

Exercício 7 - Semáforos

Pedro Costa 1820299

Pedro Ripper 1910954

Questão 1

Faça um programa que gere 3 processos (esquema pai-filho-neto) para alterar um valor de uma variável na memória compartilhada inicializada com zero.

- Cada programa executa um loop de 500 execuções.
- O processo 1 soma 1 à variável, o processo 2 soma 2 à variável e o processo 3 soma 3.
- Execute o programa e verifique se houve problema de concorrência.

Agora utilize semáforos para possibilitar alterar a variável (na sua região crítica). Descreva o que ocorreu.

Resposta

Sem o uso de semáforos

Sem o uso de semáforos somente o processo pai(o original) que tem seu incremento na variável x funcionando corretamente.

Com o uso de semáforos

Com o uso de semáforos, tudo ocorre como o desejado, com a variável x atingindo o valor de 3000 no final.

Questão 2

Escreva um programa formado por dois processos concorrentes, produtor e consumidor, que compartilham uma área de trabalho (memória) executando um loop 128 vezes.

- Para sincronizar as suas ações, eles fazem uso de semáforos.
- O processo leitor fica gerando caracteres (letras maiúsculas) colocando-os em um buffer de 32 posições, o processo consumidor deve imprimir os caracteres na saída padrão.
- Há concorrência entre os processos produtor e consumidor.

Descreva como você comprovou que houve concorrência.

Saída

```
1 Processo (5949) lendo no buffer
2
3 Processo (5950) escrevendo no buffer
4 Processo (5949) lendo no buffer
5 N
6 Processo (5950) escrevendo no buffer
7 Processo (5949) lendo no buffer
8 N W
9 Processo (5950) escrevendo no buffer
10 Processo (5949) lendo no buffer
11 N W L
12 Processo (5950) escrevendo no buffer
13 Processo (5949) lendo no buffer
14 N W L R
15 Processo (5950) escrevendo no buffer
16 Processo (5949) lendo no buffer
17 N W L R B
```

18 Processo (5950) escrevendo no buffer
 19 Processo (5949) lendo no buffer
 20 N W L R B B
 21 Processo (5950) escrevendo no buffer
 22 Processo (5949) lendo no buffer
 23 N W L R B B M
 24 Processo (5950) escrevendo no buffer
 25 Processo (5949) lendo no buffer
 26 N W L R B B M Q
 27 Processo (5950) escrevendo no buffer
 28 Processo (5949) lendo no buffer
 29 N W L R B B M Q B
 30 Processo (5950) escrevendo no buffer
 31 Processo (5949) lendo no buffer
 32 N W L R B B M Q B H
 33 Processo (5950) escrevendo no buffer
 34 Processo (5949) lendo no buffer
 35 N W L R B B M Q B H C
 36 Processo (5950) escrevendo no buffer
 37 Processo (5949) lendo no buffer
 38 N W L R B B M Q B H C D
 39 Processo (5950) escrevendo no buffer
 40 Processo (5949) lendo no buffer
 41 N W L R B B M Q B H C D A
 42 Processo (5950) escrevendo no buffer
 43 Processo (5949) lendo no buffer
 44 N W L R B B M Q B H C D A R
 45 Processo (5950) escrevendo no buffer
 46 Processo (5949) lendo no buffer
 47 N W L R B B M Q B H C D A R Z
 48 Processo (5950) escrevendo no buffer
 49 Processo (5949) lendo no buffer
 50 N W L R B B M Q B H C D A R Z O
 51 Processo (5950) escrevendo no buffer
 52 Processo (5949) lendo no buffer
 53 N W L R B B M Q B H C D A R Z O W
 54 Processo (5950) escrevendo no buffer
 55 Processo (5949) lendo no buffer
 56 N W L R B B M Q B H C D A R Z O W K
 57 Processo (5950) escrevendo no buffer
 58 Processo (5949) lendo no buffer
 59 N W L R B B M Q B H C D A R Z O W K K
 60 Processo (5950) escrevendo no buffer
 61 Processo (5949) lendo no buffer
 62 N W L R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y
 63 Processo (5950) escrevendo no buffer
 64 Processo (5949) lendo no buffer
 65 N W L R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y H
 66 Processo (5950) escrevendo no buffer
 67 Processo (5949) lendo no buffer
 68 N W L R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y H I
 69 Processo (5950) escrevendo no buffer
 70 Processo (5949) lendo no buffer
 71 N W L R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y H I D
 72 Processo (5950) escrevendo no buffer
 73 Processo (5949) lendo no buffer
 74 N W L R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y H I D D
 75 Processo (5950) escrevendo no buffer
 76 Processo (5949) lendo no buffer
 77 N W L R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q
 78 Processo (5950) escrevendo no buffer
 79 Processo (5949) lendo no buffer
 80 N W L R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q S
 81 Processo (5950) escrevendo no buffer
 82 Processo (5949) lendo no buffer

83 N W L R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q S C
84 Processo (5950) escrevendo no buffer
85 Processo (5949) lendo no buffer
86 N W L R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q S C D
87 Processo (5950) escrevendo no buffer
88 Processo (5949) lendo no buffer
89 N W L R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q S C D X
90 Processo (5950) escrevendo no buffer
91 Processo (5949) lendo no buffer
92 N W L R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q S C D X R
93 Processo (5950) escrevendo no buffer
94 Processo (5949) lendo no buffer
95 N W L R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q S C D X R J
96 Processo (5950) escrevendo no buffer
97 Processo (5949) lendo no buffer
98 N W L R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q S C D X R J M
99 Processo (5950) escrevendo no buffer
100 Processo (5949) lendo no buffer
101 O W L R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q S C D X R J M
102 Processo (5950) escrevendo no buffer
103 Processo (5949) lendo no buffer
104 O W L R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q S C D X R J M
105 Processo (5950) escrevendo no buffer
106 Processo (5949) lendo no buffer
107 O W F R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q S C D X R J M
108 Processo (5950) escrevendo no buffer
109 Processo (5949) lendo no buffer
110 O W F R B B M Q B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q S C D X R J M
111 Processo (5950) escrevendo no buffer
112 Processo (5949) lendo no buffer
113 O W F R X B M Q B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q S C D X R J M
114 Processo (5950) escrevendo no buffer
115 Processo (5949) lendo no buffer
116 O W F R X S M Q B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q S C D X R J M
117 Processo (5950) escrevendo no buffer
118 Processo (5949) lendo no buffer
119 O W F R X S J Q B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q S C D X R J M
120 Processo (5950) escrevendo no buffer
121 Processo (5949) lendo no buffer
122 O W F R X S J Y B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q S C D X R J M
123 Processo (5950) escrevendo no buffer
124 Processo (5949) lendo no buffer
125 O W F R X S J Y B H C D A R Z O W K K Y H I D D Q S C D X R J M
126 Processo (5950) escrevendo no buffer
127 Processo (5949) lendo no buffer
128 O W F R X S J Y B L C D A R Z O W K K Y H I D D Q S C D X R J M
129 Processo (5950) escrevendo no buffer
130 Processo (5949) lendo no buffer
131 O W F R X S J Y B L D D A R Z O W K K Y H I D D Q S C D X R J M
132 Processo (5950) escrevendo no buffer
133 Processo (5949) lendo no buffer
134 O W F R X S J Y B L D B A R Z O W K K Y H I D D Q S C D X R J M
135 Processo (5950) escrevendo no buffer
136 Processo (5949) lendo no buffer
137 O W F R X S J Y B L D B E R Z O W K K Y H I D D Q S C D X R J M
138 Processo (5950) escrevendo no buffer
139 Processo (5949) lendo no buffer
140 O W F R X S J Y B L D B E F Z O W K K Y H I D D Q S C D X R J M
141 Processo (5950) escrevendo no buffer
142 Processo (5949) lendo no buffer
143 O W F R X S J Y B L D B E F S O W K K Y H I D D Q S C D X R J M
144 Processo (5950) escrevendo no buffer
145 Processo (5949) lendo no buffer
146 O W F R X S J Y B L D B E F S A W K K Y H I D D Q S C D X R J M
147 Processo (5950) escrevendo no buffer

148 Processo (5949) lendo no buffer
149 O W F R X S J Y B L D B E F S A R K K Y H I D D Q S C D X R J M
150 Processo (5950) escrevendo no buffer
151 Processo (5949) lendo no buffer
152 O W F R X S J Y B L D B E F S A R C K Y H I D D Q S C D X R J M
153 Processo (5950) escrevendo no buffer
154 Processo (5949) lendo no buffer
155 O W F R X S J Y B L D B E F S A R C B Y H I D D Q S C D X R J M
156 Processo (5950) escrevendo no buffer
157 Processo (5949) lendo no buffer
158 O W F R X S J Y B L D B E F S A R C B Y H I D D Q S C D X R J M
159 Processo (5950) escrevendo no buffer
160 Processo (5949) lendo no buffer
161 O W F R X S J Y B L D B E F S A R C B Y N I D D Q S C D X R J M
162 Processo (5950) escrevendo no buffer
163 Processo (5949) lendo no buffer
164 O W F R X S J Y B L D B E F S A R C B Y N E D D Q S C D X R J M
165 Processo (5950) escrevendo no buffer
166 Processo (5949) lendo no buffer
167 O W F R X S J Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Q S C D X R J M
168 Processo (5950) escrevendo no buffer
169 Processo (5949) lendo no buffer
170 O W F R X S J Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Q S C D X R J M
171 Processo (5950) escrevendo no buffer
172 Processo (5949) lendo no buffer
173 O W F R X S J Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Y S C D X R J M
174 Processo (5950) escrevendo no buffer
175 Processo (5949) lendo no buffer
176 O W F R X S J Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Y G C D X R J M
177 Processo (5950) escrevendo no buffer
178 Processo (5949) lendo no buffer
179 O W F R X S J Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Y G G D X R J M
180 Processo (5950) escrevendo no buffer
181 Processo (5949) lendo no buffer
182 O W F R X S J Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Y G G X X R J M
183 Processo (5950) escrevendo no buffer
184 Processo (5949) lendo no buffer
185 O W F R X S J Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Y G G X X R J M
186 Processo (5950) escrevendo no buffer
187 Processo (5949) lendo no buffer
188 O W F R X S J Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Y G G X X P J M
189 Processo (5950) escrevendo no buffer
190 Processo (5949) lendo no buffer
191 O W F R X S J Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Y G G X X P K M
192 Processo (5950) escrevendo no buffer
193 Processo (5949) lendo no buffer
194 O W F R X S J Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Y G G X X P K L
195 Processo (5950) escrevendo no buffer
196 Processo (5949) lendo no buffer
197 O W F R X S J Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Y G G X X P K L
198 Processo (5950) escrevendo no buffer
199 Processo (5949) lendo no buffer
200 O R F R X S J Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Y G G X X P K L
201 Processo (5950) escrevendo no buffer
202 Processo (5949) lendo no buffer
203 O R E R X S J Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Y G G X X P K L
204 Processo (5950) escrevendo no buffer
205 Processo (5949) lendo no buffer
206 O R E L X S J Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Y G G X X P K L
207 Processo (5950) escrevendo no buffer
208 Processo (5949) lendo no buffer
209 O R E L L S J Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Y G G X X P K L
210 Processo (5950) escrevendo no buffer
211 Processo (5949) lendo no buffer
212 O R E L L N J Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Y G G X X P K L

213 Processo (5950) escrevendo no buffer
 214 Processo (5949) lendo no buffer
 215 O R E L L N M Y B L D B E F S A R C B Y N E C D Y G G X X P K L
 216 Processo (5950) escrevendo no buffer
 217 Processo (5949) lendo no buffer
 218 O R E L L N M P B L D B E F S A R C B Y N E C D Y G G X X P K L
 219 Processo (5950) escrevendo no buffer
 220 Processo (5949) lendo no buffer
 221 O R E L L N M P A L D B E F S A R C B Y N E C D Y G G X X P K L
 222 Processo (5950) escrevendo no buffer
 223 Processo (5949) lendo no buffer
 224 O R E L L N M P A P D B E F S A R C B Y N E C D Y G G X X P K L
 225 Processo (5950) escrevendo no buffer
 226 Processo (5949) lendo no buffer
 227 O R E L L N M P A P Q B E F S A R C B Y N E C D Y G G X X P K L
 228 Processo (5950) escrevendo no buffer
 229 Processo (5949) lendo no buffer
 230 O R E L L N M P A P Q F E F S A R C B Y N E C D Y G G X X P K L
 231 Processo (5950) escrevendo no buffer
 232 Processo (5949) lendo no buffer
 233 O R E L L N M P A P Q F W F S A R C B Y N E C D Y G G X X P K L
 234 Processo (5950) escrevendo no buffer
 235 Processo (5949) lendo no buffer
 236 O R E L L N M P A P Q F W K S A R C B Y N E C D Y G G X X P K L
 237 Processo (5950) escrevendo no buffer
 238 Processo (5949) lendo no buffer
 239 O R E L L N M P A P Q F W K H A R C B Y N E C D Y G G X X P K L
 240 Processo (5950) escrevendo no buffer
 241 Processo (5949) lendo no buffer
 242 O R E L L N M P A P Q F W K H O R C B Y N E C D Y G G X X P K L
 243 Processo (5950) escrevendo no buffer
 244 Processo (5949) lendo no buffer
 245 O R E L L N M P A P Q F W K H O P C B Y N E C D Y G G X X P K L
 246 Processo (5950) escrevendo no buffer
 247 Processo (5949) lendo no buffer
 248 O R E L L N M P A P Q F W K H O P K B Y N E C D Y G G X X P K L
 249 Processo (5950) escrevendo no buffer
 250 Processo (5949) lendo no buffer
 251 O R E L L N M P A P Q F W K H O P K M Y N E C D Y G G X X P K L
 252 Processo (5950) escrevendo no buffer
 253 Processo (5949) lendo no buffer
 254 O R E L L N M P A P Q F W K H O P K M C N E C D Y G G X X P K L
 255 Processo (5950) escrevendo no buffer
 256 Processo (5949) lendo no buffer
 257 O R E L L N M P A P Q F W K H O P K M C O E C D Y G G X X P K L
 258 Processo (5950) escrevendo no buffer
 259 Processo (5949) lendo no buffer
 260 O R E L L N M P A P Q F W K H O P K M C O Q C D Y G G X X P K L
 261 Processo (5950) escrevendo no buffer
 262 Processo (5949) lendo no buffer
 263 O R E L L N M P A P Q F W K H O P K M C O Q H D Y G G X X P K L
 264 Processo (5950) escrevendo no buffer
 265 Processo (5949) lendo no buffer
 266 O R E L L N M P A P Q F W K H O P K M C O Q H N Y G G X X P K L
 267 Processo (5950) escrevendo no buffer
 268 Processo (5949) lendo no buffer
 269 O R E L L N M P A P Q F W K H O P K M C O Q H N W G G X X P K L
 270 Processo (5950) escrevendo no buffer
 271 Processo (5949) lendo no buffer
 272 O R E L L N M P A P Q F W K H O P K M C O Q H N W N G X X P K L
 273 Processo (5950) escrevendo no buffer
 274 Processo (5949) lendo no buffer
 275 O R E L L N M P A P Q F W K H O P K M C O Q H N W N K X X P K L
 276 Processo (5950) escrevendo no buffer
 277 Processo (5949) lendo no buffer

278 O R E L L N M P A P Q F W K H O P K M C O Q H N W N K U X P K L
 279 Processo (5950) escrevendo no buffer
 280 Processo (5949) lendo no buffer
 281 O R E L L N M P A P Q F W K H O P K M C O Q H N W N K U E P K L
 282 Processo (5950) escrevendo no buffer
 283 Processo (5949) lendo no buffer
 284 O R E L L N M P A P Q F W K H O P K M C O Q H N W N K U E W K L
 285 Processo (5950) escrevendo no buffer
 286 Processo (5949) lendo no buffer
 287 O R E L L N M P A P Q F W K H O P K M C O Q H N W N K U E W H L
 288 Processo (5950) escrevendo no buffer
 289 Processo (5949) lendo no buffer
 290 O R E L L N M P A P Q F W K H O P K M C O Q H N W N K U E W H S
 291 Processo (5950) escrevendo no buffer
 292 Processo (5949) lendo no buffer
 293 Q R E L L N M P A P Q F W K H O P K M C O Q H N W N K U E W H S
 294 Processo (5950) escrevendo no buffer
 295 Processo (5949) lendo no buffer
 296 Q M E L L N M P A P Q F W K H O P K M C O Q H N W N K U E W H S
 297 Processo (5950) escrevendo no buffer
 298 Processo (5949) lendo no buffer
 299 Q M G L L N M P A P Q F W K H O P K M C O Q H N W N K U E W H S
 300 Processo (5950) escrevendo no buffer
 301 Processo (5949) lendo no buffer
 302 Q M G B L N M P A P Q F W K H O P K M C O Q H N W N K U E W H S
 303 Processo (5950) escrevendo no buffer
 304 Processo (5949) lendo no buffer
 305 Q M G B B N M P A P Q F W K H O P K M C O Q H N W N K U E W H S
 306 Processo (5950) escrevendo no buffer
 307 Processo (5949) lendo no buffer
 308 Q M G B B U M P A P Q F W K H O P K M C O Q H N W N K U E W H S
 309 Processo (5950) escrevendo no buffer
 310 Processo (5949) lendo no buffer
 311 Q M G B B U Q P A P Q F W K H O P K M C O Q H N W N K U E W H S
 312 Processo (5950) escrevendo no buffer
 313 Processo (5949) lendo no buffer
 314 Q M G B B U Q C A P Q F W K H O P K M C O Q H N W N K U E W H S
 315 Processo (5950) escrevendo no buffer
 316 Processo (5949) lendo no buffer
 317 Q M G B B U Q C L P Q F W K H O P K M C O Q H N W N K U E W H S
 318 Processo (5950) escrevendo no buffer
 319 Processo (5949) lendo no buffer
 320 Q M G B B U Q C L J Q F W K H O P K M C O Q H N W N K U E W H S
 321 Processo (5950) escrevendo no buffer
 322 Processo (5949) lendo no buffer
 323 Q M G B B U Q C L J J F W K H O P K M C O Q H N W N K U E W H S
 324 Processo (5950) escrevendo no buffer
 325 Processo (5949) lendo no buffer
 326 Q M G B B U Q C L J J I W K H O P K M C O Q H N W N K U E W H S
 327 Processo (5950) escrevendo no buffer
 328 Processo (5949) lendo no buffer
 329 Q M G B B U Q C L J J I V K H O P K M C O Q H N W N K U E W H S
 330 Processo (5950) escrevendo no buffer
 331 Processo (5949) lendo no buffer
 332 Q M G B B U Q C L J J I V S H O P K M C O Q H N W N K U E W H S
 333 Processo (5950) escrevendo no buffer
 334 Processo (5949) lendo no buffer
 335 Q M G B B U Q C L J J I V S W O P K M C O Q H N W N K U E W H S
 336 Processo (5950) escrevendo no buffer
 337 Processo (5949) lendo no buffer
 338 Q M G B B U Q C L J J I V S W M P K M C O Q H N W N K U E W H S
 339 Processo (5950) escrevendo no buffer
 340 Processo (5949) lendo no buffer
 341 Q M G B B U Q C L J J I V S W M D K M C O Q H N W N K U E W H S
 342 Processo (5950) escrevendo no buffer

```

343 Processo (5949) lendo no buffer
344 Q M G B B U Q C L J J I V S W M D K M C O Q H N W N K U E W H S
345 Processo (5950) escrevendo no buffer
346 Processo (5949) lendo no buffer
347 Q M G B B U Q C L J J I V S W M D K Q C O Q H N W N K U E W H S
348 Processo (5950) escrevendo no buffer
349 Processo (5949) lendo no buffer
350 Q M G B B U Q C L J J I V S W M D K Q T O Q H N W N K U E W H S
351 Processo (5950) escrevendo no buffer
352 Processo (5949) lendo no buffer
353 Q M G B B U Q C L J J I V S W M D K Q T B Q H N W N K U E W H S
354 Processo (5950) escrevendo no buffer
355 Processo (5949) lendo no buffer
356 Q M G B B U Q C L J J I V S W M D K Q T B X H N W N K U E W H S
357 Processo (5950) escrevendo no buffer
358 Processo (5949) lendo no buffer
359 Q M G B B U Q C L J J I V S W M D K Q T B X I N W N K U E W H S
360 Processo (5950) escrevendo no buffer
361 Processo (5949) lendo no buffer
362 Q M G B B U Q C L J J I V S W M D K Q T B X I X W N K U E W H S
363 Processo (5950) escrevendo no buffer
364 Processo (5949) lendo no buffer
365 Q M G B B U Q C L J J I V S W M D K Q T B X I X M N K U E W H S
366 Processo (5950) escrevendo no buffer
367 Processo (5949) lendo no buffer
368 Q M G B B U Q C L J J I V S W M D K Q T B X I X M V K U E W H S
369 Processo (5950) escrevendo no buffer
370 Processo (5949) lendo no buffer
371 Q M G B B U Q C L J J I V S W M D K Q T B X I X M V T U E W H S
372 Processo (5950) escrevendo no buffer
373 Processo (5949) lendo no buffer
374 Q M G B B U Q C L J J I V S W M D K Q T B X I X M V T R E W H S
375 Processo (5950) escrevendo no buffer
376 Processo (5949) lendo no buffer
377 Q M G B B U Q C L J J I V S W M D K Q T B X I X M V T R R W H S
378 Processo (5950) escrevendo no buffer
379 Processo (5949) lendo no buffer
380 Q M G B B U Q C L J J I V S W M D K Q T B X I X M V T R R B H S
381 Processo (5950) escrevendo no buffer
382 Processo (5949) lendo no buffer
383 Q M G B B U Q C L J J I V S W M D K Q T B X I X M V T R R B L S

```

Resposta

A concorrência foi comprovada exibindo no console o progresso dos caracteres escritos no buffer, de forma que é possível perceber que os dois processos estão competindo, um pela leitura do buffer e outro para escrever no buffer.

Questão 3

Faça programas distintos que utilizam a memória compartilhada para trocar mensagens. Utilize semáforos para sincronizar a aplicação. Descreva como foi implementado o sincronismo e como isso foi comprovado.

Saída

```

1 ~$ ./3.out &
2 [1] 75028
3 shmemkeys: 2064559,2064560,2064561
4 ~$ ./3.out 2064559,2064560,2064561
5 (pid: 75028) hi from 75047
6 (pid: 75047) hi from 75028
7 (pid: 75028) hi from 75047

```

```
8 (pid: 75047) hi from 75028
9 (pid: 75028) hi from 75047
10 (pid: 75047) hi from 75028
11 (pid: 75028) hi from 75047
12 (pid: 75047) hi from 75028
13 (pid: 75028) hi from 75047
14 (pid: 75047) hi from 75028
15 (pid: 75028) hi from 75047
16 (pid: 75047) hi from 75028
17 (pid: 75028) hi from 75047
18 (pid: 75047) hi from 75028
19 (pid: 75028) hi from 75047
20 (pid: 75047) hi from 75028
21 (pid: 75028) hi from 75047
22 (pid: 75047) hi from 75028
23 (pid: 75028) hi from 75047
24 (pid: 75047) hi from 75028
```

Resposta

O sincronismo foi implementado através do uso de semáforos, tendo como região crítica os trechos de código referentes à escrita e à leitura da memória compartilhada, onde as mensagens são escritas. Um programa vai ler o buffer apenas quando o outro já tiver escrito. Além disso, fazemos uma verificação para que o programa não leia sua própria mensagem. O sincronismo pode ser observado na saída do programa, pois os programas leem as mensagens de maneira intercalada.