



## Sistemas de Apoio à Decisão

### Cap. 4 - Simulação

#### aula 2

M Cândida Mourão  
cmourao@iseg.ulisboa.pt

•31

## SIMUL8 – Routing Out em Entradas

Work Entry Point Properties

Work Entry Point 1

Input Work Item Type:

Main Work Item Type

Inter-arrival times (minutes)

Average: 10

Distribution: Exponential

Routing Out

Routing Out From:

Discipline: Percent 10

To: 10.000000% Queue for Activity 1  
20.000000% Queue for Activity 2  
70.000000% Queue for Activity 3

Total = 1000

Work item also enters state: (None)

➤ Pode também fazer-se num centro de trabalho!

2019/20 - Simulação M Cândida Mourão 32

•32

## Simulação – Exemplo 3 (cont.)

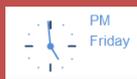
Num dos serviços de Loja do Cidadão existem 3 balcões (A, B e C) para atender os clientes. A chegada destes segue uma distribuição Poisson de média 20 por hora, contudo, 20% desistem. O tempo de atendimento em cada um dos diferentes balcões é idêntico, podendo ser aproximado por uma v.a. Exponencial de média 15 minutos por cliente.

Utilize o **SIMUL8**, para simular o funcionamento do sistema durante uma semana, de forma a saber:

- o tempo médio de espera dos clientes;
- a % de tempo durante o qual não haverá clientes na loja;
- se será preciso pôr mais balcões a funcionar;
- repita o problema mas supondo que o valor médio das chegadas baixa para 10 por hora;
- repita o problema mas supondo que inicialmente 20% dos clientes desistem, 10% dirigem-se ao balcão A, 40% ao B e os restantes ao C.

•33

## SIMUL8 – Relógio



**Clock Properties**

Time Units  
 Seconds  Minutes  Hours  Days  
 For units smaller than seconds use decimals of units e.g. 0.001 = 1 millisecond

Time format  
 Simple unit count from zero  Percent  Time only  
 Decimals:   Time Day  
 Description:

Digital  Clock Face

HH:MM  HH:MM.000  HH:MM:SS  HH:MM:SS.000

Days  
 Day  Date  
 Day, Week  Mon, Tues, Wed... Days per week:

Running Time  
 Start time each day (HH:MM):   
 Duration of day (HH:MM):

Warm Up Period Results Collection Period

The simulation will run for the total of Warm Up Period + Results Collection Period

•34



## SIMUL8 – Relógio



PM  
Friday



PM  
Friday

### Clock Properties

Time Units:  Seconds  Minutes  Hours  Days

For units smaller than seconds use decimals of units e.g. 0.001 = 1 millisecond

Time format:  Simple unit count from zero  Percent  Time only  Time Day

Decimals:

Description:

Digital  Clock Face

Days:  Day  Date  Mon, Tues, Wed... Days per week:

Running Time: Start time each day (HH:MM):  Duration of day (HH:MM):

Buttons: Warm Up Period, Results Collection Period

The simulation will run for the total of Warm Up Period + Results Collection Period

### Results Collection Period

Collect results for this amount of time for each simulation run:

weeks

Beep on Completion

Buttons: OK, Cancel, Help

### Results Collection Period

Collect results for this amount of time for each simulation run:

weeks

dropdown menu: weeks, days, weeks, months, years, simulation time units (minutes)

Beep on Completion

Buttons: OK, Cancel, Help

### Warm Up Period

Start results collection after this number of minutes:

minutes

Include in displayed clock time

Buttons: OK, Cancel, Help

2019/20 - Simulação
M Cândida Mourão
35

•35



## Simulação – Exemplo 1 (cont.)

Considerando o exemplo 1 simule o funcionamento do sistema durante uma semana.



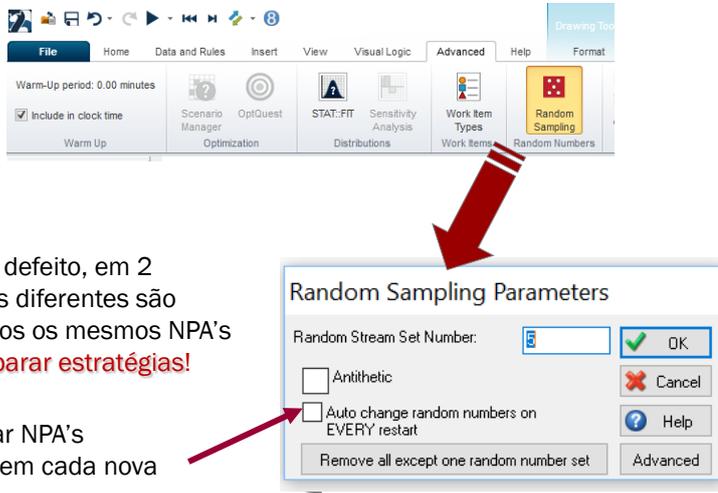
**Nota** – Os resultados que temos visto são os resultados de uma só corrida (uma só semana). Geralmente, estamos interessados nos resultados de diversas corridas – ou seja, de uma **experiência** (várias semanas)!

2019/20 - Simulação
M Cândida Mourão
36

•36



## Simulação – Experiências



**Nota:** Por defeito, em 2 corridas diferentes são utilizados os mesmos NPA's – **Comparar estratégias!**

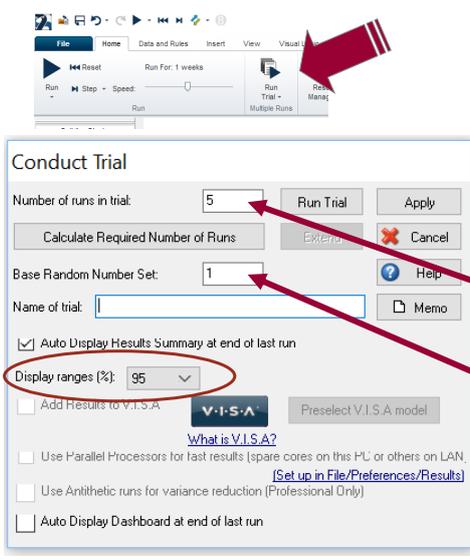
Para utilizar NPA's diferentes em cada nova "corrida"

2019/20 - Simulação M Cândida Mourão 37

•37



## Simulação – Experiências



- Ao simular o funcionamento durante uma semana não sabemos se é uma semana média; boa ou má!
- **Experiência** – para comparar estratégias!

n.º de corridas na experiência

Semente - para fixar ou alterar a sequência de NPA utilizados

2019/20 - Simulação M Cândida Mourão 38

•38

## Simulação – Exemplo 3 (cont.)

Num dos serviços de Loja do Cidadão existem 3 balcões (A, B e C) para atender os clientes. A chegada destes segue uma distribuição Poisson de média 20 por hora, contudo, 20% desistem. O tempo de atendimento em cada um dos diferentes balcões é idêntico, podendo ser aproximado por uma v.a. Exponencial de média 15 minutos por cliente.

Utilize o **SIMUL8**, para simular o funcionamento do sistema durante uma semana, de forma a saber:

- a) o tempo médio de espera dos clientes;
- b) a % de tempo durante o qual não haverá clientes na loja;
- c) se será preciso pôr mais balcões a funcionar;
- d) repita o problema mas supondo que o valor médio das chegadas baixa para 10 por hora;
- e) repita o problema mas supondo que inicialmente 20% dos clientes desistem, 10% dirigem-se ao balcão A, 40% ao B e os restantes ao C;
- f) simule o funcionamento do sistema da alínea d) com várias alternativas e compare-as com base no resultado de experiências com 30 corridas.

•39

## Exemplo 3 (cont.) – f)

### ➤ Resultados da experiência

		Low 95% Range	Average Result	High 95% Range
Loja Cidadão	Number Entered	387.86	395.57	403.28
Espera	Minimum Queuing Time	0.00	0.00	0.00
	Average Queuing Time	2.98	3.44	3.90
	Maximum Queuing Time	25.22	28.10	30.98
A	Working %	63.75	65.41	67.06
B	Working %	64.26	65.77	67.29
C	Working %	63.78	65.38	66.99
End 1	Number Completed	306.46	313.37	320.27
	Minimum Time in System	7.06	7.62	8.18
	Average Time in System	20.93	21.42	21.91
	Maximum Time in System	45.53	48.62	51.72
Desistem	Number Completed	76.30	79.60	82.90

•40

## Exemplo 3 (cont.) – f

### ➤ Resultados da experiência

Base Run	
Loja Cidades Number Entered	Trial Average 395.56867
Espera Minimum Queuing Time	0
Espera Average Queuing Time	3.4363
Espera Maximum Queuing Time	28.0983
A.Working %	65.40757
B.Working %	65.77339
C.Working %	65.36225
End 1.Number Completed	313.26667
End 1.Minimum Time in System	7.617
End 1.Average Time in System	21.42359
End 1.Maximum Time in System	48.62429
Desistem Number Completed	79.6

•41

## Exemplo 3 (cont.) – f

### ➤ Exportar resultados

The screenshot shows the SIMUL8 software interface. The 'Export Results' menu option is highlighted, and a red arrow points to the 'Results Export Options' dialog box. The dialog box has tabs for 'Excel', 'File', 'Minitab', 'SIMUL8 Sheet', and 'V.I.S.A.'. The 'Excel' tab is selected. The dialog contains the following options:

- Include in Results export
- File name: (\*.xls) [Browse]
- Sheet Name: (e.g.Sheet1)
- Export Results:
  - Every Run
  - Every Trial

Buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help' are visible on the right side of the dialog.

•42

## Simulação – Exemplo 3 (cont.)

Num dos serviços de Loja do Cidadão existem 3 balcões (A, B e C) para atender os clientes. A chegada destes segue uma distribuição Poisson de média 20 por hora, contudo, 20% desistem. O tempo de atendimento em cada um dos diferentes balcões é idêntico, podendo ser aproximado por uma v.a. Exponencial de média 15 minutos por cliente.

Utilize o **SIMUL8**, para simular o funcionamento do sistema durante uma semana, de forma a saber:

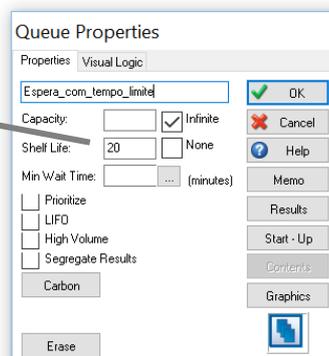
- a) o tempo médio de espera dos clientes;
  - b) a % de tempo durante o qual não haverá clientes na loja;
  - c) se será preciso pôr mais balcões a funcionar;
  - d) repita o problema mas supondo que o valor médio das chegadas baixa para 10 por hora;
  - e) repita o problema mas supondo que inicialmente 20% dos clientes desistem, 10% dirigem-se ao balcão A, 40% ao B e os restantes ao C;
  - f) simule o funcionamento do sistema da alínea d) com várias alternativas e compare-as com base no resultado de experiências com 30 corridas.
- g) Suponha agora que 10%, dos 80% que não desistem no início, desistem ao fim de 20 minutos à espera.

•43

## SIMUL8 – Desistências por Tempo

- 10% dos clientes que estão à espera há mais de 20 min desistem!

Criar uma  
 fila com  
 tempo de  
 espera  
 limitado



Criar um **centro de  
 trabalho fictício** que  
 aceite os itens que  
 excederam o tempo  
 máximo!

•44

# SIMUL8 – Desistências por Tempo

Centro de Trabalho Fictício - aceita e reencaminha os que excedem o tempo limite

Sendo fictício, não demora tempo a reencaminhar!

O tempo é sempre "Fixo" e "= 0"!

Definições das entradas no centro de trabalho

os itens vêm da fila de espera "Conta Tempo"

Só entram neste centro de trabalho os itens que excedem o tempo limite

•45

# SIMUL8 – Desistências por Tempo

Centro de Trabalho Fictício - aceita e reencaminha os itens que excedem o tempo limite

Definições das Saídas

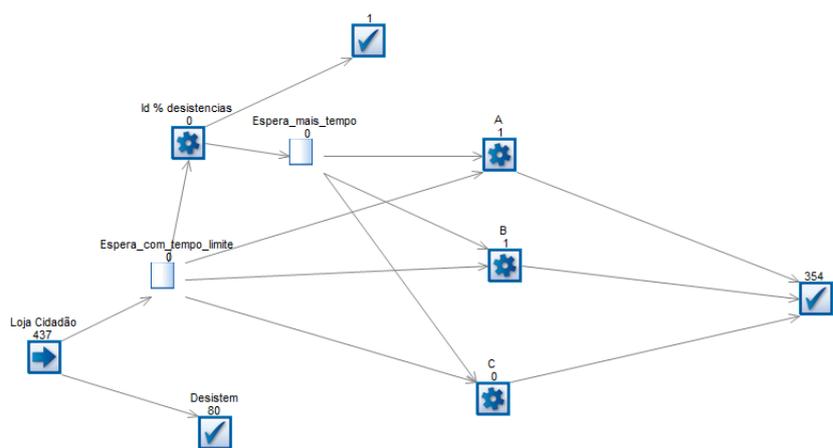
- Desistem 10% e os restantes continuam à espera de ser atendidos, sendo reencaminhados para uma segunda fila de espera
- Na 1ª fila de espera não se espera mais de 20 minutos, mas na 2ª o tempo de espera é ilimitado
- O tempo total de espera dos clientes será a soma dos tempos de espera nestas duas filas

•46

**Balcões** – aceitam 1º os que estão na 2ª fila de espera, que esperaram mais

The image shows two overlapping dialog boxes from the SIMUL8 software. The background box is 'Activity Properties' for activity 'A', with 'Average' set to 15 minutes. The foreground box is 'Routing In To: A', showing a list of two routing options: '1. Espera\_mais\_tempo' and '2. Espera\_com\_tempo\_limite'. A red arrow points from the text 'Definições das Entradas no Balcão "A"' to the routing list. Another red arrow points from the text 'Prioridade para a fila "Espera\_mais\_tempo"' to the first routing option. The 'Discipline' section in the routing dialog has 'Priority' selected.

•47



•48

## Simulação – Exemplo 4 - TPC

Num dos serviços de uma estação dos CTT existem 2 balcões para atender os clientes. A chegada destes segue uma distribuição Poisson de média 10 por hora, contudo, 20% dos clientes desistem ao fim de 15 min de espera. O tempo de atendimento em cada um dos diferentes balcões é idêntico, podendo ser aproximado por uma v.a. Exponencial de média 20 minutos por cliente.

Utilize o [SIMUL8](#) para simular o funcionamento do sistema durante uma semana, de forma a saber:

- a) o tempo médio de espera dos clientes;
- b) a % de tempo durante a qual não haverá clientes no sistema;
- c) compare o funcionamento do atual sistema com outro em que considera: i) mais um balcão; ii) menos um balcão;
- d) proponha a melhor alternativa de funcionamento.