Programação Concorrente

Rafael Vargas Mesquita

ROTEIRO

Introdução

Estado de thread: ciclo de vida

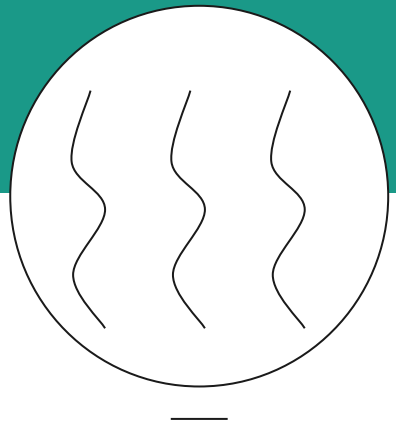
Prioridades e agendamento de threads

Criando e executando threads

Sincronização de threads

Multithreading com GUI

Programação Concorrente



Introdução

Rafael Mesquita, Prof.

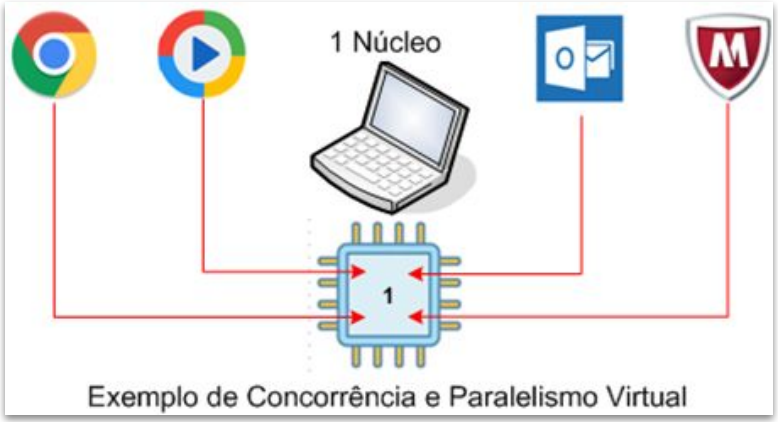
Introdução

O *corpo humano* realiza uma grande variedade de operações paralelamente.

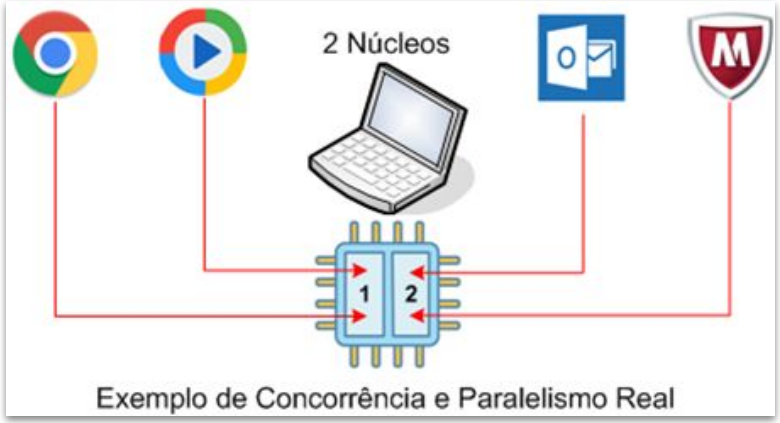
Introdução

Os *computadores* também realizam operações paralelamente e/ou concorrentemente.

Paralelamente: tarefas são executadas *simultaneamente*.
Concorrentemente: tarefas *disputam* o mesmo recurso.



Exemplo de Concorrência e Paralelismo Virtual



Exemplo de Concorrência e Paralelismo Real

Introdução

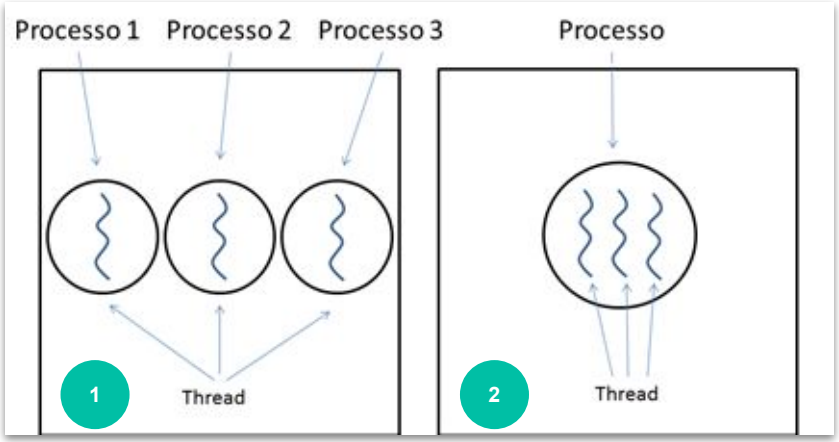
Programa: conjunto de instruções em uma linguagem de alto nível ou de máquina.

Processo: resultado da execução do programa.

01 | Sequencial: uma Thread (Single-Thread)

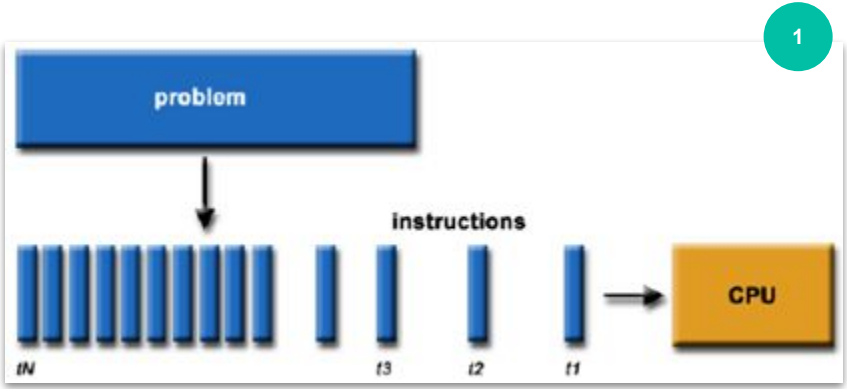
02 | Concorrente: várias Threads (Multi-Thread)

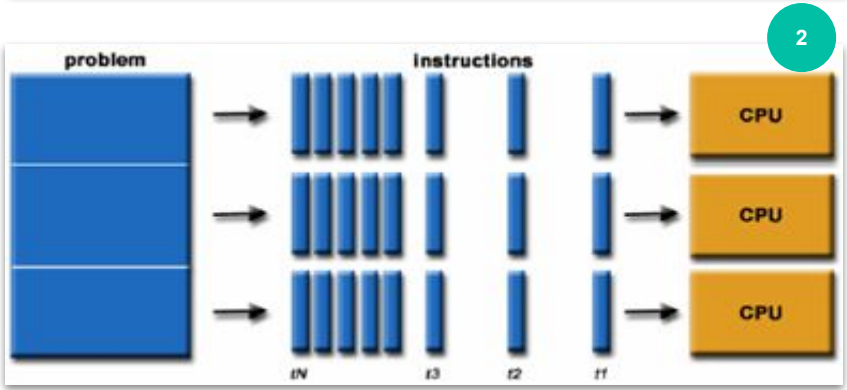
Threads: linhas de execução separadas

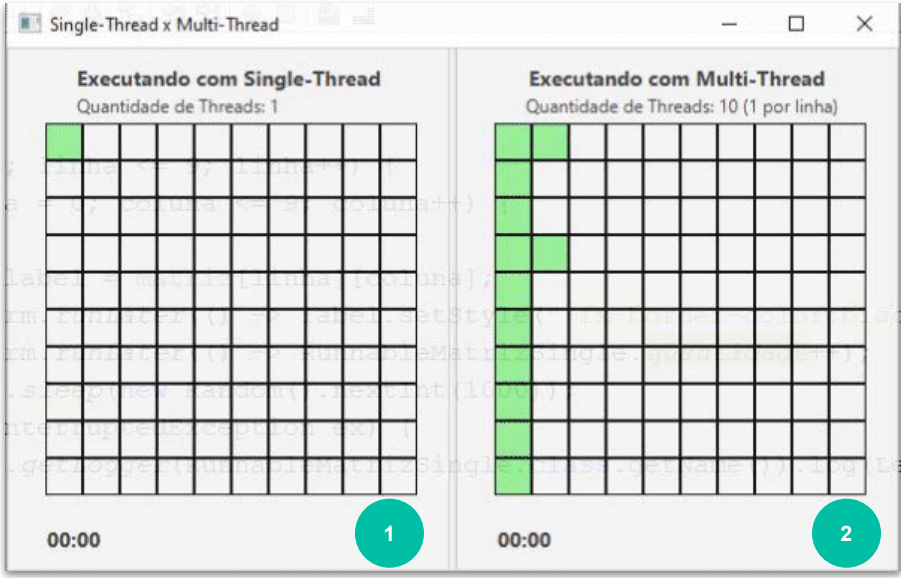


01 | Sequencial: uma Thread (Single-Thread)

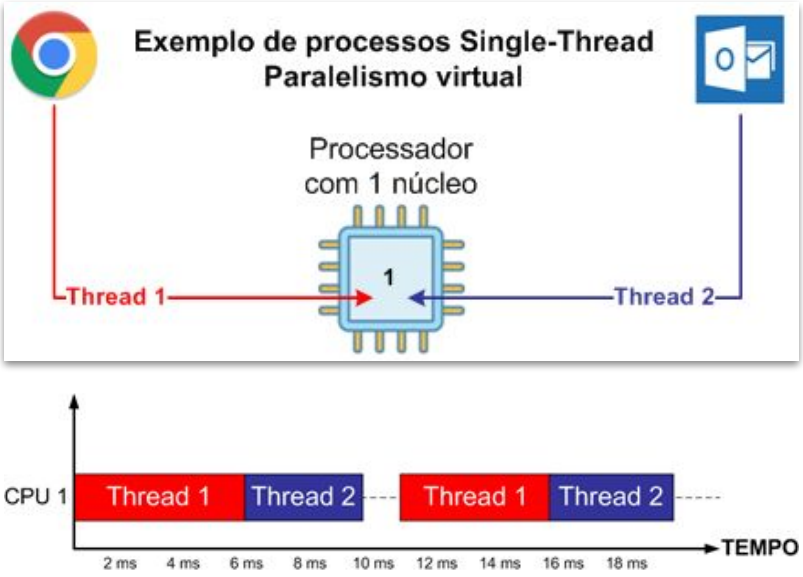
02 | Concorrente: várias Threads (Multi-Thread)

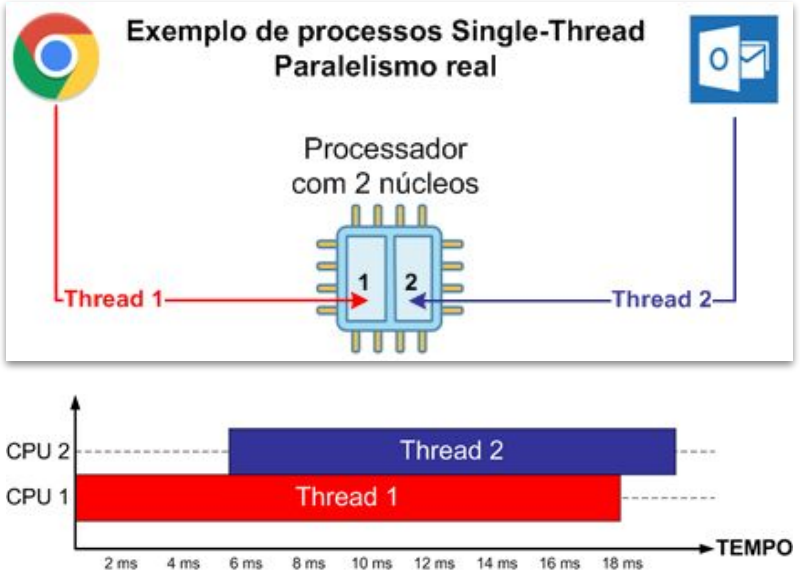




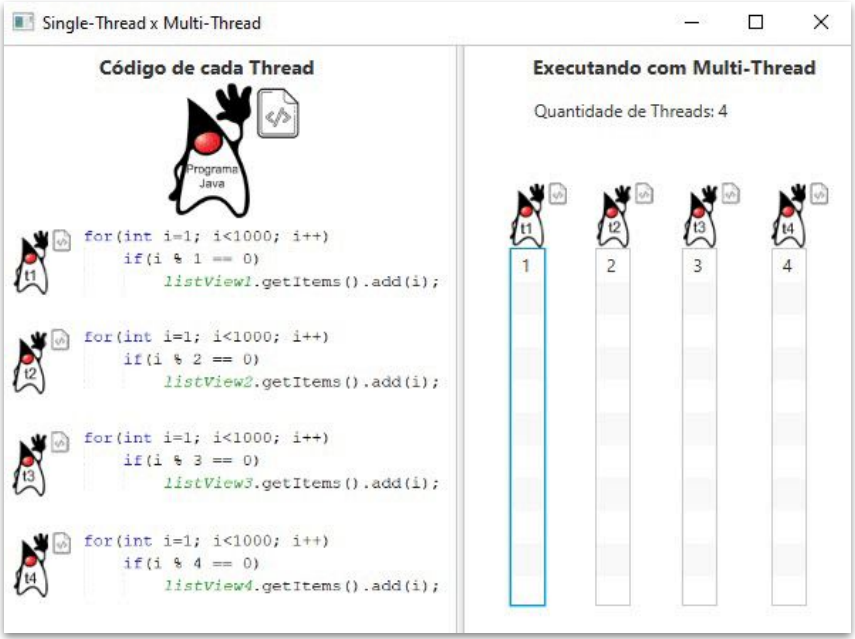


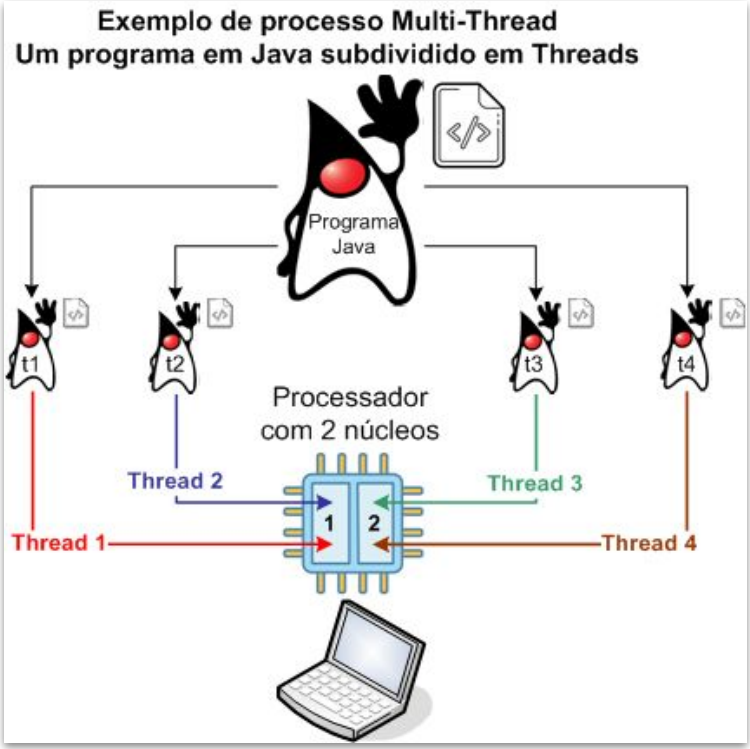
Modelo Single-Thread

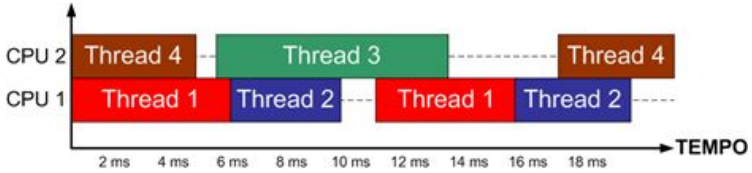




Modelo Multi-Thread







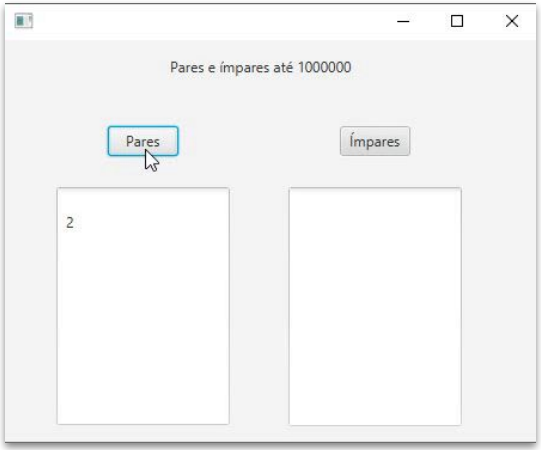
Introdução

Concorrência no Java: inclui primitivos de multithreading na própria linguagem e bibliotecas.

Exemplos de programação concorrente:

JAVA

Programa em Java para exibição de números pares e ímpares

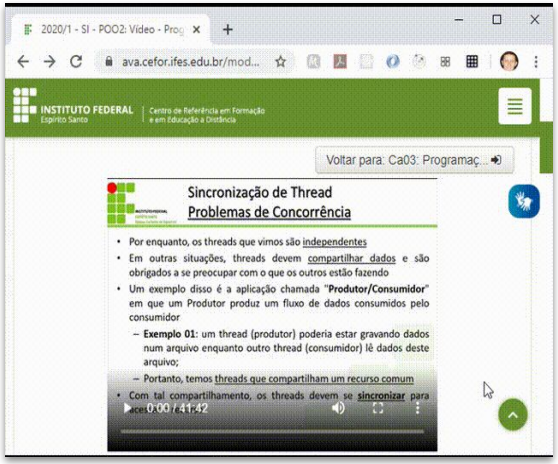


JVM

Garbage Collector

DOWNLOAD

Arquivo grande
Áudio ou Vídeo



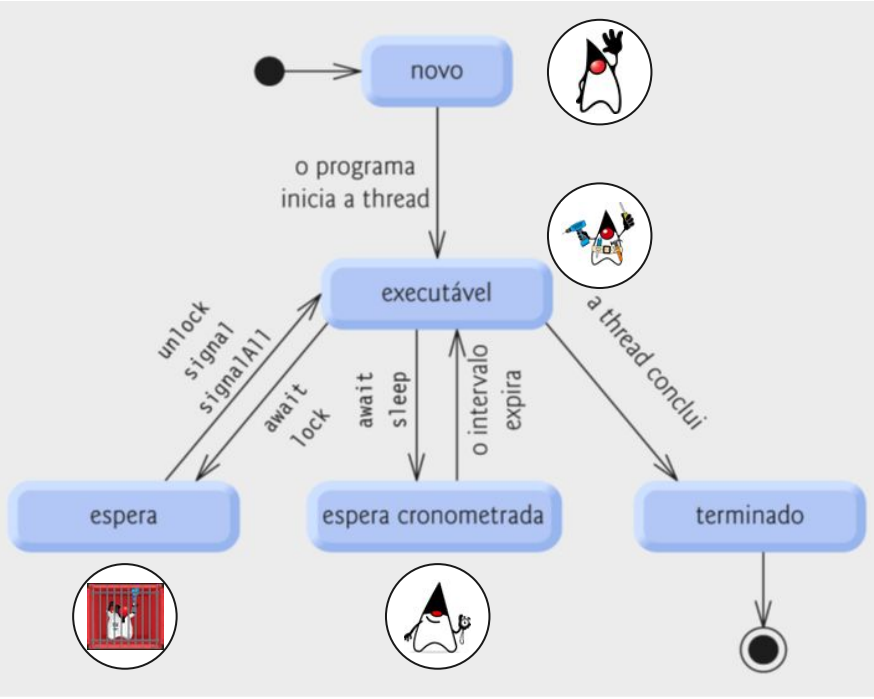
Programação Concorrente

Estados de Thread

Rafael Mesquita, Prof.

Estados de thread

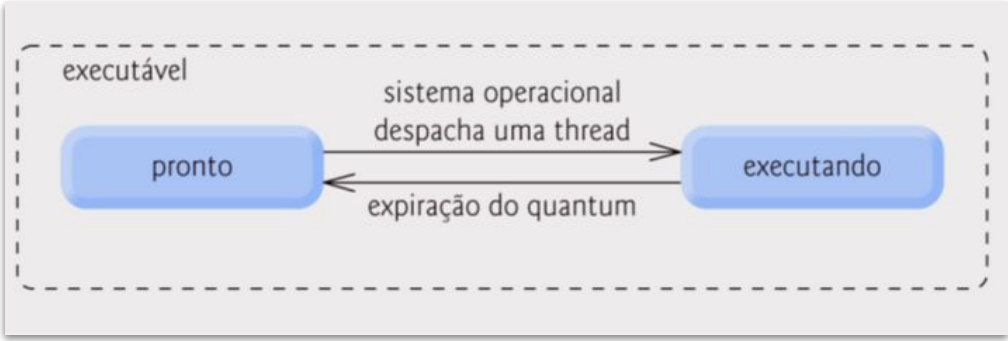
- uma nova thread inicia seu ciclo de vida no estado **novo**
- permanece nesse estado até o programa iniciar a thread, colocando-a no estado **executável**
- entra no estado de **espera** a fim de esperar que uma outra thread realize uma tarefa.
- entra em **espera cronometrada** para esperar uma outra thread ou para transcorrer um determinado período de tempo;
- uma thread executável transita para o estado **bloqueado** quando tenta realizar uma tarefa que não pode ser completada imediatamente e deve esperar temporariamente até que essa tarefa seja concluída;
- quando uma thread no estado executável completa sua tarefa ela entra no estado **terminado**.



Ciclo de vida de thread: visão do programador

Estados de thread

- **pronto:** uma thread nesse estado não está esperando uma outra thread, mas está esperando que o sistema operacional atribua a thread a um processador;
- **em execução:** uma thread nesse estado tem atualmente um processador e está executando. Uma thread no estado em execução frequentemente utiliza uma pequena quantidade de tempo de processador chamada fração de tempo, ou *quantum*, antes de migrar de volta para o estado pronto.



Ciclo de vida de thread: visão do sistema operacional

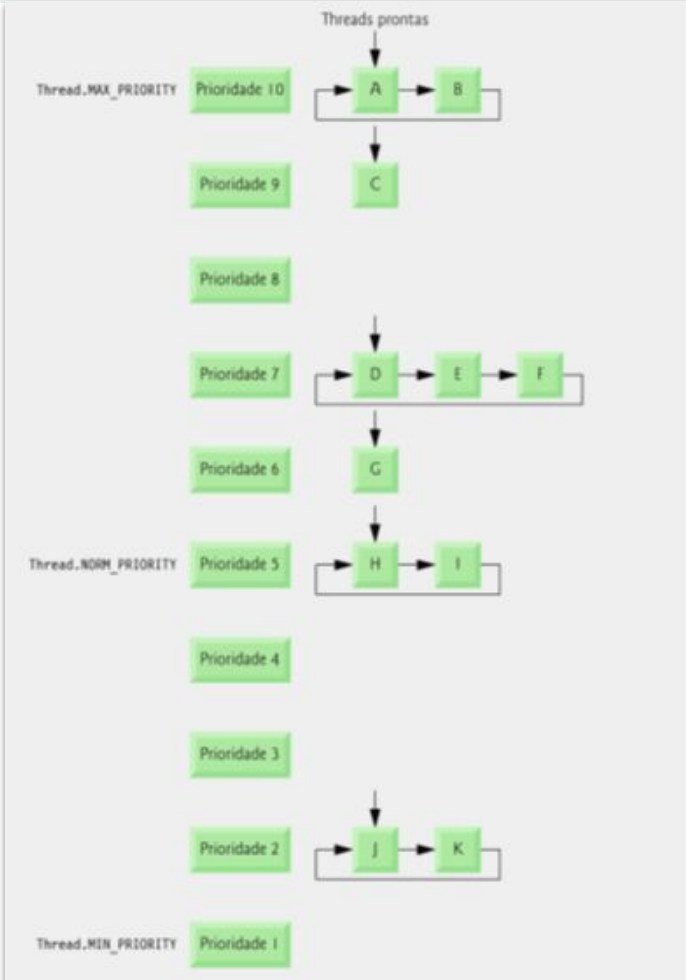
Programação Concorrente

Prioridade de Thread

Rafael Mesquita, Prof.

Prioridades e Agendamentos

- Cada thread Java tem uma prioridade;
- As prioridades do Java estão no intervalo entre:
  - **MIN_PRIORITY** (uma constante de **1**) e
  - **MAX_PRIORITY** (uma constante de **10**);
- As threads com prioridade mais alta são mais importantes e terão um processador alocado antes das threads com prioridades mais baixas;
- A **prioridade padrão** é NORM_PRIORITY (constante de **5**).
- Em Java: `public void setPriority(xxx)`

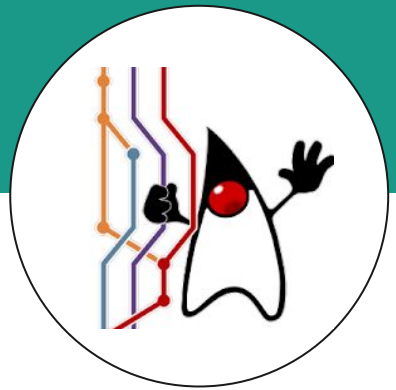


Prioridades e Agendamentos

Thread Scheduler: Agendador de Thread em um SO

- determina qual thread é executada em seguida;
- uma implementação simples executa threads com a mesma prioridade no estilo rodízio;
- threads de prioridade mais alta podem fazer **preempção** da thread atualmente **em execução**.
- em alguns casos, as threads de prioridade alta podem adiar indefinidamente threads de prioridade mais baixa; o que também é conhecido como **inanição**.

Programação Concorrente



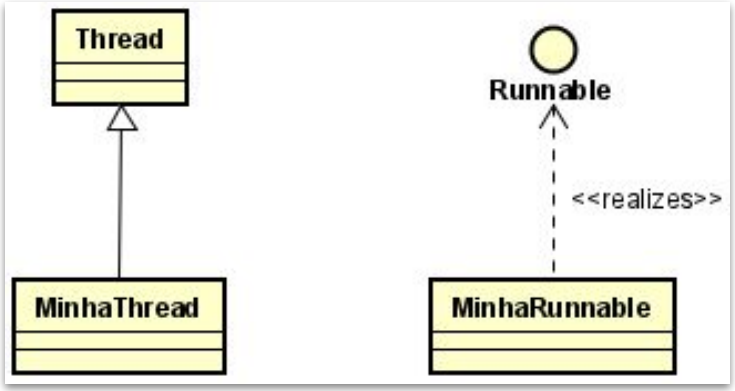
Criando Threads

Rafael Mesquita, Prof.

Criando e executando threads

Existem duas formas de criação de threads:

Extends Thread: herdar a classe Thread.
Implements Runnable: implementar a interface Runnable.



POOII-ProgramacaoConcorrente-Exemplo-Thread
POOII-ProgramacaoConcorrente-Exemplo-Runnable

Criando e executando threads

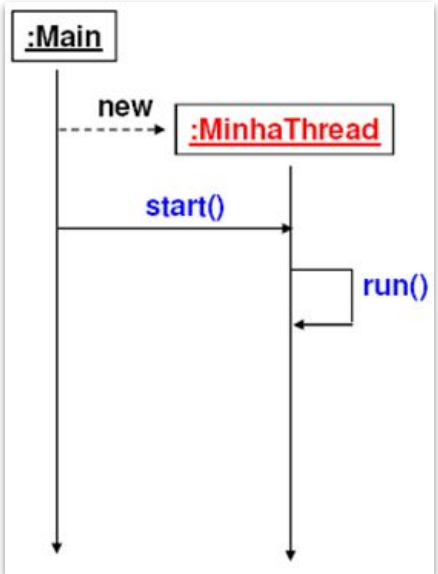
Criação de threads por **extends**

```
public class MinhaThread extends Thread{

    public void run(){
        System.out.println("Executando Thread!");
    }
}
```

```
public class Main {

    public static void main(String[] args) {
        MinhaThread minhaThread = new MinhaThread();
        minhaThread.start();
    }
}
```



Criando e executando threads

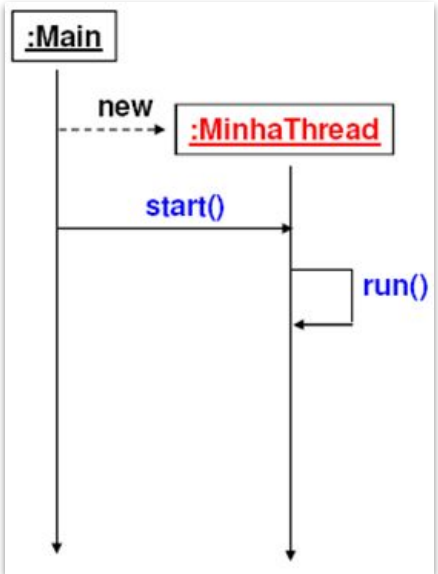
Criação de threads por **implements**

```
public class MinhaRunnable implements Runnable{

    public void run(){
        System.out.println("Executando Thread!");
    }
}
```

```
public class Main {

    public static void main(String[] args) {
        MinhaRunnable minhaRunnable = new MinhaRunnable();
        Thread minhaThread = new Thread(minhaRunnable);
        minhaThread.start();
    }
}
```



Criando threads

Exemplo básico de Threads contadoras:

- duas threads são criadas
- cada uma conta de 0 até 4
- os resultados podem ser intercalados

```
INICIO DA THREAD MAIN ***
thread 1 rodando
                thread 2 rodando
                thread 2: 0
                thread 2: 1
                thread 2: 2
thread 1: 0
thread 1: 1
                thread 2: 3
                thread 2: 4
                thread 2 FIM ***
thread 1: 2
thread 1: 3
thread 1: 4
thread 1 FIM ***
```

```
class MinhaRunnable implements Runnable {
  public void run() { //interface Runnable exige implementação de run
        String name = Thread.currentThread().getName();
        System.out.println(name + " rodando");
        for (int i=0;i < 5; i++) {
           System.out.println(name + ": " + i);
        }
        System.out.println(name + " FIM ***");
  }
}
public class Main {
  public static void main(String[] args) {
        System.out.println("INICIO DA THREAD MAIN ***");
        Thread t1 = new Thread(new MinhaRunnable(), "thread 1");
        Thread t2 = new Thread(new MinhaRunnable(), "\tthread 2");
        t1.start();
        t2.start();
  }
}
```

POOII-ProgramacaoConcorrente-Exemplo-ThreadsContadoras

Criando e executando threads

Métodos importantes

- **run()** - é o código que a thread executará.
- **start()** - sinaliza à JVM que a thread pode ser executada, mas saiba que essa execução não é garantida quando esse método é chamado, e isso pode depender da JVM.
- **isAlive()** - volta true se a thread está sendo executada e ainda não terminou.
- **sleep()** - suspende a execução da thread por um tempo determinado;
- **yield()** - torna o estado de uma thread executável para que thread com prioridades equivalentes possam ser processadas, isso será estudando mais adiante;
- **currentThread()** - é um método estático da classe Thread que volta qual a thread que está sendo executada.
- **getName()** - volta o nome da Thread, você pode especificar o nome de uma Thread com o método setName() ou na construção da mesma, pois existe os construtores sobrecarregados.

Criando e executando threads

Utilização dos seguintes métodos importantes:

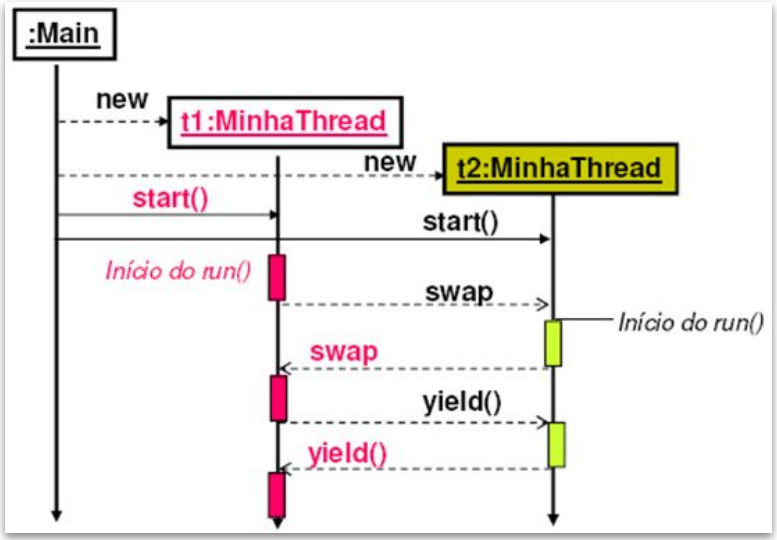
Yield

Sleep

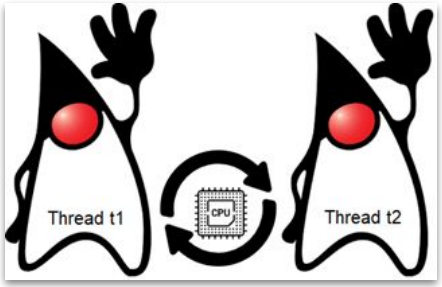
Join

Criando e executando threads

Yield: suspende a execução da thread atual e permite que outra ocupe o processador.



As flechas pontilhadas indicam swap;
O label das flechas indicam o motivo do swap;
Swap: escalonador do SO;
yield(): a chamada ao método causou a mudança.



Criando e executando threads: Yield

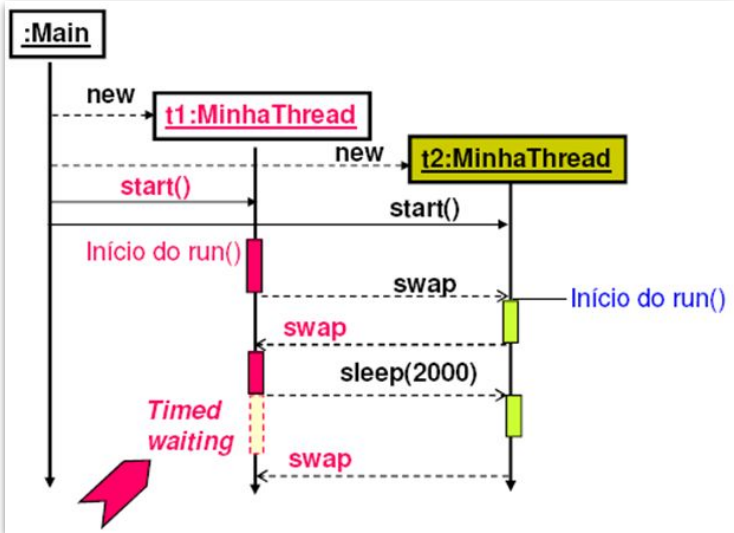
```
class MinhaRunnable implements Runnable {
  public void run() {
    String name = Thread.currentThread().getName();
    System.out.println(name + " rodando");
    for (int i=0;i < 5; i++) {
      System.out.println(name + ": " + i);
      // passando o controle para outra thread implicitamente
      Thread.yield();
    }
    System.out.println(name + " FIM ***");
  }
}
public class Main {
  public static void main(String[] args) {
    System.out.println("INICIO DA THREAD MAIN ***");
    Thread t1 = new Thread(new MinhaRunnable(), "thread 1");
    Thread t2 = new Thread(new MinhaRunnable(), "\t\tthread 2");
    t1.start();
    t2.start();
  }
}
```

```
INICIO DA THREAD MAIN ***
thread 1 rodando
                    thread 2 rodando
thread 1: 0
                    thread 2: 0
thread 1: 1
                    thread 2: 1
thread 1: 2
                    thread 2: 2
thread 1: 3
                    thread 2: 3
thread 1: 4
                    thread 2: 4
thread 1 FIM ***
                    thread 2 FIM ***
```

POOII-ProgramacaoConcorrente-Exemplo-Yield

Criando e executando threads

Sleep: suspende a execução da thread atual por pelo menos x milisegundos e permite que outra ocupe o processador.



Criando e executando threads: Sleep

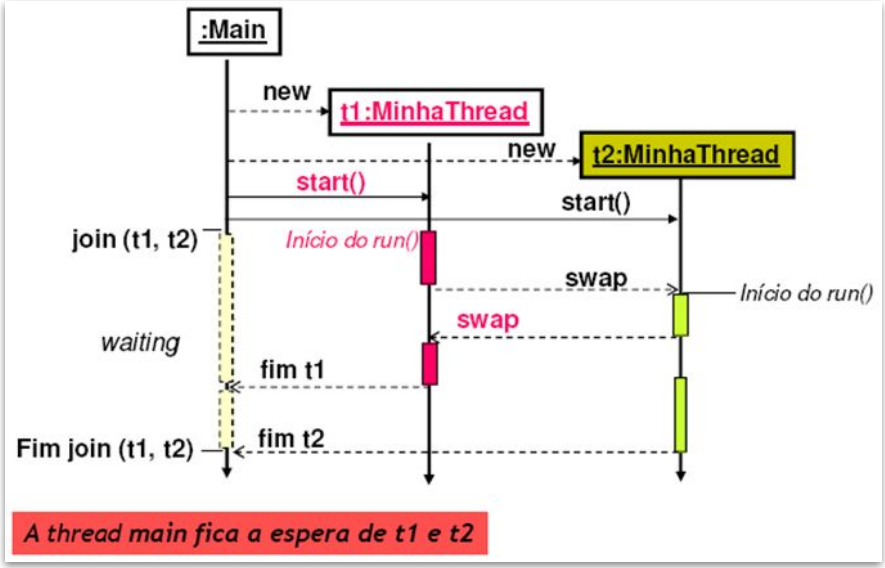
```
class MinhaRunnable implements Runnable {
   public void run() {
      String name = Thread.currentThread().getName();
       System.out.println(name + " rodando");
       for (int i = 0; i < 5; i++) {
          System.out.println(name + ": " + i);
          if (i % 3 == 0) {
                Thread.sleep(2000); // dorme 2s a cada 3 contagens
          }
       }
       System.out.println(name + " FIM ***");
   }
}
public class Main {
   public static void main(String[] args) {
       System.out.println("INICIO DA THREAD MAIN ***");
       Thread t1 = new Thread(new MinhaRunnable(), "thread 1");
       Thread t2 = new Thread(new MinhaRunnable(), "\t\tthread 2");
       t1.start();
       t2.start();
   }
}
```

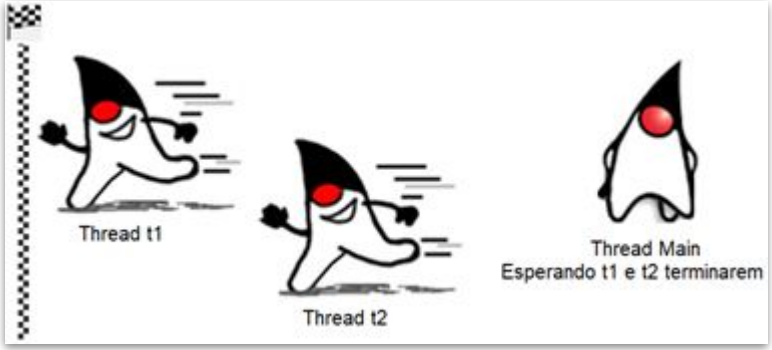
```
INICIO DA THREAD MAIN ***
thread 1 rodando
thread 1: 0
                    thread 2 rodando
                    thread 2: 0
thread 1: 1
thread 1: 2
thread 1: 3
                    thread 2: 1
                    thread 2: 2
                    thread 2: 3
thread 1: 4
thread 1 FIM ***
                    thread 2: 4
                    thread 2 FIM ***
```

POOII-ProgramacaoConcorrente-Exemplo-Sleep

Criando e executando threads

Join: permite que uma thread espere pelo término de duas ou mais threads.





Criando e executando threads: Join

```
class MinhaRunnable implements Runnable {
   public void run() {
      String name = Thread.currentThread().getName();
      System.out.println(name + " rodando");
      for (int i=0;i < 5; i++)
         System.out.println(name + ": " + i);
      System.out.println(name + " FIM ***");
   }
}
public class Main {
   public static void main(String[] args) {
      System.out.println("INICIO DA THREAD MAIN ***");
      Thread t1 = new Thread(new MinhaRunnable(), "thread 1");
      Thread t2 = new Thread(new MinhaRunnable(), "\t\tthread 2");
      t1.start();
      t2.start();
      try {
         t1.join(); // a thread main aguarda o término de t1
         t2.join(); // a thread main aguarda o término de t2
      }
      System.out.println("As duas threads encerraram a contagem");
   }
}
```

```
INICIO DA THREAD MAIN ***
thread 1 rodando
thread 1: 0
thread 1: 1
thread 1: 2
thread 1: 3
thread 1: 4
thread 1 FIM ***
                thread 2 rodando
                thread 2: 0
                thread 2: 1
                thread 2: 2
                thread 2: 3
                thread 2: 4
                thread 2 FIM ***
*** As duas threads encerraram a contagem * * *
```

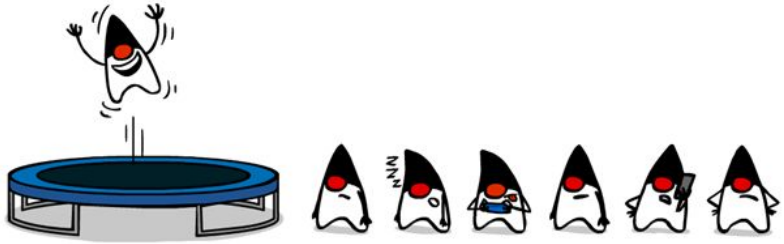
POOII-ProgramacaoConcorrente-Exemplo-Join

Programação Concorrente

Sincronização de Thread

Rafael Mesquita, Prof.

Sincronização de Thread



Problemas de concorrência

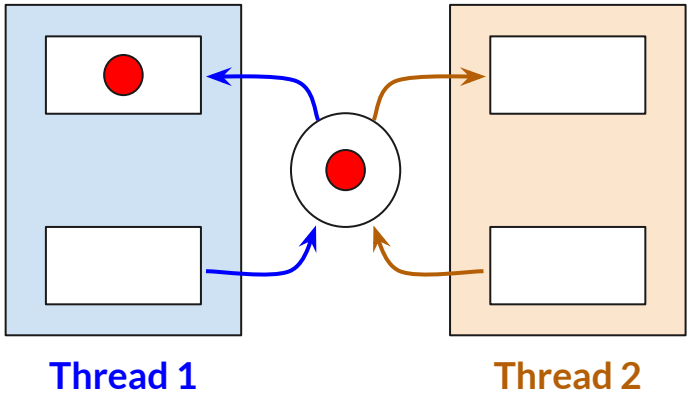
- Por enquanto, os threads que vimos são independentes
- Em outras situações, threads devem compartilhar dados e são obrigados a se preocupar com o que os outros estão fazendo
- Um exemplo disso é a aplicação chamada "**Produtor/Consumidor**" em que um Produtor produz um fluxo de dados consumidos pelo consumidor
    - **Exemplo 01**: um thread (produtor) poderia estar gravando dados num arquivo enquanto outro thread (consumidor) lê dados deste arquivo;
    - Portanto, temos threads que compartilham um recurso comum
- Com tal compartilhamento, os threads devem se **sincronizar** para acessar o recurso

processos querem o recurso, mas só um pode utilizá-lo, caso contrário o recurso pode ficar num estado inconsistente

Sincronização de Thread

Problemas de concorrência

- Processos podem compartilhar dados
- Sincronizar acesso aos dados é necessário
- **Região / Seção crítica**: necessita de atomicidade
- Para garantir atomicidade, **exclusão mútua**



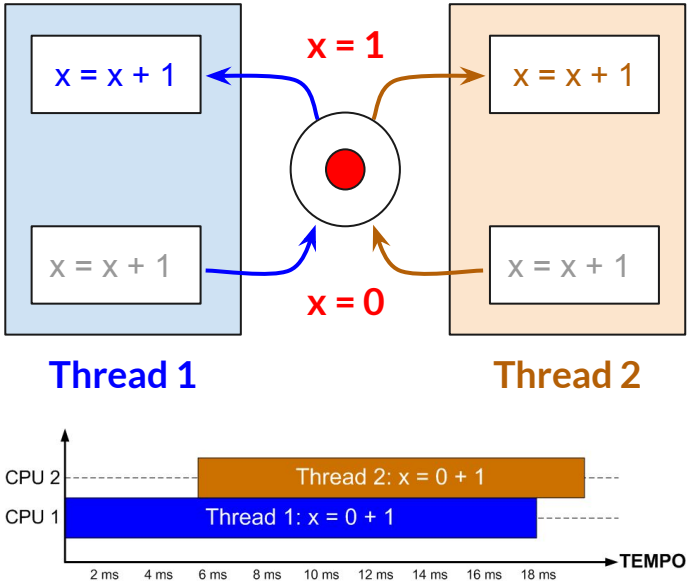
Exemplo

- x é uma variável compartilhada (x=0)
- Thread 1 faz: x = x + 1
- Thread 2 faz: x = x + 1
- x deve ser 2 ao final
- x = x + 1 deve ser executada **atomicamente**

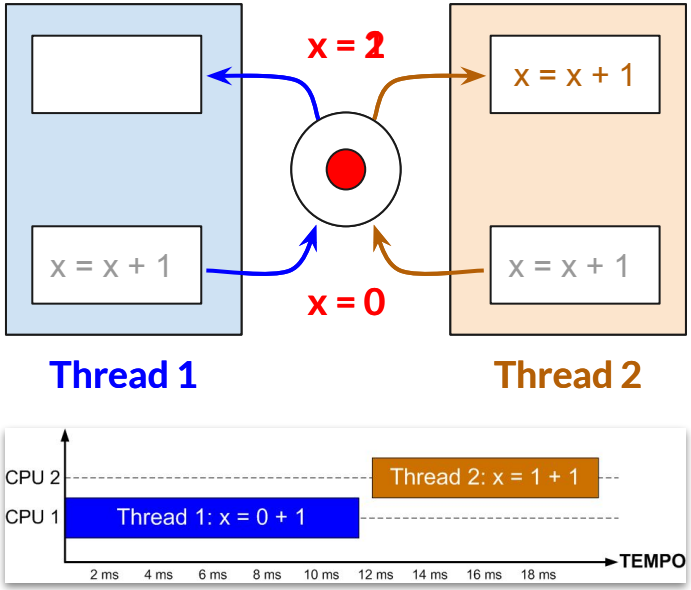
Quem ganha a disputa?

Sincronização de Thread

Sem exclusão mútua



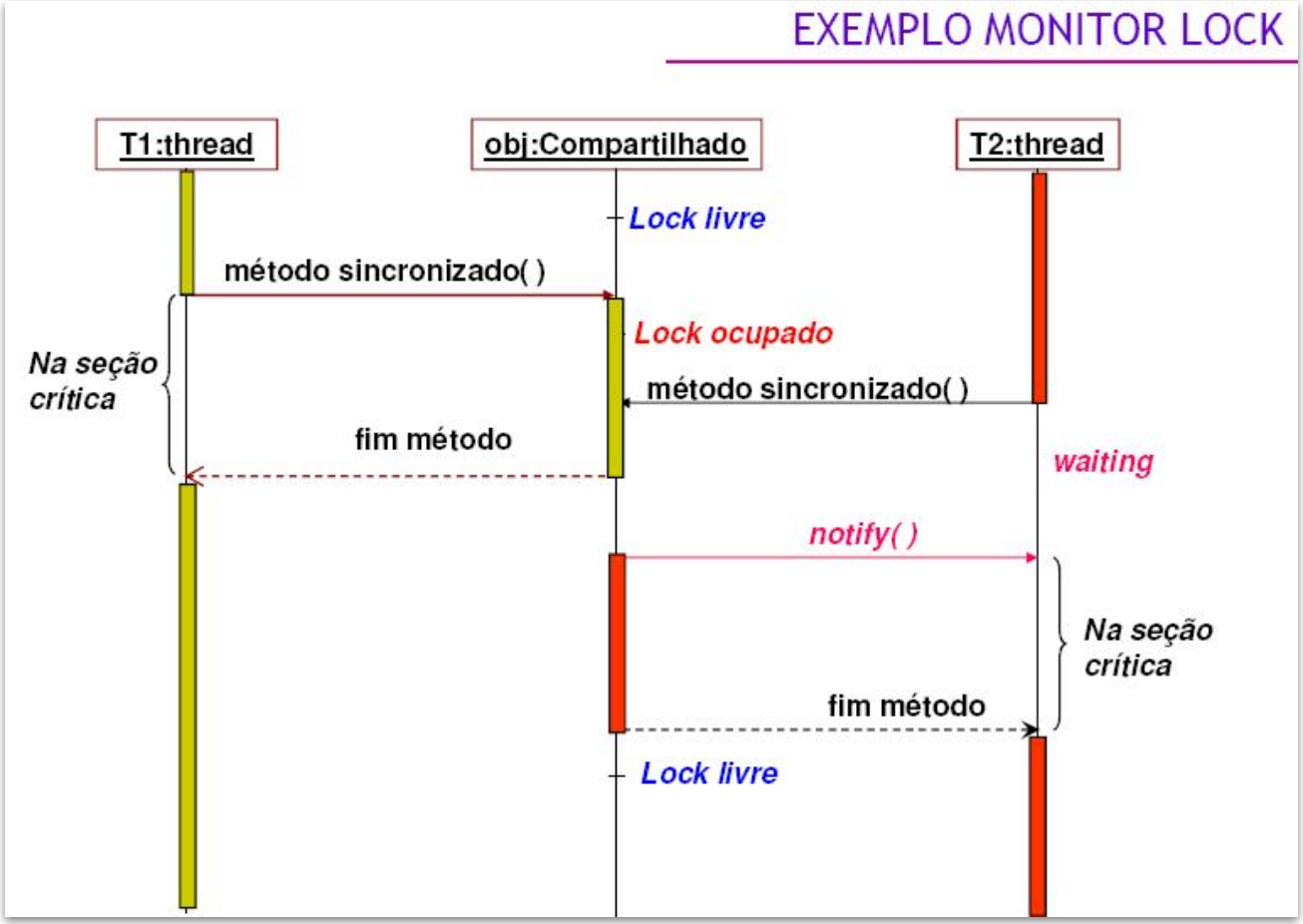
Com exclusão mútua



Sincronização de Thread

Problemas de concorrência

- **Como resolver os problemas de acesso à seção crítica?**
- **Monitor**: mais alto nível e mais fácil de utilizar
- Java só trabalha com monitores
- Todo objeto em Java é um monitor
- Quando uma thread executa um **bloco de código sincronizado**, ela fecha o acesso às demais. Outra thread que tentar acessar a seção crítica (o bloco de código) não conseguirá até que a primeira libere o acesso.
- Em java, o **bloqueio é feito no objeto** e não no método.
- Útil quando duas ou mais threads devem atualizar a mesma área de memória (atributo compartilhado).


EXEMPLO MONITOR LOCK
T1:thread
obj:Compartilhado
T2:thread
Lock livre
método sincronizado( )
Lock ocupado
Na seção crítica
método sincronizado( )
fim método
waiting
notify( )
Na seção crítica
fim método
Lock livre

Sincronização de Thread

Problemas de concorrência

- **A 1ª sincronização: synchronized**
  - Dentro de um programa, segmentos de código que acessam os mesmos dados usando threads diferentes e concorrentes são chamados de regiões críticas ou seções críticas
  - Uma seção crítica pode ser um bloco de statements ou um método inteiro e deve ser identificada com a palavra synchronized
  - A JVM fornece um lock para cada objeto e o objeto é travado (o lock é "obtido") ao entrar numa seção crítica
- **A 2ª sincronização: notify, notifyAll e wait**

SINTAXE PARA SYNCHRONIZED

São construções equivalentes

```
public synchronized void metodo() {
   ….
   ….
   ….

}
```

```
public void metodo() {
   synchronized (this) {
      ….
      ….
      ….
   }
}
```

Métodos estáticos podem ser sincronizados - equivale a um lock de classe

Sincronização de Thread

POOII-ProgramacaoConcorrente-Exemplo-Sincronizacao_01
POOII-ProgramacaoConcorrente-Exemplo-Sincronizacao_02

Synchronized

- Cenário: Imaginemos um **processo de compra pela Internet**, onde inúmeras pessoas podem consultar os itens disponíveis em estoque e realizar seus pedidos. Pois bem, como não queremos causar situações indigestas com nossos clientes, precisamos garantir que seus pedidos sejam faturados corretamente. Bom onde queremos chegar?
- Imagine que **temos 5 aparelhos celulares iPhone 11** em nosso estoque e que foi lançado uma promoção desse aparelho. Temos ainda que **200 pessoas** estão dispostas a entrar no tapa por um aparelho
- Bem, temos que garantir que esse processo seja concretizado sem maiores problemas... Vejamos como resolver esse problema:

Sincronização de Thread: Synchronized

```
class Produto implements Runnable {
   private int estoque = 5;

   public void run() {
            efetuarPedido();
   }

   public void efetuarPedido() {
      try {
         if (this.estoque > 0) {
            System.out.println("Pedido faturado para o cliente "+Thread.currentThread().getName());
             Thread.sleep(250);
             this.estoque--;
         } else {
            System.out.println("Não tem estoque para o cliente "+Thread.currentThread().getName());
         }
      }
      catch (Exception ex) {
      }
   }
```

```
public class PedidoCompra {
   public static void main(String[] args) {
      Produto p = new Produto(5);
      Thread[] t = new Thread[15];
      for (int i=0; i < t.length; i++ ) {
         t[i] = new Thread(p);
         t[i].setName("Cliente: "+i);
         t[i].start();
      }
   }
}
```

Não tente vender o programa acima!
O código sempre efetuará o pedido tendo ou não estoque.

Sincronização de Thread: Synchronized

```
class Produto implements Runnable {
   private int estoque = 5;

   public void run() {
            efetuarPedido();
   }

   public synchronized void efetuarPedido() {
      try {
         if (this.estoque > 0) {
            System.out.println("Pedido faturado para o cliente "+Thread.currentThread().getName());
             Thread.sleep(250);
             this.estoque--;
         } else {
            System.out.println("Não tem estoque para o cliente "+Thread.currentThread().getName());
         }
      }
      catch (Exception ex) {
      }
   }
```

```
public class PedidoCompra {
   public static void main(String[] args) {
      Produto p = new Produto(5);
      Thread[] t = new Thread[15];
      for (int i=0; i < t.length; i++ ) {
         t[i] = new Thread(p);
         t[i].setName("Cliente: "+i);
         t[i].start();
      }
   }
}
```

Modificador synchronized
Não deixa 2 threads executarem o método ao mesmo tempo

Sincronização de Thread

wait notify notifyAll

- Interação entre Segmentos
  - wait()
  - notify()
  - notifyAll()

- O método **Object.wait()** interrompe a thread atual, ou seja, coloca a mesma para “dormir” até que uma outra thread use o método **Object.notify()** no mesmo objeto para “acordá-la”.

MONITOR LOCK: WAIT, NOTIFY

- Cada monitor tem uma fila de processos bloqueados
- 3 métodos especiais podem ser usados dentro do monitor

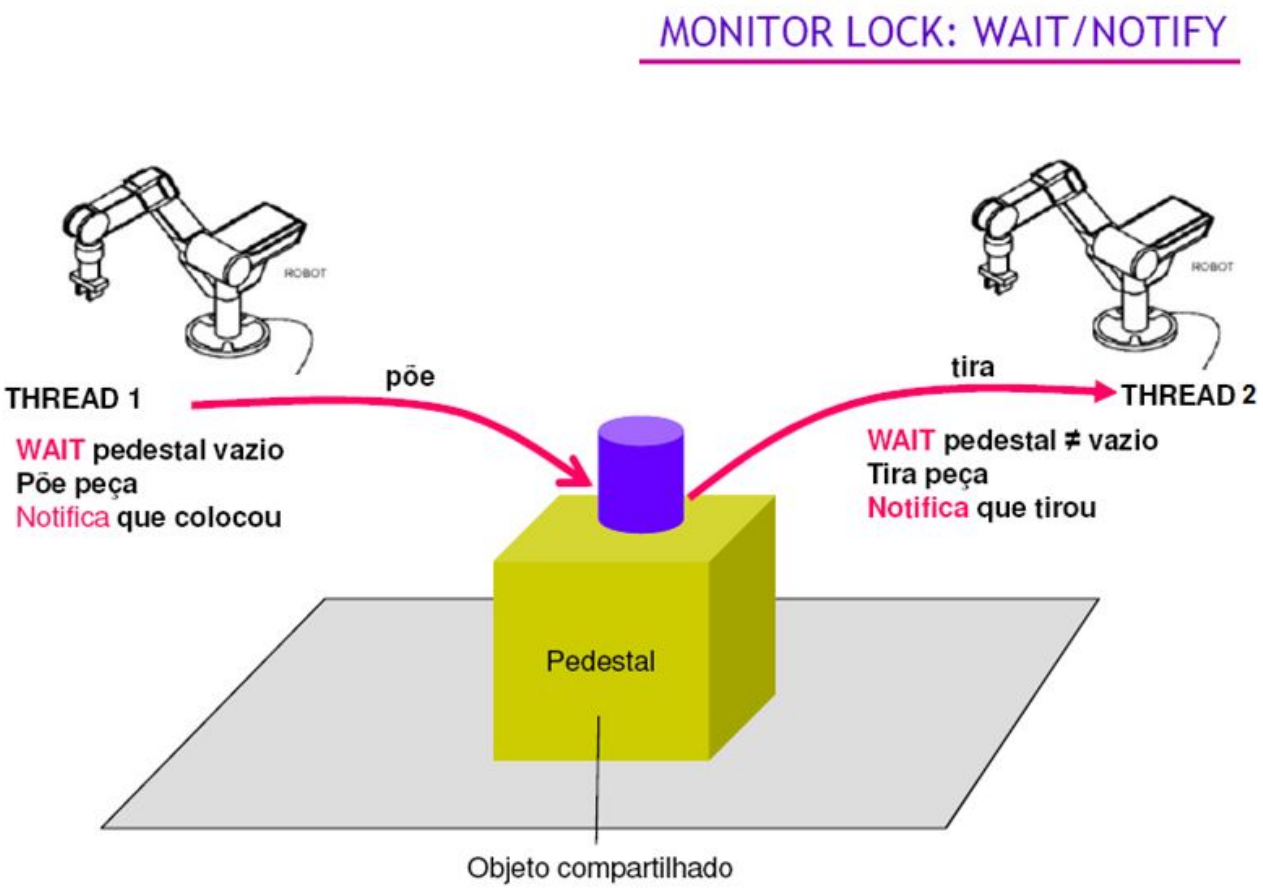
```
synchronized
   (object) {
   ….
   object.wait();
   ….
   object.notify();
   ….
   object.notifyAll(
   );
   ….
}
```

Thread Libera o lock do *object* e passa ao estado *waiting*

Se a fila não estiver vazia, pega um processo qualquer da fila e o desbloqueia

Se a fila não estiver vazia, desbloqueia todos os processos da fila que vão disputar o lock - mas só um será escolhido pelo escalonador (ineficiente se houver muitas threads)

Sincronização de Thread: wait notify notifyAll: Exemplo do Pedestal



Sincronização de Thread: wait notify notifyAll: Exemplo do Pedestal

MONITOR LOCK: WAIT/NOTIFY

```
class Pedestal {
    boolean livre = true;
}
```

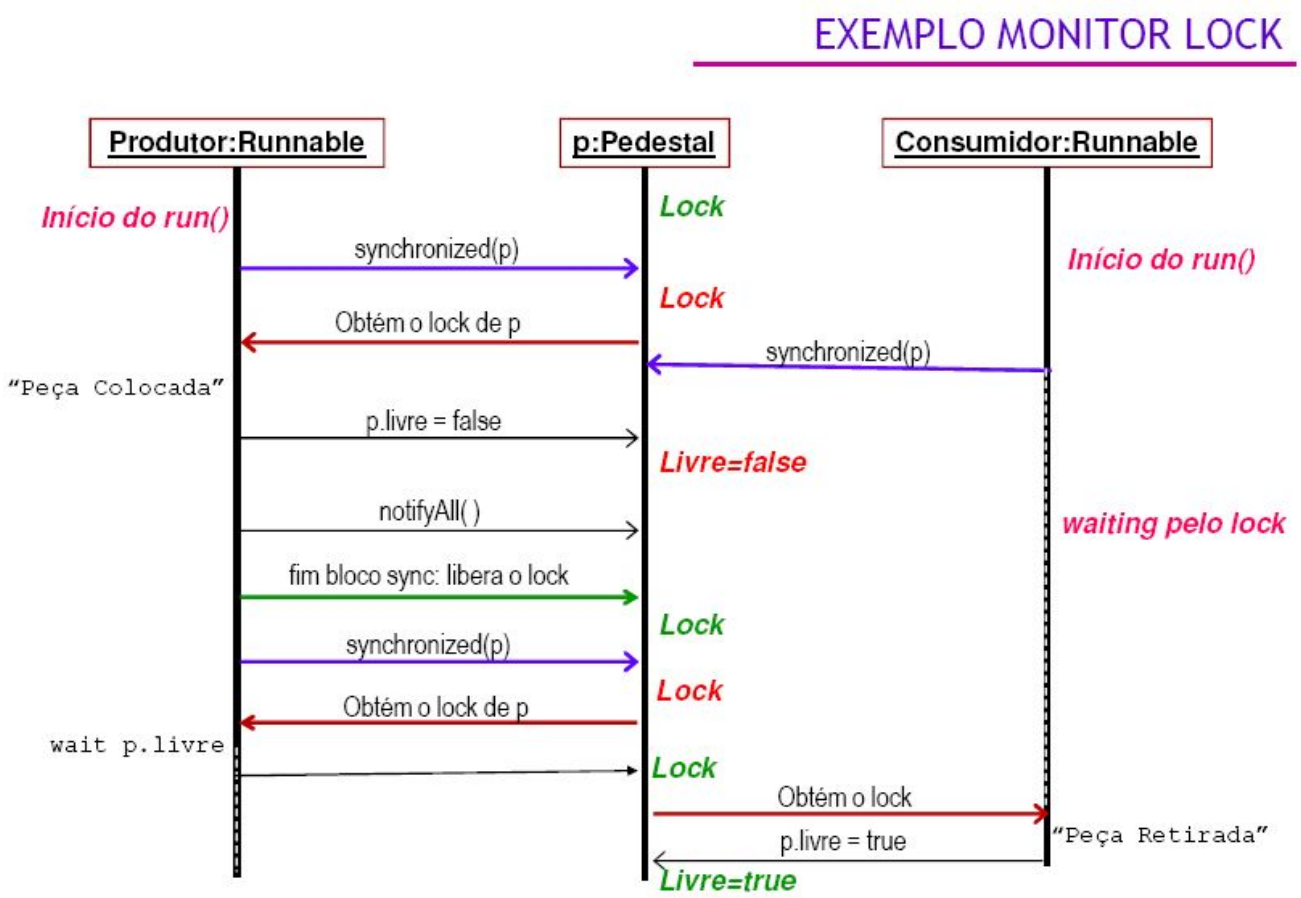
```
class RoboProdutor implements Runnable {
    Pedestal p;
    RoboProdutor(Pedestal p) {
        this.p = p;
    }
    public void run() {
      while (true) {
        synchronized (p) {
           while (!p.livre) {
              p.wait();
           }
           println("Peça colocada");
           p.livre=false;
           p.notifyAll();
        }
      }
   }
}
```

```
class RoboConsumidor implements Runnable {
    Pedestal p;
    RoboConsumidor(Pedestal p) {
        this.p = p;
    }
    public void run() {
      while (true) {
        synchronized (p) {
           while (p.livre) {
              p.wait();
           }
           println("Peça retirada");
           p.livre=true;
           p.notifyAll();
        }
      }
   }
}
```

Catch e try foram omitidos
Wait libera o lock; Notify não libera o lock

POOII-ProgramacaoConcorrente-Exemplo-WaitNotify-Pedestal

Sincronização de Thread: wait notify notifyAll: Exemplo do Pedestal



Sincronização de Thread

Join x Wait

- Quando utilizar Join ou Wait ?

> A começar pelo **join**, este espera até que a thread seja totalmente finalizada, ou seja, seu processamento termine. Diferentemente do **wait** que já libera a thread após o notify, e não necessariamente a thread que chamou o notify precisa ter terminado.

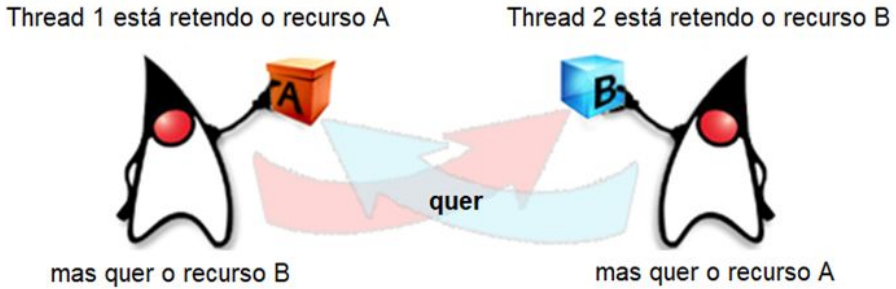
```
//Usando Join
synchronized(two){
two.join()
}

//Usando Wait
synchronized(two){
two.wait();
}

....

synchronized(two){
  notify();
  //or notifyAll();
}
```

Sincronização de Thread

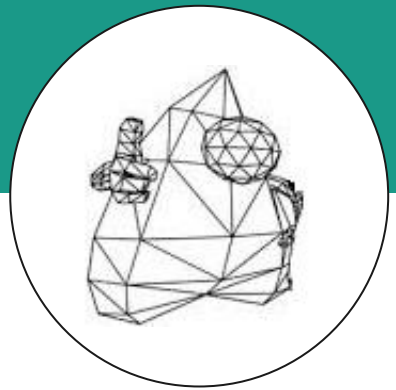


Deadlock

- O **impasse** (deadlock) ocorre quando uma thread em espera (vamos chamá-la de thread1) não pode prosseguir porque está esperando (direta ou indiretamente) outra thread (vamos chamá-la de thread2) prosseguir;
- Simultaneamente, a thread2 não pode prosseguir porque está esperando (direta ou indiretamente) a thread1 prosseguir.
- Como duas threads estão esperando uma à outra, as ações que permitiriam a cada thread continuar **a execução nunca ocorre**.

POOII-ProgramacaoConcorrente-Exemplo-Deadlock

Programação Concorrente



Multithreading com GUI

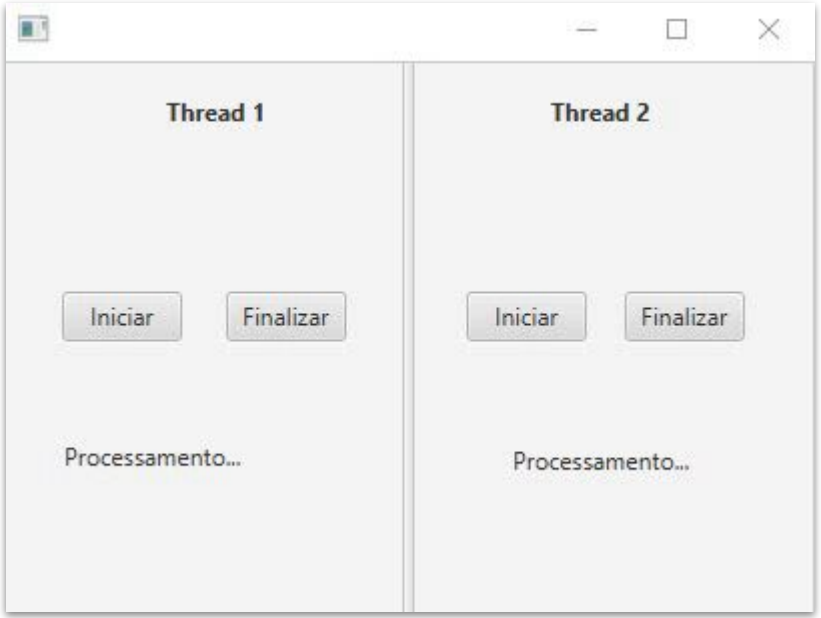
Rafael Mesquita, Prof.

Multithreading com GUI

- JavaFX, como Swing e AWT, usa uma única Thread para processar todos os eventos da interface do usuário, chamada **JavaFX Application Thread**.
- Todas as tarefas que exigem interação com a GUI de um aplicativo são colocadas em uma fila de eventos e executados em sequência pela thread.
- Os componentes GUI JavaFX não são seguros para threads – não podem ser manipulados por múltiplas threads sem o risco de resultados incorretos.

Multithreading com GUI

Exemplo de Thread com JavaFX



POOII-ProgramacaoConcorrente-Exemplo-JavaFX-Thread

```
public class MinhaRunnable implements Runnable {

    Label label;
    int i;

    public MinhaRunnable(Label j) {
        label = j;
    }

    @Override
    public void run() {
        for (i = 1; i <= 5; i++) {
            Platform.runLater(() -> label.setText("Processando..." + i));
            try {
                Thread.sleep(1000);
            } catch (InterruptedException ex) {
                Logger.getLogger(MinhaRunnable.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
            }
        }
        Platform.runLater(() -> label.setText("Finalizada!"));
    }

}
```

Referências Bibliográficas

H. M. Deitel, P. J. Deitel. Java: Como Programar, **Capítulo 23 – Concorrência**, 10ª Edição. Pearson, 2016.

Obrigado.

Sobre mim

Rafael Mesquita, Prof.

Prof. Dr. Formado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Lavras