

Escola de Engenharia

Departamento de Produção e Sistemas: Mestrado em Engenharia de
Sistemas

Simulação

Universidade do Minho

Projeto de Simulação

“Pizzaria”

Ana Margarida Rolim, pg38332

Célia Figueiredo, a67637

Daniel Sousa, pg37112

Márcia Costa, a67672

Bruno Gonçalves, Luís Dias e Marcelo Henriques
Braga, janeiro de 2019

Índice

1. Resumo	3
2. Introdução	4
3. Modelo	5
Funcionamento do Modelo	7
Processos do Modelo	7
4. Análise de resultados	16
Estudo prévio para determinação do número de replicações da simulação	16
Testes com diferentes cenários.....	17
5. Conclusões	23
6. Bibliografia.....	26
7. Identificação dos Autores	27

Índice de figuras

Figura 1: Modelo 2D	5
Figura 2: Modelo 3D	6

Figura 3: Identificação das Entidades Atendidas	8
Figura 4: Processo para produzir Massa e atribui-lhe a informação do pedido.....	10
Figura 5: Processo para criar a caixa da pizza	11
Figura 6: Processo para atribuir informação da pizza para a caixa	12
Figura 7: Processo para garantir um bom atendimento ao cliente e efetuar o pagamento	13
Figura 8: Processo para marcar o instante de tempo em que o pedido de cada cliente é registado.....	14
Figura 9: Processo para marcar o tempo em que cada pizza sai do forno	14
Figura 10: Processo para registar os tempos finais dos pedidos do cliente ao balcão	15

Índice de tabelas

Tabela 1: Resultados obtidos nas experiências para determinar o número de replicações	16
Tabela 2: Número de elementos utilizados em cada cenário para cada recurso	17
Tabela 3: Registos dos <i>Tally</i>	17
Tabela 4: Percentagem média de utilização de cada recurso	18
Tabela 5: Número de unidades utilizadas em média em cada recurso	18
Tabela 6- Custos da pizzaria.....	23
Tabela 7 - Cálculo do lucro vs investimento	23

1. Resumo

No âmbito da Unidade Curricular de Simulação do Mestrado em Engenharia de Sistemas, da Universidade do Minho, realizou-se o presente trabalho, através da utilização do *software* de simulação *Simio*. O *software* em causa é projetado para suportar o paradigma da modelação de objetos, incluindo orientação a processos e eventos.

Foi baseado na modelação, que se criou um sistema representativo de uma pizzeria, iniciando no momento em que os pedidos são rececionados, até à entrega das pizzas ao consumidor final. Após a modelação, foram efetuadas várias análises a alguns dos componentes essenciais do modelo elaborado. Para a elaboração do projeto, teve-se em consideração determinadas restrições impostas no enunciado do projeto. Partindo dessas indicações e restrições, foi construída uma proposta de modelo.

Posto isto, o presente relatório serve para documentar, passo a passo, todas as decisões tomadas, assim como, apresentar soluções válidas para a equipa de gestão da pizzeria.

2. Introdução

Simulação pode definir-se como uma sequência de experiências baseadas num modelo que representa certos aspetos da realidade. Permite trabalhar em condições semelhantes às reais, mas considerando variáveis controladas, num ambiente que se assemelha ao mundo real, embora criado ou acondicionado artificialmente. É útil para criar um sistema ou processo simulado, através do qual se podem deduzir várias conclusões, elaborar relatórios e construir modelos cada vez mais próximos da realidade.

O objetivo geral do trabalho proposto foi a modelação de uma pizzeria. A pizzeria em estudo, engloba todo o processo de encomenda de pizzas, desde que são feitos os pedidos de clientes, até a entrega das pizzas ao domicílio dos respetivos clientes. O processo incide, essencialmente, na entrega de pizzas ao domicílio, sendo que, para tal foram considerados dois tipos de pedidos para processar, pedidos por telefone e via internet. Posteriormente, foi pensado acrescentar a funcionalidade que permite o atendimento do cliente no balcão, isto é, o cliente efetua o seu pedido, presencialmente, ao balcão

da pizzeria, tal como o pagamento e o respetivo levantamento das pizzas. A receção de pedidos por telefone, internet e ao balcão são feitas através de um funcionário. Existe um forno com uma capacidade para uma pizza de cada vez.

Relativamente às entregas feitas ao domicílio, existe um conjunto de estafetas, com a respetiva moto, que transporta a pizza até a casa do cliente e regressa à pizzeria.

Quanto aos pedidos efetuados ao balcão da pizzeria, o cliente aguarda que o pedido seja processado no interior da mesma e efetua o pagamento automático numa caixa de serviço.

Foi pensado, de forma crítica, nos tempos de processamento de cada etapa do modelo, de modo a assemelhar-se à realidade. A gestão da pizzeria estabeleceu-se o tempo médio de entrega das pizzas inferior a 30 minutos, desde a receção do pedido até à chegada ao cliente. O tempo médio de espera de cada pizza, após cozedura no forno, até à entrega ao cliente, não excede os 10 minutos, para não arrefecer e não perder a qualidade desejada.

3. Modelo

A fim de simular uma pizzaria que aceita pedidos por telefone, internet, ao balcão e que processa entregas ao domicílio, foi elaborado o modelo abaixo apresentado em 2D e em 3D.

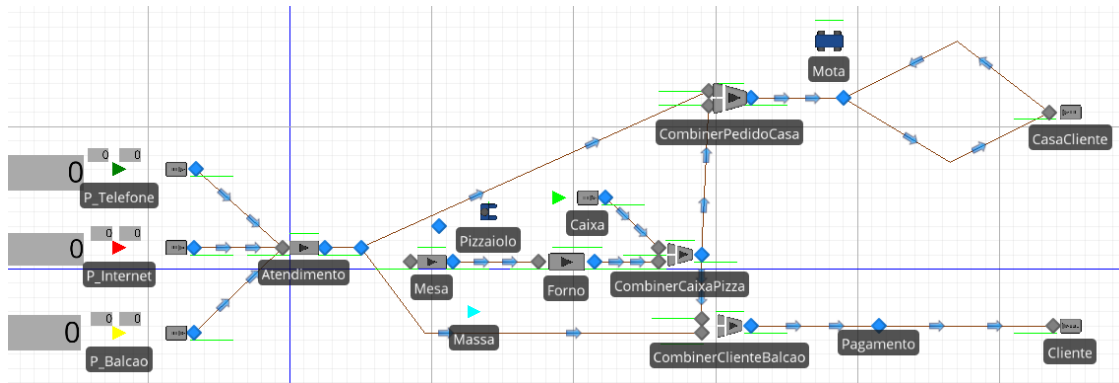


Figura 1: Modelo 2D

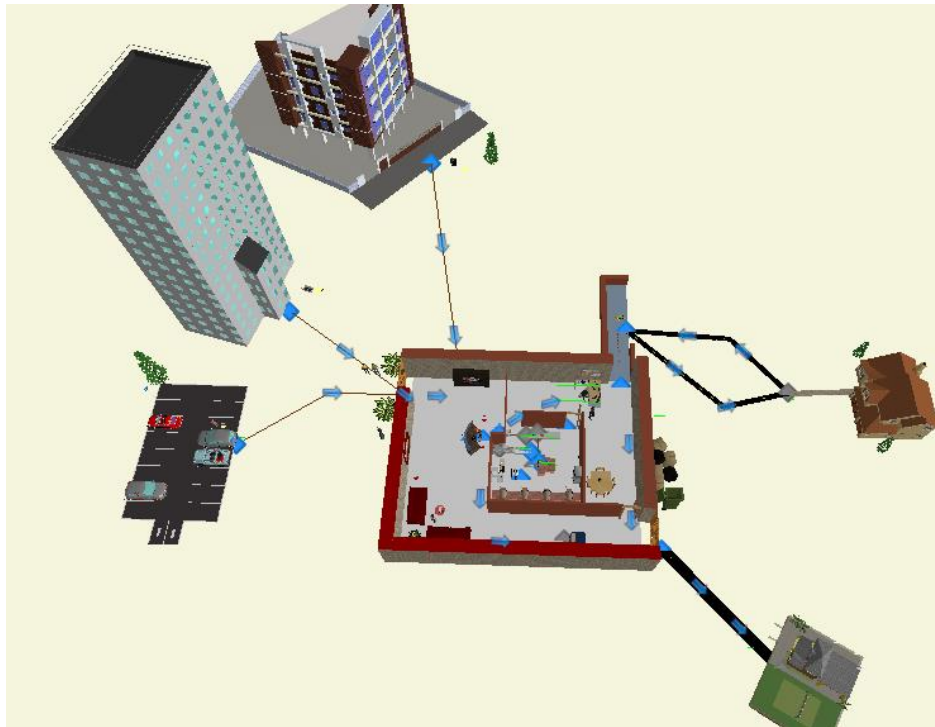


Figura 2: Modelo 3D

Link para o vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=O1jusTZ_9xl&t=5s

Funcionamento do Modelo

O processo de produção de uma pizza pode ser inicializado de três formas: pela receção de um pedido por internet, com taxa de chegada Exponencial (10), pedidos feitos por telefone, com uma taxa de chegada que obedece a uma distribuição Exponencial (8) ou pedidos ao balcão, com taxa de chegada Exponencial (15). Estes pedidos são recebidos por um balcão de atendimento, que segue uma distribuição Uniforme de (2,4).

Foram criados os *Sources PedidosTelefone*, *PedidosInternet* e *PedidosBalcao*, com as distribuições exponencial (10), exponencial (8) e exponencial (15) respetivamente.

Deste modo, foi necessário criar as entidades **P_Telefone**, **P_Internet** e **P_Balcao**.

As entidades representam os diferentes tipos de pedidos que chegam à pizzeria.

Foi necessário, também, para o bom funcionamento da pizzeria, marcar os diferentes pedidos que chegam dos diferentes tipos de clientes. Para tal, foram criadas três variáveis com o objetivo de identificar o número do pedido (Variável *Senha*), o número de pizzas do respetivo pedido (variável *NumPizzasPorPedido*) e a origem do

pedido, isto é, se este chegou por telefone(1), pela internet(2) ou por um cliente que se encontrava no balcão(3) da pizzeria (variável *OrigemPedido*).

Posteriormente foi criado o *Source Caixa*, com o objetivo de criar entidades do tipo **P_Caixa**, responsáveis pelo incorporar as pizzas, depois destas estarem cozinhadas. Neste *Source*, é ativado um processo *PizzaProntaCriarCaixa* no qual, inicialmente, é criada uma caixa para evitar que quando a primeira pizza é confeccionada, a mesma não fique a aguardar pela embalagem. Todas as outras caixas são criadas no momento em que uma pizza chega ao *CombinerCaixaPizza*. De forma a simular que o conteúdo que chega ao forno se trata da massa que constitui a pizza, foi ainda criada a entidade **Massa**. Cabe ao funcionário denominado por *Pizzaiole*, preparar a massa com os ingredientes solicitados e colocá-la no forno.

Processos do Modelo

São atribuídas três variáveis a cada entidade criada (**P_Telefone**, **P_Internet** e **P_Balcao**) no *Output Source*, através de um processo chamado *IdentificaçãoEntidadesAtendidas*.

- **Variável *Senha*:**

Para criar esta variável no *Model Entity*, foi necessário criar uma variável auxiliar no *Model*, de forma a registar o número de entidades criadas. A variável é denominada de *NumSequencial*.

- **Variável *NumPizzasPorPedido*:**

Esta variável foi criada no *Model Entity*. Regista a quantidade de pizzas (unidades) de cada pedido.

- **Variável *OrigemPedido*:**

Variável criada no *Model Entity*, que identifica a origem do pedido, isto é, se este é relativo a um pedido feito pelo telefone, via internet ou ao balcão.

Foram elaborados vários processos durante a modelação:

Processo IdentificaçãoEntidadesAtendidas:

O Processo em questão envolve 3 diferentes partes.

- ❖ 1ª Parte:

Adicionamos um *Step Assign* para atribuir à variável *NumSequencial*, o novo valor que a entidade deve tomar, isto é, $NumSequencial = NumSequencial + 1$.

Adicionamos um novo *Step Assign*, para atribuir à variável *Senha*, o valor guardado no número sequencial. Este

processo garante que cada pedido do cliente fique com um número sequencial diferente, auto incrementado.

- ❖ 2ª Parte:

Foi adicionado um *Step Assign* com finalidade em atribuir, à variável *NumPizzasPorPedido*, o novo valor calculado através da distribuição Discreta (1, 0.4, 2, 0.75, 3, 0.90, 4, 1).

Este processo garante que cada pedido do cliente fique com o número de pizzas pretendido.

- ❖ 3ª Parte:

Foi adicionado um *Step Decide* com o objetivo de diferenciar os diferentes tipos de pedido.

Em cada *Decide*, há uma condição. Se o pedido for **P_Telefone**, a variável *OrigemPedido* assume o valor de 1. Se o pedido for **P_Internet**, a variável *OrigemPedido* assume o valor de 2 e, caso o pedido seja **P_Balcao**, assume o valor de 3.

Esta diferenciação é importante, uma vez que os pedidos por telefone e internet contêm encomendas que são entregues ao domicílio, enquanto que os pedidos ao balcão têm encomendas para serem entregues na pizzaria.

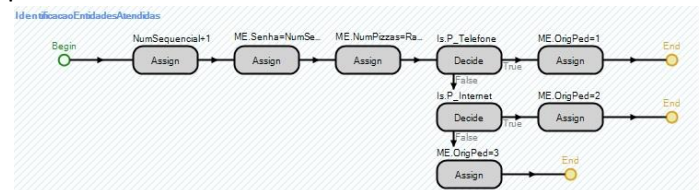


Figura 3: Identificação das Entidades Atendidas

No final deste processo, as entidades criadas **P_Telefone**, **P_Internet** e **P_Balcao**, têm três variáveis associadas, com as informações relativas ao número da senha de cada pedido, o número de pizzas que cada pedido exige e a origem do mesmo.

Após a recolha dos pedidos, é necessário processá-los. Para este fim, foi criado o *Server Atendimento*. Após o *Atendimento*, os pedidos vão para o *transfer node PedidoRegistado*.

Relativamente a este *transfer node*, é feita uma seleção de acordo com tipo de entidades. Caso as entidades sejam **P_Telefone** ou **P_Internet** são encaminhadas para o node *Parent* do *CombinerPedidoCasa*, onde ficam a aguardar pela pizza que pediram. Estas duas entidades são representadas através de um talão, referente a estes pedidos. Por outro lado, as entidades vindas do balcão, isto é, que sejam do tipo **P_Balcao**, representam os clientes que se encontram na pizzeria e, estas são encaminhadas para o *Parent* do *CombinerPedidoBalcao*.

Este *transfer node PedidoRegistado* foi criado, também, com o intuito de disparar um novo processo, denominado *ProduzirMassa*, que se encarrega de produzir a quantidade de massa necessária para satisfazer cada pedido.

Processo

ProduzirMassaEAtribuirInformacaoPedidoParaMassa:

❖ 1ª Parte:

Foi criada uma variável auxiliar temporária, denominada *AuxNumMassa*, que guarda a senha referente ao pedido de cada cliente.

Este passo envolve um *Step Assign* que atribui à variável *AuxNumMassa*, o valor da variável *Senha*.

❖ 2ª Parte:

Foi criada, identicamente, uma segunda variável auxiliar temporária, denominada *AuxOrigemPedido*, que guarda a informação referente à origem do pedido.

Este passo envolve um *Step Assign* que atribui à variável *AuxOrigemPedido*, o valor da variável *OrigemPedido*.

Tendo definido as duas variáveis auxiliares acima referidas, é necessário criar a massa de acordo com a quantidade pretendida em cada pedido.

❖ 3ª Parte:

Foi necessário adicionar um *Step Create* com o objetivo de criar as entidades *Massa*. Neste *step*, ficou definido que o número de entidades criadas, isto é, o número de massas feitas, seria igual ao valor da variável *NumPizzasPorPedido*.

Esta passo garante que apenas seja criada a quantidade de massa que o cliente pede, em cada pedido.

❖ 4ª Parte:

Com o objetivo de garantir que a pizzeria sabe a que pedido corresponde cada massa produzida, adiciona-se um *Step Assign depois do Create*, onde a variável *Senha* assume o valor da variável *AuxNumMassa*. Com finalidade em garantir que a pizzeria sabe a qual cliente terá de devolver o pedido, após ter sido elaborado, foi também adicionado um novo *Step Assign*, onde a variável *OrigemPedido* assume o valor da variável *AuxOrigemPedido*.

❖ 5ª Parte:

Após criar a massa necessária para cada pedido, esta tem de ser enviada para o forno.

Assim, criou-se um *Step Transfer* onde se definiu que todas as massas são enviadas, por ordem de pedido, para o *Input* do **Server Forno**.

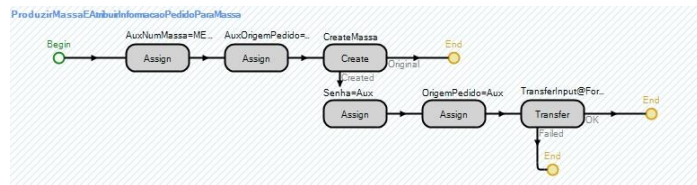


Figura 4: Processo para produzir Massa e atribui-lhe a informação do pedido

Foi criado um *worker*, denominado de *Pizzaiolo*, que é responsável por montar e transferir a massa da pizza do **Server Mesa** para o **Server Mesa**. Entende-se que na **Mesa**, é feita a montagem da pizza, consoante o pedido do cliente. De realçar que, a massa apenas passa para o forno, transportada por um *Pizzaiolo*. Foi associada, à **Mesa**, um *transfer node* denominado *PTMesa* que define a origem do *worker*, isto é, o pizzaiolo inicia o seu trajeto no nodo associado à **Mesa** e, por sua vez, destina-se a colocar a massa no **Forno** para, posteriormente, produzir uma pizza.

Após a saída de cada pizza do forno, é necessário colocá-la numa caixa. Para isso, é criada uma nova entidade denominada de **P_Caixa**.

Processo PizzaProntaCriarCaixa:

Com o objetivo de combinar cada pizza que sai do forno, com uma caixa, foi criado um *combiner* denominado de *CombinerCaixaPizza*. Sempre que uma pizza chega ao *Combiner* no *Member*, é acionado um processo denominado de *PizzaProntaCriarCaixa*. Este processo é composto por um *Step Fire*, que faz disparar o evento *Criar_Caixa_Pizza*.

O evento *Criar_Caixa_Pizza* foi criado no *Model* e, é acionado no *Source Caixa*, que é responsável por criar as caixas e, por sua vez, ligado ao node *Parent* do *Combiner*.

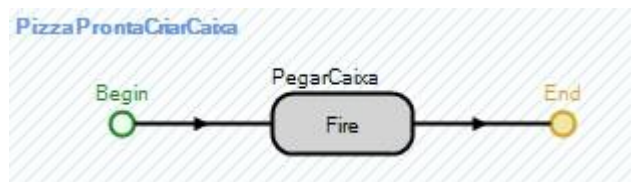


Figura 5: Processo para criar a caixa da pizza

Assim, sempre que uma pizza chega ao *combiner*, é criada uma caixa, que sairá deste, contendo a pizza. Para evitar que a primeira pizza cozinhada espere pela primeira caixa, como já mencionado, no início da simulação, é criada uma caixa.

Processo AtribuirInformacaoPizzaParaCaixa:

No *output* do *CombinerCaixaPizza* é também criado um processo denominado de *AtribuirInformacaoPizzaParaCaixa*, com o objetivo de fazer corresponder, a cada caixa, o número do pedido do cliente e de onde este veio (origem).

Este engloba dois *Step Assigns*. No primeiro, foi criado um *Step Assign* que atribui à variável *ModelEntity.Senha*, o valor da variável da senha da primeira entidade que

chegou ao *combiner*. Este passo garante que cada caixa que contém uma pizza, ao sair do *combiner*, contenha a informação do número do cliente que efetuou o pedido. Do mesmo modo, foi criado um novo *Step Assign* que atribui à variável *ModelEntity.OrigemPedido* a informação da origem do pedido do cliente, isto é, se este veio por telefone, internet ou presencialmente ao balcão.

Assim, cada caixa com uma pizza que sai deste *combiner*, tem associado a informação da origem do pedido do cliente e da senha correspondente.

Dada por terminada esta fase, é necessário que as pizzas já prontas e nas respectivas caixas, sejam entregues ao cliente.

Assim, os caminhos que saem do *CombinerCaixaPizza* têm pesos diferentes. O caminho responsável por levar as pizzas que têm de ser entregues ao domicílio, garantem que as origens dos pedidos das entidades tenham valores inferiores a 3, o que implica que, apenas os pedidos por telefone e internet percorram este caminho. Por outro lado, as pizzas que têm de ser entregues aos clientes que estão na pizzaria, têm de percorrer o caminho restante, o que requer que as entidades que são permitidas neste, tenham a variável *ModelEntity.OrigemPedido* com valor 3.

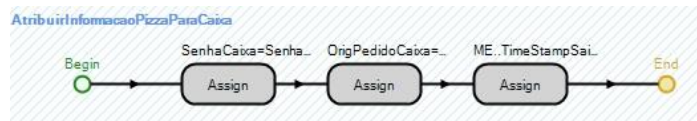


Figura 6: Processo para atribuir informação da pizza para a caixa

Neste ponto, os clientes da pizzaria que fizeram a encomenda ao balcão, já se encontram no *CombinerClienteBalcão*, no node *Parent*. No node *Member* do *Combiner*, chegam as caixas com as pizzas já cozinhadas e prontas para a entrega ao cliente.

Posto isto, é necessário garantir que as caixas com pizzas são entregues ao cliente certo. Assim, o *CombinerClienteBalcão*, só agrupa o cliente com as pizzas, quando tiver a quantidade de pizzas que o cliente pediu (valor registado no *output* de cada *Source* que nos informa da quantidade de pizzas em cada pedido, *ModelEntity.NumPizzasPedido*). Assim, garante-se que o pedido do cliente é entregue ao mesmo, quando estiver totalmente satisfeito. Por outro lado, de forma a garantir que o pedido é entregue ao cliente devido, o valor das variáveis *ModelEntity.Senha* que estão associadas a cada caixa com pizza pronta e associadas a cada cliente são iguais.

Após a fase da entrega de pizzas ao cliente estar concluída, é necessário adicionar o tempo de processamento relativo ao pagamento. Este é adicionado ao *CombinerClienteBalcão*, com uma distribuição Triangular (1,3,5).

Por fim, as entidades que representam o cliente que fez o pedido ao balcão e, que se encontra na pizzaria, são destruídas no *Sink Cliente*.

Para além dos pedidos ao balcão, também há pedidos feitos por telefone e internet, que têm de ser entregues ao domicílio. Como já referido, estes pedidos, representados em forma de talão, já se encontram no *CombinerPedidoCasa*, no node *Parent*. O objetivo deste *combiner* é agrupar as pizzas prontas, já cozinhadas e pretendidas por cada cliente, com o respetivo talão. Tal como no *CombinerClienteBalcão*, é necessário garantir que o valor das variáveis *ModelEntity.Senha* que estão associadas a cada caixa com pizza pronta e, associadas a cada cliente, são iguais. O *CombinerPedidoCasa* só agrupa o talão com as pizzas pretendidas, quando tiver a quantidade de pizzas que o cliente pediu (variável *ModelEntity.NumPizzasPedido*).

Deste modo, garante-se que o pedido de cada cliente, é apenas entregue a domicílio quando está completo e pronto a ser entregue, por estafeta, de mota.

Com a finalidade em garantir que o transporte é feito por uma motorizada, é criado um *transferNode* denominado *LevarDeMota*, associado ao veículo *Mota*. No *transfer node*, foi acionada uma propriedade que garante que a partir deste ponto, as entidades apenas possam ser transportadas por este veículo.

O *transfer node* *LevarDeMota* está ligado ao *SINK*, que representa a casa do cliente, denominado de *CasaCliente*, através de dois *TimePaths* que serão percorridos apenas pela *Mota*, como já mencionado. O veículo, percorre os caminhos de acordo com uma distribuição Normal (6,2).

Processo RegistrarTemposClienteCasaEPagamento:

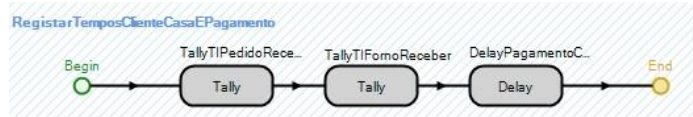


Figura 7: Processo para garantir um bom atendimento ao cliente e efetuar o pagamento

A *Mota*, ao chegar ao *CasaCliente*, faz disparar um processo denominado *RegistrarTemposClienteCasaEPagamento* que contém um *Step Delay*, que segue uma distribuição Uniforme (2,4), de forma a considerar o tempo de pagamento da encomenda.

Para garantir um bom serviço de atendimento ao cliente, a pizzeria impõe restrições de tempos médios de entrega das pizzas aos mesmo. Como anteriormente mencionado, o tempo médio entre a receção do pedido e a entrega da encomenda ao cliente, terá de ser, em média, por volta de 30 minutos. Por outro lado, o tempo entre a saída da pizza do forno e a entrega ao cliente, terá de rondar os 10 minutos.

Deste modo, são criadas duas variáveis no *ModelEntity*. A primeira, guarda, em horas, o instante de tempo em que o pedido foi feito. Esta variável é denominada de *TimeStampPedidoFeito*. A seguinte, guarda, em horas, o instante de tempo em que cada pizza sai do forno. A variável é denominada de *TimeStampSaidaForno*.

De forma a avaliar se os tempos de processamento de todos os pedidos respeitam as restrições impostas pela pizzeria, foram criadas no *Model*, quatro *Tally Statistic Elements*. Estas correspondem a quatro listas que guardam, os tempos totais de cada pedido de balcão (*TallyBPedidoReceber*), pedido por telefone e internet (*TallyITPedidoReceber*). As últimas duas listas, guardam o tempo desde a saída do forno, de cada pizza, até à entrega ao cliente que se encontra ao balcão (*TallyBFornoReceber*) ou ao domicílio (*TallyITFornoReceber*).

Deste modo, tanto nos servers *Atendimento* e *Forno*, como também nos *combiners* *ClienteBalcao*, no *PedidoCasa* e no *sink* *CasaCliente*, as variáveis responsáveis pelo *Tally Statistic Elements* sofrem alterações.

Processo MarcarTempoPedidoRegistrado

Tal como referido anteriormente, é necessário guardar o instante de tempo em que cada pedido é processado. Desta forma, através de um *Step Assign*, a variável *ModelEntity.TimeStampPedidoFeito* recebe o valor do tempo real da simulação, sempre que um pedido é processado. Este processo garante que, a todos os pedidos, dos diferentes clientes, fica associada a informação do instante de tempo, em horas, a que o pedido foi atendido.



Figura 8: Processo para marcar o instante de tempo em que o pedido de cada cliente é registado

Processo MarcarTempoSaidaForno:

É necessário, também, guardar o instante de tempo em que cada pizza acaba de ser cozinhada. Desta forma, através de um *Step Assign*, a variável *ModelEntity.TimeStampSaidaForno* recebe o valor do tempo real da simulação, sempre que uma pizza sai do **Forno**. Este processo garante que a todas as pizzas, fica associada a informação do instante de tempo, em horas, a que esta saiu do forno.



Figura 9: Processo para marcar o tempo em que cada pizza sai do forno

De maneira a garantir que a caixa com cada pizza já feita, guarda o valor do instante de tempo em que a pizza saiu do forno, adicionou-se um *Step Assign* que atribui à variável *ModelEntity.TimeStampSaidaForno*, o valor anteriormente registado na pizza.

Processo RegistrarTemposClienteBalcao

Ao entregar a pizza ao cliente devido, a variável *TallyBPedidoReceber* assume o valor da diferença entre o instante de tempo real de simulação (*TimeNow*) e o valor da variável *ModelEntity.TimeStampSaidaForno*, com o valor de saída do forno da pizza. Assim, para cada encomenda entregue ao cliente é guardado esse instante de tempo na *TallyBPedidoReceber*.

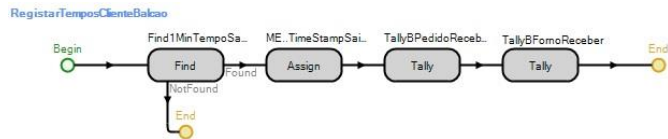


Figura 10: Processo para registrar os tempos finais dos pedidos do cliente ao balcão

4. Análise de resultados

Estudo prévio para determinação do número de replicações da simulação

Com o objetivo de obter resultados com a confiança desejável, foi necessário definir o número de replicações para os quais os resultados obtidos não variavam significativamente. Assim, realizaram-se três experiências com diferentes cenários, alterando apenas o número de replicações. Utilizaram-se os valores de 10, 15 e 20 replicações para os cenários 1, 2 e 3 respetivamente.

Tabela 1: Resultados obtidos nas experiências para determinar o número de replicações

	Rep ¹	%util Forno ²	%util Mota ³	%util Pizzaiolo ⁴	%util Atendimento ⁵
cenário1	10	6,59	3,18	4,31	2,92
cenário2	15	6,59	3,2	4,31	2,98
cenário3	20	6,59	3,18	4,31	3,012
diferença 1 e 2		0	0,63	0	2,05
diferença 2 e 3		0	0,625	0	1,07

Legenda: ¹ Replicações, ² Percentagem de Utilização do Forno, ³ Percentagem de Utilização da Mota, ⁴ Percentagem de Utilização do Pizzaiolo, ⁵ Percentagem de utilização do Atendimento

Após a análise dos resultados obtidos verificou-se que não se encontravam diferenças significativas entre os mesmos, quando comparado o cenário 1 com o cenário 2. Como se consegue observar através da tabela 1, verifica-se uma diferença significativa de 2,05% apenas no atendimento. Nos restantes elementos testados, a diferença é pouco significativa. Apesar disso, considerou-se importante, para garantir maior fiabilidade, realizar uma terceira experiência com 20 replicações. Esta última confirmou que os resultados obtidos não se diferenciavam, quando comparados com os obtidos nos cenários anteriores, o que pode ser verificado pela diferença percentual de 1.07 no atendimento e de 0.625 na taxa de utilização da mota. Nos restantes elementos, não se observaram diferenças percentuais. Assim sendo, assumiu-se o cenário 2, com 15 replicações, como referência para a realização das todas as experiências do nosso modelo.

Testes com diferentes cenários

Para determinar o número de elementos necessários em cada recurso realizaram-se experiências, gerando sete novos cenários.

A estratégia adotada para definir o melhor número de recursos necessários, de forma a garantir o bom funcionamento da pizzaria, foi, primeiramente, testar o modelo com uma unidade em cada recurso. Este modelo é, atualmente, o implementado pela pizzaria (cenário 1).

Tabela 2: Número de elementos utilizados em cada cenário para cada recurso

	Nr_Atend ¹	Nr_Mesa ²	Nr_P ³	Nr_F ⁴	Nr_M ⁵
Cenário1	1	1	1	1	1
Cenário2	30	30	30	30	30
Cenário3	1	2	3	4	3
Cenário4	1	2	4	6	5
Cenário5	1	2	4	7	5
Cenário6	1	2	4	5	5
Cenário7	1	2	4	4	5

Legenda: ¹ Número de entidades do Atendimento, ² Número de entidades das Mesas, ³ Número de entidades do Pizzaiolo, ⁴ Número de entidades do Forno, ⁵ Número de entidades da Mota

Como já mencionado, a pizzaria, de modo a manter um serviço satisfatório para o cliente, impõe limites de tempo desde o registo do pedido e a saída da encomenda do forno, até à entrega da encomenda ao cliente.

De forma a refletir essa realidade, foram utilizados *Tally Elements*, de acordo com o modelo já descrito e com os cenários da tabela 2, cujo registo está exposto na tabela 3.

Tabela 3: Registos dos Tally

	TallyBF ¹	TallyBP ²	TallyTIF ³	TallyTIP ⁴
Cenário1	6,90	273,16	24,92	279,95
Cenário2	0,66	11,98	9,31	20,61
Cenário3	1,82	29,16	45,41	73,37
Cenário4	1,63	27,93	10,06	36,30
Cenário5	1,63	27,93	10,06	36,30
Cenário6	1,77	29,60	9,31	37,01
Cenário7	1,86	35,32	9,79	42,67

Legenda: ¹ Registo do tempo de saída da pizza do forno até a entrega ao cliente ao balcão, ² Registo do tempo do pedido do cliente ao balcão até à entrega da encomenda, Registo do tempo de saída da pizza do forno até a entrega ao cliente domiciliário, ⁴ Registo do tempo do pedido do cliente domiciliário até à entrega da encomenda

Nas tabelas 4 e 5, estão representadas a percentagem média de utilização de cada recurso e o número de unidades, em média, utilizadas em cada recurso. Os valores das respetivas tabelas, juntamente com os *tallys*, serviram de base para a análise dos cenários.

Tabela 4: Percentagem média de utilização de cada recurso

	%Atend ¹	%UtilMesa ²	%Util P ³	%util F ⁴	%Util M ⁵
C1	85,74	99,55	99,55	98,93	68,47
C2	2,97	6,78	0,81	13,49	8,66
C3	82,81	93,53	79,85	90,93	89,53
C4	87,87	93,68	55,78	57,06	38,93
C5	87,87	93,68	60,83	53,09	47,89
C6	84,78	92,34	59,94	73,29	42,46
C7	87,09	93,87	60,95	92,74	46,16

Legenda: ¹Percentagem de utilização do Atendimento, ²Percentagem de utilização das Mesas, ³Percentagem de Utilização do Pizzaiolo, ⁴ Percentagem de Utilização do Forno, ⁵Percentagem de Utilização da Mota

Tabela 5: Número de unidades utilizadas em média em cada recurso

	Nr_Atend ¹	Nr_Mesa ²	Nr_P ³	Nr_F ⁴	Nr_M ⁵
C1	0,86	0,99	0,99	0,99	0,68
C2	0,98	2,03	2,64	4,05	2,60
C3	0,83	1,87	2,40	3,64	2,69
C4	0,88	1,72	2,23	3,42	1,95
C5	0,88	1,87	2,43	3,72	2,39
C6	0,85	1,85	2,40	3,66	2,12
C7	0,88	1,87	2,44	0,93	2,31

Legenda: ¹ Número de unidades do Atendimento, ² Número de unidades das Mesas, ³ Número de entidades utilização do Pizzaiolo, ⁴ Número de entidades do Forno, ⁵ Número de entidades da Mota

Através do cenário 1 verificou-se que a percentagem média de utilização da mesa, do forno e do pizzaiolo foi de aproximadamente 99% (tabela 4). Por outro lado, o veículo e o atendedor utilizados, tiveram uma utilização razoável de 68,47% e 85,74%, respetivamente.

Assim, considerou-se necessário executar mais experiências, alterando os valores dos elementos.

De acordo com os *tallys* presentes na tabela 3, o tempo médio que demora, uma pizza, desde a saída do forno até ao cliente, é de 6,90 minutos. Este tempo médio considerou-se satisfatório, uma vez que a pizzaria definiu, no máximo, um intervalo de tempo de 10 min para esta etapa. Os restantes tempos foram considerados

insatisfatórios. Como já referido, o tempo médio desde que o pedido de qualquer cliente é processado, até à entrega da encomenda pedida, é de 30 minutos. O tempo médio de atendimento da pizzaria, em relação a um cliente presencial, foi de 273,16 minutos. Relativamente a clientes que necessitam de entrega ao domicílio, o tempo médio obtido foi de 279,95 minutos. Por outro lado, o tempo médio de saída de uma pizza do forno, até a entrega ao cliente, que fez o pedido por telefone ou internet, é de 24 minutos. Este último ultrapassa o limite de 10 minutos já mencionado.

Assim, atendendo aos resultados apresentados nas tabelas 3, 4 e 5 para o cenário 1, optou-se por realizar um segundo cenário com 30 unidades utilizadas em cada recurso. Este valor foi escolhido por ser suficientemente grande, o que permitiu que, através da taxa de utilização, fosse possível determinar o número de unidades que estavam a ser utilizadas.

Na segunda experiência, tomou-se em consideração o número de unidades que estavam, em média, a ser utilizadas em cada recurso. Os intervalos de tempo que a pizzaria determinou para manter um serviço satisfatório para os seus clientes, foram cumpridos, como pode ser verificado pela tabela 3. Tal como demonstra a tabela 5 no server forno, foram utilizadas em média 4,05 unidades. Utilizaram-se ainda, em média, 2,60 veículos,

2,64 pizzaiolos e 0,98 atendedores. Este cenário, apesar de cumprir com todos os requisitos da pizzaria, não é uma solução viável pois, no caso da solução se tornar realidade, a pizzaria estaria a empregar demasiados trabalhadores, quer pizzaiolos quer condutores de motociclos, e manteria 30 fornos e 30 balcões de atendimento sem necessidade. Os dados da tabela 5, como já mencionado, refletem as unidades utilizadas, em média, de cada recurso. Como já referido, nenhum destes se encontra perto dos 30 elementos. Deste modo, considerou-se importante fazer uma nova experiência, com a informação obtida a partir desta. Assim, para a terceira experiência, foram utilizados 4 fornos, 3 veículos, 3 pizzaiolos, 1 atendedor e duas mesas.

No terceiro cenário, como seria esperado, a percentagem de utilização do atendimento foi de 82,81%, a das mesas de 93,53%, a dos pizzaiolos de 79,85%, a dos fornos de 90,93% e a das motorizadas de 89,53%.

Apesar da taxa de utilização ser aproximada do ideal, é necessário analisar os instantes de tempo determinados pelos *tallys*, presentes na tabela 3. Em seguimento, o tempo decorrido entre a saída de uma pizza do forno, até à entrega a um cliente que se encontra na pizzaria foi de 1,96 minutos. Por outro lado, se o cliente se encontrasse em casa, o tempo seria de 41,70 minutos. Relativamente ao intervalo de tempo decorrido entre o processamento

do pedido e a entrega da encomenda, a um cliente que se encontra ao balcão, verificou-se que seria de 28,40 minutos e, caso este cliente necessitasse de uma entrega ao domicílio, o tempo respetivo seria de 68,08 minutos. Assim, concluiu-se que teria de ser feita uma nova experiência, de maneira a diminuir o intervalo de tempo entre o processamento do pedido e da saída da pizza do forno, até à entrega da encomenda ao respetivo cliente.

Deste modo, optou-se por realizar um quarto cenário utilizando as unidades expostas na tabela 1. Analisando os resultados obtidos, verificou-se que a utilização dos *servers* atendimento e mesa, encontravam-se próximos dos valores ideais. Posto isto, assumiu-se que o número de elementos necessários para estes dois *servers* era de um para o atendedor e dois para a mesa, uma vez que nenhuma alteração nestes *servers*, refletia uma alteração significativa nos *tallys* associados. Atendendo às restrições impostas pela pizzaria, foi necessário garantir que o tempo de entrega das pizzas, desde o registo do pedido, até à entrega do cliente, não excedia os 30 minutos. Assim sendo, após a análise dos valores registados na tabela 3, observou-se que o tempo de entrega das pizzas ao domicílio, excedia os 30 minutos. Posto isto, o número de pizzaiolos, condutores de motas e número de fornos teria de ser aumentado, de forma a diminuir o tempo de entrega de pizzas. Em seguimento,

justificou-se um quinto cenário, com um atendedor, duas mesas, quatro pizzaiolos, seis fornos e cinco condutores.

Em relação à taxa de utilização dos recursos, de acordo com resultados do quinto cenário presentes na tabela 5, a taxa média de utilização do atendimento foi de 89,87% e, a das mesas é de 93,68%. Este resultado confirma que, o número de atendedores e mesas é o necessário para manter o serviço satisfatório. Relativamente aos restantes recursos, tal como esperado, a taxa de utilização diminuiu. Os pizzaiolos apresentaram uma taxa de utilização de 55,56%, os fornos de 57,06% e as motas de 38,93%. De forma a entender se estas alterações se justificaram, foram analisados os tempos de serviço, refletidos pelos *tallys*, presentes na tabela 3. O tempo desde a saída das pizzas do forno, até à entrega da respetiva encomenda ao cliente, é de, aproximadamente, 1,63 minutos. Do mesmo modo, o tempo em relação ao cliente que necessita da entrega ao domicílio, é de 10,06 minutos. Estes tempos já se encontram em concordância com o limite imposto pela pizzaria. Relativamente ao tempo decorrido desde o processamento do pedido, até à entrega da encomenda pretendida a clientes que se encontravam na pizzaria, é de 27,93 minutos e, a clientes que fizeram o pedido pela internet ou telefone, é de 36,30 minutos. Este último tempo, apesar deste tempo já

se considerar razoavelmente satisfatório, foi alvo de tentativa de correção. Como o tempo decorrido desde a saída da pizza do forno, até ao cliente, no primeiro caso é 1,63 minutos e no segundo é de 10 minutos e, o tempo desde o processamento do pedido até à entrega do pedido ao cliente é de 27,93 minutos, no primeiro caso, e de 36,30, no segundo, implica que desde o atendimento até à saída da pizza do forno, demora 26,30 minutos no primeiro caso e 26,30 minutos no segundo.

Assim, justificou-se um novo cenário, cujo objetivo residiu em diminuir o tempo médio desde o processamento do pedido até à entrega do cliente. Assim, a única alteração feita, nível de elementos de cada recurso foi o aumento de um forno, passando, deste modo, para 7 elementos.

Os resultados do quinto cenário estão expostos nas tabelas 3, 4 e 5. Em relação tanto às taxas de utilização, como também aos tempos de serviço da pizzaria, não existem diferenças praticamente nenhuma. Assim concluiu-se que introduzir um forno, não influenciaria o serviço da pizzaria.

Uma vez que aumentar um forno não influenciou a o serviço da pizzaria, a estratégia seguinte, adotada pelo grupo de trabalho, foi verificar se ter seis fornos compensaria e traria alguma diferença à pizzaria. Assim, o cenário número 6, apresenta um elemento no

atendimento, dois elementos na mesa, quatro pizzaiolos, cinco fornos e cinco condutores de motociclos.

O atendimento apresentou uma taxa de utilização de 84,77%, a mesa de 92,34%, os pizzaiolos de 59,94%, os fornos de 73,29% e os motociclos de 42,47%, o que pode ser verificado através da tabela 5. Em comparação com o cenário 4, onde apenas se alterou o número de fornos, a taxa de utilização destes aumenta cerca de 16%. Em relação aos tempos de serviço, refletidos pela análise dos *tallys*, presentes na tabela 3, o intervalo de tempo desde a saída da pizza do forno até à entrega a um cliente que se encontra na pizzaria é de 1,77 minutos. Por outro lado, caso a entrega fosse a um cliente que se encontra em casa, o mesmo tempo passaria a ser de 9,31 minutos. O tempo decorrido desde o processamento da pizza até à entrega ao cliente, no caso deste se encontrar na pizzaria, é de 29,61 minutos. Caso este cliente se encontre em casa, o tempo decorrido seria de 37,01 minutos. Desta forma e, comparando com o quarto cenário, a diferença reside no tempo entre o processamento do pedido, até à entrega da respetiva encomenda ao cliente, sendo esta de, apenas de 1 minuto.

Posto isto, conclui-se que, dispor seis fornos na pizzaria, não traria grande diferença em termos de tempos de serviço, quando comparado com a mesma cozinha equipada com cinco fornos. Ainda assim, foi elaborado

um novo cenário no qual o objetivo foi legitimar se, manter cinco fornos teria influência, a nível de tempos, em relação a quatro fornos.

Posto isto, o cenário sete apresenta percentagens de utilização de 87,09 de atendimento, de 93,87 das duas mesas, de 60,95 de pizzaiolos, de 92,74 em relação aos fornos e 46,16 relativamente a motocicletas. O tempo decorrido entre a saída da pizza do forno até à entrega da encomenda ao cliente, é de 1,77 minutos e de 9,31 minutos, no caso do cliente ter feito a encomenda ao balcão da pizzaria e, no caso do cliente encomendar por telefone ou internet, respetivamente. Estes tempos, quando comparados com os do cenário seis, que possui mais um forno, mantiveram-se, praticamente iguais. No entanto, no que concerne o tempo entre o processamento do pedido e a entrega da encomenda ao cliente, foram verificadas diferenças consideráveis. Se, porventura, o cliente se encontrasse na pizzaria, o tempo decorrido seria de 35,32 minutos, o que implica um aumento de 6 minutos em relação ao cenário anterior e de cinco minutos em relação ao idealizado pela pizzaria. Na hipótese de o cliente ter encomendado por internet ou telefone, esse tempo seria de 42,67 minutos, o que requer um aumento de 5 minutos relativamente ao cenário anterior e, de 12 minutos relativamente ao valor ideal imposto pela pizzaria.

5. Conclusões

A pizzaria contratou o grupo de simulação para apresentar alternativas em termos de gestão da pizzaria, mais concretamente relacionadas com o número de funcionários e de recursos.

Após o estudo e simulação intensa do funcionamento da pizzaria geramos vários modelos que consideramos que serviriam de apoio à tomada de decisão pretendida, isto é, qual seriam os cenários onde a pizzaria teria mais lucro e serviria melhor os clientes, garantindo, assim, o melhor serviço possível.

Todos os dados relacionados com lucros e custos, são simplificados, não considerando taxas de IVA ou outros custos relacionados. Esta análise foi feita de forma a simplificar as comparações entre cenários.

Numa primeira fase, foram recolhidos os gastos diários da pizzaria. Os dados estão expostos na tabela 6.

Tabela 6- Custos da pizzaria

	Custos/dia	Investimento Inicial
Atendedores	25,00 €	-
Pizzaiolos	29,17 €	-
Fornos	10,42 €	341,94 €
Motas	30,00 €	5 500,00 €
TrabalhadoresM	25,00 €	-
PreçoPizza	16 €	-
PreçoIngredientes	2 €	-

Em seguimento, foi feito um estudo relacionado com os custos e o respetivo investimento inicial que a pizzaria teria de fazer.

Deste modo, apresenta-se a tabela 7, na qual são apresentados os resultados em relação ao capital investido em cada situação, o número de pizzas vendido, obtido através do número de caixas com pizzas destruídas no final de cada cenário, em cada caso e, o lucro diário e mensal que a pizzaria teria, no caso de aplicar a política do cenário em questão.

Tabela 7 - Cálculo do lucro vs investimento

	NPV ¹	NA ²	NP ³	NF ⁴	NM ⁵	Total/dia	Total/Mês	Total Investimento inicial
C1	91	1	1	1	1	1 154 €	27 706 €	0,00 €
C2	420	30	30	30	30	2 293 €	55 020 €	169 416,26 €
C3	315	1	3	4	3	4 525€	108 596€	12 025,82€
C4	354	1	4	6	5	4 477 €	107 444 €	23 709,70 €
C5	354	1	4	7	5	4 466 €	107 194 €	24 051,64 €
C6	346	1	4	5	5	4 375 €	105 006 €	23 367,76 €
C7	353	1	4	4	5	4 484 €	107 608 €	23 025,82 €

Legenda: ¹ Número de Pizzas Vendido, ² Número de unidades de atendimento, ³ Número de Pizzaiolos, ⁴ Número de Fornos, ⁵ Número de Motas, ⁶ Lucro diário, ⁷ Lucro Mensal, ⁸ Capital Total de investimento inicial

O cenário 1, que está atualmente implementado na pizzaria é, de acordo com a tabela 7, o pior dos casos apresentados. Apesar não ter nenhum investimento inicial, estaria a ter um lucro diário de 1 154€, com um nível fraco de atendimento ao cliente, como já mencionado no capítulo da análise de resultados.

Por outro lado, se a pizzaria optar por implementar as políticas do cenário dois, venderá 420 pizzas, em média, diariamente, o que implicará um lucro diário de 2 295€ e mensal de 55 020€. No entanto, para acompanhar a política imposta, terá de fazer um investimento inicial de 169 416, 25€. Neste caso, para recuperar o capital investido, caso as condições económicas se mantivessem iguais, teria de trabalhar 3 meses. Lembra-se que, teria um número elevadíssimo de recursos parados e, seria um investimento inicial muito arriscado pois, caso a estabilidade económica não se mantivesse, no ramo da restauração, a pizzaria teria muito mais dificuldade em recuperar o capital investido.

Caso a pizzaria opte por implementar as políticas do cenário 3, terá de efetuar um investimento inicial de 12 025,82€. Por outro lado, terá um lucro diário de 4 523€ e um lucro mensal de 108 596€. Desta forma, a pizzaria, recuperará o investimento em menos de um mês, caso as condições económicas do setor se mantiverem. Lembra-se, à equipa responsável por

gerir a pizzaria, que este cenário não obedece às restrições de tempo que estes querem implementar.

Relativamente aos cenários 4, 5, 6 e 7, a diferença reside no número de fornos que integram a cozinha.

O cenário 4, com 6 fornos, proporcionará, à pizzaria, vender, diariamente, 354 pizzas, o que resultará num lucro diário de 4 447€ diários e num lucro mensal de 107 194€. O investimento total que a pizzaria terá de efetuar é de 23 70970€, o que implica que recuperará esse investimento em menos de um mês, caso as políticas económicas se mantiverem semelhantes às atuais.

No que concerne o quinto cenário, é importante referir que tem mais um forno do que o cenário anterior, o que implicará um investimento inicial total de 24 051,64€. Estima-se que serão vendidas 354 pizzas, tal como no cenário anterior, o que causará um lucro diário de 4466€ diários e 107194€ mensais. Para reaver o investimento inicial, a pizzaria precisaria apenas de um mês, caso a estabilidade económica, no setor, se mantiver.

O sexto cenário requer o equipamento da cozinha com 5 fornos, o que envolverá um investimento inicial de cerca de 23 367,76 €. Com esta política, serão vendidas 346 pizzas, o que incorrerá num lucro de 4375€ diários e 105 006€ mensais. O investimento inicial estará recuperado ao final do primeiro mês, caso a estabilidade económica não se altere.

Por fim, o sétimo cenário implica o equipamento da cozinha com 4 fornos, o que obriga a um investimento inicial de 25 025,82€. Serão, em média, produzidas 343 pizzas, o que resultará num lucro diário de 4 484€ e mensal de 107 608€. O investimento inicial estará totalmente recuperado dentro de um mês após a implementação desta política, caso a estabilidade económica, no ramo da restauração, se mantiver.

Sugerimos, assim, aos responsáveis pela gestão da pizzaria, que considerem não só o lucro mensal, como também o investimento inicial e a qualidade do atendimento ao cliente, refletida pela análise anteriormente feita, com finalidade em tomar uma decisão mais próxima da realidade e apoiada na simulação dos diferentes cenários que o grupo de trabalho proporcionou.

6. Bibliografia

- Pegden, C. Dennis; Sturrock, David T.
Rapid Modeling Solutions: Introduction to Simulation and Simio. 504 Beaver St,
Sewickley, PA 15143, USA

7. Identificação dos Autores

Foto	Número de aluno	Nome	E-mail	Data de nascimento	Local de nascimento	Escola	Áreas de interesse
	a67637	Célia Figueiredo	celianlfg@hotmail.com	24-12-1993	Barcelos	Universidade do Minho	Informática
	PG37112	Daniel Sousa	danielosousa@outlook.pt	04-01-1996	Ponte de Lima	Universidade do Minho	Logística; Base de Dados; Bioquímica
	A67672	Márcia Costa	marcia_210194@hotmail.com	21-01-1994	Guimarães	Universidade do Minho	Informática; Fotografia
	Pg38332	Ana Margarida Rolim	amrolimmarques@hotmail.com	25-09-1997	Braga	Universidade do Minho	Estatística; Matemática; Informática; Música