filosofo 1
280 Filosofo 0 esta comendo...
281     Filosofo 2 esta comendo...
282     Filosofo 1 esta pensando...
283 RH - Rodada 6----- Filosofo 0
284 Filosofo 0 esta pensando...
285     Filosofo 1 esta comendo...
286     Filosofo 4 esta comendo...
287 RH - Rodada 7----- Filosofo 4
288 Filosofo 0 esta comendo...
289     Filosofo 4 esta pensando...
290 RH - Rodada 7----- Filosofo 0
291 Filosofo 0 esta pensando...
292     Filosofo 4 esta comendo...
293 RH - Rodada 8----- Filosofo 4
294     Filosofo 4 esta pensando...
295 Filosofo 0 esta comendo...
296 RH - Rodada 8----- Filosofo 0
297     Filosofo 4 esta comendo...
298 Filosofo 0 esta pensando...
299 RH - Rodada 9----- Filosofo 4
300 Filosofo 0 esta comendo...
301     Filosofo 4 esta pensando...
302 RH - Rodada 9----- Filosofo 0
303     Filosofo 4 esta comendo...
304 Filosofo 0 esta pensando...
305 Filosofo 0 esta comendo...
306 Tempo total de solicita o de garfos: 15082ms
307
308
309 Executando solucao Arbitrator...
310 AR - Rodada 0----- Filosofo 0
311 Filosofo 0 esta pensando...
312 AR - Rodada 0----- Filosofo 1
313     Filosofo 1 esta pensando...
314 AR - Rodada 0----- Filosofo 2
315     Filosofo 2 esta pensando...
316 AR - Rodada 0----- Filosofo 3
317     Filosofo 3 esta pensando...
318 AR - Rodada 0----- Filosofo 4
319     Filosofo 4 esta pensando...
320 Filosofo 0 est utilizando os garfos 0 e 1
321 Filosofo 0 esta comendo...
322 Filosofo 3 est utilizando os garfos 3 e 4
323     Filosofo 3 esta comendo...
324 Filosofo 0 liberou os garfos 0 e 1
325 AR - Rodada 1----- Filosofo 0
326 Filosofo 1 est utilizando os garfos 1 e 2
327 Filosofo 0 esta pensando...
328     Filosofo 1 esta comendo...
329 Filosofo 3 liberou os garfos 3 e 4
330 AR - Rodada 1----- Filosofo 3
331 Filosofo 4 est utilizando os garfos 4 e 0
332     Filosofo 3 esta pensando...
333     Filosofo 4 esta comendo...
334 Filosofo 1 liberou os garfos 1 e 2
335 AR - Rodada 1----- Filosofo 1
336 Filosofo 2 est utilizando os garfos 2 e 3
337     Filosofo 1 esta pensando...
338     Filosofo 2 esta comendo...
339 Filosofo 4 liberou os garfos 4 e 0
340 AR - Rodada 1----- Filosofo 4
341     Filosofo 4 esta pensando...
342 Filosofo 0 est utilizando os garfos 0 e 1
343 Filosofo 0 esta comendo...
344 Filosofo 2 liberou os garfos 2 e 3
345 AR - Rodada 1----- Filosofo 2
346     Filosofo 2 esta pensando...
347 Filosofo 3 est utilizando os garfos 3 e 4
348     Filosofo 3 esta comendo...
349 Filosofo 0 liberou os garfos 0 e 1

```

```

350 AR - Rodada 2----- Filosofo 0
351 Filosofo 0 esta pensando...
352 Filosofo 1 est utilizando os garfos 1 e 2
353 Filosofo 1 esta comendo...
354 Filosofo 3 liberou os garfos 3 e 4
355 AR - Rodada 2----- Filosofo 3
356 Filosofo 3 esta pensando...
357 Filosofo 4 est utilizando os garfos 4 e 0
358 Filosofo 4 esta comendo...
359 Filosofo 1 liberou os garfos 1 e 2
360 AR - Rodada 2----- Filosofo 1
361 Filosofo 2 est utilizando os garfos 2 e 3
362 Filosofo 1 esta pensando...
363 Filosofo 2 esta comendo...
364 Filosofo 4 liberou os garfos 4 e 0
365 AR - Rodada 2----- Filosofo 4
366 Filosofo 0 est utilizando os garfos 0 e 1
367 Filosofo 4 esta pensando...
368 Filosofo 0 esta comendo...
369 Filosofo 2 liberou os garfos 2 e 3
370 AR - Rodada 2----- Filosofo 2
371 Filosofo 2 esta pensando...
372 Filosofo 3 est utilizando os garfos 3 e 4
373 Filosofo 3 esta comendo...
374 Filosofo 0 liberou os garfos 0 e 1
375 AR - Rodada 3----- Filosofo 0
376 Filosofo 0 esta pensando...
377 Filosofo 1 est utilizando os garfos 1 e 2
378 Filosofo 1 esta comendo...
379 Filosofo 3 liberou os garfos 3 e 4
380 AR - Rodada 3----- Filosofo 3
381 Filosofo 4 est utilizando os garfos 4 e 0
382 Filosofo 3 esta pensando...
383 Filosofo 4 esta comendo...
384 Filosofo 1 liberou os garfos 1 e 2
385 AR - Rodada 3----- Filosofo 1
386 Filosofo 1 esta pensando...
387 Filosofo 2 est utilizando os garfos 2 e 3
388 Filosofo 2 esta comendo...
389 Filosofo 4 liberou os garfos 4 e 0
390 AR - Rodada 3----- Filosofo 4
391 Filosofo 4 esta pensando...
392 Filosofo 0 est utilizando os garfos 0 e 1
393 Filosofo 0 esta comendo...
394 Filosofo 2 liberou os garfos 2 e 3
395 AR - Rodada 3----- Filosofo 2
396 Filosofo 2 esta pensando...
397 Filosofo 3 est utilizando os garfos 3 e 4
398 Filosofo 3 esta comendo...
399 Filosofo 0 liberou os garfos 0 e 1
400 AR - Rodada 4----- Filosofo 0
401 Filosofo 0 esta pensando...
402 Filosofo 1 est utilizando os garfos 1 e 2
403 Filosofo 1 esta comendo...
404 Filosofo 3 liberou os garfos 3 e 4
405 AR - Rodada 4----- Filosofo 3
406 Filosofo 4 est utilizando os garfos 4 e 0
407 Filosofo 3 esta pensando...
408 Filosofo 4 esta comendo...
409 Filosofo 1 liberou os garfos 1 e 2
410 AR - Rodada 4----- Filosofo 1
411 Filosofo 2 est utilizando os garfos 2 e 3
412 Filosofo 2 esta comendo...
413 Filosofo 1 esta pensando...
414 Filosofo 4 liberou os garfos 4 e 0
415 AR - Rodada 4----- Filosofo 4
416 Filosofo 0 est utilizando os garfos 0 e 1
417 Filosofo 4 esta pensando...
418 Filosofo 0 esta comendo...
419 Filosofo 2 liberou os garfos 2 e 3
420 AR - Rodada 4----- Filosofo 2
421 Filosofo 2 esta pensando...
422 Filosofo 3 est utilizando os garfos 3 e 4
423 Filosofo 3 esta comendo...
424 Filosofo 0 liberou os garfos 0 e 1
425 AR - Rodada 5----- Filosofo 0
426 Filosofo 0 esta pensando...

```

```

427 Filosofo 3 liberou os garfos 3 e 4
428 AR - Rodada 5----- Filosofo 3
429 Filosofo 2 est utilizando os garfos 2 e 3
430 Filosofo 3 esta pensando...
431 Filosofo 2 esta comendo...
432 Filosofo 4 est utilizando os garfos 4 e 0
433 Filosofo 4 esta comendo...
434 Filosofo 2 liberou os garfos 2 e 3
435 AR - Rodada 5----- Filosofo 2
436 Filosofo 1 est utilizando os garfos 1 e 2
437 Filosofo 2 esta pensando...
438 Filosofo 1 esta comendo...
439 Filosofo 4 liberou os garfos 4 e 0
440 AR - Rodada 5----- Filosofo 4
441 Filosofo 4 esta pensando...
442 Filosofo 3 est utilizando os garfos 3 e 4
443 Filosofo 3 esta comendo...
444 Filosofo 1 liberou os garfos 1 e 2
445 AR - Rodada 5----- Filosofo 1
446 Filosofo 0 est utilizando os garfos 0 e 1
447 Filosofo 1 esta pensando...
448 Filosofo 0 esta comendo...
449 Filosofo 3 liberou os garfos 3 e 4
450 AR - Rodada 6----- Filosofo 3
451 Filosofo 3 esta pensando...
452 Filosofo 2 est utilizando os garfos 2 e 3
453 Filosofo 2 esta comendo...
454 Filosofo 0 liberou os garfos 0 e 1
455 AR - Rodada 6----- Filosofo 0
456 Filosofo 4 est utilizando os garfos 4 e 0
457 Filosofo 0 esta pensando...
458 Filosofo 4 esta comendo...
459 Filosofo 2 liberou os garfos 2 e 3
460 AR - Rodada 6----- Filosofo 2
461 Filosofo 2 esta pensando...
462 Filosofo 1 est utilizando os garfos 1 e 2
463 Filosofo 1 esta comendo...
464 Filosofo 4 liberou os garfos 4 e 0
465 AR - Rodada 6----- Filosofo 4
466 Filosofo 4 esta pensando...
467 Filosofo 3 est utilizando os garfos 3 e 4
468 Filosofo 3 esta comendo...
469 Filosofo 1 liberou os garfos 1 e 2
470 AR - Rodada 6----- Filosofo 1
471 Filosofo 1 esta pensando...
472 Filosofo 0 est utilizando os garfos 0 e 1
473 Filosofo 0 esta comendo...
474 Filosofo 3 liberou os garfos 3 e 4
475 AR - Rodada 7----- Filosofo 3
476 Filosofo 3 esta pensando...
477 Filosofo 2 est utilizando os garfos 2 e 3
478 Filosofo 2 esta comendo...
479 Filosofo 0 liberou os garfos 0 e 1
480 AR - Rodada 7----- Filosofo 0
481 Filosofo 0 esta pensando...
482 Filosofo 4 est utilizando os garfos 4 e 0
483 Filosofo 4 esta comendo...
484 Filosofo 2 liberou os garfos 2 e 3
485 AR - Rodada 7----- Filosofo 2
486 Filosofo 2 esta pensando...
487 Filosofo 1 est utilizando os garfos 1 e 2
488 Filosofo 1 esta comendo...
489 Filosofo 4 liberou os garfos 4 e 0
490 AR - Rodada 7----- Filosofo 4
491 Filosofo 4 esta pensando...
492 Filosofo 3 est utilizando os garfos 3 e 4
493 Filosofo 3 esta comendo...
494 Filosofo 1 liberou os garfos 1 e 2
495 AR - Rodada 7----- Filosofo 1
496 Filosofo 1 esta pensando...
497 Filosofo 0 est utilizando os garfos 0 e 1
498 Filosofo 0 esta comendo...
499 Filosofo 3 liberou os garfos 3 e 4
500 AR - Rodada 8----- Filosofo 3
501 Filosofo 3 esta pensando...
502 Filosofo 2 est utilizando os garfos 2 e 3
503 Filosofo 2 esta comendo...

```



```

504 Filosofo 2 liberou os garfos 2 e 3
505 AR - Rodada 8----- Filosofo 2
506 Filosofo 2 esta pensando...
507 Filosofo 3 est utilizando os garfos 3 e 4
508 Filosofo 3 esta comendo...
509 Filosofo 0 liberou os garfos 0 e 1
510 AR - Rodada 8----- Filosofo 0
511 Filosofo 0 esta pensando...
512 Filosofo 1 est utilizando os garfos 1 e 2
513 Filosofo 1 esta comendo...
514 Filosofo 1 liberou os garfos 1 e 2
515 AR - Rodada 8----- Filosofo 1
516 Filosofo 1 esta pensando...
517 Filosofo 0 est utilizando os garfos 0 e 1
518 Filosofo 0 esta comendo...
519 Filosofo 3 liberou os garfos 3 e 4
520 AR - Rodada 9----- Filosofo 3
521 Filosofo 2 est utilizando os garfos 2 e 3
522 Filosofo 2 esta comendo...
523 Filosofo 3 esta pensando...
524 Filosofo 0 liberou os garfos 0 e 1
525 AR - Rodada 9----- Filosofo 0
526 Filosofo 4 est utilizando os garfos 4 e 0
527 Filosofo 0 esta pensando...
528 Filosofo 4 esta comendo...
529 Filosofo 2 liberou os garfos 2 e 3
530 AR - Rodada 9----- Filosofo 2
531 Filosofo 2 esta pensando...
532 Filosofo 1 est utilizando os garfos 1 e 2
533 Filosofo 1 esta comendo...
534 Filosofo 4 liberou os garfos 4 e 0
535 AR - Rodada 8----- Filosofo 4
536 Filosofo 3 est utilizando os garfos 3 e 4
537 Filosofo 4 esta pensando...
538 Filosofo 3 esta comendo...
539 Filosofo 1 liberou os garfos 1 e 2
540 AR - Rodada 9----- Filosofo 1
541 Filosofo 1 esta pensando...
542 Filosofo 0 est utilizando os garfos 0 e 1
543 Filosofo 0 esta comendo...
544 Filosofo 3 liberou os garfos 3 e 4
545 Filosofo 2 est utilizando os garfos 2 e 3
546 Filosofo 2 esta comendo...
547 Filosofo 0 liberou os garfos 0 e 1
548 Filosofo 4 est utilizando os garfos 4 e 0
549 Filosofo 4 esta comendo...
550 Filosofo 2 liberou os garfos 2 e 3
551 Filosofo 1 est utilizando os garfos 1 e 2
552 Filosofo 1 esta comendo...
553 Filosofo 4 liberou os garfos 4 e 0
554 AR - Rodada 9----- Filosofo 4
555 Filosofo 4 esta pensando...
556 Filosofo 1 liberou os garfos 1 e 2
557 Filosofo 4 est utilizando os garfos 4 e 0
558 Filosofo 4 esta comendo...
559 Filosofo 4 liberou os garfos 4 e 0
560 Tempo total de solicita o de garfos: 13373ms
561
562 Tempo de cada solu o :
563
564 Sequencial...25578
565
566 Hierarquia de recursos...15082
567
568 Arbitro...13373

```

3 Código fonte

```
1 public class DiningPhilosophers {
2
3     private long timeSequential;
4     private long timeResourceHierarchy;
5     private long timeArbitrator;
6
7     public static void main(String[] args) throws InterruptedException {
8         int numPhilosophers = 5;
9         int rounds = 5;
10
11         DiningPhilosophers diningPhilosophers = new DiningPhilosophers();
12
13         System.out.println("Executando solucao sequencial...");
14         diningPhilosophers.executeSequential(numPhilosophers, rounds);
15
16         System.out.println("Executando solucao Resource Hierarchy...");
17         diningPhilosophers.executeResourceHierarchy(numPhilosophers, rounds);
18
19         System.out.println("\nExecutando solucao Arbitrator...");
20         diningPhilosophers.executeArbitrator(numPhilosophers, rounds);
21
22         diningPhilosophers.printTime();
23     }
24
25     private void printTime() {
26         System.out.println("\nTempo de cada solucao:");
27         System.out.println("\nSequencial..." + this.timeSequential);
28         System.out.println("\nHierarquia de recursos..." + this.timeResourceHierarchy);
29         System.out.println("\nArbitrator..." + this.timeArbitrator);
30     }
31
32     private void executeSequential(int numPhilosophers, int rounds) throws InterruptedException {
33         Philosopher[] philosophers = new Philosopher[numPhilosophers];
34
35         for (int i = 0; i < numPhilosophers; i++) {
36             philosophers[i] = new SequentialPhilosopher(i, rounds);
37         }
38
39         this.timeSequential = executePhilosophers(philosophers, 1);
40     }
41
42     private void executeResourceHierarchy(int numPhilosophers, int rounds) throws InterruptedException {
43         Fork[] forks = new Fork[numPhilosophers];
44         Philosopher[] philosophers = new Philosopher[numPhilosophers];
45
46         for (int i = 0; i < numPhilosophers; i++) {
47             forks[i] = new Fork(i);
48         }
49         for (int i = 0; i < numPhilosophers; i++) {
50             philosophers[i] = new ResourceHierarchyPhilosopher(i, forks[i], forks[(i + 1) % numPhilosophers],
51                 rounds);
52         }
53         this.timeResourceHierarchy = executePhilosophers(philosophers, numPhilosophers);
54     }
55
56     private void executeArbitrator(int numPhilosophers, int rounds) throws InterruptedException {
57         Fork[] forks = new Fork[numPhilosophers];
58         Philosopher[] philosophers = new Philosopher[numPhilosophers];
59         Arbitrator arbitrator = new Arbitrator(numPhilosophers);
60
61         for (int i = 0; i < numPhilosophers; i++) {
62             forks[i] = new Fork(i);
63         }
64         for (int i = 0; i < numPhilosophers; i++) {
65             philosophers[i] = new ArbitratorPhilosopher(i, forks[i], forks[(i + 1) % numPhilosophers], arbitrator,
66                 rounds);
67         }
68         this.timeArbitrator = executePhilosophers(philosophers, numPhilosophers);
69     }
70
71     private long executePhilosophers(Philosopher[] philosophers, int poolSize) throws InterruptedException {
72         int numPhilosophers = philosophers.length;
73         List<Thread> threads = new ArrayList<>();
```

```

74
75     for (int i = 0; i < numPhilosophers; i++) {
76         threads.add(new Thread(philosophers[i]));
77         threads.get(i).start();
78
79         //para o caso sequencial, executa uma thread por vez at  finalizar a execucao
80         if(poolSize == 1) {
81             while(threads.get(i).isAlive()) {}
82         }
83     }
84
85     long totalRequestTime = 0;
86     for (int i = 0; i < numPhilosophers; i++) {
87         threads.get(i).join();
88         totalRequestTime += philosophers[i].getTotalRequestTime();
89     }
90
91     System.out.println("Tempo total de solicita  o de garfos: " + totalRequestTime + "ms");
92
93     return totalRequestTime;
94 }
95 }
96
97 public class Fork {
98
99     private boolean isInUse;
100     private final int number;
101
102     public Fork(int number) {
103         this.number = number;
104         this.isInUse = false;
105     }
106
107     public int getNumber() {
108         return number;
109     }
110
111     public boolean isInUse() {
112         return isInUse;
113     }
114
115     public void setInUse(boolean isInUse) {
116         this.isInUse = isInUse;
117     }
118 }
119
120 public interface Philosopher extends Runnable {
121     long getTotalRequestTime();
122     boolean isFinished();
123 }

```

3.1 Sequential

```
1 public class SequentialPhilosopher implements Philosopher {
2     private final int id;
3     private long requestTime;
4     private final int rounds;
5     private boolean isFinished;
6
7     public SequentialPhilosopher(int id, int rounds) {
8         this.id = id;
9         this.requestTime = 0;
10        this.rounds = rounds;
11    }
12
13    @Override
14    public void run() {
15        for (int i = 0; i < this.rounds; i++) {
16            System.out.println("SEQ - Rodada " + i + "-".repeat(60) + " Filosofo " + this.id);
17            try {
18                think();
19                long ti = System.currentTimeMillis();
20                eat();
21                long tf = System.currentTimeMillis();
22                this.requestTime += (tf - ti);
23            } catch (InterruptedException e) {
24                e.printStackTrace();
25            }
26
27            this.isFinished = true;
28        }
29
30        private void think() throws InterruptedException {
31            String tabs = "\t".repeat(this.id);
32            System.out.println(String.format("%sFilosofo %d esta pensando...", tabs, this.id));
33            Thread.sleep(500);
34        }
35
36        private void eat() throws InterruptedException {
37            String tabs = "\t".repeat(this.id);
38            System.out.println(String.format("%sFilosofo %d esta comendo...", tabs, this.id));
39            Thread.sleep(500);
40        }
41
42
43    @Override
44    public long getTotalRequestTime() {
45        return this.requestTime;
46    }
47
48    @Override
49    public boolean isFinished() {
50        return this.isFinished;
51    }
52 }
```

3.2 Hierarquia de Recursos

```
1 public class ResourceHierarchyPhilosopher implements Philosopher {
2     private final int id;
3     private final Fork lowerFork;
4     private final Fork higherFork;
5     private long requestTime;
6     private final int rounds;
7     private boolean isFinished;
8
9     public ResourceHierarchyPhilosopher(int id, Fork leftFork, Fork rightFork, int rounds) {
10         this.id = id;
11         this.requestTime = 0;
12         this.rounds = rounds;
13         this.isFinished = false;
14
15         if (leftFork.getNumber() < rightFork.getNumber()) {
16             this.lowerFork = leftFork;
17             this.higherFork = rightFork;
18         } else {
19             this.lowerFork = rightFork;
20             this.higherFork = leftFork;
21         }
22     }
23
24     @Override
25     public void run() {
26         for (int i = 0; i < this.rounds; i++) {
27             System.out.println("RH - Rodada " + i + "-".repeat(60) + " Filosofo " + this.id);
28             try {
29                 think();
30                 long ti = System.currentTimeMillis();
31                 long tf = 0;
32                 synchronized (lowerFork) {
33                     synchronized (higherFork) {
34                         tf = System.currentTimeMillis();
35                         eat();
36                     }
37                 }
38
39                 this.requestTime += (tf - ti);
40
41             } catch (InterruptedException e) {
42                 e.printStackTrace();
43             }
44         }
45
46         this.isFinished = true;
47     }
48
49     private void think() throws InterruptedException {
50         // Simula o pensamento do filosofo.
51         String tabs = "\t".repeat(this.id);
52         System.out.println(String.format("%sFilosofo %d esta pensando...", tabs, this.id));
53         Thread.sleep(500);
54     }
55
56     private void eat() throws InterruptedException {
57         // Simula o filosofo comendo.
58         String tabs = "\t".repeat(this.id);
59         System.out.println(String.format("%sFilosofo %d esta comendo...", tabs, this.id));
60         Thread.sleep(500);
61     }
62
63     @Override
64     public long getTotalRequestTime() {
65         return this.requestTime;
66     }
67
68     @Override
69     public boolean isFinished() {
70         return this.isFinished;
71     }
72 }
```

3.3 Árbitro

```
1 public class Arbitrator {
2     private final int numPhilosophers;
3     private final Fork[] forks;
4
5     public Arbitrator(int numPhilosophers) {
6         this.numPhilosophers = numPhilosophers;
7         this.forks = new Fork[numPhilosophers];
8         for (int i = 0; i < numPhilosophers; i++) {
9             forks[i] = new Fork(i);
10            forks[i].setInUse(false); // Todos os garfos comecam livres.
11        }
12    }
13
14    public synchronized void requestForks(int philosopherId, int leftFork, int rightFork) throws
        InterruptedException {
15        while (forks[leftFork].isInUse() || forks[rightFork].isInUse()) {
16            // Espere ate que ambos os garfos estejam disponiveis.
17            wait();
18        }
19
20        forks[leftFork].setInUse(true);
21        forks[rightFork].setInUse(true);
22
23        System.out.println(String.format("Filosofo %d est utilizando os garfos %d e %d", philosopherId,
            leftFork, rightFork));
24    }
25
26    public synchronized void releaseForks(int philosopherId, int leftFork, int rightFork) {
27        forks[leftFork].setInUse(false);
28        forks[rightFork].setInUse(false);
29
30        System.out.println(String.format("Filosofo %d liberou os garfos %d e %d", philosopherId, leftFork,
            rightFork));
31
32        notifyAll(); // Notifique todos os filosofos que os garfos foram liberados.
33    }
34 }
35
36
37 public class ArbitratorPhilosopher implements Philosopher {
38     private final int id;
39     private final Fork leftFork;
40     private final Fork rightFork;
41     private final Arbitrator arbitrator;
42     private final Random rand;
43     private long requestTime;
44     private final int rounds;
45     private boolean isFinished;
46
47
48     public ArbitratorPhilosopher(int id, Fork leftFork, Fork rightFork, Arbitrator arbitrator, int rounds) {
49         this.id = id;
50         this.leftFork = leftFork;
51         this.rightFork = rightFork;
52         this.arbitrator = arbitrator;
53         this.rand = new Random();
54         this.requestTime = 0;
55         this.rounds = rounds;
56         this.isFinished = false;
57     }
58
59     @Override
60     public void run() {
61         for (int i = 0; i < this.rounds; i++) {
62             System.out.println("AR - Rodada " + i + "-" + ".repeat(60) + " Filosofo " + this.id);
63             try {
64                 think();
65                 long ti = System.currentTimeMillis();
66                 arbitrator.requestForks(id, leftFork.getNumber(), rightFork.getNumber());
67                 long tf = System.currentTimeMillis();
68
69                 this.requestTime += (tf - ti);
70
71                 eat();
72                 arbitrator.releaseForks(id, leftFork.getNumber(), rightFork.getNumber());
```

```

73     } catch (InterruptedException e) {
74         e.printStackTrace();
75     }
76 }
77 this.isFinished = true;
78 }
79
80 private void think() throws InterruptedException {
81     String tabs = "\t".repeat(this.id);
82     System.out.println(String.format("%sFilosofo %d esta pensando...", tabs, this.id));
83     Thread.sleep(500);
84 }
85
86 private void eat() throws InterruptedException {
87     String tabs = "\t".repeat(this.id);
88     System.out.println(String.format("%sFilosofo %d esta comendo...", tabs, this.id));
89     Thread.sleep(500);
90 }
91
92 @Override
93 public long getTotalRequestTime() {
94     return this.requestTime;
95 }
96
97 @Override
98 public boolean isFinished() {
99     return this.isFinished;
100 }
101 }

```