



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – CCT
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – 2018.2**

**RELATÓRIO DO PROBLEMA DO JANTAR DOS CANIBAIS
DISCIPLINA: PROGRAMAÇÃO PARALELA E
CONCORRENTE**

**PEDRO HENRIQUE OLIVEIRA SOUSA
MATRÍCULA: 1368041**

FORTALEZA, 2019

Introdução

O objetivo desse relatório é descrever o trabalho sobre o Jantar dos Canibais, aplicando os conhecimentos e técnicas aprendidos durante a disciplina de Programação Paralela e Concorrente. O relatório contém informações sobre o problema, especificações sobre a implementação e resultados obtidos.

Problema do Jantar dos Canibais

O problema trata-se de 3 canibais que estão pegando comida em um caldeirão, porém só existe uma concha para se servirem, então apenas um por vez pode se servir.

Inicialmente o caldeirão possui 5 porções para alimentar os canibais, quando o caldeirão está vazio, o canibal que encontrou o caldeirão vazio deve acordar o cozinheiro para repor as 5 porções no caldeirão.

Existem restrições para o problema:

- Apenas um canibal pode se servir por vez.
- Quando o cozinheiro está preparando o caldeirão não pode ser acessado por mais ninguém.
- Quando o canibal está comendo, outro canibal pode se servir.
- Se o caldeirão está vazio, o canibal deve esperar dormindo.
- O cozinheiro só pode encher o caldeirão quando estiver vazio.
- Os canibais podem comer ao mesmo tempo.
- Os canibais só podem se servir depois que o cozinheiro terminar de preparar o jantar.

Implementação

O trabalho foi desenvolvido em C, utilizando a biblioteca pthread para o paralelismo. O mecanismo de sincronização utilizado foi mutex, existindo a proteção entre os canibais, o cozinheiro e a variável entre os canibais e o cozinheiro, o caldeirão, sendo uma variável de compartilhamento.

```
#include<pthread.h>
#include<stdio.h>
#include<unistd.h>
#include<time.h>
#include<stdbool.h>

const double limit = 120.0;
volatile int Caldeirao=0,cont_cozi=0,cont_cani[3]={0,0,0};
volatile bool preparando =false;
struct timespec start,finish;
volatile double time_p;

pthread_cond_t dormi_cozi = PTHREAD_COND_INITIALIZER,
              dormi_cani= PTHREAD_COND_INITIALIZER;
pthread_mutex_t mutex_zone = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER,
              mutex_cani = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER,
              mutex_cozi = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER;
pthread_t canibal[3],cozinheiro;

void servir(int id){
    printf("(Canibal %d)Servindo\n",id);
    sleep(1);
    cont_cani[id]++;
    Caldeirao--;
}

void comer(int id){
    printf("(Canibal %d)Comendo\n",id);
    sleep(3);
    printf("(Canibal %d)Terminou de comer\n",id);
}
```

Sobre a imagem acima existe as variáveis globais, o Caldeirao é a variável compartilhada entre os canibais e o cozinheiro. Existem duas variáveis condicionais, para colocar o cozinheiro e o canibal para dormirem. Existem três mutex, um pra entre os canibais, uma pra variável da zona que é o caldeirão e uma para o cozinheiro para poder colocar o cozinheiro para dormir inicialmente. E quatro threads, três canibais e um cozinheiro.

Existem duas funções para a thread do canibal, uma para indicar que ele está se servindo, gastando um segundo para se servir e reduz a quantidade de porções no caldeirão. A função comer() gasta três segundos para comer.

```
void *thread_canibal(void *v){
    pthread_mutex_lock(&mutex_cani);
    int id = * (int *)v;
    pthread_mutex_unlock(&mutex_cani);
    while(time_p<limit){
        pthread_mutex_lock(&mutex_cani);
        if(preparando){
            printf("(Canibal  %d)Dorme\n",id);
            pthread_cond_wait(&dormi_cani,&mutex_cani);
        }
        pthread_mutex_unlock(&mutex_cani);
        pthread_mutex_lock(&mutex_zone);
        if(Caldeirao==0){
            printf("(Canibal  %d)Acorda Cozinheiro\n",id);
            pthread_cond_signal(&dormi_cozi);
            printf("(Canibal  %d)Dorme\n",id);
            pthread_cond_wait(&dormi_cani,&mutex_zone);
            pthread_mutex_unlock(&mutex_zone);
        }else{
            servir(id);
            pthread_mutex_unlock(&mutex_zone);
            comer(id);
            clock_gettime(CLOCK_MONOTONIC,&finish);
            time_p = (finish.tv_sec - start.tv_sec);
        }
    }
    printf("(Canibal  %d)Parou\n",id);
    pthread_cond_signal(&dormi_cozi);
}
```

A thread do canibal inicialmente recebe da main o número do canibal, para diferenciar os três. Inicialmente no loop que ele irá ficar rodando ele verifica se o cozinheiro ainda está cozinhando, se o canibal vê o cozinheiro preparando o jantar ele espera dormindo. A função pthread_mutex_lock() indica que inicia uma região protegida pela mutex passada pelo parâmetro da função. Dentro da proteção apenas uma thread tem acesso a esta região e permissão para vê a variável caldeirao. Se o caldeirao está vazio, então o canibal acorda o cozinheiro, dando um pthread_cond_signal(), que acorda apenas uma thread pertencente aquele mutex, depois disso dar um pthread_cond_wait() para o canibal esperar o cozinheiro dormindo, após isso dar um pthread_mutex_unlock() para liberar o mutex e deixar outra thread ter o acesso deste mutex.

Caso ainda exista porção do caldeirão, o canibal se serve com a função servir() após isso libera o mutex com pthread_mutex_unlock() pois os canibais podem comer ao mesmo tempo, após isso eles comem com a função comer(). A função clock_gettime() serve para pegar o tempo atual do programa, e colocar na variável finish, após isso eu atualizo o tempo atual do programa na variável time_p para determinar se chegou na hora de para a execução. Após terminar a execução do canibal ele acorda o cozinheiro caso ele esteja dormindo para terminar sua execução também.

```

void prepara_jantar(){
    printf("(Cozinheiro)Cozinhando\n");
    preparando = true;
    sleep(5);
    cont_cozi++;
    Caldeirao=5;
}

void *thread_cozinheiro(void *v){
    pthread_mutex_lock(&mutex_cozi);
    pthread_cond_wait(&dormi_cozi,&mutex_cozi);
    pthread_mutex_unlock(&mutex_cozi);
    while(time_p<limit){
        printf("(Cozinheiro)Acordado\n");
        pthread_mutex_lock(&mutex_zone);
        prepara_jantar();
        preparando = false;
        printf("(Cozinheiro)Acorda Canibais e Dorme\n");
        pthread_cond_broadcast(&dormi_cani);
        pthread_cond_wait(&dormi_cozi,&mutex_zone);
        pthread_mutex_unlock(&mutex_zone);
    }
    printf("(Cozinheiro)Parou\n");
}

```

Na figura acima mostra a função do cozinheiro prepara_jantar() e a função da thread do cozinheiro. Na função prepara_jantar() possui uma variável booleana para indicar para o canibal se o cozinheiro estiver preparando o jantar e o canibal deve dormir para aguardar, ele espera cinco segundos e coloca o caldeirão novamente para cinco porções.

A thread_cozinheiro() inicializa dormindo, ao ser acordado, ele pega a proteção do mutex_zone que dar permissão para acessar a variável compartilhada, caldeirão. Após terminar de preparar o jantar, a variável que ele estava preparando vai para falso, para indicar ao canibal que ele não está mais preparando o jantar, agora ele acorda todos os canibais com o pthread_cond_broadcast() para acordar todos os canibais que dormiram com aquela variável condicional, em seguida vai dormir usando o pthread_cond_wait(), libera o mutex_zone dando unlock no mutex para permitir que o canibal acesse a região protegida pelo mutex_zone. Após terminar o tempo para a execução da thread ela quebra o loop e indica o fim da thread.

```

int main(void){
    pthread_create(&cozinheiro,NULL,&thread_cozinheiro,NULL);
    int id[3]={0,1,2};
    for(int i=0;i<3;i++)
        pthread_create(&canibal[i],NULL,&thread_canibal,(void *) &id[i]);
    clock_gettime(CLOCK_MONOTONIC,&start);
    pthread_join(cozinheiro,NULL);
    for(int i=0;i<3;i++)
        pthread_join(canibal[i],NULL);
    printf("\n\n");
    for(int i=0;i<3;i++)
        printf("(Canibal %d) %d Vezes\n",i,cont_cani[i]);
    printf("(Cozinheiro) %d Vezes\n",cont_cozi);
}

```

Na main ela cria as threads, vê o tempo inicial do programa para determinar o tempo que deve parar e dar join nas thread, ao final da execução das threads indica quantas vezes cada canibal se alimentou e quantas vezes o cozinheiro teve que preparar o jantar para os canibais.

Execução

```
1 (Canibal 0)Acorda Cozinheiro
2 (Canibal 0)Dorme
3 (Cozinheiro)Acordado
4 (Cozinheiro)Cozinhando
5 (Cozinheiro)Acorda Canibais e Dorme
6 (Canibal 2)Servindo
7 (Canibal 2)Comendo
8 (Canibal 0)Servindo
9 (Canibal 0)Comendo
10 (Canibal 1)Servindo
11 (Canibal 1)Comendo
12 (Canibal 2)Terminou de comer
13 (Canibal 2)Servindo
14 (Canibal 0)Terminou de comer
15 (Canibal 2)Comendo
16 (Canibal 0)Servindo
17 (Canibal 0)Comendo
18 (Canibal 1)Terminou de comer
19 (Canibal 1)Acorda Cozinheiro
20 (Canibal 1)Dorme
21 (Cozinheiro)Acordado
22 (Cozinheiro)Cozinhando
23 (Canibal 2)Terminou de comer
24 (Canibal 2)Dorme
25 (Canibal 0)Terminou de comer
26 (Canibal 0)Dorme
27 (Cozinheiro)Acorda Canibais e Dorme
28 (Canibal 1)Servindo
29 (Canibal 1)Comendo
30 (Canibal 2)Servindo
31 (Canibal 2)Comendo
32 (Canibal 0)Servindo
33 (Canibal 0)Comendo
34 (Canibal 1)Terminou de comer
35 (Canibal 1)Servindo
36 (Canibal 1)Comendo
37 (Canibal 2)Terminou de comer
38 (Canibal 2)Servindo
39 (Canibal 0)Terminou de comer
40 (Canibal 2)Comendo
41 (Canibal 0)Acorda Cozinheiro
42 (Canibal 0)Dorme
43 (Cozinheiro)Acordado
44 (Cozinheiro)Cozinhando
45 (Canibal 1)Terminou de comer
46 (Canibal 1)Dorme
47 (Canibal 2)Terminou de comer
48 (Canibal 2)Dorme
49 (Cozinheiro)Acorda Canibais e Dorme
50 (Canibal 1)Servindo
51 (Canibal 1)Comendo
52 (Canibal 0)Servindo
53 (Canibal 0)Comendo
54 (Canibal 2)Servindo
55 (Canibal 2)Comendo
56 (Canibal 1)Terminou de comer
57 (Canibal 1)Servindo
58 (Canibal 0)Terminou de comer
59 (Canibal 1)Comendo
60 (Canibal 0)Servindo
61 (Canibal 2)Terminou de comer
62 (Canibal 0)Comendo
63 (Canibal 2)Acorda Cozinheiro
64 (Canibal 2)Dorme
65 (Cozinheiro)Acordado
66 (Cozinheiro)Cozinhando
67 (Canibal 1)Terminou de comer
68 (Canibal 1)Dorme
69 (Canibal 0)Terminou de comer
70 (Canibal 0)Dorme
71 (Cozinheiro)Acorda Canibais e Dorme
72 (Canibal 1)Servindo
73 (Canibal 1)Comendo
74 (Canibal 2)Servindo
75 (Canibal 2)Comendo
76 (Canibal 0)Servindo
77 (Canibal 0)Comendo
78 (Canibal 1)Terminou de comer
79 (Canibal 1)Servindo
80 (Canibal 1)Comendo
81 (Canibal 2)Terminou de comer
82 (Canibal 2)Servindo
83 (Canibal 0)Terminou de comer
84 (Canibal 0)Acorda Cozinheiro
85 (Canibal 2)Comendo
86 (Canibal 0)Dorme
87 (Cozinheiro)Acordado
88 (Cozinheiro)Cozinhando
89 (Canibal 1)Terminou de comer
90 (Canibal 1)Dorme
91 (Canibal 2)Terminou de comer
92 (Canibal 2)Dorme
93 (Cozinheiro)Acorda Canibais e Dorme
94 (Canibal 2)Servindo
95 (Canibal 2)Comendo
96 (Canibal 0)Servindo
97 (Canibal 0)Comendo
98 (Canibal 1)Servindo
99 (Canibal 1)Comendo
100 (Canibal 2)Terminou de comer
101 (Canibal 2)Servindo
102 (Canibal 2)Comendo
103 (Canibal 0)Terminou de comer
104 (Canibal 0)Servindo
105 (Canibal 1)Terminou de comer
106 (Canibal 1)Acorda Cozinheiro
107 (Canibal 0)Comendo
108 (Canibal 1)Dorme
109 (Cozinheiro)Acordado
110 (Cozinheiro)Cozinhando
111 (Canibal 2)Terminou de comer
112 (Canibal 2)Dorme
113 (Canibal 0)Terminou de comer
114 (Canibal 0)Dorme
115 (Cozinheiro)Acorda Canibais e Dorme
116 (Canibal 0)Servindo
117 (Canibal 0)Comendo
118 (Canibal 1)Servindo
119 (Canibal 1)Comendo
120 (Canibal 2)Servindo
121 (Canibal 2)Comendo
122 (Canibal 0)Terminou de comer
123 (Canibal 0)Servindo
124 (Canibal 0)Comendo
125 (Canibal 1)Terminou de comer
126 (Canibal 1)Servindo
127 (Canibal 1)Comendo
128 (Canibal 2)Terminou de comer
```


129 (Canibal 2)Acorda Cozinheiro
130 (Canibal 2)Dorme
131 (Cozinheiro)Acordado
132 (Cozinheiro)Cozinhando
133 (Canibal 0)Terminou de comer
134 (Canibal 0)Dorme
135 (Canibal 1)Terminou de comer
136 (Canibal 1)Dorme
137 (Cozinheiro)Acorda Canibais e Dorme
138 (Canibal 2)Servindo
139 (Canibal 2)Comendo
140 (Canibal 1)Servindo
141 (Canibal 1)Comendo
142 (Canibal 0)Servindo
143 (Canibal 0)Comendo
144 (Canibal 2)Terminou de comer
145 (Canibal 2)Servindo
146 (Canibal 2)Comendo
147 (Canibal 1)Terminou de comer
148 (Canibal 1)Servindo
149 (Canibal 1)Comendo
150 (Canibal 0)Terminou de comer
151 (Canibal 0)Acorda Cozinheiro
152 (Canibal 0)Dorme
153 (Cozinheiro)Acordado
154 (Cozinheiro)Cozinhando
155 (Canibal 2)Terminou de comer
156 (Canibal 2)Dorme
157 (Canibal 1)Terminou de comer
158 (Canibal 1)Dorme
159 (Cozinheiro)Acorda Canibais e Dorme
160 (Canibal 0)Servindo

161 (Canibal 0)Comendo
162 (Canibal 1)Servindo
163 (Canibal 1)Comendo
164 (Canibal 2)Servindo
165 (Canibal 2)Comendo
166 (Canibal 0)Terminou de comer
167 (Canibal 0)Servindo
168 (Canibal 1)Terminou de comer
169 (Canibal 0)Comendo
170 (Canibal 1)Servindo
171 (Canibal 2)Terminou de comer
172 (Canibal 2)Acorda Cozinheiro
173 (Canibal 1)Comendo
174 (Canibal 2)Dorme
175 (Cozinheiro)Acordado
176 (Cozinheiro)Cozinhando
177 (Canibal 0)Terminou de comer
178 (Canibal 0)Dorme
179 (Canibal 1)Terminou de comer
180 (Canibal 1)Dorme
181 (Cozinheiro)Acorda Canibais e Dorme
182 (Canibal 2)Servindo
183 (Canibal 2)Comendo
184 (Canibal 1)Servindo
185 (Canibal 1)Comendo
186 (Canibal 0)Servindo
187 (Canibal 0)Comendo
188 (Canibal 2)Terminou de comer
189 (Canibal 2)Servindo
190 (Canibal 2)Comendo
191 (Canibal 1)Terminou de comer
192 (Canibal 1)Servindo

193 (Canibal 1)Comendo
194 (Canibal 0)Terminou de comer
195 (Canibal 0)Acorda Cozinheiro
196 (Canibal 0)Dorme
197 (Cozinheiro)Acordado
198 (Cozinheiro)Cozinhando
199 (Canibal 2)Terminou de comer
200 (Canibal 2)Dorme
201 (Canibal 1)Terminou de comer
202 (Canibal 1)Dorme
203 (Cozinheiro)Acorda Canibais e Dorme
204 (Canibal 2)Servindo
205 (Canibal 2)Comendo
206 (Canibal 0)Servindo
207 (Canibal 0)Comendo
208 (Canibal 1)Servindo
209 (Canibal 1)Comendo
210 (Canibal 2)Terminou de comer
211 (Canibal 2)Servindo
212 (Canibal 2)Comendo
213 (Canibal 0)Terminou de comer
214 (Canibal 0)Servindo
215 (Canibal 0)Comendo
216 (Canibal 1)Terminou de comer
217 (Canibal 1)Acorda Cozinheiro
218 (Canibal 1)Dorme
219 (Cozinheiro)Acordado
220 (Cozinheiro)Cozinhando
221 (Canibal 2)Terminou de comer
222 (Canibal 2)Dorme
223 (Canibal 0)Terminou de comer
224 (Canibal 0)Dorme

225 (Cozinheiro)Acorda Canibais e Dorme
226 (Canibal 0)Servindo
227 (Canibal 0)Comendo
228 (Canibal 1)Servindo
229 (Canibal 1)Comendo
230 (Canibal 2)Servindo
231 (Canibal 2)Comendo
232 (Canibal 0)Terminou de comer
233 (Canibal 0)Servindo
234 (Canibal 0)Comendo
235 (Canibal 1)Terminou de comer
236 (Canibal 1)Parou
237 (Cozinheiro)Parou
238 (Canibal 2)Terminou de comer
239 (Canibal 2)Parou
240 (Canibal 0)Terminou de comer
241 (Canibal 0)Parou
242
243
244 (Canibal 0) 18 Vezes
245 (Canibal 1) 18 Vezes
246 (Canibal 2) 18 Vezes
247 (Cozinheiro) 11 Vezes

Na execução acima inicialmente o canibal que vê o caldeirão vazio, acorda o cozinheiro pra ele cozinhar e vai dormir, depois de ter terminado de preparar o jantar acorda os canibais e eles disputam por quem irá pegar a proteção do mutex quem conseguir irá se alimentar, os três primeiros são distintos, já a quarta e quinta porção do caldeirão são prevista, sendo o quarto igual ao primeiro que se alimentou e o quinto igual ao segundo, pois assim que eles terminam ele pegam novamente a trava.

Ao final da execução mostra quantas vezes cada Canibal se alimentou, ou seja, quantas vezes eles comeram. Neste exemplo todos os canibais se alimentaram a mesma quantidade de vezes, 18 vezes, e o cozinheiro teve que preparar o jantar 11 vezes para gerar estas porções.

Experiência

O trabalho pode colocar em prática os conhecimentos adquiridos. O conceito de starvation foi o mais presente durante a construção do algoritmo, pois nas versões iniciais do trabalho existia muito desequilíbrio entre os canibais, onde a organização e a ordem dos comandos do código influenciaram no resultado da execução do algoritmo.

Para resolver o problema, eu fui retirando código desnecessário, alterando a ordem dos comandos que seriam executados para tentar ser o mais justo possível e o resultado ser o mais equilibrado possível.