

**Universidade do Minho**

*Escola de Engenharia*

Departamento de Produção e Sistemas

Mestrado integrado em Engenharia Informática

Elementos de Engenharia de Sistemas

# Projeto de Simulação

## Pizzaria

**Autores do projeto:** Equipa 23

- Ana Rita Peixoto, a89612
- Joel Martins, a89575
- Paulo Edgar Carvalho, a64302
- Rui Carvalho, a89498
- Rui Pires, a89988

**Unidade Curricular:** Elementos de Engenharia de Sistemas

**Docente:** Marcelo Henriques

## Resumo

Este relatório contém a explicação sobre o projeto elaborado. Foram explorados e analisados os resultados obtidos na simulação.

Este projeto foi concretizado no âmbito da unidade curricular Elementos de Engenharia de Sistemas, com o objetivo de simular um sistema. Neste caso, o funcionamento de uma pizzaria.

Com base no enunciado fornecido, abordamos dois métodos de pedidos das pizzas: através do telefone ou internet, ou localmente. Ambos os pedidos são registados por um funcionário. Os clientes que efetuam o seu pedido à distância, recebem as pizzas ao domicílio, entregues por um estafeta.

Decidimos implementar dois atributos, que distingue as pizzas em diferentes tamanhos, podendo estas ser pequenas, médias ou grandes e outro atributo que permite a um cliente pedir até um máximo de 3 pizzas no seu pedido. Após estas distinções, estas seguem para o preparação, e de

seguida para um forno, com capacidade para várias pizzas em simultâneo.

Num sistema ideal, o tempo médio desde que o pedido é recebido até à entrega da pizza, deve ser, no máximo de 30 minutos.

De modo a impedir que a pizza arrefeça, esta não deve esperar mais do que 10 minutos pelo estafeta para ser entregue.

Antes do estafeta seguir para a entrega das pizzas, estas são agrupadas, de tal forma que cada estafeta leve a quantidade de pizzas feita no pedido.

## Introdução

O projeto escolhido foi a simulação de uma pizzaria. Escolhemos o mesmo porque nos suscitou interesse verificar quais os recursos necessários para o funcionamento e entrega de pizzas ao domicílio dentro do tempo estipulado (30 min.).

O objetivo deste trabalho é aprofundar os nossos conhecimentos no *software* Arena, que foram abordados em contexto de aula, e resolver problemas que possam eventualmente aparecer ao longo do nosso trabalho.

Foi nos proposto simular uma pizzaria, em que os clientes pudessem fazer os seus pedidos via telefone/internet e que recebessem as suas pizzas ao domicílio, entregues por um conjunto de estafetas.

Para além das propostas iniciais, pretendemos elaborar o projeto implantando novas ideias, das quais destaco: adicionar um *drive-through* (que permite aos clientes levantarem as pizzas sem terem de sair do carro) e uma sala de jantar onde os clientes possam consumir as refeições, na própria pizzaria. Para além do serviço de encomenda de pizzas online/

telefone, adicionamos também serviço local (restaurante). Introduzimos vários métodos de chegada de clientes à pizzaria: de carro ou a pé. Estas ideias foram introduzidas com o objetivo de otimizar e enriquecer o sistema, e para torná-lo o máximo possível em conformidade com a realidade.

Respeitamos as condições que nos foram propostas. Tentamos que o tempo médio de espera de cada pizza pelo estafeta não excedesse os 10 minutos, para que a mesma não arrefecesse, e que o tempo desde que o cliente efetua o pedido até ao tempo de chegada do pedido não ultrapasse os 30 minutos. Para tal, é necessária especial atenção aos parâmetros referidos, na medida em que a observação dos tempos médios não será suficiente para concluir acerca da eficácia da entrega das pizzas, uma vez que um tempo muito reduzido pode compensar um tempo muito elevado (no segundo caso, o tempo de espera pode ser superior a 30 minutos, que compromete os nossos objetivos.).

# Índice

<b>Resumo .....</b>	<b>2</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>3</b>
<b>Projeto de simulação .....</b>	<b>5</b>
1.1...Detalhes do nosso projeto .....	5
1.2...Testes efetuados ao projeto .....	8
<b>Conclusões.....</b>	<b>13</b>
<b>Identificação dos autores .....</b>	<b>14</b>

## Figuras

Figura 1 - Registo de pedidos via online e telefone.....	5
Figura 2 - Chegada das pessoas com carro ou a pé .....	5
Figura 3 - Preparamento e forno .....	6
Figura 4 - Processo de colocar as pizzas em caixas.....	6
Figura 5 - Junta Pizzas por quantidade e envio para o estafeta.....	6
Figura 6 - Entrega das pizzas locais.....	7
Figura 7 - Pagamento e receção do pedido no <i>drive-through</i> .....	7

Figura 8 - Pessoas vão embora no seu carro ou a pé .....	7
Figura 9 - Quantidade de recursos utilizados no 1º teste .....	8
Figura 10 – Tempos obtidos no 1º teste, em minutos.....	8
Figura 11 – Tempo de espera nas filas obtidas no 1º teste, em minutos.....	9
Figura 12 – Ocupação de recursos no 1º teste .....	9
Figura 13 – Quantidade de recursos utilizados no 2º teste .....	9
Figura 14– Tempos obtidos no 2º teste, em minutos ....	10
Figura 15 – Tempo de espera obtido no 2º teste, em minutos .....	10
Figura 16 - Ocupação de recursos no 2º teste .....	11
Figura 17 - Quantidade de recursos utilizados no 3º teste .....	11
Figura 18 – Tempos obtidos no 3º teste, em minutos .....	12
Figura 19 - Tempo de espera das filas obtidas no 3º teste, em minutos.....	12
Figura 20 – Ocupação dos recursos no 3º teste .....	12
Figura 21 - Quantidade de recursos mais indicada.....	13

# Projeto de simulação

## 1.1 Detalhes do nosso projeto

Os pedidos via telefone chegam e são atendidos por um funcionário que posteriormente os regista, estando também encarregue de registar os pedidos que chegam via internet, sendo que as pizzas podem ser pequenas, médias ou grandes e podem ser encomendadas até um máximo de 3 pizzas, de acordo com o seu atributo definido pelo módulo *Assign*.

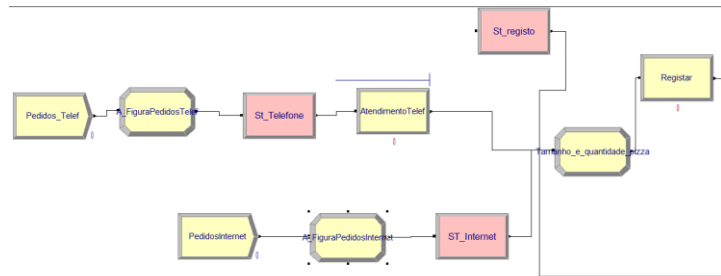


Figura 1 - Registo de pedidos via online e telefone

Como mencionado anteriormente, as pessoas podem chegar de carro ou a pé sendo que as

primeiras podem optar pelo *drive-through* ou por estacionar o seu carro e pedir as pizzas ao balcão.

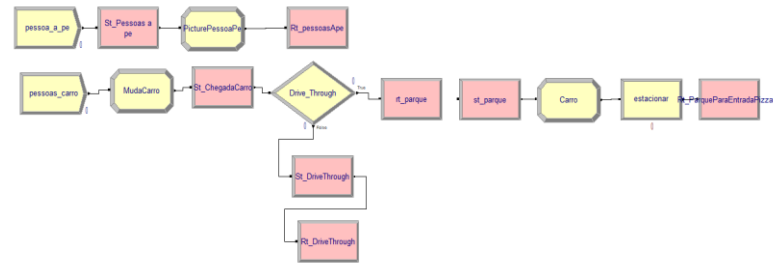


Figura 2 - Chegada das pessoas com carro ou a pé

As pessoas que decidirem entrar na pizzaria pedem as suas pizzas ao balcão, onde são atendidas por um funcionário e o seu pedido é enviado para outro operário que vai o vai registar e enviar para a cozinha. Os clientes que decidirem ir pelo *drive-through* também fazem o seu pedido que vai ser registado pelo mesmo funcionário que trata de todos os outros registos.

Posteriormente os pedidos são enviados para a cozinha onde vão ser preparados pelos cozinheiros e colocados no forno. O tempo de preparação depende da quantidade de pizzas que tem de ser

preparadas e o forno demora 6 minutos a cozer as pizzas.

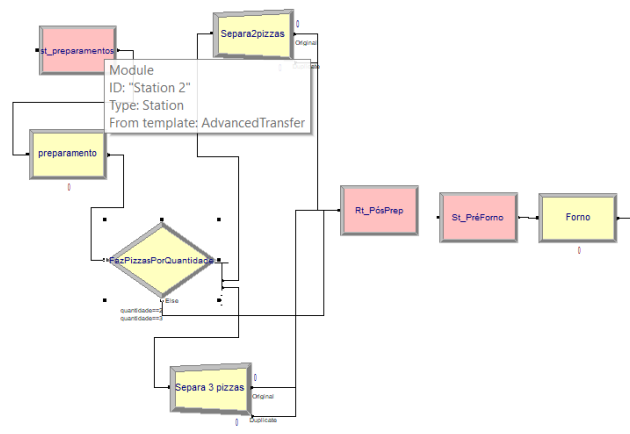


Figura 3 - Preparamento e forno

De seguida as pizzas que forem para ser entregues pelos estafetas são colocadas em caixas e agrupadas consoante a quantidade de pizzas pedida (uma, duas ou três).

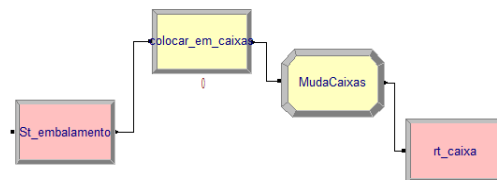


Figura 4 - Processo de colocar as pizzas em caixas

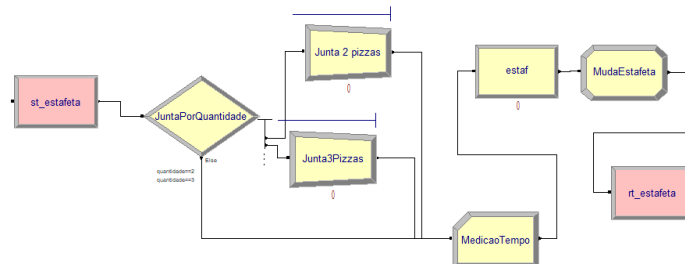


Figura 5 - Junta Pizzas por quantidade e envio para o estafeta

Posteriormente o estafeta realiza a viagem de ida e volta entregando as pizzas ao domicílio.

As pizzas dos pedidos feitos ao balcão são entregues à pessoa sendo que esta pode decidir entre consumi-la na sala de jantar ou ir embora.

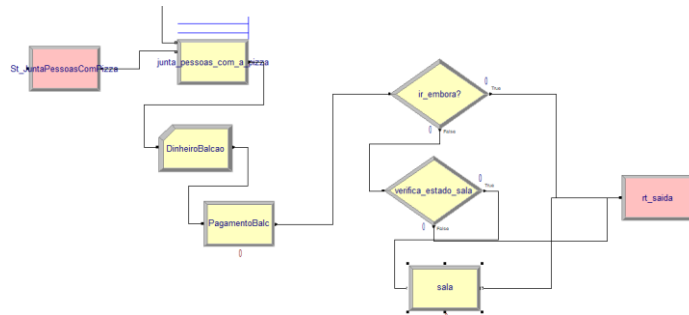
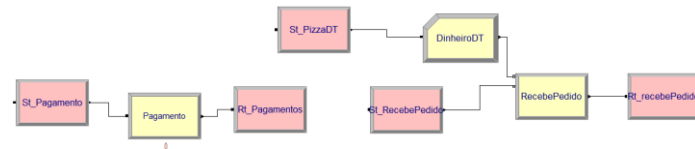


Figura 6 - Entrega das pizzas locais

As pessoas que pediram pelo *drive-through* efetuam o pagamento e recebem o seu pedido, sendo que uma pizza pequena custa 2.5€, uma média 5€ e uma grande 7.5€, multiplicando pelo número de pizzas pedidas.

Figura 7 - Pagamento e receção do pedido no *drive-through*

Por fim as pessoas vão-se embora, sendo que, aquelas que chegaram de carro vão ao parque de estacionamento buscá-lo.

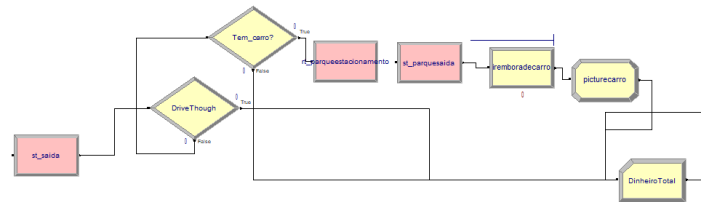


Figura 8 - Pessoas vão embora no seu carro ou a pé

## 1.2 Testes efetuados ao projeto

Ao longo da realização do nosso projeto e após a concretização do mesmo, fomos realizando testes para verificar qual a quantidade de recursos que deveriam ser utilizados para que os tempos se encontrassem de acordo com os limites propostos.

Num primeiro teste, decidimos observar como seriam os tempos com poucos recursos, do seguinte modo:

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	Funcionario_registos	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
2	cozinheiro	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
3	forno_industrial	Fixed Capacity	5	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
4	funcionario_caixas	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
5	estafeta	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
6	estacionamento	Fixed Capacity	10	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
7	funcionario_atendimento	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
8	mesas	Fixed Capacity	7	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
9	FuncionarioPedidoOT	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓
10	FuncionarioPagamentoBalcao	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	✓

Figura 9 - Quantidade de recursos utilizados no 1º teste

Verificamos que os resultados obtidos não foram satisfatórios, uma vez que o tempo máximo excedia muito os 30 minutos propostos, para entrega das pizzas ao domicílio.

### Tally

Expression	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Dinheiro total recebido	600.61	(Insufficient)	22.0000	1,176.00
Interval	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tempo de entrega	210.90	(Insufficient)	24.3891	397.26
Tempo de espera após a cozedura	2.5190	(Insufficient)	2.0209	3.6557

Figura 10 – Tempos obtidos no 1º teste, em minutos

Para além de os tempos serem se encontrarem com um desvio acentuado, as filas de espera eram muito longas, assim como a ocupação dos recursos.



## Queue Detail Summary

## Time

	Waiting Time
atendimento.Queue	7.27
AtendimentoTelef.Queue	14.84
colocar_em_caixas.Queue	0.17
esplanada.Queue	0.00
estacionar.Queue	0.00
estaf.Queue	156.91
Forno.Queue	8.35
iremboradecarro.Queue	0.00
Junta 2 pizzas.Queue	0.65
junta_pessoas_com_a_pizza.Queue1	146.21
junta_pessoas_com_a_pizza.Queue2	0.00
Junta3Pizzas.Queue	1.30
JuntaPizzas2BD.Queue	0.58
JuntaPizzas3BD.Queue	1.16
PagamentoBalc.Queue	0.02
Pedido.Queue	0.01
preparamento.Queue	115.72
RecebePedido.Queue1	0.00
RecebePedido.Queue2	93.19
Registrar.Queue	14.02

Figura 11 – Tempo de espera nas filas obtidas no 1º teste, em minutos

Os recursos, devido à sua reduzida quantidade, encontravam-se com uma ocupação muito superior à recomendada. Os funcionários encontravam-se quase com ocupação total, o que não é favorável em nenhuma empresa.

## Resource Detail Summary

## Usage

	Inst Util	Num Busy	Num Sched	Num Seized	Sched Util
cozinheiro	0.99	0.99	1.00	189.00	0.99
estacionamento	0.76	7.62	10.00	13.00	0.76
estafeta	0.97	0.97	1.00	29.00	0.97
forno_industria	0.98	4.90	5.00	395.00	0.98
funcionario_ate	0.72	0.72	1.00	153.00	0.72
funcionario_cai	0.44	0.44	1.00	194.00	0.44
Funcionario_re	0.98	0.98	1.00	459.00	0.98
FuncionarioPag	0.33	0.33	1.00	77.00	0.33
FuncionarioPec	0.04	0.04	1.00	19.00	0.04
mesas	0.12	0.85	7.00	27.00	0.12

Figura 12 – Ocupação de recursos no 1º teste

Assim, de forma a contrariar os resultados obtidos no primeiro teste, decidimos aumentar o número de recursos, do seguinte modo:

Resource - Basic Process			
	Name	Type	Capacity
1	Funcionario_registos	Fixed Capacity	2
2	cozinheiro	Fixed Capacity	4
3	forno_industrial	Fixed Capacity	10
4	funcionario_caixas	Fixed Capacity	2
5	estafeta	Fixed Capacity	2
6	estacionamento	Fixed Capacity	15
7	funcionario_atendimento	Fixed Capacity	2
8	mesas	Fixed Capacity	10
9	FuncionarioPedidoDT	Fixed Capacity	2
10 ►	FuncionárioPagamentoBalcão	Fixed Capacity	2

Figura 13 – Quantidade de recursos utilizados no 2º teste

Apesar de termos aumentado a maioria dos recursos em dobro, os resultados continuaram sem revelar alterações satisfatórias. Os tempos continuam muito distantes do tempo ideal.

#### Tally

Expression	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Dinheiro total recebido	1,164.74	(Insufficient)	32.0000	2,283.00
Interval	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tempo de entrega	169.41	(Insufficient)	21.8730	347.18
Tempo de espera após a cozedura	2.9153	(Insufficient)	2.0216	5.1086

Figura 14– Tempos obtidos no 2º teste, em minutos

O mesmo aconteceu com as filas, que continuam com um tempo de espera muito elevado.

#### Queue Detail Summary

##### Time

	Waiting Time
atendimento.Queue	1.28
AtendimentoTelef.Queue	0.31
colocar_em_caixas.Queue	0.49
esplanada.Queue	0.00
estacionar.Queue	0.00
estaf.Queue	139.62
Forno.Queue	27.72
iremboradecarro.Queue	0.00
Junta 2 pizzas.Queue	0.38
junta_pessoas_com_a_pizza.Queue1	37.80
junta_pessoas_com_a_pizza.Queue2	0.00
Junta3Pizzas.Queue	0.78
JuntaPizzas2BD.Queue	0.28
JuntaPizzas3BD.Queue	0.65
PagamentoBalc.Queue	0.08
Pedido.Queue	0.00
preparamento.Queue	0.06
RecebePedido.Queue1	0.29
RecebePedido.Queue2	26.02
Registrar.Queue	0.36

Figura 15 – Tempo de espera obtido no 2º teste, em minutos

Do mesmo modo, a ocupação dos recursos é quase total, o que não é benéfico para nenhum funcionário.

## Resource Detail Summary

## Usage

	<u>Inst Util</u>	<u>Num Busy</u>	<u>Num Sched</u>	<u>Num Seized</u>	<u>Sched Util</u>
cozinheiro	0,54	2,16	4,00	428,00	0,54
estacionamentc	0,80	12,07	15,00	25,00	0,80
estafeta	0,97	1,94	2,00	58,00	0,97
forno_industrial	0,99	9,86	10,00	796,00	0,99
funcionario_ate	0,42	0,84	2,00	176,00	0,42
funcionario_cai	0,48	0,96	2,00	422,00	0,48
Funcionario_re	0,58	1,16	2,00	532,00	0,58
FuncionarioPaç	0,32	0,63	2,00	151,00	0,32
FuncionarioPec	0,03	0,06	2,00	25,00	0,03
mesas	0,19	1,90	10,00	59,00	0,19

Figura 16 - Ocupação de recursos no 2º teste

Assim, de modo a encontrarmos um número de recursos favorável à obtenção dos tempos previstos e ao cumprimento dos objetivos propostos para o nosso projeto, e após vários testes, encontramos um sistema mais favorável do que os anteriormente referidos. Aumentamos o número de recursos de modo que os tempos de espera dos clientes pela sua pizza não ultrapassasse os 30 minutos, e o tempo de espera da pizza pelo transporte, desde o momento que sai do forno, não

excedesse os 10 minutos de modo a não arrefecer. Assim,

Resource - Basic Process						
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use
1 ▶	Funcionario_registos	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0
2	cozinheiro	Fixed Capacity	5	0.0	0.0	0.0
3	forno_industrial	Fixed Capacity	20	0.0	0.0	0.0
4	funcionario_caixas	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0
5	estafeta	Fixed Capacity	12	0.0	0.0	0.0
6	estacionamento	Fixed Capacity	15	0.0	0.0	0.0
7	funcionario_atendimento	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0
8	mesas	Fixed Capacity	15	0.0	0.0	0.0
9	FuncionarioPedidoDT	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0
10	FuncionárioPagamentoBalcao	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0

Double-click here to add a new row.

Figura 17 - Quantidade de recursos utilizados no 3º teste

Os tempos obtidos encontram-se dentro dos limites propostos, e diminuíram consideravelmente em relação aos outros testes, tal como é visível no seguinte *screenshot*:

**Tally**

Expression	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Dinheiro total recebido	2,075.53	(Correlated)	39.0000	4,041.00
Interval	Average	Half Width	Minimum	Maximum
Tempo de entrega	22.6288	(Insufficient)	20.4806	28.2411
Tempo de espera após a cozedura	2.5850	(Insufficient)	2.0197	4.3798

Figura 18 – Tempos obtidos no 3º teste, em minutos

Neste 3º e último teste, as filas de espera diminuíram, de modo que as pessoas não tenham que esperar tempos muito elevados pelo seu pedido.

**Queue Detail Summary****Time**

	<u>Waiting Time</u>
atendimento.Queue	0.24
AtendimentoTelef.Queue	0.06
colocar_em_caixas.Queue	0.17
esplanada.Queue	0.00
estacionar.Queue	0.00
estaf.Queue	0.15
Forno.Queue	0.11
remboradecarro.Queue	0.07
Junta 2 pizzas.Queue	0.13
junta_pessoas_com_a_pizza.Queue1	10.91
junta_pessoas_com_a_pizza.Queue2	0.00
Junta3Pizzas.Queue	0.21
JuntaPizzas2BD.Queue	0.01
JuntaPizzas3BD.Queue	0.04
PagamentoBalc.Queue	0.30
Pedido.Queue	0.04
preparamento.Queue	0.02
RecebePedido.Queue1	0.00
RecebePedido.Queue2	7.48
Registrar.Queue	0.04

Figura 19 - Tempo de espera das filas obtidas no 3º teste, em minutos

Em conformidade com os resultados obtidos nos parâmetros anteriores, também a ocupação dos recursos se encontra dentro de padrões normais, tal como é visível na seguinte imagem:

**Resource Detail Summary****Usage**

	<u>Inst Util</u>	<u>Num Busy</u>	<u>Num Sched</u>	<u>Num Seized</u>	<u>Sched Util</u>
cozinheiro	0.43	2.16	5.00	419.00	0.43
estacionamentoc	0.68	10.23	15.00	29.00	0.68
estafeta	0.55	6.62	12.00	199.00	0.55
forno_industria	0.56	11.11	20.00	895.00	0.56
funcionario_ate	0.31	0.92	3.00	190.00	0.31
funcionario_cai	0.32	0.97	3.00	423.00	0.32
Funcionario_re	0.37	1.11	3.00	515.00	0.37
FuncionárioPaç	0.38	0.75	2.00	183.00	0.38
FuncionarioPec	0.08	0.08	1.00	30.00	0.08
mesas	0.14	2.11	15.00	65.00	0.14

Figura 20 – Ocupação dos recursos no 3º teste

## Conclusões

Após toda a análise cuidadosa do modelo e dos diferentes cenários resultantes da alteração da quantidade dos recursos chegamos à conclusão que o 3º cenário obtido é o mais indicado, pois é o único que vai ao encontro dos tempos propostos nos objetivos e o que promove um melhor funcionamento de toda a pizzaria. Deste modo, os recursos não serão sobrecarregados, as filas de espera apresentam tempos aceitáveis, sendo que, a fila de espera que apresenta maior tempo de espera é a fila de pessoas que está a aguardar no balcão pela confeção da sua pizza (10.91 minutos). Ainda para mais, este cenário permite que a pizza seja entregue em menos de 30 minutos e o tempo que esta demora entre a sua cozedura e a sua chegada ao estafeta é menor que 10 minutos.

Assim, a seguinte quantidade de recursos é aquela que consideramos ser a mais indicada:

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	funcionario_registos	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
2	cozinheiro	Fixed Capacity	5	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
3	forno_industrial	Fixed Capacity	20	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
4	funcionario_caixas	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
5	estafeta	Fixed Capacity	12	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
6	estacionamento	Fixed Capacity	15	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
7	funcionario_atendimento	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
8	mesas	Fixed Capacity	15	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
9	funcionarioPedidoDT	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
10	funcionarioPagamentoBalcão	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

Double-click here to add a new row.

Figura 21 - Quantidade de recursos mais indicada

De modo a enriquecer o nosso projeto, elaboramos um mini-filme da execução do arena que pode ser acedido através da seguinte ligação: <https://www.youtube.com/watch?v=hJ1-gYr9SbM&feature=youtu.be>.

## Identificação dos autores

- Ana Rita Abreu Peixoto

[A89612@alunos.uminho.pt](mailto:A89612@alunos.uminho.pt)

Escolas por onde passou: Escola EB 2/3 Amares e Escola Secundária de Amares.

Data de nascimento: 16 de Novembro 2000

Local de Nascimento: Braga

Áreas de Interesse: Informática e matemática



- Rui Manuel Pereira Pires

[A89988@alunos.uminho.pt](mailto:A89988@alunos.uminho.pt)

Escolas por onde passou: Escola EB 2/3 Vieira de Araújo e Associação Comercial de Braga

Data de nascimento: 10 de Março 1993

Local de nascimento: Vieira do Minho



- Rui Carlos Azevedo Carvalho

[A89498@alunos.uminho.pt](mailto:A89498@alunos.uminho.pt)

Escolas por onde passou: escola cooperativa Didaxis Vale São Cosme e escola secundária D. Sancho I.

Data de nascimento: 24 de outubro 2000.

Local de nascimento: Famalicão

## Áreas de Interesse: Informática



- Joel Salgueiro Martins

[A89575@alunos.uminho.pt](mailto:A89575@alunos.uminho.pt)

Escolas por onde passou: Escola Secundária de Monserrate e EBI Castelo do Neiva

Data de nascimento: 6 de Janeiro 2000

Local de nascimento: Viana do Castelo

Áreas de Interesse: Informática



- Paulo Edgar Carvalho

[A64302@alunos.uminho.pt](mailto:A64302@alunos.uminho.pt)

Escolas por onde passou: Escola Secundária Carlos Amarante

Data de nascimento: 2 de Outubro 1990

Local de nascimento: Braga

