Construção da simulação da praça de pedágio no Arena

Leonardo D. Secchin

Abril, 2024

1 O problema

Vamos simular uma praça de pedágio baseados em [1], com as seguintes cabines:

- 2 cabines "MOEDA1" e "MOEDA2" onde o próprio motorista paga em moedas o valor exato do pedágio;
- 2 cabines "TROCO1" e "TROCO2" que recebem dinheiro e dão troco;
- 1 cabine "ELETRONICO" para carros cadastrados.

Unidade de tempo base: segundos.

1.1 Tipos de pagamento

- 50% dos carros pagam em MOEDAS
 Tempo de passagem na cabine MOEDA (seg): Normal(4.81, 1.01)
- 30% dos carros pagam em dinheiro, com TROCO
 Tempo de passagem na cabine TROCO (seg): 5 + Logn(4.67, 2.26)
- 20% dos carros pagam ELETRONICAMENTE
 Tempo passagem cabine ELETRONICO (seg): 1.18 + 4.29*Beta(2.27, 3.02)

1.2 Frequência de chegada dos carros

Time Period (hours)	Interarrival Time Distribution (seconds)
12 A.M6 A.M. 6 A.M9 A.M. 9 A.M4 P.M.	8 + Gamm(4.4, 4.12) Tria(1.32, 1.57, 1.76) 2.64 + Weib(0.82, 4.5)
4 P.M/ P.M. 7 P.M12 A.M.	4.2 + Gamm(0.87, 8.24)

Interarrival time distributions by time of day

1.3 Escolha entre cabines de mesmo tipo

- Entre cabines MOEDA1 e MOEDA2: a de menor fila
- Entre cabines TROCO1 e TROCO2: a de menor fila
- A cabine TROCO1 só abre entre 6h-9h e 16h-19h

2 Passo a passo no Arena

Obs: usada a versão 14.70 do Arena.

PASSO 1. Verifique se os painéis "Advanced Process" e "Advanced Transfer" aparecem na lateral esquerda do Arena. Caso não estejam presentes, adicione-os ao projeto clicando no botão "Template Attach" (

D 🛩 🖬 座	🛃 Attach Templa	te Panel	E 21			×
、 チ っ <mark>そ</mark> E	Examinar:	\mu Template		- G 🤌 📂 🖽 -		
Basic Proce Advanced Tra Advanced Pro	Locais	Nome OldArenaTem AdvancedProc	plates ess.tpo	 Itens Recentes Área de Trabalho Rede Bibliotecas Leonardo 		
Delay Delay Dropoff	Área de Trabalho Eibliotecas	Advanced fran BasicProcess.tp Blocks.tpo Elements.tpo FlowProcess.tp FlowProcess.tp Packaging.tpo UtlArena.tpo	ster.tpo po il.tpo	Computador Computador Computador Computador Computador Computador Arquivos de Programas (x86) Rockwell Software Arena Arena Arena ARQUIVOS (D:) UUI (E:) UUI (E:) Unidade de DVD-RW (F:)		
Hold	Computador	•	III	LeonardoHD (I:)		•
Match		Nome:	AdvancedProce Template Files (ess.tpo (*tpo)	•	Abrir Cancelar

PASSO 2. Configurar unidades de tempo no menu "Run" \rightarrow "Setup...", como na figura. Observe que o tempo total da simulação "Replication Length" está em dias, mas pode-se configurar em segundos (no caso, 1 dia = 86.400 seg).

Run Speed	Run Con	trol	Reports	Project Parameters
Replication Para	ameters	Arra	ay Sizes	Arena Visual Designer
Number <mark>of R</mark> epli 1	cations:		⊂Initialize E IVI Statist	Between Replications
Start Date and T	Time: , 3 de no	vembro	o de 2015 1	18:49:35
Warm-up Period	:		Time Units:	
0.0			Seconds	•
Replication Leng	gth:		Time Units:	
1			Days	-
Hours Per Day:		_		
24				
Base Time Units	:	_		
Seconds		•		
Terminating Con	dition:			

PASSO 3. Montar visão geral do modelo, como na figura. Crie os blocos de acordo com seus tipos e os nomeie de acordo com a figura. As ligações entre blocos são feitas com o ícone "Connect" (♥) localizado nas barras superiores.



Tipos de bloco:

- Create: "cria" as entidades (carros)
- Assign: muda propriedades da entidade
- Decide: bloco tipo "se... então ..."
- **PickStation:** encaminha o carro para uma cabine no conjunto de cabines, respeitando critérios (menor fila por exemplo)
- Station: estrutura que cria as cabines, ou conjunto delas
- Seize: ocupa um recurso (coloca o carro na fila da cabine, ocupando-a)
- Delay: mantém o recurso ocupado por um tempo segundo uma probabilidade (retém o carro na fila)
- Release: libera um recurso (retira o carro da fila)
- Record: grava estatísticas em variáveis definidas pelo usuário
- Dispose: destrói o carro da simulação

PASSO 4. Na aba "Basic Process" definir

• Atributos ("Atribute"): estes são os atributos de cada entidade (carro). São *cabine* (cabine escolhida pelo carro), *pg* (tipo de pagamento), *t* (tempo de chegada do carro)

	Attribute	- Basic Pro	cess			
		Name	Rows	Columns	Data Type	Initial Values
Attribute	1	pg 🔻			Real	0 rows
	2	t			Real	0 rows
	3	cabine			Real	0 rows

• Filas ("Queue"): estas são as filas de cada cabine, que chamaremos de Fila MOEDA1, Fila MOEDA2, Fila TROCO1, Fila TROCO2, Fila ELETRONICO

	Queue -	Basic Process			
		Name	Туре	Shared	Report Statistics
Queue	1 🕨	Fila MOEDA1	First In First Out		v
	2	Fila MOEDA2	First In First Out		v
	3	Fila TROCO1	First In First Out		v
	4	Fila TROCO2	First In First Out		v
	5	Fila ELETRONICO	First In First Out		v

• Agenda ("Schedule"): aqui configura-se a disponibilidade da cabine *TROCO1* (veja seção 1.3). Marque em azul os horários de funcionamente da cabine *TROCO1* como na figura



• Recursos ("Resource"): estes são os funcionários de cada cabine, que denotaremos por *Caixa MOEDA1*, *Caixa MOEDA2*, *Caixa TROCO1*, *Caixa TROCO2* e *Caixa ELETRONICO*. Note que a agenda de *Caixa TROCO1* é escolhida como a agenda definida no item anterior

	Resource - Basic Process											
		Name	Туре	Capacity	Schedule Name	Schedule Rule	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
Resource	1	Caixa MOEDA1	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	
	2	Caixa MOEDA2	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	
	3 🕨	Caixa TROCO1	Based on Schedule	Disponibilidade cabine TROCO1	Disponibilidade cabine TROCO1	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	
	4	Caixa TROCO2	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	Γ
	5	Caixa ELETRONICO	Fixed Capacity	1	1	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	

• Variável global ("Variable"): definir a variável *periodo*, que representará o período do dia que a simulação se encontra. Esta servirá para definir a frequência de carros que varia durante o dia

	Variable	- Basic Proc	BSS						
Variable		Name	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File Name	Initial Values	Report Statistics
	1 🕨	periodo			Real	System		1 rows	

• Conjuntos ("Set"): Caixas TROCO (conjunto dos caixas TROCO1 e TROCO2, tipo Resource), Caixas MOEDAS e Estatisticas

PASSO 5. Definir os conjuntos de filas para as cabines de mesmo tipo. Para isto, ir em "Advanced Process" \longrightarrow "Advanced Set".

		ELE	Membe	rs
I				Queue Name
			1	Fila MOEDA1
<u> </u>			2	Fila MOEDA2
Adva	nced Set - Advanced Process			Double-click here to add a new row.
	Name	Set Type		
1 🕨	Filas cabines MOEDAS	Queue	2 rows	
2	Filas cabines TROCO	Queue	2 rows	

Double-click here to add a new row.

PASSO 6. Definir tempos de chegada dos carros. Para isso, deve definir a função "Tcarros" na aba "Advanced Process" \longrightarrow "Expression".

Expressi	ion - Advanced Process						
	Name	Rows	Columns	D	ata Type	File Name	Expression Values
1 🕨	Tcarros	5		Re	al		5 rows
	Double-click here to add a new row.				Expressi	on Values	X
					1 2 3 4 5	8+GAMM(4 TRIA(1.32 2.64+WEII TRIA(1.32 4.2+GAMM	4.4,4.12) , 1.57, 1.76) B(0.82, 4.5) , 1.57, 1.76) I(0.87, 8.24)
Process	panel selected.				<u> </u>		

PASSO 7. Configurar a criação de carros "Carros chegam". Escolha SEGUNDOS como unidade de tempo, a expressão *Tcarros(periodo)* como tempo entre chegadas, e 1 entidade por intervalo.

Create		? 💌
Name:		Entity Type:
Carros chegam	•	Entity 1 🔹
Time Between Arrivals Type: Expression	Expression: Tcarros(periodo) 👻	Units: Seconds
Entities per Arrival:	Max Arrivals:	First Creation:
1	Infinite	0.0
	ОКС	ancel Help

PASSO 8. Configurar atribuições "Transito e tipo de pagamento". Atribua o seguinte, NA OR-DEM:

- Atributo pg igual a DISC(0.5, 1, 0.8, 2, 1.0, 3). Isso representa as porcentagens de cada tipo de pagamento (subseção 1.1). Funciona da seguinte forma: sorteia-se um número $\mu \in [0, 1]$.
 - se $\mu \in [0, 0.5]$ então pg = 1 (tipo MOEDA);
 - se $\mu \in (0.5, 0.8]$ então pg = 2 (tipo TROCO);
 - se $\mu \in (0.8, 1]$ então pg = 3 (tipo ELETRONICO).
- Atributo t igual a TNOW (tempo atual em segundos).
- Variável *periodo* igual a

$$\begin{array}{l} 1*(t<\!\!6*3600)+2*(t>\!\!=6*3600 \text{ .and. } t<9*3600)\\ +3*(t>\!\!=9*3600 \text{ .and. } t<1\!\!6*3600)\\ +4*(t>\!\!=1\!\!6*3600 \text{ .and. } t<1\!\!9*3600)+5*(t>\!\!=1\!\!9*3600) \end{array}$$

O Arena entende a expressão acima da seguinte forma: cada parcela i * (expressao) soma i se *expressao* for verdadeira. Você pode perceber que a expressão condiz com o requerido na subseção 1.2, convertendo horas em segundos (a unidade padrão). Como t é o tempo atual, o período será atualizado de acordo com a evolução da simulação.

ssign	? - ×
Name:	
Transito e tipo pagamento 🔹	
Assignments:	
Attribute, pg, DISC(0.5, 1, 0.8, 2, 1.0, 3) Attribute, t, TNOW Variable, periodo, 1*(t < 6*3600) + 2*(t >= 6*3600 .and. t < 9*3600) + 3*(t >= 9*3600 .and. t < 16*3600) + 4*(t >=	Add
<end list="" of=""></end>	Delete
ОК Сапса	el Help

PASSO 9. Configurar "Qual o tipo de pagamento?" como na figura. A ordem aqui é importante. Lembre-se do que cada valor de pg representa.

Decide	? ×
Name: Type:	
Qual o tipo de pagamento?	by Conditior 🔻
Conditions:	
Attribute, pg, ==, 1 Attribute, pg == 2	Add
<end list="" of=""></end>	Edit
	Delete
OK Cancel	Help

PASSO 10. Configure as estruturas *Station. Cabines MOEDAS* e *Cabines TROCO* serão definidas como *set* (figura). *Cabine ELETRONICO* consiste em uma única cabine, e o parâmetro *Station Type* será *Station.*

Station	? ×
Name: Cabines TROCO Set Name: Cabines TROCO Station Set Members:	Station Type: Set Save Attribute: Cabine
Cabine TROCO1, , , Yes Cabine TROCO2, , , Yes <end list="" of=""></end>	Add Edit Delete
ОК	Cancel Help

PASSO 11. Configure as estruturas *PickStation*. Abaixo está o exemplo para as cabines MOEDA. As cabines TROCO são configuradas de maneira análoga.

PickStation	? ×
Name:	Test Condition:
Vai para cabines MOEDA	▼ Minimum ▼
Selection Based On V Number in Queue	Number of Resources Busy
Number En Route to Station	Expression
Stations:	
Cabine MOEDA1, Fila MOEDA1 Cabine MOEDA2, Fila MOEDA2	Add
<end list="" of=""></end>	E dit
	Delete
Transfer Type:	
Route	•
Route Time:	Units:
0.0	▼ Seconds ▼
ОК	Cancel Help

PASSO 12. Configurar as filas (estruturas *Seize*). Abaixo está o exemplo para as filas MOE-DAS. O atributo *cabine* é usado aqui para guardar a cabine em que o carro está. No caso da fila ELETRONICO, trocar *Set* por *Resource*.

Seize					8 23
Name	(Allocation:		Priority:	
Esper	ra MOEDA 🛛 👻	Other	•	Medium(2)	•
Resou	urces:				
Set, (KEnd	Caixas MOEDAS, 1, S Lof list>	pecific Member,	, cabine,	Add	
				Edit.	
				Delet	
Queur	e Tune:	Set Name:		Set Inde	
Set	е туре.	 Filas cabir 		✓ cabine	·0. •
000					
			ОК	Cancel	Help
	Resources			?	×
	Туре:				
Eco	Set	•			
ETR	Set Name:		Quantity:		
_	Caixas MOEDAS	•	1		
	Selection Rule:		Set Index:		
-	Specific Member	•	cabine		-
0	Resource State:				Index
Set		-			ine
Set 📗		OK	Cance	l Help	ine

PASSO 13. Configurar as estruturas *Delay* em segundos, com as probabilidades da subseção 1.1 em *DelayTime*. A seguir um exemplo para *Pagamento MOEDA*:

Delay		? 💌
Name:		Allocation:
Pagamento MOEDA	•	Other -
Delay Time:		Units:
NORM(4.81, 1.01)	-	Seconds 🔹
	OK	Cancel Help

PASSO 14. Configurar as estruturas *Release* colocando na aba *Resources*. A seguir exemplo para *Saida MOEDAS*.

Release	? 🗙
Name:	
Saida MOEDA	•
Resources:	
Set, Caixas MOEDAS, 1, Specific Member, cal	Add
	Edit
	Delete
OK Cancel	Help

PASSO 15. Configurar as *Record* para salvar no conjunto *Estatisticas* os tempos entre chegadas para cada tipo *pg*.

Record	-	? ×
Name:		Туре:
Grava Estatitisticas	-	Time Interval 🔹
Attribute Name:		
t	-	📝 Record into Set
Tally Set Name:		Set Index:
Estitisticas	-	pg 🔹
	OK	Cancel Help

PASSO 16. "Carros saem" não necessita de configuração.

PASSO FINAL. Se tudo ocorreu bem, você pode iniciar a simulação pela barra de controle

Ao final, um relatório da simulação será apresentado.

Referências

[1] T. Altiok e B. Melamed. Simulation modeling and analysis with Arena. Academic Press, 2007.