



# DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO SÉRIO DE GESTÃO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO

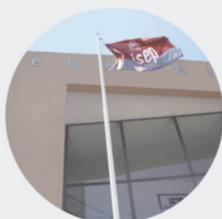
**CARLOS MANUEL SILVA MIRRA**

dezembro de 2019

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

isep



# DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO SÉRIO DE GESTÃO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO

Carlos Manuel Silva Mirra

**2019**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO  
DO PORTO

isep

## **DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO SÉRIO DE GESTÃO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO**

Carlos Manuel Silva Mirra  
1130074

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Doutor Manuel Pereira Lopes

**2019**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO  
DO PORTO

isep

## JÚRI

### **Presidente**

Especialista, Isabel Maria Garcia Sarmiento Pereira  
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

### **Orientador**

Doutoramento, Manuel Joaquim Pereira Lopes  
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

### **Arguente**

Doutoramento, Carla Alexandra Soares Geraldès  
Professor Adjunto, Instituto Politécnico de Bragança



## AGRADECIMENTOS

Expresso o meu sincero agradecimento a todos aqueles que tornaram possível a realização deste trabalho:

A Professor Doutor Manuel Pereira Lopes pela forma como orientou o presente trabalho, pela disponibilidade, ensinamentos e pertinência das suas críticas e sugestões.

Aos meus pais, pelo apoio ao longo de toda a minha vida e insistência na importância da educação, do saber e do conhecimento.

À minha esposa e filhos, sempre presentes nesta caminhada, pelo apoio, incentivo e compreensão.



## PALAVRAS CHAVE

Jogo sério, cadeia de abastecimento, Global Supply Management

## RESUMO

Os jogos sérios têm vindo a ganhar popularidade no ensino e ver reconhecida a sua utilidade como ferramenta de aprendizagem. Estudos mais recentes apontam que os jogos sérios tendem ser benéficos na transmissão de conhecimento e que a simulação de cenários através de jogos sérios permite uma aplicação prática mais apelativa dos conhecimentos teóricos adquiridos. No contexto da gestão de cadeias de abastecimento, o desenvolvimento de competências cognitivas reveste-se de grande importância, dada a dimensão, abrangência e complexidade normalmente presentes neste tipo de redes. Com a globalização dos mercados, os níveis da cadeia de abastecimento aumentaram, transformando as cadeias “lineares”, em redes complexas e globais, mais vulneráveis a riscos e acontecimentos imprevisíveis. A eficiência das cadeias de abastecimento constitui um importante fator de competitividade para as empresas. Uma cadeia de abastecimento eficiente e eficaz conferirá vantagem competitiva e sustentabilidade às empresas num mercado globalizado. Existem vários modelos matemáticos de modelação de cadeias de abastecimento os quais têm em comum o objetivo de constituir uma ferramenta de apoio à tomada de decisão. O Global Supply Chain Model apresenta-se como um modelo matemático descritor de uma cadeia de abastecimento. Partindo do modelo GSCM, constituiu o objetivo fundamental deste trabalho, contribuir para o desenvolvimento de um jogo sério, para aplicação em ambiente educacional, que permita a simulação de cenários de gestão de cadeias de abastecimento sobre as quais devem ser tomadas decisões. O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de uma plataforma de um jogo sério, em ambiente Excel, que permite, e para efeitos de aplicação académica, simular diversos cenários da cadeia de abastecimento com o intuito de ilustrar as implicações nas soluções que a variação de determinados parâmetros, tais como, custos e tempos, têm na solução ótima.



## KEYWORDS

Serious games, supply chain, Global Supply Chain Management

## ABSTRACT

Serious games emerged strongly in the recent years and they seem to be unanimously well seen as an effective tool for improving learning for educational and professional purpose. In today's global economy, enterprises recognize the competitive and strategic importance of well-managed supply chains. Nowadays, supply chains are more than ever characterized by a complex net of relationships/connections between production facilities, supply chain part-tiers, delivery services, wholesalers, distributors, customers etc. Developing and managing efficient and effectively supply chains in today's global economy is a big and multifaceted challenge for enterprises and also for logistic professionals. Supply chains requires to be well-managed and there for excellence in infrastructure, data collection and software allied to well-trained, competent and multi-skilled professionals are needed/imperious. Diverse mathematical models for modelling and simulating supply chains have been developed along the last decades, so like GSCM-Global Supply Chain Management in the early 80's, a linear programming problem. For the purpose of this work, the original model was lightly modified and reduced in the number of decision variables and constraints, so that his application on the serious game becomes practicable.

The purpose of this work was creating a serious game for supply chain management that provides a tool for practicing supply management skills in school environment. To enhance global and easy use, Microsoft Excel spreadsheet in combination with the VBA code language was selected to be base of the "software" architecture of the serious game. In this work an excel-based application was developed that enhanced the resolution of some supply chain scenarios, also created in this work, which can be taken for educational purpose to illustrate the impact on the solution by changing parameters, like time and cost.



## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### Lista de Abreviaturas

---

GSCM	Global Supply Chain Management (modelo matemático)
VBA	Visual Basic for Applications (VBA)

---

### Lista de Símbolos







# ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO .....	25
1.1	ENQUADRAMENTO DO TEMA.....	25
1.2	OBJETIVO.....	25
1.3	MOTIVAÇÕES.....	26
1.4	CONTRIBUIÇÕES .....	26
1.5	ESTRUTURA .....	26
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	29
2.1	JOGOS SÉRIOS.....	29
2.1.1	IMPORTÂNCIA DIDÁTICA .....	29
2.1.2	JOGOS SÉRIOS NA INDÚSTRIA E NA GESTÃO DE CADEIAS DE ABASTECIMENTO .....	31
2.1.3	ESTRUTURAÇÃO DA CONCEÇÃO DE JOGOS SÉRIOS E/OU DE SIMULAÇÃO.....	34
2.2	CADEIAS DE ABASTECIMENTO .....	35
2.2.1	DEFINIÇÕES E CONCEITOS .....	35
2.2.2	GESTÃO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO .....	35
2.2.3	TOMADA DE DECISÃO .....	36
2.2.4	MODELOS MATEMÁTICOS DE MODELAÇÃO DE CADEIAS DE ABASTECIMENTO.....	37
2.3	O GLOBAL SUPPLY CHAIN MODEL (Arntzen, Brown, Harrison, & Trafton, 1995) .....	37
2.3.1	Introdução.....	37
2.3.2	Formulação matemática do modelo GSCM .....	38
3	DESENVOLVIMENTO .....	45
3.1	DESENVOLVIMENTO DO CÓDIGO VBA E FOLHA EXCEL.....	45
3.1.1	ESTRUTURAÇÃO DA CONCEÇÃO DE JOGOS SÉRIOS E/OU DE SIMULAÇÃO.....	45
3.1.2	INTERFACE DO UTILIZADOR.....	46
3.1.3	CÓDIGO VBA.....	47

---

<b>3.2</b>	<b>O JOGO SÉRIO - O DESAFIO DA EMPRESA CALÇABEM .....</b>	<b>48</b>
3.2.1	A EMPRESA CALÇABEM .....	48
3.2.2	O POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO DA EMPRESA CALÇABEM .....	48
3.2.3	O MERCADO DO CALÇADO .....	49
3.2.4	OS PRODUTOS DA CALÇABEM.....	50
3.2.5	DADOS REFERENTES À PRODUÇÃO DA CALÇABEM.....	51
3.2.6	MERCADOS E CANAIS DE DISTRIBUIÇÃO DA CALÇABEM .....	51
3.2.7	FORNECEDORES E FORNECIMENTOS .....	51
3.2.8	CASO TIPO 1 - CUSTOS DE APROVISIONAMENTO .....	52
3.2.9	CASO TIPO 2: INTRODUÇÃO DE NOVO PRODUTO.....	61
3.2.10	CASO TIPO 3: REDE DE LOJAS – DISTRIBUIÇÃO.....	65
3.2.11	CASO TIPO 4: PREVISÕES .....	79
3.2.12	Combinação dos casos e cenários tipo .....	84
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>87</b>
<b>4.1</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>87</b>
<b>4.2</b>	<b>PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>87</b>
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....</b>	<b>91</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>97</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO SÉRIO, FIGURA ADAPTADA DE (OLIVEIRA ET AL., 2016) .....	34
<b>FIGURA 2:</b> PROCESSOS DE UMA CADEIA DE ABASTECIMENTO, ADAPTADO (BEAMON, 1998) .....	36
<b>FIGURA 3:</b> EXEMPLO DE UMA CADEIA DE ABASTECIMENTO DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE CALÇADO .....	38
<b>FIGURA 4:</b> ESQUEMA DE UMA CADEIA DE ABASTECIMENTO PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO (FONTE: SAILS OPTIMIZATION SOFTWARE, INSIGHT INC., SOFTWARE COMERCIAL DESENVOLVIDO A PARTIR DO GSCM): FORNECEDORES (S), UNIDADES FABRIS (P), CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO (PW,FW) E REGIÕES DE CONSUMO/CLIENTES (CR), (ARNTZEN ET AL., 1995). .....	38
<b>FIGURA 5:</b> ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO CONCRETIZADAS, FIGURA ADAPTADA DE (OLIVEIRA ET AL., 2016) .....	46
<b>FIGURA 6 –</b> INTERFACE DO UTILIZADOR - MENU PRINCIPAL .....	46
<b>FIGURA 7 –</b> INTERFACE DO UTILIZADOR – VISTA DO MODELO E RESULTADOS.....	47
<b>FIGURA 8 –</b> ARQUITETURA COMPUTACIONAL DO CÓDIGO VBA QUE ESTÁ NA BASE DA APLICAÇÃO DO JOGO SÉRIO.....	48
<b>FIGURA 9 –</b> REPARTIÇÃO REGIONAL DAS EXPORTAÇÕES ACUMULADAS NO ANO DE 2018 (APICCAPS – ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS INDUSTRIAIS DE CALÇADO, COMPONENTES, 2019) .....	50
<b>FIGURA 10 –</b> POLOS DE PRODUÇÃO DE CALÇADO (APICCAPS – ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS INDUSTRIAIS DE CALÇADO, COMPONENTES, 2018) .....	50
<b>FIGURA 11 –</b> CASO TIPO 1 – CENÁRIO 1: ESTRUTURA DO PRODUTO CALÇADO CALÇABEM MEN (BOM).56	
<b>FIGURA 12 –</b> CASO TIPO 1 – CENÁRIO 1: EXEMPLO DA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA LOCALIZAÇÃO DOS FORNECEDORES SELECCIONADOS .....	57
<b>FIGURA 13 –</b> CASO TIPO 1 – CENÁRIO 2: EXEMPLO DA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA LOCALIZAÇÃO DOS FORNECEDORES SELECCIONADOS .....	58
<b>FIGURA 14 –</b> CASO TIPO 1 – CENÁRIO 3: EXEMPLO DA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA LOCALIZAÇÃO DOS FORNECEDORES SELECCIONADOS .....	60
<b>FIGURA 15 –</b> CASO TIPO 2: ESTRUTURA DO PRODUTO CALÇADO CALÇABEM WOMEN (BOM).....	63
<b>FIGURA 16 –</b> CASO TIPO 2: ESTRUTURA DO PRODUTO CALÇADO CALÇABEM KID (BOM) .....	63
<b>FIGURA 17 –</b> CASO TIPO 2: EXEMPLO DA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS LOCAIS DE PRODUÇÃO.....	65
<b>FIGURA 18 –</b> CASO TIPO 3 – CENÁRIO 1: EXEMPLO DAS ROTAS DE DISTRIBUIÇÃO A PARTIR DA SEDE ....	66
<b>FIGURA 19 –</b> CASO TIPO 3 – CENÁRIO 2: EXEMPLO DAS ROTAS DE DISTRIBUIÇÃO A PARTIR DA SEDE E CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO REGIONAL LOCALIZADO EM MONTIJO .....	67
<b>FIGURA 20 –</b> CASO TIPO 3 – CENÁRIO 3: EXEMPLO DAS ROTAS DE DISTRIBUIÇÃO A PARTIR DA SEDE E CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO REGIONAL LOCALIZADO EM AZAMBUJA .....	68
<b>FIGURA 21 –</b> EXEMPLO DO VEÍCULO TIPO COM 3M3 DE VOLUME DE CARGA): MERCEDES-BENZ CITAN FURGÃO (MERCEDES-BENZ, 2019).....	73
<b>FIGURA 22 –</b> EXEMPLO DO VEÍCULO TIPO COM 6M3 DE VOLUME DE CARGA: MERCEDES-BENZ VITO FURGÃO (MERCEDES-BENZ, 2019).....	75

<b>FIGURA 23</b> – EXEMPLO DO VEÍCULO TIPO COM 11M3 DE VOLUME DE CARGA: MERCEDES-BENZ SPRINTER FURGÃO (MERCEDES-BENZ, 2019).....	77
<b>FIGURA 24</b> – CASO TIPO 4: EXEMPLO DA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA LOCALIZAÇÃO DOS FORNECEDORES SELECIONADOS(REGRESSÃO LINEAR SIMPLES ,CONSIDERADAS AS VENDAS DOS ÚLTIMOS 5 ANOS).....	81
<b>FIGURA 25</b> – CASO TIPO 4– CENÁRIO 1: EXEMPLO DA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA LOCALIZAÇÃO DOS FORNECEDORES SELECIONADOS (MÉTODO INGÉNUO) .....	82
<b>FIGURA 26</b> – CASO TIPO 4 – CENÁRIO 1: EXEMPLO DA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA LOCALIZAÇÃO DOS FORNECEDORES SELECIONADOS (MÉTODO DE ALISAMENTO EXPONENCIAL, CONSIDERADAS AS VENDAS DOS ÚLTIMOS 5 ANOS).....	82
<b>FIGURA 27</b> – CASO TIPO 4: EXEMPLO DA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA LOCALIZAÇÃO DOS FORNECEDORES SELECIONADOS (REGRESSÃO LINEAR SIMPLES ,CONSIDERADAS AS VENDAS DOS ÚLTIMOS 3 ANOS).....	83
<b>FIGURA 28</b> – CASO TIPO 4 – CENÁRIO 1: EXEMPLO DA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA LOCALIZAÇÃO DOS FORNECEDORES SELECIONADOS (MÉTODO DE ALISAMENTO EXPONENCIAL, CONSIDERADAS AS VENDAS DOS ÚLTIMOS 3 ANOS).....	83
<b>FIGURA 29</b> – EXEMPLO DO FORMULÁRIO DE INTRODUÇÃO DO DADOS REFERENTE AOS PRODUTOS.....	97
<b>FIGURA 30</b> – EXEMPLO DO FORMULÁRIO DE INTRODUÇÃO DO DADOS REFERENTE AOS COMPONENTES .....	97
<b>FIGURA 31</b> – EXEMPLO DO FORMULÁRIO DE INTRODUÇÃO DO DADOS REFERENTE À ESTRUTURA DOS PRODUTOS (BOM).....	97
<b>FIGURA 32</b> – EXEMPLO DO FORMULÁRIO DE INTRODUÇÃO DO DADOS REFERENTE AOS LOCAIS DE PRODUÇÃO .....	98
<b>FIGURA 33</b> – EXEMPLO DO FORMULÁRIO DE INTRODUÇÃO DO DADOS REFERENTE AOS FORNECEDORES .....	98
<b>FIGURA 34</b> – EXEMPLO DO FORMULÁRIO DE INTRODUÇÃO DO DADOS REFERENTE À PRODUÇÃO .....	99
<b>FIGURA 35</b> – EXEMPLO DO FORMULÁRIO DE INTRODUÇÃO DO DADOS REFERENTE AOS FORNECIMENTOS .....	100
<b>FIGURA 36</b> – EXEMPLO DO FORMULÁRIO DE INTRODUÇÃO DO DADOS REFERENTE À PROCURA .....	101
<b>FIGURA 37</b> – EXEMPLO DO FORMULÁRIO DE INTRODUÇÃO DO DADOS REFERENTE AOS MODOS DE TRANSPORTE.....	101
<b>FIGURA 37</b> – EXEMPLO DA APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....	102

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – EFEITOS DE JOGOS SÉRIOS, ADAPTADO DE (BOYLE ET AL., 2016).....	30
TABELA 2 – LISTA DE JOGOS SÉRIOS E DE SIMULAÇÃO NAS ÁREAS DA PRODUÇÃO E LOGÍSTICA, ADAPTADO DE (CHANG ET AL., 2009), (RIEDEL & HAUGE, 2011), (SARGENT, 2010), MORTGAGE SERVICE GAME GREEN (KATSALIAKI ET AL., 2014), AUTOMOBILE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT GAME (AUSUM) (ARISHA & CROWE, 2011; TOBAIL & ARISHA, 2013)E (PEREA MUÑOZ ET AL., 2013).....	32
TABELA 3 – LISTA DE FORNECEDORES.....	52
TABELA 4 – CASO TIPO 1 – CENÁRIO 1: EXEMPLO DE VENDAS REGISTRADAS NO ANO ANTERIOR.....	56
TABELA 5 – CASO TIPO 1 – CENÁRIO 1: EXEMPLO DA LISTA DE FORNECEDORES SELECIONADOS .....	56
TABELA 6 – CASO TIPO 1 – CENÁRIO 2: EXEMPLO DA LISTA DE FORNECEDORES SELECIONADOS .....	58
TABELA 7 – CASO TIPO 1 – CENÁRIO 3: EXEMPLA DA LISTA DE FORNECEDORES SELECIONADOS .....	60
<b>TABELA 8</b> – CASO TIPO 2: – EXEMPLO DAS VENDAS DO ÚLTIMO ANO DA CALÇABEM MEN E WOMAN. PREVISÃO DE VENDAS CALÇABEM KID .....	64
<b>TABELA 9</b> – CASO TIPO 2: EXEMPLO DOS LOCAIS DE PRODUÇÃO ALTERNATIVOS PRÉ-SELECIONADOS... ..	64
<b>TABELA 10</b> – CASO TIPO 2: EXEMPLO DOS LOCAIS DE PRODUÇÃO SELECIONADOS .....	64
<b>TABELA 11</b> – CASO TIPO 3 – CENÁRIO 1: EXEMPLO DAS ROTAS DE DISTRIBUIÇÃO A PARTIR DA SEDE ....	66
<b>TABELA 12</b> – CASO TIPO 3 – CENÁRIO 2: EXEMPLO DAS ROTAS DE DISTRIBUIÇÃO A PARTIR DA SEDE E CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO REGIONAL LOCALIZADO EM MONTIJO .....	66
<b>TABELA 13</b> – CASO TIPO 3 – CENÁRIO 3: EXEMPLO DAS ROTAS DE DISTRIBUIÇÃO A PARTIR DA SEDE E CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO REGIONAL LOCALIZADO EM AZAMBUJA .....	68
<b>TABELA 14</b> – CASO TIPO 3 : EXEMPLO DOS CUSTOS E TEMPOS DE TRANSPORTE UNITÁRIOS POR TIPO DE TRANSPORTE.....	71
<b>TABELA 15</b> – CASO TIPO 3: PROCURA POR PRODUTO E LOJA.....	71
<b>TABELA 16</b> – CASO TIPO 3 – CENÁRIO 2 – OPÇÃO 1: CICLOS DE APROVISIONAMENTO VÉÍCULO COM VOLUME DE TRANSPORTE PARA 3M3 (APROXIMADAMENTE 250 UN/TRANSPORTE).....	74
<b>TABELA 17</b> – CASO TIPO 3 – CENÁRIO 2 – OPÇÃO 2: VÉÍCULO COM VOLUME DE TRANSPORTE PARA 6M3 (APROXIMADAMENTE 500 UN/TRANSPORTE).....	76
<b>TABELA 18</b> – CASO TIPO 3 – CENÁRIO 2 – OPÇÃO 3:: VÉÍCULO COM VOLUME DE TRANSPORTE PARA 11M3 (APROXIMADAMENTE 1250 UN/TRANSPORTE).....	78
<b>TABELA 19</b> – CASO TIPO 4 - CENÁRIO 1 – EXEMPLO DO HISTÓRICO DE VENDAS DOS ÚLTIMOS 5 ANOS, POR MERCADO E PRODUTO .....	81
<b>TABELA 20</b> – CASO TIPO 4 - CENÁRIO 2 – EXEMPLO DO HISTÓRICO DE VENDAS DOS ÚLTIMOS 3 ANOS, POR MERCADO E PRODUTO .....	81
<b>TABELA 21</b> – VARIAÇÃO DA PREVISÃO DE VENDAS E DOS CUSTOS DE APROVISIONAMENTO EM FUNÇÃO DO MÉTODO DE PREVISÃO ADOTADO E ANOS DE REGISTO DE VENDAS CONSIDERADOS .....	84



# INTRODUÇÃO

- 1** **INTRODUÇÃO**
  - 1.1 ENQUADRAMENTO DO TEMA
  - 1.2 OBJETIVO
  - 1.3 MOTIVAÇÕES
  - 1.4 CONTRIBUIÇÕES
  - 1.5 ESTRUTURA



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 ENQUADRAMENTO DO TEMA

Os jogos sérios têm vindo a ganhar popularidade no ensino e ver reconhecida a sua utilidade como ferramenta de aprendizagem. Estudos mais recentes apontam que os jogos sérios tendem ser benéficos na transmissão de conhecimento e que a simulação de cenários através de jogos sérios permite uma aplicação prática mais apelativa dos conhecimentos teóricos adquiridos. No contexto da gestão de cadeias de abastecimento, o desenvolvimento de competências cognitivas reveste-se de grande importância, dada a dimensão, abrangência e complexidade normalmente presentes neste tipo de redes. Uma cadeia de abastecimento eficiente e eficaz conferirá vantagem competitiva e sustentabilidade às empresas num mercado globalizado. Existem vários modelos matemáticos de modelação de cadeias de abastecimento os quais têm em comum o objetivo de constituir uma ferramenta de apoio à tomada de decisão. O Global Supply Chain Model apresenta-se como um desses modelos.

## 1.2 OBJETIVO

Partindo do modelo GSCM, constituiu o objetivo fundamental deste trabalho, contribuir para o desenvolvimento de um jogo sério, para aplicação em ambiente educacional, que permita a simulação de cenários de gestão de cadeias de abastecimento sobre as quais devem ser tomadas decisões.

Para tal será criada uma plataforma do jogo em ambiente Excel, apoiado na linguagem de programação VBA, e que será constituído por um conjunto de folhas de cálculo destinadas à introdução de dados, à construção do modelo matemático para resolução do problema de programação linear e à apresentação dos resultados das simulações efetuadas. Serão igualmente criados vários casos e cenários que permitirão simular situações da boa gestão de cadeia de abastecimento, tais como a redução dos custos de aprovisionamento, a escolha de novos locais de produção ou a escolha de rotas de distribuição.

### 1.3 MOTIVAÇÕES

A principal motivação para a realização deste trabalho é a possibilidade de poder desenvolver uma ferramenta pedagógica que possa ter utilidade prática e utilização efetiva em ambiente letivo. A exigência do desafio aliciante proposto constitui igualmente uma motivação para a escolha do tema e realização do trabalho.

### 1.4 CONTRIBUIÇÕES

Consiste na principal contribuição deste trabalho o desenvolvimento de uma plataforma computacional de um jogo sério, em ambiente Excel, aplicável à simulação de cadeias de abastecimento e o efeito das tomadas de decisão sobre as mesmas, para ser utilizado como ferramenta didática para efeitos de ensino e aprendizagem em ambiente letivo.

### 1.5 ESTRUTURA

O presente documento está organizado em seis capítulos.

No capítulo 1 é feita a introdução à temática e as motivações que estiveram na base do desenvolvimento deste trabalho.

No capítulo 2 é feita a revisão bibliográfica sobre as temáticas relevantes, e são abordados, a importância da aplicação de jogos sérios em ambiente educativo, a sua utilização e utilidade na perceção dos efeitos sobre as cadeias de abastecimento decorrentes da tomada de decisão. Serão ainda referidos os principais fatores de uma boa gestão das cadeias de abastecimento e apresentado o modelo matemático que servirá de base ao desenvolvimento do jogo sério.

No capítulo 3 é detalhadamente explanado o desenvolvimento do jogo sério. Serão apresentados a arquitetura computacional do jogo, os casos e cenários criados, exemplos de dados de entrada e de saída de resultados e os objetivos pedagógicos ambicionados.

No capítulo 4 são apresentadas as conclusões e a proposta de trabalhos futuros. A Bibliografia e os anexos, capítulos 5 e 6, respetivamente, completam o presente trabalho.

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## **2.1 JOGOS SÉRIOS**

- 2.1.1 IMPORTÂNCIA DIDÁTICA
- 2.1.2 JOGOS SÉRIOS NA INDÚSTRIA E NA GESTÃO DE CADEIAS DE ABASTECIMENTO
- 2.1.3 ESTRUTURAÇÃO DA CONCEÇÃO DE JOGOS SÉRIOS E/OU DE SIMULAÇÃO

## **2.2 CADEIAS DE ABASTECIMENTO**

- 2.2.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS
- 2.2.2 GESTÃO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO
- 2.2.3 TOMADA DE DECISÃO
- 2.2.4 MODELOS MATEMÁTICOS DE MODELAÇÃO DE CADEIAS DE ABASTECIMENTO

## **2.3 O GLOBAL SUPPLY CHAIN MODEL (Arntzen, Brown, Harrison, & Trafton, 1995)**

- 2.3.1 Introdução
- 2.3.2 Formulação matemática do modelo GSCM



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente capítulo apresentar-se-á uma breve revisão bibliográfica sobre o estado da arte nas áreas de interesse para o presente trabalho: o desenvolvimento de jogos sérios e a gestão da cadeia de abastecimento.

### 2.1 JOGOS SÉRIOS

#### 2.1.1 IMPORTÂNCIA DIDÁTICA

São diversas as definições de jogo sério, em inglês *serious games*, sendo que poderá ser definido como “(...) jogos utilizados com propósito de ensino-aprendizagem (...) e não apenas de entretenimento (...)”, envolvendo “(...) o uso de tecnologias de jogos digitais com o propósito de simular problemas do mundo real” (Rocha, Bittencourt, & Isotani, 2015).

Nesse contexto, sendo o jogo sério um jogo, deve o mesmo ser orientado para um objetivo final a alcançar, ter características de um ambiente competitivo, desenvolver-se dentro de moldes e regras pré-estabelecidas e providenciar informação sobre o desempenho dos seus utilizadores na persecução do objetivo orientador do jogo (Wouters, van der Spek, & van Oostendorp, 2009), (Chang, Chen, Yang, & Chao, 2009). Os jogos sérios têm vindo a ganhar popularidade no ensino, assim como ver reconhecida a sua utilidade como ferramenta didática e de aprendizagem, tendo já vários estudos demonstrado um impacto positivo ao nível da eficácia pedagógica e uma boa aceitação desta ferramenta educativa pelos seus utilizadores (Pasin & Giroux, 2011), (Guillén-Nieto & Aleson-Carbonell, 2012), (Wouters et al., 2009), (Backlund & Hendrix, 2013). Já Kraiger, Ford e Salas (1993) identificaram a importância dos jogos sérios no campo dos resultados no desenvolvimento de competências cognitivas e técnicas/de conhecimento, na gestão emocional, particularmente como estímulo motivacional, assim como no desenvolvimento de competências comunicacionais (Wouters et al., 2009).

Estudos mais recentes sobre a eficácia de jogos sérios (Boyle et al., 2016) apontam que jogos sérios tendem ser eficazes e benéficos na transmissão de conhecimento, objetivo primordial dos mesmos, promovendo, em casos particulares, igualmente o desenvolvimento de competências comportamentais (tais como o trabalho em equipa, o pensamento crítico, de liderança, etc.) e comunicacionais. (Wouters et al., 2009), e (Guillén-Nieto & Aleson-Carbonell, 2012).

Numa análise feita por (Boyle et al., 2016) a 143 artigos que estudam os vários efeitos de jogos nos seus utilizadores, universo de artigos esse que abrange quer os jogos de entretenimento quer os jogos sérios (abordado em 72 artigos), 42 dos artigos referentes a jogos sérios (59% dos artigos dos jogos sérios) apontam para um efeito positivo na aprendizagem prática dos conteúdos teóricos.

Tabela 1 – Efeitos de jogos sérios, adaptado de (Boyle et al., 2016)

Efeito pedagógico na utilização de jogos	Jogos de entretenimento	Jogos sérios
Afetivo	15	5
Alteração comportamental	15	3
Cognitivo e percetual	12	9
Aquisição de conhecimento	5	42
Fisiológico	16	0
Perícia	2	8
Competências sociais e comunicacionais (“soft skills”)	6	5
<b>Total</b>	<b>71</b>	<b>72</b>

De modo semelhante (Vlachopoulos & Makri, 2017) na sua revisão bibliográfica sobre o efeito da utilização de jogos e jogos de simulação como ferramentas de aprendizagem no ensino superior reportam um efeito pedagógico tendencialmente positivo a vários níveis. Embora os autores não pudessem concluir que os jogos sérios sejam mais eficientes na transmissão de conhecimento que os métodos tradicionais de ensino, as investigações realizadas apontam para um efeito positivo maior no desenvolvimento de competências de análise e resolução de problemas decorrente do facto de os formandos serem confrontados com a simulação de cenário reais perante os quais têm de tomar decisões.

Parece igualmente ser consensual que a simulação de cenários reais presente nos jogos sérios permite uma aplicação prática dos conceitos e conhecimentos teóricos adquiridos ao longo das aulas de uma forma mais envolvente, ao mesmo tempo que promove o pensamento analítico e crítico dos formandos (Chang et al., 2009) (Qian & Clark, 2016). Por outro lado, o dinamismo e a interatividade associados à constante alteração dos cenários no decorrer do jogo configuram aspetos positivos que permitem aos formandos experimentar, de uma forma inócua, os impactos e consequências, esperadas e inesperadas, resultantes das suas tomadas decisões (Pasin & Giroux, 2011). A possibilidade de criação de cenários com probabilidade de ocorrência reduzida na vida real permite preparar e treinar os formandos para eventos singulares e muito particulares que de outra forma não seria possível (Pasin & Giroux, 2011).

Em função do seu tipo, os jogos sérios e de simulação podem ser promotores do desenvolvimento de competências comportamentais e sociais, tais como o aprender trabalhar em equipa (colaboração), a auto-organização, a liderança e comunicacionais. (Vlachopoulos & Makri, 2017), (Wouters et al., 2009).

Além dos bons indicadores de sucesso no alcance dos objetivos pedagógicos pré-estabelecidos, estudos realizados concluíram que os jogos sérios são vistos pelos formandos como mais motivadores e envolventes que as ferramentas pedagógicas tradicionais (Vlachopoulos & Makri, 2017), (Wouters et al., 2009), embora não se possa afirmar que sejam necessariamente mais eficazes e/ou eficientes no alcance dos objetivos pedagógicos pré-estabelecidos (Guillén-Nieto & Aleson-Carbonell, 2012).

Outro estudo (de Smale, Overmans, Jeurig, & van de Grint, 2015) reporta que não foi evidenciado nenhum efeito prejudicial sobre o processo de aprendizagem decorrente da utilização de jogos sérios/de simulação como ferramenta pedagógica.

*“O desafio principal para uma aprendizagem efetiva através de jogos é o de envolver, motivar apoiar e interessar o educando, assim como transmitir conhecimento, porém não descuidando a importância de estabelecer a ponte entre a aprendizagem teórica e o contexto prático do mundo real”* (Guillén-Nieto & Aleson-Carbonell, 2012).

No mesmo sentido também (Chang et al., 2009) entende que o recurso a jogos realça a riqueza da aprendizagem e melhora a sua eficiência.

No entanto, a utilização dos jogos sérios como ferramenta de aprendizagem aporta também alguma crítica. São exemplos disso o elevado custo associado ao desenvolvimento de jogos sérios, a necessidade de instruir os formadores sobre a sua utilização, exigir uma disponibilidade de carga horária tendencialmente maior quando jogado em aula e o risco de desmotivação ou desinteresse do formando quando confrontado com jogos e/ou cenários pouco realistas e desfasados da realidade (Pasin & Giroux, 2011).

No contexto particular da utilização de jogos sérios na gestão de cadeias de abastecimento, o desenvolvimento de competências cognitivas parece revestir-se de importância primordial, uma vez que a dimensão, abrangência e complexidade normalmente presentes neste tipo de redes exige, e não só, uma grande capacidade analítica dos decisores para saber identificar e extrair a informação relevante para as tomadas de decisão sobre a cadeia de gestão (Wouters et al., 2009).

De referir que os jogos sérios têm não só aplicabilidade em ambiente de ensino, mas também em contexto empresarial, como demonstra o facto de grandes empresas multinacionais já recorrerem a jogos sérios e de simulação no recrutamento, preparação, formação e treino dos seus recursos humanos. São exemplos dessas empresas a IBM e a Siemens (Petridis et al., 2015).

Nessa perspetiva empresarial, as organizações *“recorrem a jogos sérios e de simulação digitais para recriar situações reais do seu contexto empresarial a terem que ser enfrentadas pelos formandos, tendo como objetivo último a preparação destes para o desempenho das suas funções profissionais”* (Chang et al., 2009).

### 2.1.2 JOGOS SÉRIOS NA INDÚSTRIA E NA GESTÃO DE CADEIAS DE ABASTECIMENTO

O provavelmente primeiro e mais conhecido jogo sério/de simulação do foro logístico e de gestão de cadeias de abastecimento é o chamado “Beer Game”, foi desenvolvido no MIT na década de 1960, [e adaptado às novas tecnologias na década de 1990,] com o intuito de mostrar como os padrões de decisão dos intervenientes nas cadeias de produção, logística e consumidor final podem originar resultados, por vezes inesperados e indesejados (Chang et al., 2009).

Desde então, outros jogos sérios e de simulação com aplicação específica nas áreas da produção e gestão de cadeias de abastecimento/logísticas têm vindo a ser desenvolvidos. A Tabela 2 (apresenta uma lista não exaustiva de jogos sérios e/ou de

simulação que se encontram disponíveis. A elaboração da referida tabela resultou de uma adaptação dos estudos e levantamentos efetuados por (Chang et al., 2009), (Riedel & Hauge, 2011), (Sargent, 2010), Mortgage service game Green (Katsaliaki, Mustafee, & Kumar, 2014), Automobile Supply Chain Management Game (AUSUM) (Arisha & Crowe, 2011; Tobail & Arisha, 2013) e (Perea Muñoz et al., 2013) os quais foram complementados, atualizados e sintetizados com base numa pesquisa bibliográfica e de internet realizada pelo autor.

Tabela 2 – Lista de jogos sérios e de simulação nas áreas da produção e logística, adaptado de (Chang et al., 2009), (Riedel & Hauge, 2011), (Sargent, 2010), Mortgage service game Green (Katsaliaki et al., 2014), Automobile Supply Chain Management Game (AUSUM) (Arisha & Crowe, 2011; Tobail & Arisha, 2013) e (Perea Muñoz et al., 2013)

Designação	Desenvolvido por	Referência	Descrição
MIT Beer Game	MIT-Massachusetts Institute of Technology, (1988)	<a href="http://supplychain.mit.edu/supply-chain-games/beer-game/">http://supplychain.mit.edu/supply-chain-games/beer-game/</a>	Produção de cerveja e distribuição multi-canal . Atuação como fabricante, distribuidor, wholesaler ou grossista tomando decisões sobre quantidades a fabricar e encomendar. Objetivo é minimizar os custos assegurando a satisfação da procura.
MARGA Industry	MARGA	<a href="https://www.marga.net">https://www.marga.net</a>	Empresa multinacional com três produtos diferentes, sendo um deles um serviço. Os utilizadores tomam decisões nas várias áreas de atuação que estão interligadas entre si, designadamente marketing, produção aprovisionamento e financeira.
Top sim general mgt		<a href="http://www.top-sim.com">http://www.top-sim.com</a>	Empresa fabricante de impressoras e fotocopiadoras. Tomada de decisão operacional e estratégica sobre a cadeia de abastecimento nas vertentes marketing, distribuição, investigação e desenvolvimento, produção recursos e aprovisionamento.
Top Sim global		<a href="http://www.top-sim.com/planspieluebersicht.html">http://www.top-sim.com/planspieluebersicht.html</a>	Empresa fabricante de semicondutores. Dois produtos diferentes produzidos em 3 unidades industriais distintas localizações fotocopiadoras. Tomada de decisão sobre a cadeia de abastecimento tendo em vista a sua otimização, atuando nas áreas marketing, distribuição, investigação e desenvolvimento, produção recursos e aprovisionamento.
Top sim logistics		<a href="http://www.top-sim.com">http://www.top-sim.com</a>	Empresa fabricante de impressoras. Tomada de decisão sobre a cadeia de abastecimento nas vertentes gestão de stocks, aprovisionamento e distribuição.
International logistic management game	Professor Robert W. Grubbström, Dr Econ., Dr Econ., Dr Techn. hc, Linköping Institute of Technology, Sweden	<a href="http://www.ilmg.com/">http://www.ilmg.com/</a>	Mercados de destino das vendas: 1 a 4 Número de empresas (=utilizadores): 3 a 7 Instalações fabris localizadas nos 4 mercados de destino Tomada de decisão sobre a cadeia de abastecimento (onde produzir e para onde exportar/vender) nas vertentes marketing, produção, aprovisionamento, transportes, investimento e financeira.
Columbia Beer Game	Columbia University	(Chang et al., 2009)	Produção de cerveja e distribuição multi-canal . Atuação como fabricante, distribuidor, wholesaler ou grossista determinando quantidades de fabrico e encomenda.x
Hulia Game	University of Haifa	(Chang et al., 2009)	Produção de cerveja e distribuição multi-canal . Atuação como fabricante, distribuidor, wholesaler ou grossista determinando quantidades de fabrico e encomenda.
Supply Chain Game		(Chang et al., 2009) <a href="https://www.informs.org">https://www.informs.org</a>	Tomada de decisões sobre a cadeia de abastecimento com enfoque na previsão de vendas, gestão de stocks, quantidades a produzir, cadeia de fornecedores

Tabela 2 – Lista de jogos sérios e de simulação nas áreas da produção e logística, adaptado de (Chang et al., 2009), (Riedel & Hauge, 2011), (Sargent, 2010), Mortgage service game Green (Katsaliaki et al., 2014), Automobile Supply Chain Management Game (AUSUM) (Arisha & Crowe, 2011; Tobail & Arisha, 2013) e (Perea Muñoz et al., 2013), continuação

Designação	Desenvolvido por	Referência	Descrição
The Fresh Connection	(Wood & Reiners, 2012), (Cotter et al., 2009)	(Wood & Reiners, 2012) <a href="https://www.thefreshconnection.biz/education">https://www.thefreshconnection.biz/education</a>	Empresa produtora de sumos de fruta. Tomadas de decisões sobre a cadeia de abastecimento tendo em vista a recuperação/o impulsionar a empresa, nas áreas aprovisionamento, produção, distribuição, gestão de stocks e vendas. Objetivo: Minimizar custos / maximizar
Supply Chain Game by Responsive.net (see also, Feng & Ma, 2008).		(Wood & Reiners, 2012), <a href="http://responsive.net/supply.html">http://responsive.net/supply.html</a>	Tomada de decisões sobre a cadeia de abastecimento com enfoque na previsão de vendas, gestão de stocks, quantidades a produzir e rede de fornecedores.
SIMPLE		(Perea Muñoz, Herrero, & Clausse, 2013) <a href="https://www.biba-gaminglab.com/en/our-games/">https://www.biba-gaminglab.com/en/our-games/</a>	Tomada de decisões sobre a cadeia de abastecimento nas áreas gestão de stocks, produção, marketing e vendas.
SUMAGA Island	BIBA Gaming Lab	<a href="https://www.biba-gaminglab.com/en/our-games/">https://www.biba-gaminglab.com/en/our-games/</a>	Nova versão do jogo sério “Beer distribution”.
Seconds	BIBA Gaming Lab	<a href="https://www.biba-gaminglab.com/en/our-games/">https://www.biba-gaminglab.com/en/our-games/</a>	Tomada de decisões sobre a cadeia de abastecimento, designadamente a rede de produção.
The Sourcing Game		<a href="http://responsive.net/sourcing.html">http://responsive.net/sourcing.html</a>	Tomada de decisões sobre a cadeia de abastecimento com enfoque na previsão de vendas, gestão de stocks, quantidades a produzir e rede de fornecedores
The Electronic Beergame		<a href="http://responsive.net/ebeer.html">http://responsive.net/ebeer.html</a>	Tomada de decisões sobre a cadeia de abastecimento pelos 4 (quatro) utilizadores que desempenham funções em diferentes áreas: produção, distribuição, vendas a retalho ou grosso.
Supply Chain Management (SCM) Game	Sameer Kamat (Founder MBA Crystal Ball)	<a href="https://www.mbacrystalball.com/supply-chain-management">https://www.mbacrystalball.com/supply-chain-management</a>	Tomada de decisões sobre a cadeia de abastecimento
SCM GLOBE		<a href="https://www.scmglobe.com/multi-player-supply-chain-game/">https://www.scmglobe.com/multi-player-supply-chain-game/</a>	Multijogadores
Supply Chain Game		<a href="https://www.informs.org/ORMS-Today/Public-Articles/October-Volume-38-Number-5/Supply-Chain-Game">https://www.informs.org/ORMS-Today/Public-Articles/October-Volume-38-Number-5/Supply-Chain-Game</a> GEORGIA TECH	Multijogadores Tomada de decisões sobre a cadeia de abastecimento com enfoque na previsão de vendas, gestão de stocks, quantidades a produzir e rede de fornecedores. Multijogadores; online i
Distributor Games	Delft University of Technology, Faculty of Technology, Policy and Management, Systems Engineering Section, and the University of Maryland, R.H. Smith School of Business, Supply Chain Management Cent	<a href="https://www.gscg.org/index.php/distributor-games">https://www.gscg.org/index.php/distributor-games</a>	
The stationary beer game		<a href="https://www8.gsb.columbia.edu/researcharchive/articles/4345">https://www8.gsb.columbia.edu/researcharchive/articles/4345</a>	
THE BLOOD SUPPLY GAME		(Sargent, 2010)	

### 2.1.3 ESTRUTURAÇÃO DA CONCEÇÃO DE JOGOS SÉRIOS E/OU DE SIMULAÇÃO

A estruturação clara do desenvolvimento de um jogo sério ou de simulação constitui um passo importante na criação de um jogo e na consecução prática do seu objetivo.

O processo de desenvolvimento pode ser estruturado em quatro grandes etapas/fases (Oliveira, Lima, & Montevechi, 2016): A concepção, a modelação a resolução do modelo e a implementação.

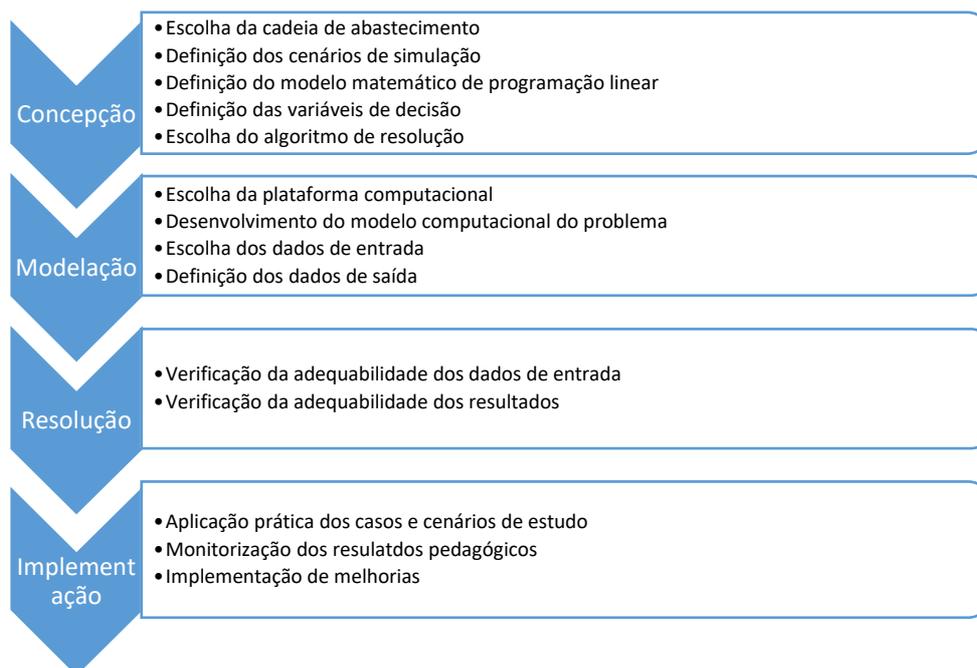


Figura 1: Processo de desenvolvimento de um jogo sério, figura adaptada de (Oliveira et al., 2016)

A **fase da concepção** constitui o primeiro passo e deve servir para definir claramente o problema e o(s) objetivo(s) do modelo do jogo sério. Dever-se-á selecionar a cadeia de abastecimento a modelar, seja real ou fictícia, e determinar as variáveis de decisão.

A **fase de modelação** visa o desenvolvimento do modelo conceptual e computacional do jogo, assim como a seleção dos dados de entrada, a linguagem de programação e modelo matemático, o desenvolvimento do algoritmo de programação/resolução as ações de verificação e validação do modelo concebido.

A **fase de resolução** caracteriza-se principalmente pelas tarefas de verificação da adequabilidade dos dados de entrada e dos resultados e pela funcionalidade do jogo.

A última fase, a fase de implementação, consiste na aplicação prática do modelo computacional a cenários e análise do seu efeito e utilidade pedagógicos.

## 2.2 CADEIAS DE ABASTECIMENTO

### 2.2.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Pode entender-se a cadeia de abastecimento como sendo uma rede integrada de instalações e opções de transporte relativas ao abastecimento, produção, armazenamento e distribuição de materiais e produtos (Garcia & You, 2015). No mesmo sentido (Crespo de Carvalho, José; Pimentel, 2013) entendem que a cadeia de abastecimento “*envolve o planeamento e a gestão de todas as atividades de sourcing e procurement, conversão e todas as atividades logísticas*”.

Com a globalização dos mercados, tem vindo a registar-se o aumento dos níveis da cadeia de abastecimento, transformando as cadeias em *redes complexas e globais, tornando-as mais vulneráveis a riscos e acontecimentos imprevisíveis, que inclusive, podem estar fora da esfera do controlo direto das empresas* (Christopher & Peck, 2004). A eficiência das cadeias de abastecimento, *supply chain* em inglês, constitui assim um importante fator de competitividade para as empresas que concorrem, e não só, no mercado global. Só uma cadeia de abastecimento eficiente e eficaz conferirá vantagem competitiva e sustentabilidade às empresas num mercado cada vez mais globalizado: *ser eficiente para manter o mais baixo possível os custos dos seus produtos ou serviços a colocar no mercado e ser eficaz para satisfazer os requisitos exigidos pelo cliente* (Christopher & Peck, 2004).

### 2.2.2 GESTÃO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO

Um dos princípios fundamentais da gestão da cadeia de abastecimento, o denominado princípio dos “7 C’s” da gestão logística, resume-se na seguinte máxima: *colocar nas quantidades certas, no local certo, na hora certa e pelo preço certo de um determinado produto* [certo], para o cliente certo, na quantidade certa e na condição certa (Crespo de Carvalho, José; Pimentel, 2013), (Christopher & Peck, 2004).

Embora os referidos princípios fundamentais sejam de formulação simples e clara, a sua implementação prática revela-se de grande complexidade, não só pela dimensão do problema normalmente existente, mas também pelo facto de a tomada de decisão sobre uns dos princípios poder resultar em consequências indesejáveis relativamente aos outros princípios (por exemplo, a persecução do objetivo de elevar a qualidade do produto ou do serviço prestado, implicará, por norma, acréscimo de custos).

Na ótica da sua constituição, são três as dimensões que definem uma cadeia de abastecimento: a orientação estratégica da empresa, a capacidade de resposta das infraestruturas e procedimentos existentes e a competência dos recursos humanos (Sangari, Razmi, & Zolfaghari, 2015).

Conciliar as várias dimensões, através da criação de soluções de compromisso, quer no tempo (as decisões e atuações podem ter um horizonte a curto prazo, ou até imediato, e a longo prazo, podendo estender-se ao longo de anos), quer no espaço (os intervenientes e instalações encontram-se geograficamente dispersos), em busca de elevada qualidade do produto ou serviço a custos reduzidos, assim como controlar os

Desenvolvimento de um jogo sério de gestão da cadeia de abastecimento

Carlos Manuel Silva Mirra

riscos previsíveis e imprevisíveis associados, constitui o grande desafio de uma gestão competitiva e sustentável da cadeia de abastecimento (Christopher & Peck, 2004) (Garcia & You, 2015) (Crespo de Carvalho, José; Pimentel, 2013).

O Global Supply Chain Model, cujo modelo matemático será descrito no ponto 2.3, incide exclusivamente sobre o “pilar” das infraestruturas presentes numa cadeia de abastecimento, tais como fornecedores, unidades de produção, armazéns, transportes, centros de distribuição e posto de venda.

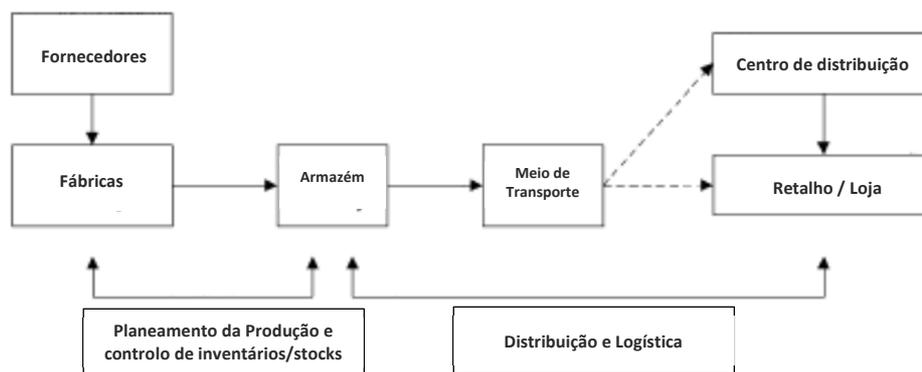


Figura 2: Processos de uma cadeia de abastecimento, adaptado (Beamon, 1998)

### 2.2.3 TOMADA DE DECISÃO

As tomadas de decisão podem objetivar efeitos diferentes e serem categorizados, em função da frequência com que elas se verificam ou o impacto temporal que podem ter, em decisões estratégicas, tática e operacionais (Chopra & Meindl, 2007), (Crespo de Carvalho, José; Pimentel, 2013).

As decisões estratégicas, geralmente, são tomadas com menor frequência, envolvem investimentos elevados, têm efeito a longo prazo e caracterizam-se por níveis de incerteza elevados relacionados com o mercado no qual se atua e a evolução das organizações com as quais se relacionam.

As decisões táticas são de alcance temporal mais curto (usualmente de um trimestre a um ano) e visam planejar a cadeia de abastecimento a curto prazo, nos moldes pré-estabelecidos pelo planeamento estratégico.

As decisões operacionais são tomadas com maior frequência, estendem-se por períodos de tempo muito curtos, têm por base os planeamentos estratégicos e táticos já estabelecidos, e pretendem planejar e sequenciar as atividades operacionais de modo a garantir a satisfação do cliente da melhor forma possível, geralmente ao menor custo.

O Global Supply Chain Model apresenta-se como uma ferramenta de apoio à decisão ao nível do planeamento estratégico e tático.

## 2.2.4 MODELOS MATEMÁTICOS DE MODELAÇÃO DE CADEIAS DE ABASTECIMENTO

Existem vários modelos matemáticos de modelação e simulação de cadeias de abastecimento que têm em comum o objetivo de constituir uma ferramenta de apoio à tomada de decisão sobre cadeias de abastecimento. Outros propósitos da modelação e simulação de cadeias de abastecimento podem ser a identificação de problemas e/ou estrangimentos da cadeia de abastecimento, a melhoria do desempenho de determinados “componentes”/aspetos da cadeia de abastecimento ou a experimentação e avaliação de novos cenários (Oliveira et al., 2016).

(Mula, Peidro, Díaz-Madroñero, & Vicens, 2010) no seu trabalho de revisão bibliográfica a 44 artigos concluíram que a maioria dos modelos matemáticos de modelação de cadeias de abastecimento utilizados no planeamento da produção e de transportes é do tipo programação linear inteira.

Os referidos autores no mesmo estudo apontam igualmente que na grande maioria dos modelos analisados a minimização dos custos ou a maximização dos lucros (Mula et al., 2010),(Önkal & Aktas, 2005)(Hammami & Frein, 2014) configuram o objetivo principal (função objetivo).

Concluíram igualmente que a maioria dos modelos integra as variáveis dos custos de produção e de transporte, assim como as do tempo de produção e de transporte. A estrutura do produto, o armazenamento e as capacidades produtivas e de transporte são outros parâmetros frequentemente presentes nos modelos analisados. De assinalar que na maioria dos modelos a rede de fornecedores não é considerada (Mula et al., 2010), (Farahani, Rezapour, Drezner, & Fallah, 2014).

## 2.3 O GLOBAL SUPPLY CHAIN MODEL (Arntzen, Brown, Harrison, & Trafton, 1995)

### 2.3.1 Introdução

O Global Supply Chain Model, doravante designado por GSCM, foi originalmente desenvolvido na década de 90 pela Digital Equipment Corporation, então empresa fabricante e distribuidora de equipamentos informáticos (computadores pessoais), e aplicado na avaliação de cadeias de abastecimento e na definição de estratégias de produção e distribuição globais.

O modelo do GSCM adota uma visão abrangente da cadeia de abastecimento como sendo um conjunto integrado de instalações, ativos, tecnologias, fornecedores, consumidores, produtos e sistemas de distribuição, que consome recursos e tempo, apresentando diferentes níveis de desempenho (Arntzen et al., 1995).

A determinação de soluções ótimas das redes de *cadeia de abastecimento*, minimizando o custo, o tempo de produção e distribuição ou a ponderação combinada desses critérios, configura a utilidade principal do referido modelo.

O GSCM representa, assim, uma ferramenta de apoio à decisão poderosa.

Em termos matemáticos, o GSCM patenteia um problema de programação linear inteiro misto.

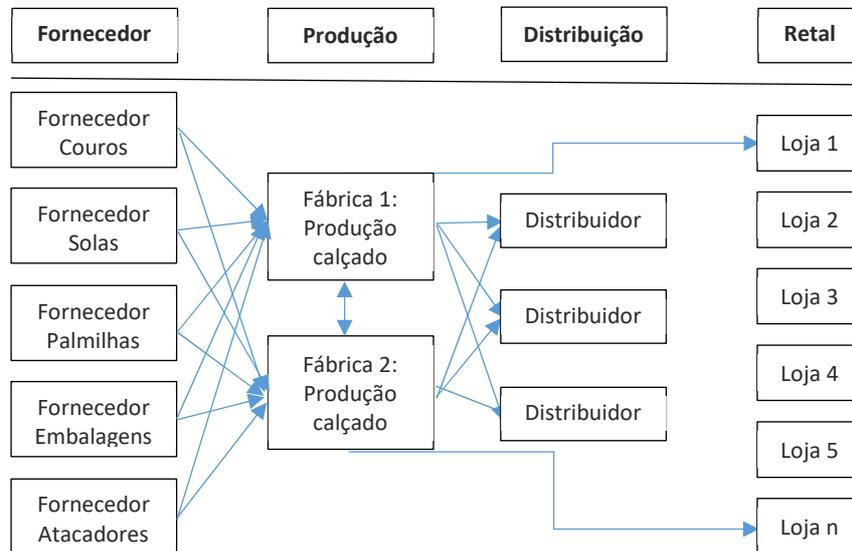


Figura 3: Exemplo de uma cadeia de abastecimento de produção e distribuição de calçado

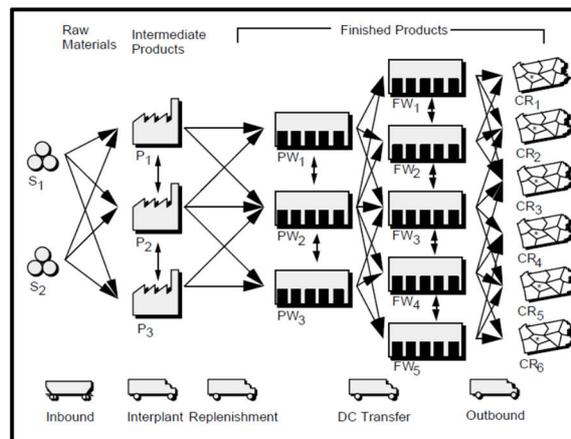


Figura 4: Esquema de uma cadeia de abastecimento produção e distribuição (fonte: SAILS OPTIMIZATION SOFTWARE, Insight Inc., software comercial desenvolvido a partir do GSCM): Fornecedores (S), Unidades fabris (P), Centros de distribuição (PW,FW) e regiões de consumo/clientes (CR), (Arntzen et al., 1995).

### 2.3.2 Formulação matemática do modelo GSCM

O modelo matemático do GSCM permite representar e simular cadeias de abastecimento que integram múltiplos produtos, instalações, fases e processos produtivos, fornecedores, ligações e modos de transporte e períodos temporais. Conjuga os fatores custo e tempo e atende aos requisitos de tributação alfandegária, de contrapartidas comerciais e de conteúdo local (incorporação de valor local), aspectos com especial relevância nas trocas comerciais internacionais.

A determinação de soluções ótimas que conjugam os fatores tempo e custo configura uma das principais funcionalidades do modelo GSCM.

### 2.3.2.1 Função objetivo

A ponderação dos fatores custo e tempo é realizada através do coeficiente  $\alpha$ . O peso  $\alpha$  é atribuído à parcela dos custos, que engloba os custos variáveis de **produção**, custos de **posse**, custos de **transporte**, custos fixos de **produção**, de uso de **instalação** e de uso de **processos de fabrico** e os **créditos tributários** resultantes do retorno ou da redução de impostos aduaneiros. Por outro lado, os fatores associados ao tempo, designadamente os dias despendidos com a produção e o transporte dos produtos, são pesados através do fator  $(\alpha-1)$ . A expressão (1) formula matematicamente esse objetivo (função objetivo).

De modo similar, as variáveis de decisão estão associadas à produção ( $x_{pft}$ ), ao armazenamento ( $h_{pft}$ ), ao transporte ( $s_{plmt}$ ), aos créditos alfandegários ( $a_p^{o,d}$ ,  $i_{pq}^{o,d}$  e  $w_{pq}^{o,d}$ ) e aos custos fixos ( $z_{pf}$ ,  $f_f$  e  $v_{fr}$ ).

$$\begin{aligned} \min \alpha & \left[ \sum_{p,f,t} VPCOST_{pft} x_{pft} + \right. \\ & + \sum_{p,f,t} HC_{pft} h_{pft} + \sum_{p,l,m,t} VCSHIP_{plmt} s_{plmt} + \\ & + \sum_{f,p} FIXPC_{pf} z_{pf} + \\ & + \sum_f FIXFC_f y_f + \\ & + \sum_{f,r} FIXST_{fr} v_{fr} - \sum_{p,o,d} DUTYA_p^{o,d} a_p^{o,d} - \sum_{p,q \in DESENDS_p^{(g)}, o,d} DUTYI_p^{o,d} i_{pq}^{o,d} - \sum_{p,b \in B_{p,d,q} \in ANCSSTRS_b^{(g)}, o,d} XDUTYW_p^{o,d} w_{pq}^{o,d} \left. \right] + \\ & + (1 - \alpha) \left[ \sum_{p,f,t} PDAYS_{pft} x_{pft} + \sum_{p,l,m,t} TDAYS_{plmt} s_{plmt} \right] \quad (1) \end{aligned}$$

### 2.3.2.2 Restrições

As restrições a que a função objetivo está sujeita incidem sobre os seguintes aspetos:

- Produção, armazenamento e transporte (2.3.2.2.1);
- Restrições lógicas (2.3.2.2.2);
- Comércio internacional, contrapartidas comerciais e conteúdo local: esta restrição não será desenvolvida uma vez que não será incorporada no algoritmo do jogo sério;
- Recuperação e redução de impostos: esta restrição não será desenvolvida uma vez que não será incorporada no algoritmo do jogo sério.

### 2.3.2.2.1 Restrições referente à produção, armazenamento e transporte

- a) Satisfação da procura:

$$\sum_{l \in \mathcal{L}_{*c}, m \in \mathcal{M}_l} s_{plmt} = DEMAND_{pct} \quad \forall c, p \in \mathcal{P}_c, t \quad (2)$$

A quantidade de produtos procurados ( $DEMAND_{pct}$ ) e distribuídos aos clientes (por produto  $p$ , região de consumo/clientes  $c$ , período temporal  $t$  e modo de distribuição  $m$  -  $s_{plmt}$ ) deve ser sempre satisfeita/asegurado.

- b) Conservação do fluxo do produto ao longo das fases de produção, armazenamento e transporte:

$$x_{pft} + x_{pft-1} = \sum_{l \in \mathcal{L}_{*f}, m \in \mathcal{M}_l} s_{plmt} + h_{pft} \quad \forall f, p \in \mathcal{P}_f, t \quad (3)$$

O produto  $p$  fabricado na instalação  $f$  durante os períodos  $t$  e  $t-1$  ( $x_{pft} + x_{pft-1}$ ) é distribuído ( $s_{plmt}$ ) ou armazenado ( $h_{pft}$ ) durante o período  $t$ .

- c) Cumprimento da nomenclatura do produto:

$$x_{pft} = \sum_{l \in \mathcal{L}_{*f}, m \in \mathcal{M}_l} RECIPE_{pq}^{-1} s_{qlmt} \quad \forall f, p \in \mathcal{P}_f, q \in DESCND S_p^l, t \quad (4)$$

A produção de uma unidade do produto  $p$  exige necessariamente a disponibilidade prévia de todos os componentes  $q$  que o constituem na proporção dada pela variável  $RECIPE_{pq}$  (número de unidades do componente  $q$  necessários por unidade de produto  $p$ ).

- d) Respeitar a capacidade produtiva (neste caso dado em forma de peso [ $\overline{WEIGHT}_{ft}$ ]) por produto  $p$ , instalação  $f$  e período de tempo  $t$ :

$$\sum_{p \in \mathcal{P}_f} WEIGHT_p x_{pft} \leq \overline{WEIGHT}_{ft} \quad \forall f, t \quad (5)$$

- e) Restrição do uso de determinado processo de fabrico  $r$  à sua disponibilidade por fábrica  $f$  e período de tempo  $t$ :

$$\sum_{p \in \mathcal{P}_f} STYLE_{pfr} x_{pft} \leq \overline{STYLE}_{frt} \quad \forall f, r \in \mathcal{R}_f, t \quad (6)$$

- f) Respeitar os limites mínimos e máximos pré-estabelecidos do número de unidades a produzir ( $x_{pft}$ ), a armazenar ( $h_{pft}$ ) e a transportar ( $s_{plmt}$ ), em função do produto  $p$ , da instalação  $f$  e do período temporal  $t$  considerados:

$$\underline{x}_{pft} \leq x_{pft} \leq \overline{x}_{pft} \quad \forall f, p \in \mathcal{P}_f, t; \quad (7.1)$$

$$\underline{h}_{pft} \leq h_{pft} \leq \overline{h}_{pft} \quad \forall f, p \in \mathcal{P}_f, t; \quad (7.2)$$

$$\underline{s}_{plmt} \leq s_{plmt} \leq \overline{s}_{plmt} \quad \forall p, l, m \in \mathcal{M}_l, t. \quad (7.3)$$

### 2.3.2.2.2 Restrições lógicas

Através de variáveis lógicas ( $z_{pf}$ ,  $v_{fr}$  e  $y_f$ ), que, basicamente, são variáveis de contagem de natureza binária, o modelo verifica o cumprimento dos limites impostos em termos de

- Número de unidades fabris  $f$  afetas à produção de determinado produto  $p$  (8);
- Número de unidades fabris  $f$  por tipologia  $h$  (9);
- Número de unidades fabris  $f$  recorrendo a determinado processo de fabrico  $r$  (10);
- Capacidades produtivas por processo de fabrico  $r$  e instalação  $f$  (11).

$$\underline{E}_p \leq \sum_{f \in \mathcal{F}_p} z_{pf} \leq \bar{F}_p \quad \forall p. \quad (8)$$

$$\underline{E}_h \leq \sum_{f \in \mathcal{F}_h} y_f \leq \bar{F}_h \quad \forall h. \quad (9)$$

$$\underline{E}_r \leq \sum_{f \in \mathcal{F}_r} v_{fr} \leq \bar{F}_r \quad \forall r. \quad (10)$$

$$x_{pft} \leq \bar{x}_{pft} v_{fr} \quad \forall f, p \in \mathcal{P}_f, r \in \mathcal{R}_p, t \quad (11)$$

As variáveis lógicas permitem igualmente a contabilização

- Dos custos fixos por produto e unidade fabril utilizada;
- Dos custos fixos por unidade fabril resultante da afetação da produção de qualquer produto;
- Dos custos fixos por unidade fabril resultante do recurso a determinado processo de fabrico.

### 2.3.2.2.3 Índices e conjuntos

As terminologias utilizadas referente aos índices e conjuntos respetivos são os seguintes:

$p \in P$	Índice $p$ (produtos) do conjunto de produtos $P$
$q \in Q$	Índice $q$ (componentes) do conjunto de componentes $Q$
$f \in F$	Índice $f$ (local de produção) do conjunto dos locais de produção $F$
$c \in C$	Índice $c$ (mercado, cliente) do conjunto dos mercados $C$
$t \in T$	Índice $t$ (período de tempo) do conjunto dos períodos de tempo $T$
$m \in M$	Índice $m$ (modo de transporte) do conjunto de modos de transporte $M$
$l \in L$	Índice $l$ (ligação entre origem $o$ e destino $d$ ) do conjunto de ligações $L$
$r \in R$	Índice $r$ (processo de fabrico) do conjunto de processos de fabrico $R$
$u \in U$	Índice $u$ (fornecedor) do conjunto de fornecedores $U$
$o$	Índice $o$ (origem), pode ser local de produção ( $o \in F$ ), mercado ( $o \in C$ ) ou fornecedor ( $o \in U$ )
$d$	Índice $d$ (destino), pode ser local de produção ( $d \in F$ ), mercado ( $d \in C$ ) ou fornecedor ( $d \in U$ )



# DESENVOLVIMENTO

## **3.1 DESENVOLVIMENTO DO CÓDIGO VBA E FOLHA EXCEL**

- 3.1.1 ESTRUTURAÇÃO DA CONCEÇÃO DE JOGOS SÉRIOS E/OU DE SIMULAÇÃO
- 3.1.2 INTERFACE DO UTILIZADOR
- 3.1.3 CÓDIGO VBA

## **3.2 O JOGO SÉRIO - O DESAFIO DA EMPRESA CALÇABEM**

- 3.2.1 A EMPRESA CALÇABEM
- 3.2.2 O POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO DA EMPRESA CALÇABEM
- 3.2.3 O MERCADO DO CALÇADO
- 3.2.4 OS PRODUTOS DA CALÇABEM
- 3.2.5 DADOS REFERENTES À PRODUÇÃO DA CALÇABEM
- 3.2.6 MERCADOS E CANAIS DE DISTRIBUIÇÃO DA CALÇABEM
- 3.2.7 FORNECEDORES E FORNECIMENTOS
- 3.2.8 **CASO TIPO 1** - CUSTOS DE APROVISIONAMENTO
- 3.2.9 CASO TIPO 2: INTRODUÇÃO DE NOVO PRODUTO
- 3.2.10 CASO TIPO 3: REDE DE LOJAS – DISTRIBUIÇÃO
- 3.2.11 **CASO TIPO 4**: PREVISÕES
- 3.2.12 Combinação dos casos e cenários tipo



### 3 DESENVOLVIMENTO

No presente capítulo será apresentado, em duas partes, o desenvolvimento do jogo sério. Na primeira parte apresentar-se-á as atividades realizadas no âmbito do desenvolvimento do código VBA (Michael Alexander, 2013) que suporta a aplicação do jogo em ambiente Excel, jogo esse que será abordado na segunda parte.

#### 3.1 DESENVOLVIMENTO DO CÓDIGO VBA E FOLHA EXCEL

A plataforma de base do jogo foi construída de modo a permitir ao administrador do jogo e utilizadores configurar os parâmetros do jogo em função do objetivo pretendido. As limitações do número de variáveis prendem-se essencialmente com os limites do número máximo de colunas e linhas de uma folha de cálculo do programa Excel da Microsoft e, não menos importante, com a necessidade de reduzir ao máximo o tempo de processamento do algoritmo de resolução.

Além dos referidos limites decorrentes da utilização do programa Excel, foram ainda estabelecidos limites em termos de parâmetros de jogo e consequente do número de variáveis de decisão, designadamente

- Número máximo de produtos;
- Número máximo de componentes;
- Número máximo de relações da nomenclatura / BOM;
- Número máximo de locais de produção;
- Número máximo de fornecedores;
- Número máximo de configurações de produção;
- Número máximo de configurações de fornecimentos
- Número máximo de mercados

##### 3.1.1 ESTRUTURAÇÃO DA CONCEÇÃO DE JOGOS SÉRIOS E/OU DE SIMULAÇÃO

O desenvolvimento do jogo sério incorporou as seguintes etapas:

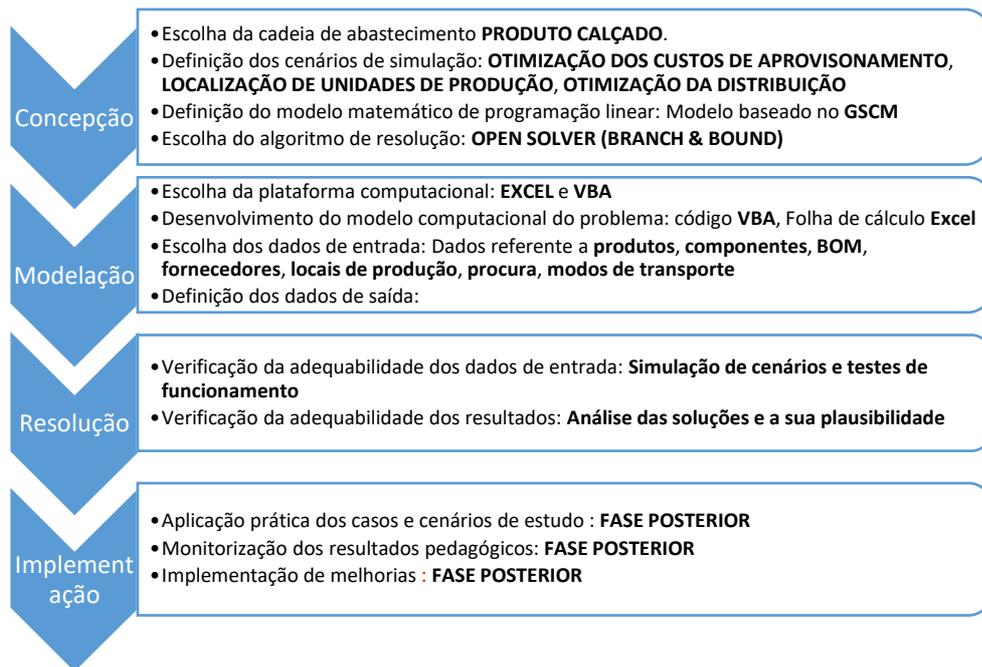


Figura 5: Etapas do desenvolvimento concretizadas, figura adaptada de (Oliveira et al., 2016)

### 3.1.2 INTERFACE DO UTILIZADOR

A interface de utilização está concebida de modo a permitir ao utilizador a parametrização dos dados de entrada do jogo, escolher o objetivo do jogo e visualizar o resultado da simulação.

Cenário	Ponderação [%]
CUSTO - a	100%
TEMPO - b	0%

Prazo de fornecimento máximo	
Considerar?	Sim
Prazo limite	180 d

Armazenamento	
Considerar?	Não
Período	180 d

Proibição crescimento próximo ano	
Nacional	2%
Internacional	1%

Caso 1	
Cenário	Azambuja
Armazém	2500 un

Resultado	
Método	Método Ingénua

Cenário Ocupação Virtuais	
Método	Ciclo de entregas
Prazo de entrega(d)	7,00

Figura 6 – Interface do utilizador - Menu principal

Os dados de entrada podem ser alterados através de formulários criados para esse efeito ou diretamente nas respetivas folhas de cálculo. São dados de entrada os seguintes:

- Dados referente aos produtos;
- Dados referente aos componentes;

- Dados referente à Nomenclatura / BOM;
- Dados referente aos mercados e procura;
- Dados referente aos locais de produção;
- Dados referente à produção;
- Dados referente aos fornecedores;
- Dados referente aos fornecimentos;
- Dados referente aos modos de transporte.

Os resultados da simulação podem ser visualizados na folha de cálculo que serve de base à criação do modelo para resolução do problema de programação linear através do Open Solver (**Figura 7**). Os resultados apresentados são:

- O valor de cada umas das variáveis de decisão;
- O valor de cada uma das parcelas de custo e tempo, assim como o valor da função objetivo;
- Modelo do problema de programação linear, incluindo as restrições.

Variáveis de decisão	y3	y4	sp1-11-1	sp1-12-1	sp1-13-1	LHS	Sinal	RHS
VPCOST <sub>pft</sub>	0	0	0	0	0	0,00		0,00
HC <sub>pft</sub> (EXCLUÍDO)						0,00		0,00
VCSHIP <sub>plmt</sub>			5402,07	2475,07	7215,25	0,00		0,00
FIXPC <sub>pf</sub>						0,00		0,00
FIXFC <sub>f</sub>	0,00	0,00				26000,00		0,00
HC <sub>qft</sub> (EXCLUÍDO)						0,00		0,00
VPCOST <sub>qft</sub>						0,00		0,00
PDAYS <sub>pft</sub>						0,00		0,00
TDAYS <sub>plmt</sub>			0,30	0,25	0,32	0,00		0,00
LTDAYS <sub>qft</sub>						0,00		0,00
Variável de decisão >=0						1,0	>=	0,0
Variável de decisão >=0						0,0	>=	0,0
Variável de decisão >=0	1,0					0,0	>=	0,0

Figura 7 – Interface do utilizador – Vista do modelo e resultados

### 3.1.3 CÓDIGO VBA

O código VBA que está na base do jogo e, de modo geral é composto por rotinas que procedem à leitura dos dados de base, rotinas que realizam o cálculo de variáveis acessórias e pela rotina principal “OTIMIZACAO” a qual integra todas as restantes rotinas e procede à montagem do modelo do problema linear e inicialização do Open Solver (OpenSolver, 2018). O esquema seguinte ilustra a arquitetura computacional do código VBA que está na base da aplicação do jogo sério.

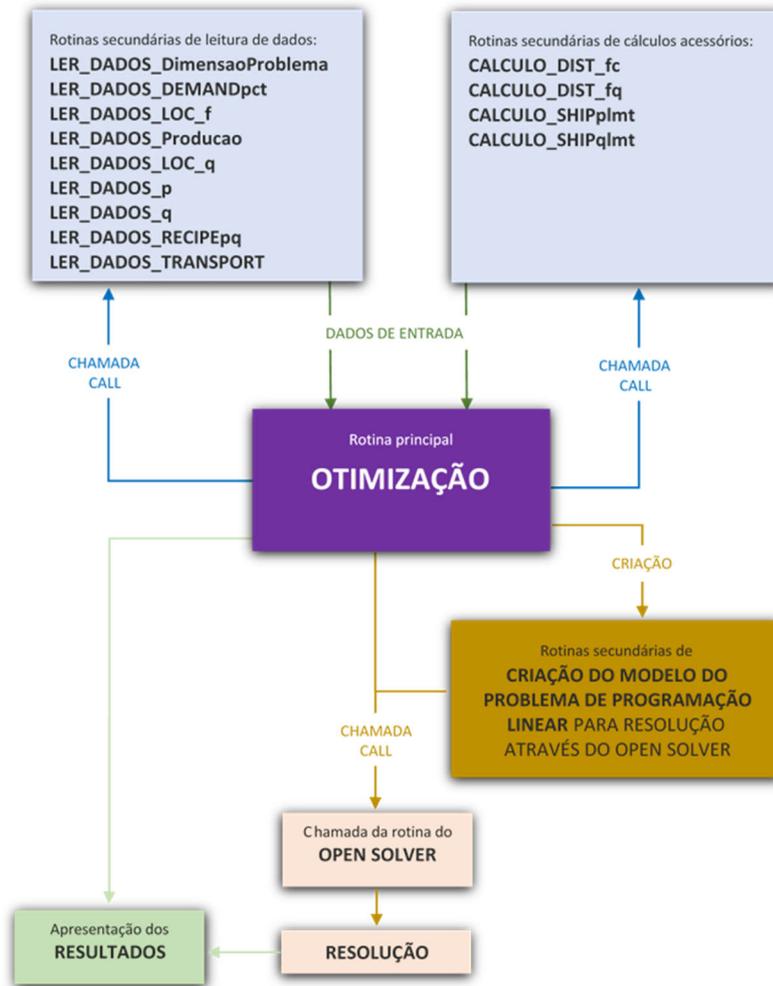


Figura 8 – Arquitetura computacional do código VBA que está na base da aplicação do jogo sério

## 3.2 O JOGO SÉRIO - O DESAFIO DA EMPRESA CALÇABEM

Na tentativa de criar um cenário realista foi escolhido o sector do calçado no qual opera a empresa CALÇABEM.

### 3.2.1 A EMPRESA CALÇABEM

A empresa portuguesa CALÇABEM é um fabricante de calçado para homem, senhora e criança, tendo como missão a criação e fabrico de calçado confortável, com qualidade e a preço acessível.

A CALÇABEM foi fundada em 1983 e tem a sua sede e unidade fabril localizada na cidade de São João da Madeira, distrito de Aveiro.

### 3.2.2 O POSICIONAMENTO ESTRATÉGICO DA EMPRESA CALÇABEM

A CALÇABEM iniciou a sua atividade assente exclusivamente na conceção e produção de calçado para homem, designadamente através da marca CALÇABEM MEN.

Após anos de sucesso e consolidado o posicionamento da marca CALÇABEM no segmento de calçado para homem, a CALÇABEM decide diversificar a sua oferta, criando a coleção de calçado de senhora: CALÇABEM WOMAN.

Numa fase posterior, e consolidado o posicionamento da CALÇABEM no mercado dos sapatos de senhoras, a CALÇABEM traçou como o objetivo estratégico completar a sua oferta com uma coleção tendo como público alvo as crianças: CALÇABEM KIDS. A atratividade do mercado de calçado infantil deriva da menor sensibilidade dos compradores ao preço (o preço médio do sapato infantil é maior do que o preço médio do calçado feminino), e do facto de as compras serem muito frequentes devido ao fato de os pés das crianças crescerem.

A aposta da CALÇABEM no conteúdo online também será uma realidade perspectivada a curto prazo, perseguindo o objetivo de estar disponível para a maioria dos países da Europa e a América do Norte.

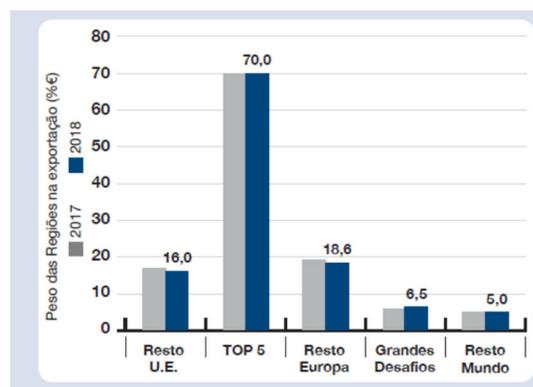
A par da expansão internacional a CALÇABEM vê no mercado doméstico uma grande oportunidade de aumentar a sua quota de mercado e volume de negócios.

Paralelamente à diversificação da oferta e dos mercados alvos, a CALÇABEM pretende implementar medidas e programas que visam a redução de custos, acompanhada da melhoria da qualidade dos seus produtos.

### 3.2.3 O MERCADO DO CALÇADO

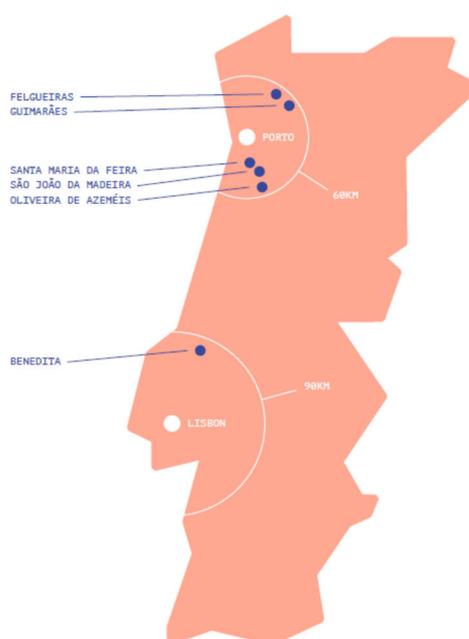
De acordo com os dados da APICCAPS a indústria de calçado em 2018 empregava quase 40 mil pessoas e a sua produção anual ultrapassava os 80,4 milhões de pares (Portuguese, Footwear, Manufacturers', & Association, 2019), sendo o calçado mais produzido o calçado de senhora (37% da produção nacional), seguido do calçado de homem, com cerca de 28% da produção nacional, e, já com menor expressão, do calçado de criança com aproximadamente 6% da produção nacional (APICCAPS – Associação Portuguesa dos Industriais de Calçado, Componentes, 2018).

A indústria de calçado é fortemente exportadora tendo-se registado em 2017 uma taxa de exportação acima de 95% (APICCAPS – Associação Portuguesa dos Industriais de Calçado, Componentes, 2018). Salienta-se que o continente europeu absorve a grande maioria das exportações portuguesas de calçado (aproximadamente 91%), sendo que os cinco mercados principais (França, Alemanha, Espanha, Holanda e Reino Unido) absorvem cerca de 70% das exportações portuguesas de calçado (APICCAPS – Associação Portuguesa dos Industriais de Calçado, Componentes, 2019).



**Figura 9** - Repartição Regional das Exportações Acumuladas no ano de 2018 (APICCAPS – Associação Portuguesa dos Industriais de Calçado, Componentes, 2019)

O cluster da indústria de calçado português distribui-se maioritariamente por dois polos centrados nos concelhos de Felgueiras e Guimarães, por um lado, e Santa Maria da Feira, Oliveira de Azeméis e São João da Madeira, polos esses que concentram aproximadamente 80% dos empregos neste sector (APICCAPS – Associação Portuguesa dos Industriais de Calçado, Componentes, 2018).



**Figura 10** - Polos de produção de calçado (APICCAPS – Associação Portuguesa dos Industriais de Calçado, Componentes, 2018)

### 3.2.4 OS PRODUTOS DA CALÇABEM

A CALÇABEM cria e produz três tipos de calçado: calçado de homem CALÇABEM MEN, calçado de senhora CALÇABEM WOMEN e calçado para crianças CALÇABEM KIDS.

Os dados referentes aos produtos, seus componentes constituintes e nomenclatura podem ser configurados através de formulários ou diretamente nas tabelas constantes das diversas folhas de cálculo.

Desenvolvimento de um jogo sério de gestão da cadeia de abastecimento Carlos Manuel Silva Mirra

### 3.2.5 DADOS REFERENTES À PRODUÇÃO DA CALÇABEM

Os dados referentes à produção, tais como a capacidade de produção instalada em cada uma das instalações, os custos de produção variáveis e fixos por local de produção e produto, os locais de produção, entre outros, podem igualmente serem configurados através de formulários ou diretamente nas tabelas constantes das diversas folhas de cálculo.

### 3.2.6 MERCADOS E CANAIS DE DISTRIBUIÇÃO DA CALÇABEM

Os destinos dos seus produtos são os mercados interno e externo. Atualmente a CALÇABEM opera exclusivamente através do canal “comércio grossista” nos mercados nacional e internacional. Estrategicamente, a CALÇABEM perspectiva para o futuro atuar também nos canais de distribuição a “retalho” e “venda on-line”.

As modalidades de transporte disponíveis são as correntes, designadamente transporte rodoviário, ferroviário, marítimo e aéreo.

Os dados referentes aos mercados/procura e custos e tempos de transporte podem ser configurados através de formulários ou diretamente nas tabelas constantes das diversas folhas de cálculo.

### 3.2.7 FORNECEDORES E FORNECIMENTOS

O fornecimento dos componentes, materiais e produtos (subcontratação) é assegurado por empresas quer nacionais quer internacionais.

Os dados referentes aos fornecedores, tais como localização e capacidade produtiva, custos e prazos de fornecimento podem ser configurados através de formulários ou diretamente nas tabelas constantes das diversas folhas de cálculo.

Tabela 3 – Lista de fornecedores

Fornecedor	Componente	Custo de aquisição	Prazo de fornecimento	Quantidade mínima de encomenda	Quantidade máxima de encomenda
Atacadores 1	Atacadores	0,25 €	30	0	150000
Atacadores 2	Atacadores	0,10 €	90	0	300000
Atacadores 3	Atacadores	0,20 €	30	0	200000
Atacadores 4	Atacadores	0,10 €	90	0	300000
Atacadores 5	Atacadores	0,15 €	90	0	200000
Couro 1	Couro	4,00 €	30	0	75000
Couro 2	Couro	1,00 €	90	0	150000
Couro 3	Couro	2,50 €	60	0	100000
Couro 4	Couro	1,00 €	90	0	150000
Couro 5	Couro	1,60 €	90	0	100000
Embalagem 1	Embalagem	0,50 €	30	0	150000
Embalagem 2	Embalagem	0,10 €	90	0	300000
Embalagem 3	Embalagem	0,35 €	45	0	200000
Embalagem 4	Embalagem	0,35 €	45	0	300000
Embalagem 5	Embalagem	0,30 €	30	0	200000
Palmilha 1	Palmilha	3,00 €	30	0	150000
Palmilha 2	Palmilha	1,00 €	90	0	300000
Palmilha 3	Palmilha	2,00 €	45	0	200000
Palmilha 4	Palmilha	1,00 €	90	0	300000
Palmilha 5	Palmilha	2,00 €	45	0	200000
Sola-Adulto 1	Sola-Adulto	4,00 €	30	0	150000
Sola-Adulto 2	Sola-Adulto	1,50 €	90	0	300000
Sola-Adulto 3	Sola-Adulto	3,00 €	30	0	200000
Sola-Adulto 4	Sola-Adulto	1,50 €	90	0	300000
Sola-Adulto 5	Sola-Adulto	2,80 €	90	0	200000

### 3.2.8 CASO TIPO 1 - CUSTOS DE APROVISIONAMENTO

#### 3.2.8.1 CENÁRIO 1: REDUZIR OS CUSTOS DE ABASTECIMENTO NOS FORNECEDORES (fase de projeto do produto, aprovisionamento a longo prazo)

Atendendo aos dados disponíveis sobre as perspetivas de evolução de mercado, a administração da CALÇABEM pretende otimizar a utilização dos recursos existentes com o objetivo de reduzir os custos de aprovisionamento nos fornecedores, mantendo a sua posição nos mercados onde atualmente se encontra presente.

##### 3.2.8.1.1 Desafio

Encontrando-se a empresa a preparar a produção da coleção de Inverno do próximo ano (início de produção a 180 dias), e perspetivando as negociações com os parceiros fornecedores, deverá definir o “MIX” de fornecedores e respetivas aquisições a fazer para a coleção de Inverno do próximo ano de modo a minimizar custos.

### 3.2.8.1.2 Objetivo pedagógico

Ilustrar os efeitos no custo de aprovisionamento e escolha dos fornecedores em função da localização do fornecedor, do modo de transporte e do prazo de fornecimento.

### 3.2.8.1.3 Modelo matemático do problema de programação linear inteiro

O modelo matemático do problema de programação linear é dado pelas seguintes expressões.

$$\begin{aligned} \min \alpha * [ & \sum VPCOST_{pft} * x_{pft} + \sum VCSHIP_{plmt} * s_{plmt} + \\ & \sum FIXPC_{pf} * z_{pf} + \sum FIXFC_f * y_f + \sum VPCOST_{qut} * \\ & s_{qlmt} + \sum VCSHIP_{qlmt} * s_{qlmt} ] + (1-\alpha) * [ PDAYS_{pft} * x_{pft} + \\ & TDAYS_{plmt} * s_{plmt} + LT DAYS_{qlmt} * s_{qlmt} ]. \end{aligned} \quad \text{Expressão 1}$$

Sujeito a:

$$\sum_{l \in \mathcal{L}_{*c}, m \in \mathcal{M}_l} s_{plmt} = DEMAND_{pct} \quad \forall c, p \in \mathcal{P}_c, t \quad \text{Expressão 2}$$

$$x_{pft} = \sum_{l \in \mathcal{L}_{*f}, m \in \mathcal{M}_l} s_{plmt} \quad \forall f, p \in \mathcal{P}_f, t \quad \text{Expressão 3}$$

$$x_{pft} \leq \sum_{l \in \mathcal{L}_{*f}, m \in \mathcal{M}_l} RECIPE_{pq}^{-1} s_{qlmt} \quad p \in \mathcal{P}_f, q \in DESCNDS_p^l, t \quad \text{Expressão 4}$$

$$\sum_{p \in \mathcal{P}_f} WEIGHT_p x_{pft} \leq \overline{WEIGHT}_{ft} \quad \forall f, t \quad \text{Expressão 5}$$

$$\underline{x}_{pft} \leq x_{pft} \leq \overline{x}_{pft} \quad \forall f, p \in \mathcal{P}_f, t; \quad \text{Expressão 6}$$

$$\underline{s}_{plmt} \leq s_{plmt} \leq \overline{s}_{plmt} \quad \forall p, l, m \in \mathcal{M}_l, t. \quad \text{Expressão 7}$$

$$\underline{s}_{qlmt} \leq s_{qlmt} \leq \overline{s}_{qlmt} \quad \forall p, l, m \in \mathcal{M}_l, t. \quad \text{Expressão 8}$$

$$\underline{F}_p \leq \sum_{f \in \mathcal{F}_p} z_{pf} \leq \overline{F}_p \quad \forall p \quad \text{Expressão 9}$$

$$x_{pft} \geq 0 \quad \text{Expressão 10}$$

$$s_{plmt} \geq 0 \quad \text{Expressão 11}$$

$$s_{qlmt} \geq 0 \quad \text{Expressão 12}$$

$$z_{pf} \geq 0 \quad \text{Expressão 13}$$

$$y_f \geq 0 \quad \text{Expressão 14}$$

Com Expressão 15

$$p \in P, q \in Q, f \in F, c \in C, t \in T, m \in M, l \in L, u \in U$$

As variáveis de decisão são as seguintes:

$x_{pft}$	quantidade de produto $p$ fabricado no local de produção $f$ durante o período $t$
$z_{pf}$	variável binária; 1= produto $p$ é fabricado no local de produção $f$ ; 0= produto $p$ não é fabricado no local de produção $f$
$y_f$	variável binária; 1= local de produção $f$ produz; 0= local de produção $f$ não produz

$S_{plmt}$	quantidade de produto $p$ transportado na ligação $l$ (entre a origem $f$ (= local de produção) e o destino $c$ (=mercado de consumo/cliente) através do modo de transporte $m$ durante o período de tempo $t$ , ou seja, vendas do produto $p$ realizadas pelo local de produção $f$ para o mercado $c$ .
$S_{qlmt}$	quantidade de componente $q$ transportado na ligação $l$ (entre a origem $r$ (= fornecedor do componente) e o destino $f$ (=local de produção do produto $p$ ) através do modo de transporte $m$ durante o período de tempo $t$ , ou seja, aquisições do componente $q$ realizadas pelo local de produção $f$ ao fornecedor $r$ .

### 3.2.8.1.3.1 Termos

Os termos relacionados com os custos, tempos e quantidades, entre outros, são os abaixo listados, apresentando-se para um melhor entendimento, a sua descrição assim como a rotina do código VBA correspondente que procede à leitura dos respetivos dados.

$DEMAND_{pct}$	Quantidade de produtos $p$ procurados no mercado/ região de consumo/clientes $c$ durante o período $t$	Rotina "LER_DADOS_DEMANDpct()"
$RECIPE_{pq}^{-1}$	Quantidade de componentes $q$ por cada unidade de produto $p$	Rotina "LER_DADOS_RECIPEpq()"
$WEIGHT_p$	Peso de cada unidade de produto $p$	Rotina "LER_DADOS_p()"
$\overline{WEIGHT}_{ft}$	Capacidade máxima de produção (de qualquer produto $p$ ) instalada no local de produção $f$	Rotina "LER_DADOS_LOC_f()"
$\underline{S}_{plmt}$	Quantidade mínima de produto $p$ a transportar na ligação $l$ (entre a origem $f$ (= local de produção) e o destino $c$ (=mercado de consumo/cliente) através do modo de transporte $m$ durante o período de tempo $t$ .	Rotina "LER_DADOS_Producao()"
$\overline{S}_{plmt}$	Quantidade máxima de produto $p$ a transportar na ligação $l$ (entre a origem $f$ (= local de produção) e o destino $c$ (=mercado de consumo/cliente) através do modo de transporte $m$ durante o período de tempo $t$ .	Rotina "LER_DADOS_Producao()"
$\underline{S}_{qlmt}$	Quantidade mínima do componente a transportar na ligação $l$ (entre a origem $r$ (= fornecedor do componente) e o destino $f$ (=local de produção do produto $p$ ) através do modo de transporte $m$ durante o período de tempo $t$ (= Quantidade mínima de encomenda).	Rotina "LER_DADOS_LOC_q"
$\overline{S}_{qlmt}$	Quantidade máxima do componente a transportar na ligação $l$ (entre a origem $r$ (= fornecedor do componente) e o destino $f$ (=local de produção do produto $p$ ) através do modo de transporte $m$ durante o período de tempo $t$ (= Quantidade mínima de encomenda).	Rotina "LER_DADOS_LOC_q"
$\underline{F}_p$	Número mínimo de locais de produção $f$ que produzem o produto $p$	Rotina "LER_DADOS_minmaxFp()"

$\bar{F}_p$	Número máximo de locais de produção $f$ que produzem o produto $p$	Rotina "LER_DADOS_minmaxFp()"
VPCOST <sub>pft</sub>	Custo variável de produção do produto $p$ no local de produção $f$ no período $t'$	Rotina "LER_DADOS_Producao()"
VCSHIP <sub>plmt</sub>	Custo variável de transporte do produto $p$ na ligação $l$ (entre a origem $f$ (= local de produção) e o destino $c$ (=mercado de consumo/cliente) através do modo de transporte $m$ durante o período de tempo $t$	Rotinas "CALCULO_SHIPplmt()", "CALCULO_DIST_fc()", "LER_DADOS_TRANSPORT()"
FIXPC <sub>pf</sub>	Custo fixo de produção do produto $p$ no local de produção $f'$	Rotina "LER_DADOS_Producao()"
FIXFC <sub>f</sub>	Custo fixo de produção no local de produção $f$	Rotina "LER_DADOS_LOC_f()"
VPCOST <sub>qUt</sub>	Custo variável de aquisição do componente $q$ ao fornecedor $R$ no período $t$	Rotina "LER_DADOS_LOC_q()"
VCSHIP <sub>qlmt</sub>	Custo variável de transporte do componente $q$ na ligação $l$ (entre a origem $R$ (= fornecedor) e o destino $f$ (=local de produção) através do modo de transporte $m$ durante o período de tempo $t$	Rotinas "CALCULO_SHIPqlmt", "CALCULO_DIST_fq()", "LER_DADOS_TRANSPORT()"
PDAY <sub>S<sub>pft</sub></sub>	Tempo de fabrico / Lead time do produto $p$ no local de produção $f$ no período $t$	Rotina "LER_DADOS_Producao()"
TDAYS <sub>plmt</sub>	Tempo de transporte do produto $p$ na ligação $l$ (entre a origem $f$ (= local de produção) e o destino $c$ (=mercado de consumo/cliente) através do modo de transporte $m$ durante o período de tempo $t$	Rotinas "CALCULO_SHIPplmt()", "CALCULO_DIST_fc()", "LER_DADOS_TRANSPORT()"
LTDAYS <sub>qlmt</sub>	Lead time do componente $q$ do fornecedor $R$ no período $t$ = Prazo de fornecimento + tempo de transporte	Rotinas "LER_DADOS_LOC_q()", "CALCULO_SHIPqlmt", "CALCULO_DIST_fq()", "LER_DADOS_TRANSPORT()"

#### 3.2.8.1.4 DADOS

Deverá ser tomado em conta que:

- Dada as garantias de fornecimento e qualidade registados com os fornecedores atuais, o "MIX" de fornecedores deverá garantir que 100% das aquisições sejam feitas aos fornecedores atuais;
- Admite-se que os fornecedores têm capacidade produtiva suficiente para garantir as respetivas necessidades de aquisição da CALÇABEM;
- Admite-se a seleção de um parceiro único por componente;
- Estrutura do produto (BOM), conforme **Figura 11**;
- Os custos de transporte devem ser considerados;
- Os prazos de fornecimento devem ser considerados;
- Atendendo à grande sazonalidade dos produtos todo o processo produtivo e logístico baseia-se na filosofia just-in-time, e a política de zero stocks.
- As vendas do ano anterior registaram os valores apresentados na Tabela 4;
- Para os próximos 12 meses prevê-se que as vendas se mantenham em linha com a evolução do PIB português e do PIB da economia mundial, nos mercados internos e externos respetivamente:
  - o O PIB da economia mundial cresça 1,0%;
  - o O PIB nacional tenha uma evolução positiva de 2,0%;

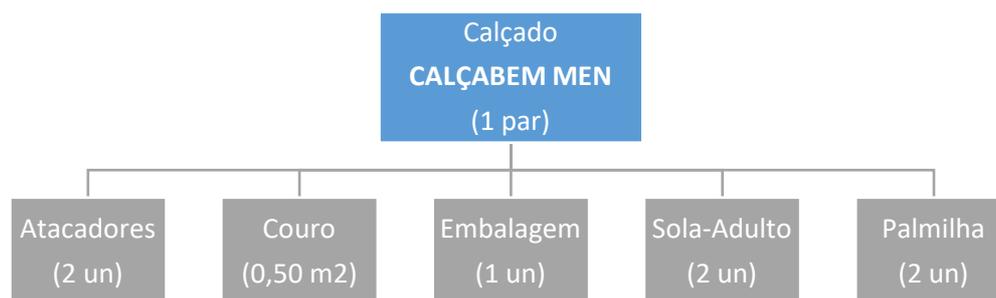


Figura 11 – Caso tipo 1 – Cenário 1: Estrutura do produto calçado CALÇABEM MEN (BOM)

Tabela 4 – Caso tipo 1 – Cenário 1: Exemplo de vendas registadas no ano anterior

Mercado	Localização	Calçado CALÇABEM MEN	Calçado CALÇABEM WOMEN
Mercado 1	França	200000	50000
Mercado 2	Alemanha	150000	100000
Mercado 3	Holanda	30000	40000
Mercado 4	Espanha	35000	50000
Mercado 5	Lisboa	20000	20000

### 3.2.8.1.5 Resultados

O resultado da simulação do cenário em questão estabelece como os fornecedores mais favoráveis em função dos critérios pré-estabelecidos os seguintes ( Tabela 5 e Figura 1):

Tabela 5 – Caso tipo 1 – Cenário 1: Exemplo da lista de fornecedores seleccionados

Componente	Fornecedor	Custo de aquisição	Prazo de fornecimento	Quantidade	Modo Transporte
Atacadores	India	0,10 €	90 d	886300	Marítimo
Couro	Bangladesh	1,00 €	90 d	221575	Marítimo
Embalagem	China	0,10 €	90 d	443150	Marítimo
Palmilha	China	1,00 €	90 d	443150	Marítimo
Sola-Adulto	China	1,50 €	90 d	443150	Marítimo

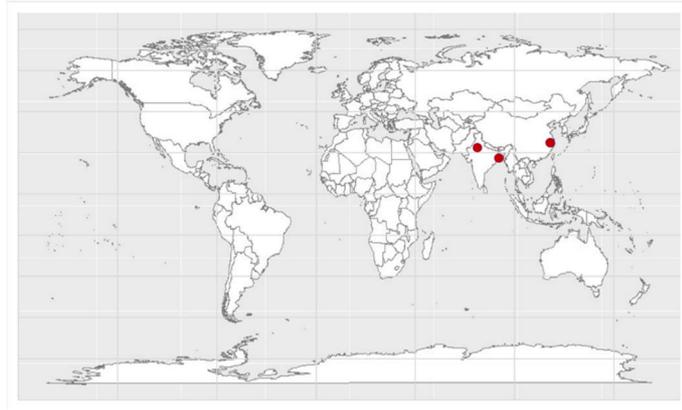


Figura 12 – Caso tipo 1 – Cenário 1: Exemplo da representação gráfica da localização dos fornecedores seleccionados

A simulação indica um custo de referência do abastecimento (aquisição e transporte) de 3,30€ em média por unidade de produto.

### 3.2.8.2 *CENÁRIO 2: ASSEGURAR O REABASTECIMENTO AO MENOR CUSTO (fase de produção do produto, aprovisionamento a curto prazo)*

A coleção de Inverno está a ser um sucesso. A procura dos clientes está a superar as previsões e a produção programada. Prevê-se, inclusive, que haja rotura de stocks no comércio a retalho, tendo-se, em consequência, verificado um crescimento no número de encomendas.

#### 3.2.8.2.1 *Desafio*

Deverá analisar a possibilidade de satisfazer as novas encomendas, avaliando as garantias de fornecimentos dos componentes necessários à produção adicional dos produtos solicitados pelos retalhistas, e, consequentemente a definição do “MIX” de fornecedores e respetivas aquisições a fazer para satisfazer o aumento da procura. Deverá igualmente avaliar o impacto económico (custo) da satisfação da procura adicional.

#### 3.2.8.2.2 *Objetivo pedagógico*

Ilustrar os efeitos no custo de aprovisionamento e escolha dos fornecedores em função da localização do fornecedor, do modo de transporte e do prazo de fornecimento.

#### 3.2.8.2.3 *Modelo matemático do problema de programação linear inteiro*

O modelo matemático do problema de programação linear é dado pelas expressões apresentadas para o cenário 1 (Expressão 1 a Expressão 15) e as variáveis de decisão são as mesmas descritas no capítulo 3.2.8.1.3. Os termos relacionados com os custos, tempos e quantidades, entre outros, são os mesmos do cenário 1 (capítulo 3.2.8.1.3.1).

### 3.2.8.2.4 Dados

Deverá ser tomado em conta que:

- Admite-se que os fornecedores têm capacidade produtiva suficiente para garantir as respetivas necessidades de aquisição adicionais da CALÇABEM;
- Os custos de transporte devem ser considerados;
- Os prazos de fornecimento devem ser considerados. Os fornecedores devem assegurar a entrega dos componentes num prazo máximo de 35 dias.
- A empresa dispõe de capacidade produtiva suficiente que permite acomodar a produção adicional dos produtos CALÇABEM MEN e WOMEN.
- Os pedidos de encomenda adicionais a satisfazer totalizam um número total de produtos igual à produção média prevista para 2 meses.

Deve ter em conta a lista de fornecedores (

- Tabela 5) e número de vendas do cenário anterior (Tabela 4).

### 3.2.8.2.5 Resultados

O resultado da simulação do cenário em questão estabelece como os fornecedores mais favoráveis em função dos critérios pré-estabelecidos os seguintes ( Tabela 6 e Figura 13):

Tabela 6 – Caso tipo 1 – Cenário 2: Exemplo da lista de fornecedores seleccionados

Componente	Fornecedor	Preço aquisição	Prazo de fornecimento	Quantidade	Modo Transporte
Atacadores	Eslováquia	0,20 €	30 d	145000,01	Rodoviário
Couro	Coruche	4,00 €	30 d	36250,004	Rodoviário
Embalagem	Espanha	0,30 €	30 d	72500,007	Rodoviário
Palmilha	Felgueiras	3,00 €	30 d	72500,007	Rodoviário
Sola-Adulto	Espanha	3,00 €	30 d	72500,007	Rodoviário

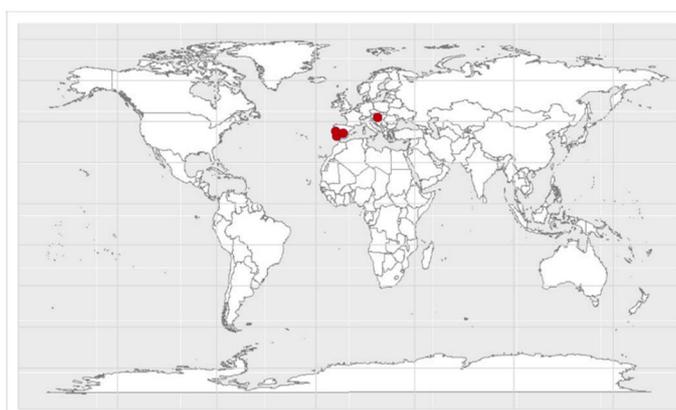


Figura 13 – Caso tipo 1 – Cenário 2: Exemplo da representação gráfica da localização dos fornecedores seleccionados

A simulação indica um custo de referência do abastecimento (aquisição e transporte) de 8,76 € em média por unidade de produto. Significa, que a satisfação das encomendas dos retalhistas (com prazo de entrega mais curto de 35 dias), neste caso particular, implica um acréscimo muito significativo do custo de aquisição e transporte de 5,45€ por unidade de produto.

Desenvolvimento de um jogo sério de gestão da cadeia de abastecimento Carlos Manuel Silva Mirra

### 3.2.8.3 CENÁRIO 3: DIVERSIFICAÇÃO DA CARTEIRA DE FORNECEDORES

A administração da CALÇABEM pretende diversificar a carteira de fornecedores e deixar a política da exclusividade de um fornecedor por componente.

#### 3.2.8.3.1 Desafio

Deverá analisar a viabilidade de realizar o abastecimento de componentes a diversos fornecedores em simultâneo e definir o “MIX” de fornecedores e respetivas aquisições a fazer. Deve ser avaliada se essa política poderá resultar numa efetiva redução dos abastecimentos, que possam contrabalançar os eventuais maiores riscos de menor garantia de qualidade dos componentes (maiores defeitos, devoluções, etc.).

#### 3.2.8.3.2 Objetivo pedagógico

Ilustrar os efeitos no custo de aprovisionamento e escolha dos fornecedores em função da localização do fornecedor, do modo de transporte, do prazo de fornecimento e da capacidade de fornecimento do fornecedor.

#### 3.2.8.3.3 Modelo matemático do problema de programação linear inteiro

O modelo matemático do problema de programação linear é dado pelas expressões apresentadas para o cenário 1 (Expressão 1 a Expressão 15) e as variáveis de decisão são as mesmas descritas no capítulo 3.2.8.1.3.

Adicionalmente, a função objetivo descrita para o cenário 1 estará ainda sujeita às seguintes restrições, através das quais será imposta a não exclusividade de um fornecedor por componente, ou seja:

$$\underline{F}_q \leq \sum_{q \in \mathcal{F}_q} z_{qu} \leq \overline{F}_q \quad \forall q \quad \text{Expressão 16}$$

$$z_{qr} \geq 2 \quad \text{Expressão 17}$$

Com

$z_{qu}$	Variável de decisão binária; = componente $q$ é fornecido pelo fornecedor $u$ ; 0= componente $q$ não é fornecido pelo fornecedor $u$ ;	
$\underline{F}_q$	Número mínimo de fornecedores $u$ que fornecem o componente $q$	Rotina “LER_DADOS_Lista_ $q$ ”
$\overline{F}_q$	Número máximo de fornecedores $u$ que fornecem o componente $q$	Rotina “LER_DADOS_Lista_ $q$ ”

Os termos relacionados com os custos, tempos e quantidades, entre outros, são os apresentados para o cenário 1 (capítulo 3.2.8.1.3.1).

#### 3.2.8.3.4 Dados

Deverá ser tomado em conta que:

- Admite-se que os fornecedores, individualmente, não têm capacidade produtiva suficiente para garantir as respetivas necessidades de aquisição adicionais da CALÇABEM;
- Devem ser selecionados no mínimo dois fornecedores por componente;

- Estrutura do produto (BOM);
- Os custos de transporte devem ser considerados;
- Os prazos de fornecimento devem ser considerados. Os fornecedores devem assegurar a entrega dos componentes num prazo máximo de 180 dias.

Deve ter em conta a lista de fornecedores (

- Tabela 5) e número de vendas do cenário anterior (Tabela 4).

### 3.2.8.3.5 Resultados

O resultado da simulação do cenário em questão estabelece como fornecedores mais favoráveis, em função dos critérios pré-estabelecidos, os seguintes (Tabela 6 e Figura 14):

Tabela 7 – Caso tipo 1 – Cenário 3: Exempla da lista de fornecedores seleccionados

Componente	Fornecedor	Preço aquisição	Prazo de fornecimento	Quantidade	Modo Transporte
Atacadores	Felgueiras	0,25 €	30 d	150000	Rodoviário
Atacadores	China	0,10 €	90 d	300000	Marítimo
Atacadores	India	0,10 €	90 d	300000	Marítimo
Atacadores	México	0,15 €	90 d	136300	Marítimo
Couro	Bangladesh	1,00 €	90 d	150000	Marítimo
Couro	Camboja	1,00 €	90 d	71575	Marítimo
Embalagem	China	0,10 €	90 d	300000	Marítimo
Embalagem	Espanha	0,30 €	30 d	143150	Rodoviário
Palmilha	China	1,00 €	90 d	300000	Marítimo
Palmilha	India	1,00 €	90 d	143150	Marítimo
Sola-Adulto	China	1,50 €	90 d	300000	Marítimo
Sola-Adulto	Espanha	3,00 €	30 d	143150	Rodoviário

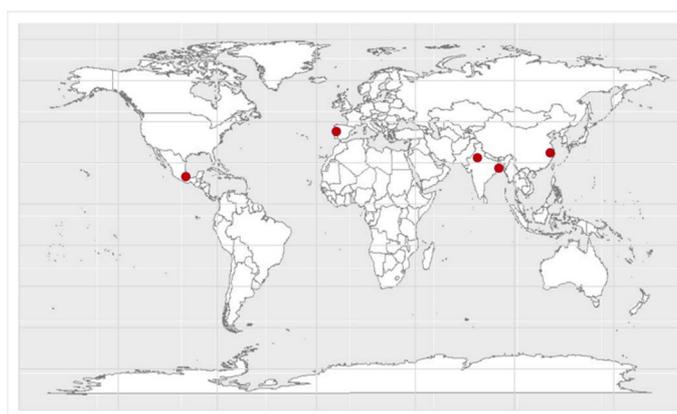


Figura 14 – Caso tipo 1 – Cenário 3: Exemplo da representação gráfica da localização dos fornecedores seleccionados

A simulação aponta para o custo de referência do abastecimento (aquisição e transporte) de 3,93 € em média por unidade de produto, valor superior ao custo médio verificado no cenário 1 (pressuposto da escolha de um só fornecedor por componente).

#### 3.2.8.4 PRINCIPAIS ENSINAMENTOS A RETER

A realização de simulações variando os fatores prazo de fornecimento e modo de transporte, no pressuposto da não alteração das restantes variáveis, tais como custo de aquisição e capacidade produtiva do fornecedor, permite experimentar a sua influência sobre a solução recomendada/ótima.

Tendencialmente, prazos de fornecimento curtos apontam o recurso a fornecedores locais/regionais em combinação com o transporte rodoviário, como sendo a solução economicamente mais vantajosa que garante simultaneamente o cumprimento dos prazos.

Por outro lado, a realização de encomendas/aquisições com prazos de fornecimento alargados, apresenta, genericamente, o recurso a fornecedores de países de mão de obra mais barata (principalmente localizados na Ásia) em combinação com o transporte marítimo como sendo a solução mais recomendada/ótima.

Um dos ensinamentos a assinalar é que os prazos de fornecimento e modos de transporte associados, podem ser decisivos na escolha do fornecedor e implicar aumento de custos consideráveis. O alargamento da carteira de fornecedores pode não significar a redução de custos no aprovisionamento, podendo, no entanto, reduzir a exposição da empresa às consequências decorrentes uma possível falha no aprovisionamento no fornecimento de componentes por parte do fornecedor.

#### 3.2.9 CASO TIPO 2: INTRODUÇÃO DE NOVO PRODUTO

Neste segundo caso, a administração da CALÇABEM pretende reforçar a sua posição nos mercados onde atua, através da consolidação das vendas dos seus atuais produtos calçado de homem CALÇABEM MEN e calçado de senhora CALÇABEM WOMEN, assim como a captação de novos clientes através da introdução de um novo produto orientado para o segmento infantil, designadamente as sapatilhas CALÇABEM KIDS.

##### 3.2.9.1 DESAFIO

Sendo de esperar que nos próximos anos a tendência de evolução do número de vendas se mantenha inalterado face à dos anos anteriores nos mercados onde a CALÇABEM atua, a administração pretende introduzir o novo produto calçado infantil CALÇABEM KIDS, necessitando de decidir sobre a escolha da unidade de produção deste novo produto. Dever-se-á ter em consideração as várias alternativas pré-estabelecidas, designadamente as unidades de produção da empresa já existentes, unidades de produção a construir e a subcontratação.

##### 3.2.9.2 DECISÃO A TOMAR

Definição da(s) unidade(s) de produção afetada(s) à(s) produção dos três produtos de modo a minimizar os custos.

### 3.2.9.3 OBJETIVO PEDAGÓGICO

Ilustrar os efeitos na escolha da localização do local de produção e custo de produção associado, em função da localização dos mercados, da procura, do modo de transporte e da capacidade produtiva das localizações alternativas.

#### 3.2.9.3.1 Modelo matemático do problema de programação linear inteiro

O modelo matemático do problema de programação linear é dado pelas expressões apresentadas de seguida. Genericamente o modelo é em tudo semelhante ao modelo apresentado para o cenário 1 do CASO 1 (capítulo 3.2.8.1.3), com a exceção dos termos, variáveis de decisão e restrições incidentes sobre os componentes e seus fornecedores, os quais não forma considerados neste modelo pelo facto de se ter pressuposta a sua não relevância (admitido que os fornecedores, individualmente, têm capacidade produtiva suficiente para garantir as respetivas necessidades de aquisição adicionais da CALÇABEM, com custos iguais).

$$\begin{aligned} \min \alpha * [\sum VPCOST_{pft} * x_{pft} + \sum VCSHIP_{plmt} * s_{plmt} + \\ \sum FIXPC_{pf} * z_{pf} + \sum FIXFC_f * y_f + ] + (1-\alpha) * [PDAY S_{pft} * \\ x_{pft} + TDAY S_{plmt} * s_{plmt}]. \end{aligned} \quad \text{Expressão 18}$$

Sujeito a:

$$\sum_{l \in L_c, m \in M_l} s_{plmt} = DEMAND_{pct} \quad \forall c, p \in \mathcal{P}_c, t \quad \text{Expressão 19}$$

$$x_{pft} = \sum_{l \in L_f, m \in M_l} s_{plmt} \quad \forall f, p \in \mathcal{P}_f, t \quad \text{Expressão 20}$$

$$\sum_{p \in \mathcal{P}_f} WEIGHT_p x_{pft} \leq \overline{WEIGHT}_{ft} \quad \forall f, t \quad \text{Expressão 21}$$

$$\underline{x}_{pft} \leq x_{pft} \leq \overline{x}_{pft} \quad \forall f, p \in \mathcal{P}_f, t; \quad \text{Expressão 22}$$

$$\underline{s}_{plmt} \leq s_{plmt} \leq \overline{s}_{plmt} \quad \forall p, l, m \in \mathcal{M}_l, t. \quad \text{Expressão 23}$$

$$\underline{F}_p \leq \sum_{f \in \mathcal{F}_p} z_{pf} \leq \overline{F}_p \quad \forall p \quad \text{Expressão 24}$$

$$x_{pft} \geq 0 \quad \text{Expressão 25}$$

$$s_{plmt} \geq 0 \quad \text{Expressão 26}$$

$$z_{pf} \geq 0 \quad \text{Expressão 27}$$

$$y_f \geq 0 \quad \text{Expressão 28}$$

Com Expressão 29

$p \in \mathcal{P}, q \in \mathcal{Q}, f \in \mathcal{F}, c \in \mathcal{C}, t \in \mathcal{T}, m \in \mathcal{M}, l \in \mathcal{L}, u \in \mathcal{U}$

As variáveis de decisão do problema são as seguintes:

$x_{pft}$  quantidade de produto  $p$  fabricado no local de produção  $f$  durante o período  $t$

$z_{pf}$  variável binária; 1= produto  $p$  é fabricado no local de produção  $f$ ;

0= produto  $p$  não é fabricado no local de produção  $f$

$y_f$	variável binária; 1= local de produção $f$ produz; 0= local de produção $f$ não produz
$S_{plmt}$	quantidade de produto $p$ transportado na ligação $l$ (entre a origem $f$ (= local de produção) e o destino $c$ (=mercado de consumo/cliente) através do modo de transporte $m$ durante o período de tempo $t$ , ou seja, vendas do produto $p$ realizadas pelo local de produção $f$ para o mercado $c$ .

### 3.2.9.4 DADOS

Deverá ser tomado em conta que:

- Admite-se que os fornecedores, individualmente, têm capacidade produtiva suficiente para garantir as respetivas necessidades de aquisição adicionais da CALÇABEM
- Previsão de vendas, por tipo de produto e mercado;
- Estrutura do produto (BOM) dos produtos CALÇABEM MEN, CALÇABEM WOMEN E CALÇABEM KID (Figura 11, Figura 15 e Figura 16);
- Custos de transporte;
- Custos de produção e capacidades produtivas dos locais de produção alternativos. Admite-se capacidade de produção equivalentes entre as várias alternativas.
- Os atuais produtos CALÇABEM MEN e CALÇABEM WOMAN devem manter a sua produção nas instalações atuais, admitindo-se, no entanto, a solução de ampliação das instalações de modo a permitir absorver o expectável aumento de produção.

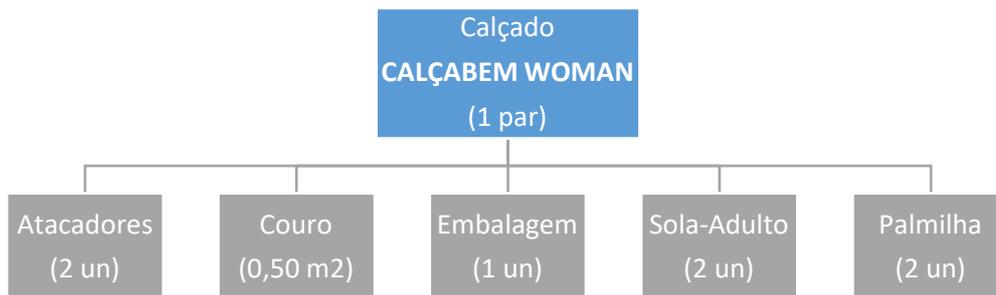


Figura 15 – Caso tipo 2: Estrutura do produto calçado CALÇABEM WOMEN (BOM)

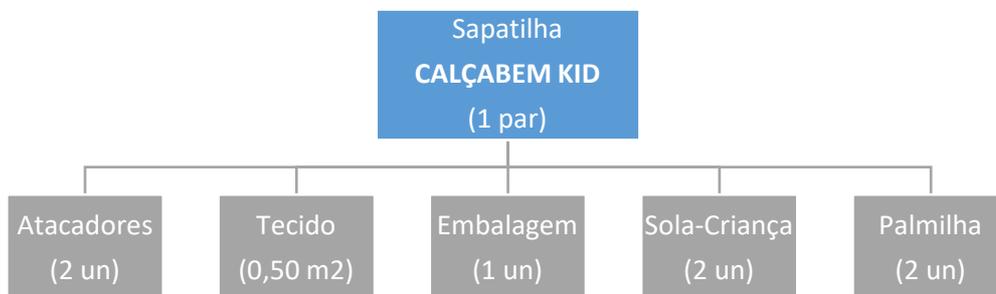


Figura 16 – Caso tipo 2: Estrutura do produto calçado CALÇABEM KID (BOM)

**Tabela 8** – Caso tipo 2: – Exemplo das vendas do último ano da CALÇABEM MEN e WOMAN. Previsão de vendas CALÇABEM KID

<b>Mercado</b>	<b>Localização</b>	<b>Calçado CALÇABEM MEN</b>	<b>Calçado CALÇABEM WOMEN</b>	<b>Calçado CALÇABEM KIDS*</b>
Mercado 1	França	200000	50000	20000
Mercado 2	Alemanha	150000	100000	10000
Mercado 3	Holanda	30000	40000	10000
Mercado 4	Espanha	35000	50000	20000
Mercado 5	Lisboa	20000	20000	5000
Mercado 6	Reino Unido	0	0	40000

**Tabela 9** – Caso tipo 2: Exemplo dos locais de produção alternativos pré-selecionados

<b>Designação</b>	<b>Localização</b>	<b>Capacidade máxima de produção total</b>	<b>Custo FIXO de instalação</b>	<b>Custo VARIÁVEL de instalação</b>
Sede	São João da Madeira	2000000	150 000,00 €	0,1000 €
Sede-Ampliação	São João da Madeira	2000000	150 000,00 €	0,1000 €
Sub Asia	China	2000000	150 000,00 €	0,1000 €
Sub Europa	Eslováquia	2000000	150 000,00 €	0,1000 €
Sub Portugal	Felgueiras	2000000	150 000,00 €	0,1000 €

### 3.2.9.5 RESULTADOS

O resultado da simulação do cenário em questão (custos de instalação semelhantes) indica a produção local/regional como sendo a mais vantajosa dada a sua proximidade dos mercados destinatários dos seus produtos.

**Tabela 10** – Caso tipo 2: Exemplo dos locais de produção seleccionados

<b>Produto</b>	<b>Local de produção</b>	<b>Quantidade</b>
CALÇABEM MEN	São João da Madeira	435000
CALÇABEM WOMAN	São João da Madeira	260000
CALÇABEM KIDS	São João da Madeira	100
CALÇABEM KIDS	Espanha	143150

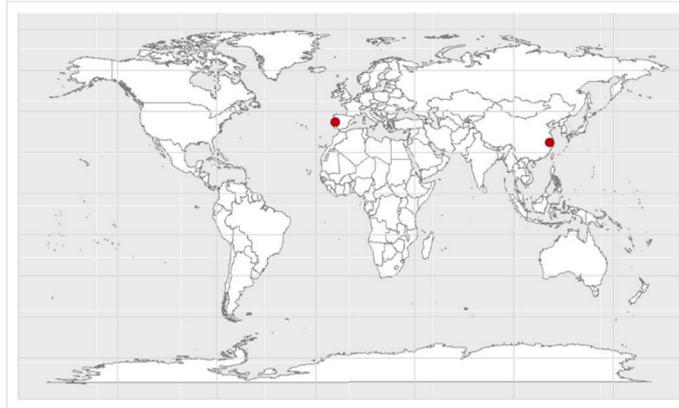


Figura 17 – Caso tipo 2: Exemplo da representação gráfica dos locais de produção

### 3.2.9.6 PRINCIPAIS ENSINAMENTOS A RETER

A realização de simulações ilustra que, admitindo a existência das mesmas condições relativo ao aprovisionamento dos componentes, a escolha do local de produção é fortemente influenciada pela localização dos mercados de destino dos produtos finais, o modo de transporte e os prazos de fornecimento a garantir.

### 3.2.10 CASO TIPO 3: REDE DE LOJAS – DISTRIBUIÇÃO

As vendas continuam a crescer e a procura do produto CALÇABEM KIDS superou as expectativas. Com o objetivo de a CALÇABEM ter uma presença mais próxima do cliente, bem como aumentar a rentabilidade do negócio, a administração da CALÇABEM decidiu avançar com a abertura de uma rede de lojas próprias no território nacional.

Posto isto, importa decidir sobre o modo como será assegurado o abastecimento das suas lojas de retalho encontrando-se sobre a mesa várias soluções alternativas, designadamente:

- Cenário 1. Configura a situação atual. Abastecimento direto das lojas a partir da fábrica, com recurso a frota própria. O reabastecimento será realizado semanalmente. De modo a racionalizar os recursos disponíveis foram criadas 4 rotas segundo as quais é assegurado o aprovisionamento das lojas com os seus produtos.

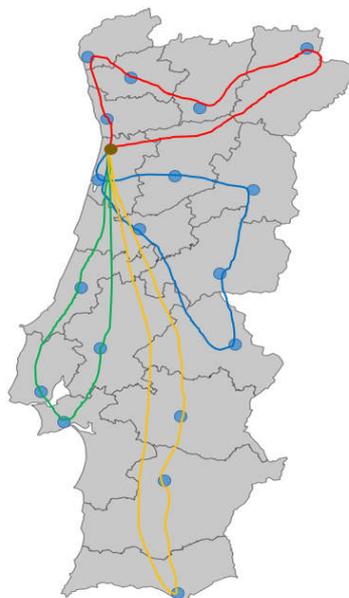


Figura 18 – Caso tipo 3 – Cenário 1: Exemplo das rotas de distribuição a partir da Sede

Tabela 11 – Caso tipo 3 – Cenário 1: Exemplo das rotas de distribuição a partir da Sede

Produto	Rota	Variável de decisão	Distância a percorrer (km)	Unidades por ano a aprovisionar
CALÇABEM MEN, CALÇABEM WOMAN, CALÇABEM KIDS	Rota Norte (Lojas do Porto, Viana do Castelo, Braga, Vila Real e Bragança)	$y_1$	638	39294
	Rota Centro interior (Lojas de Aveiro, Viseu, Guarda, Castelo Branco, Coimbra)	$y_2$	547	20988
	Rota Centro Litoral (Lojas de Leiria, Santarém, Lisboa e Setúbal)	$y_3$	701	47812
	Rota Sul (Lojas de Portalegre, Évora, Beja e Faro)	$y_4$	1122	10235

Cenário 2. Criação de um **centro de distribuição regional em Montijo**, abastecidos diretamente a partir da fábrica, com recurso a frota própria. A distribuição local até às lojas será igualmente realizada com recurso a frota própria. O reabastecimento do centro de distribuição será realizado semanalmente. O abastecimento das lojas a partir do centro de distribuição será igualmente realizado semanalmente. De modo a racionalizar os recursos disponíveis foram criadas 5 rotas segundo as quais é assegurado o aprovisionamento das lojas com os seus produtos:

Tabela 12 – Caso tipo 3 – Cenário 2: Exemplo das rotas de distribuição a partir da Sede e centro de distribuição regional localizado em Montijo

Produto	Rota	Variável de decisão $y_c$	Distância a percorrer (km)	Unidades por ano a aprovisionar
CALÇABEM MEN, CALÇABEM WOMAN, CALÇABEM KIDS	Rota Norte (Sede - Lojas do Porto, Viana do Castelo, Braga, Vila Real e Bragança)	$y_5$	638	39294
	Rota Centro Norte (Sede - Lojas de Aveiro, Viseu, Guarda, Coimbra)	$y_6$	388	19018
	Rota Centro Sul (CD Montijo - Lojas de Santarém, Leiria, Castelo Branco, e Portalegre)	$y_7$	628	13330
	Rota Grande Lisboa (CD Montijo - Lojas de Setúbal, Évora e Lisboa)	$y_8$	301	39402
	Rota Sul (Lojas de CD Montijo - Beja e Faro)	$y_9$	561	7284
	Sede - CD Montijo	$y_{10}$	600	60016

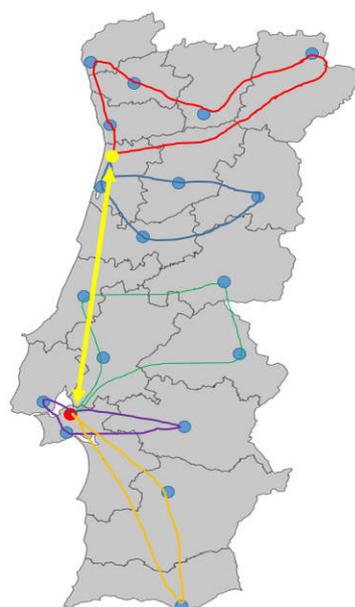
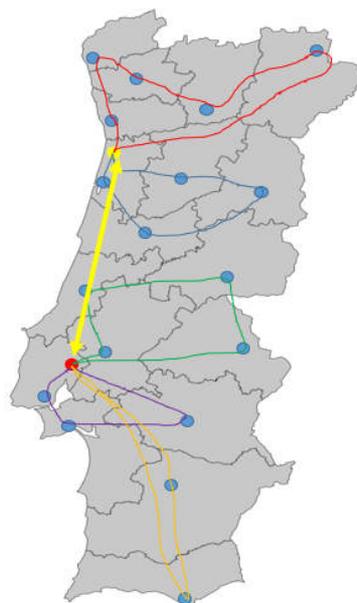


Figura 19 – Caso tipo 3 – Cenário 2: Exemplo das rotas de distribuição a partir da Sede e centro de distribuição regional localizado em Montijo

Cenário 3. Criação de um **centro de distribuição regional em Azambuja**, abastecidos diretamente a partir da fábrica, com recurso a frota própria. A distribuição local até às lojas será igualmente realizada com recurso a frota própria. O reabastecimento do centro de distribuição será realizado semanalmente. O abastecimento das lojas a partir do centro de distribuição será igualmente realizado semanalmente. De modo a racionalizar os recursos disponíveis foram criadas 5 rotas segundo as quais é assegurado o aprovisionamento das lojas com os seus produtos.



**Figura 20** – Caso tipo 3 – Cenário 3: Exemplo das rotas de distribuição a partir da Sede e centro de distribuição regional localizado em Azambuja

**Tabela 13** – Caso tipo 3 – Cenário 3: Exemplo das rotas de distribuição a partir da Sede e centro de distribuição regional localizado em Azambuja

Produto	Rota	Variável de decisão $\gamma_c$	Distância a percorrer (km)	Unidades por ano a aprovisionar
CALÇABEM MEN, CALÇABEM WOMAN, CALÇABEM KIDS	Rota Norte (Sede - Lojas do Porto, Viana do Castelo, Braga, Vila Real e Bragança)	$\gamma_{11}$	638	39294
	Rota Centro Norte (Sede - Lojas de Aveiro, Viseu, Guarda, Coimbra)	$\gamma_{12}$	388	15230
	Rota Centro Sul (CD Azambuja - Lojas de Santarém, Leiria, Castelo Branco, e Portalegre)	$\gamma_{13}$	628	13330
	Rota Grande Lisboa (CD Azambuja - Lojas de Setúbal, Évora e Lisboa)	$\gamma_{14}$	301	39402
	Rota Sul (CD Azambuja -Lojas de Beja e Faro)	$\gamma_{15}$	561	7284
	Sede - CD Azambuja	$\gamma_{16}$	512	60016

### 3.2.10.1 CENÁRIO 1: Seleção do modelo de distribuição com o menor custo de transporte (abastecimento semanal)

Sendo de esperar que nos próximos anos a tendência de evolução do número de vendas se mantenha inalterado face à dos anos anteriores nos mercados onde a CALÇABEM atua, a administração pretende decidir sobre o modelo de distribuição/abastecimento das suas lojas a adotar. Para tal pretende saber qual o modelo de transporte que representa o menor custo de transporte/ distribuição.

### 3.2.10.1.1 Decisão a tomar

Apoiar a gestão de topo na escolha do modelo de transporte mais vantajoso para a CALÇABEM, tendo como base os critérios custo e tempo.

Indicação do modelo de transporte que apresenta o menor custo, garantindo o aprovisionamento das lojas de retalho, com reposição semanal dos respetivos stocks. Deverá ser indicado o número de viaturas a adquirir e os transportes a contratar.

### 3.2.10.2 Objetivo pedagógico

Ilustrar os efeitos na escolha das rotas /modelo de distribuição no custo, ciclos de aprovisionamento e gestão de stocks, em função da procura, localização das lojas e modo de transporte.

#### 3.2.10.2.1 Modelo matemático do problema de programação linear inteiro

O modelo matemático do problema de programação linear é dado pelas seguintes expressões.

$$\min \alpha * [\sum VCSHIP_{plmt} * s_{plmt} + \sum FIXFC_f * y_f] + (1-\alpha) * [TDAYS_{s_{plmt}} * s_{plmt}] \quad \text{Expressão 30}$$

Sujeito a:

$$\sum_{l \in \mathcal{L}, c, m \in \mathcal{M}_l} s_{plmt} = DEMAND_{pct} \quad \forall c, p \in \mathcal{P}_c, t \quad \text{Expressão 31}$$

$$s_{plmt} \leq s_{plmt} \leq \bar{s}_{plmt} \quad \forall p, l, m \in \mathcal{M}_l, t. \quad \text{Expressão 32}$$

$$s_{plmt} \geq 0 \quad \text{Expressão 33}$$

$$y_f \geq 0 \quad \text{Expressão 34}$$

$$\sum_{f \in F} y_f = 1 \quad \text{Expressão 35}$$

$$\sum_{l \in \mathcal{L}, c, m \in \mathcal{M}_l} s_{plmt} = \sum_{l \in \mathcal{L}, c, m \in \mathcal{M}_l} y_c * DEMAND_{pct} \quad \forall c, p \in \mathcal{P}_c, t = 1 \quad \text{Expressão 36}$$

$$\sum_{l \in \mathcal{L}, c, m \in \mathcal{M}_l} s_{plmt} = TOTAL\_DEMAND_{pct} \quad \forall c, p \in \mathcal{P}_c, t = 1 \quad \text{Expressão 37}$$

$$y_f = \begin{cases} 1 & \text{ponto de partida } f \text{ é escolhido} \\ 0 & \text{ponto de partida } f \text{ não é escolhido} \end{cases} \quad \text{Expressão 38}$$

Com

$$p \in \mathcal{P}, c \in \mathcal{C}, t \in \mathcal{T}, m \in \mathcal{M}, l \in \mathcal{L}$$

As variáveis de decisão são as seguintes:

$y_f$  variável binária; = 1 quando o ponto de partida  $f$  é escolhido; =0 quando o ponto de partida  $f$  não é escolhido)

$s_{plmt}$  quantidade de produto  $p$  transportado na rota  $l$  através do modo de transporte  $m$  durante o período de tempo  $t$ .

### 3.2.10.2.1.1 Termos

Os termos relacionados com os custos, tempos e quantidades, entre outros, são os abaixo listados, apresentando-se para um melhor entendimento, a sua descrição assim como a rotina do código VBA correspondente que procede à leitura dos respetivos dados.

$DEMAND_{pct}$	Quantidade de produtos $p$ distribuídos pela rota $c$ durante o período $t$ ( <i>Nota: as rotas <math>c</math> deverão necessariamente ser pré-definidas, assim como a respetiva procura por rota a qual essencialmente corresponde ao somatório da procura das lojas integradas na respetiva rota de "aprovisionamento"</i> )	Rotina "LER_DADOS_DEMANDpct()"
$S_{plmt}$	Quantidade mínima de produto $p$ transportável na ligação $l$ (entre a origem $f$ (= local de produção) e o destino $c$ (=mercado de consumo/cliente) através do modo de transporte $m$ durante o período de tempo $t$ .	Rotina "LER_DADOS_Producao()"
$\bar{S}_{plmt}$	Quantidade máxima de produto $p$ transportável na ligação $l$ (entre a origem $f$ (= local de produção) e o destino $c$ (=mercado de consumo/cliente) através do modo de transporte $m$ durante o período de tempo $t$ .	Rotina "LER_DADOS_Producao()"
$VCSHIP_{plmt}$	Custo variável de transporte do produto $p$ na ligação $l$ (entre a origem $f$ (= local de produção) e o destino $c$ (=mercado de consumo/cliente) através do modo de transporte $m$ durante o período de tempo $t$	Rotinas "CALCULO_SHIPplmt()", "CALCULO_DIST_fc()", "LER_DADOS_TRANSPORT()"
FIXFCf	Custo fixo da instalação no local $f$	Rotina "LER_DADOS_LOC_f()"
$TDAYS_{plmt}$	Tempo de transporte do produto $p$ na ligação $l$ (entre a origem $f$ (= local de produção) e o destino $c$ (=mercado de consumo/cliente) através do modo de transporte $m$ durante o período de tempo $t$	Rotinas "CALCULO_SHIPplmt()", "CALCULO_DIST_fc()", "LER_DADOS_TRANSPORT()"

### 3.2.10.2.2 Dados

Deverá ser tomado em conta que:

- Previsão de vendas, por tipo de produto e loja;
- Os custos e tempos de transporte por tipo de transporte;
- Custos associados ao funcionamento de um centro de distribuição regional. Dever-se-á considerar os seguintes custos:
  - o Renda mensal de 3.000€ pelo armazém com capacidade de armazenamento de 6000 unidades de produto.
  - o Despesa anual de 36.000€ com o salário de dois funcionários responsáveis pelo funcionamento do centro de distribuição regional;
  - o Custo correntes de 200€/mês.
- Os centros de distribuição regional têm uma capacidade de armazenamento máximo de 2500un, quantidade correspondente a 2 semanas de vendas;
- Os produtos são produzidos nas instalações atuais, designadamente SEDE.

Tabela 14 – Caso tipo 3 : Exemplo dos custos e tempos de transporte unitários por tipo de transporte

Designação	Custo unitário [€ / (kg x km)]"	Tempo unitário [h / km]"	Capacidade [kg de transporte]"
Rodoviário - V 1m3	0,00897 €	0,011110	1200
Rodoviário - V 18,4m3	0,00410 €	0,014290	3000
Rodoviário - V 25,2m4	0,00077 €	0,014290	3500
Rodoviário - V 3m3	0,00040 €	0,012500	1600
Transportadora	0,00050 €	0,014290	3500

Tabela 15 – Caso tipo 3: Procura por produto e loja

Produto	Local de produção	Quantidade		
		Sapato HOMEM	Sapato SENHORA	Sapatilha CRIANÇA
Loja 1	Aveiro	4072	4072	4072
Loja 2	Beja	794	794	794
Loja 3	Bragança	702	702	702
Loja 4	Braga	4622	4622	4622
Loja 5	Castelo Branco	985	985	985
Loja 6	Coimbra	2706	2706	2706
Loja 7	Évora	872	872	872
Loja 8	Faro	2849	2849	2849
Loja 9	Guarda	837	837	837
Loja 10	Leiria	2802	2802	2802
Loja 11	Lisboa	14425	14425	14425
Loja 12	Portalegre	603	603	603
Loja 13	Porto	11986	11986	11986
Loja 14	Santarém	2275	2275	2275
Loja 15	Setúbal	4404	4404	4404
Loja 16	Viana do Castelo	1265	1265	1265
Loja 17	Vila Real	1072	1072	1072
Loja 18	Viseu	1894	1894	1894

### 3.2.10.2.3 Resultados

A simulação dos cenários em questão, indicam o cenário 1 como sendo o que apresenta os menores custos de transporte, ou seja, realizar o aprovisionamento das lojas diretamente a partir do local de produção “Sede”, sem recurso a depósitos temporários intermédios.

### 3.2.10.3 CENÁRIO 2: Seleção do modelo de distribuição com o menor custo (periodicidade do abastecimento variável)

A CALÇABEM realiza as operações de distribuição dos seus produtos a partir do seu armazém central, localizado nas instalações da Sede. O transporte a nível nacional é

realizado por quatro viaturas próprias, através das quais é assegurado o reabastecimento direto dos lojistas/retalhistas num prazo de cinco dias, pós-recebimento do pedido de encomenda. Excetuando situações pontuais de pico de encomendas, cada uma das quatro viaturas opera a distribuição aos retalhistas dos produtos da CALÇABEM em zonas distintas: Grande Porto, Norte, Centro/Grande Lisboa e Sul/Grande Lisboa. Apesar da resposta satisfatória a nível dos prazos de entrega, o sistema de distribuição atual da CALÇABEM comporta custos de transporte considerados elevados pela sua Administração fruto do envelhecimento da sua frota de camiões (idade média das viaturas de transporte superior a 15 anos) e da reduzida taxa de ocupação média das viaturas resultante da prioridade na garantia do prazo de resposta (entrega s semanais), em detrimento da racionalização de custos através de uma maior taxa de ocupação das viaturas.

#### 3.2.10.3.1 DECISÃO A TOMAR

Tendo como objetivo a redução de custos, através do aumento da taxa de ocupação das viaturas, os aprovisionamentos às lojas e centros de distribuição, serão orientados não pela periodicidade semanal, mas sim pelas necessidades das lojas e o máximo aproveitamento das viaturas, estipulando uma taxa de ocupação alvo de 95%.

Perante esse cenário, deverá ser escolhida a melhor opção de renovação da frota entre as seguintes hipóteses:

- **Opção 1:** viatura com volume de transporte de 3m<sup>3</sup>.
- **Opção 2:** viatura com volume de transporte de 6m<sup>3</sup>.
- **Opção 3:** viatura com volume de transporte de 11m<sup>3</sup>.

#### 3.2.10.4 OBJETIVO PEDAGÓGICO

Ilustrar os efeitos da escolha das rotas e do modelo de distribuição nos custos, ciclos de aprovisionamento e gestão de stocks, em função da procura, localização das lojas e modo de transporte.

##### 3.2.10.4.1 Modelo matemático do problema de programação linear inteiro

O modelo matemático do problema de programação linear é dado pelas expressões apresentadas para o cenário 1 (Expressão 31 a Expressão 38) e as variáveis de decisão são as mesmas descritas no capítulo 3.2.10.2.13.2.10.2.1.1 . Os termos relacionados com os custos, tempos e quantidades, entre outros, são os mesmos do cenário 1 (capítulo 3.2.10.2.1.1).

##### 3.2.10.5 DADOS

Os dados de entrada são os indicados no cenário anterior, tendo ainda em consideração a taxa de ocupação das viaturas pré-estabelecida.

3.2.10.5.1 Opção 1: Taxa de ocupação 100% - Veículo com Volume de transporte de 3m3 (capacidade máxima de 250 un/transporte):

3.2.10.5.1.1 Veículo tipo



**Figura 21** – Exemplo do veículo tipo com 3m3 de volume de carga): Mercedes-Benz Citan Furgão (Mercedes-Benz, 2019)

Custo de aquisição: 11.000€/un

Custo de transporte (€/un/km): 0,0010080 €/km/un

Necessidades de aquisição 3 viaturas

Investimento: 33.000€ (amortização a 4 anos)

Motorista (25.000€/ano/motorista): 75.000€

Custo operacionais (combustível, portagens, manutenção): 41.101,14 € /ano

Custo anuais estimados (incluindo amortização): **124.351,14€**

Investimento inicial: **33.000€**

**Tabela 16** – Caso tipo 3 – Cenário 2 – Opção 1: Ciclos de aprovisionamento de veículo com volume de transporte para 3m<sup>3</sup> (aproximadamente 250 un/transporte)

Produto	Local de produção	Unidades por transporte	Ciclo de aprovisionamento	Capacidade mínima do armazém
Rota 1	Rota Norte (Lojas do Porto, Viana do Castelo, Braga, Vila Real e Bragança)	250	2 dias	1000
Rota 2	Rota Centro interior (Lojas de Aveiro, Viseu, Guarda, Castelo Branco, Coimbra)	250	4 dias	
Rota 3	Rota Centro Litoral (Lojas de Leiria, Santarém, Lisboa e Setúbal)	250	2 dias	
Rota 4	Rota Sul (Lojas de Portalegre, Évora, Beja e Faro)	250	9 dias	
Rota 5	Rota Norte (Sede - Lojas do Porto, Viana do Castelo, Braga, Vila Real e Bragança)	250	2 dias	500
Rota 6	Rota Centro Norte (Sede - Lojas de Aveiro, Viseu, Guarda, Coimbra)	250	5 dias	
Rota 7	Rota Centro Sul (CD Montijo - Lojas de Santarém, Leiria, Castelo Branco, e Portalegre)	250	7 dias	
Rota 8	Rota Grande Lisboa (CD Montijo - Lojas de Setúbal, Évora e Lisboa)	250	2 dias	
Rota 9	Rota Sul (Lojas de CD Montijo - Beja e Faro)	250	13 dias	
Rota 10	Rota Norte (Sede - Lojas do Porto, Viana do Castelo, Braga, Vila Real e Bragança)	250	2 dias	500
Rota 11	Rota Centro Norte (Sede - Lojas de Aveiro, Viseu, Guarda, Coimbra)	250	6 dias	
Rota 12	Rota Centro Sul (CD Azambuja - Lojas de Santarém, Leiria, Castelo Branco, e Portalegre)	250	7 dias	
Rota 13	Rota Grande Lisboa (CD Azambuja - Lojas de Setúbal, Évora e Lisboa)	250	2 dias	
Rota 14	Rota Sul (CD Azambuja - Lojas de Beja e Faro)	250	13 dias	
Rota 15	Rota Norte (Lojas do Porto, Viana do Castelo, Braga, Vila Real e Bragança)	250	2 dias	750
Rota 16	Rota Centro interior (Lojas de Aveiro, Viseu, Guarda, Castelo Branco, Coimbra)	250	2 dias	750

### 3.2.10.5.1.2 Resultado

Os resultados da simulação encontram-se representados na

**Tabela 16** do Anexo e apontam para a necessidade de aquisição de 3 viaturas. A capacidade de armazenamento exigida aos centros de distribuição regionais é muito reduzida, pelo que não se prevê haver necessidade da sua existência podendo e devendo o armazenamento ser assegurado pelas próprias lojas.

3.2.10.5.2 Opção 2: Taxa de ocupação 100% - Veículo com Volume de transporte de 6m<sup>3</sup> (capacidade máxima de 500 unidades/transporte):

3.2.10.5.2.1 Veículo tipo



**Figura 22** – Exemplo do veículo tipo com 6m<sup>3</sup> de volume de carga: Mercedes-Benz Vito Furgão (Mercedes-Benz, 2019)

Custo de aquisição: 18.000€/un

Custo de transporte (€/un/km): 0,0007560 €/km/un

Necessidades de aquisição 2 viaturas

Investimento: 36.000€ (amortização a 4 anos)

Motorista (25.000€/ano/motorista): 50.000€

Custo operacionais (combustível, portagens, manutenção): 30 825,86 €/ano

Custo anuais estimados (incluindo amortização): **89.825,86€**

Investimento inicial: **36.000€**

**Tabela 17** – Caso tipo 3 – Cenário 2 – Opção 2: Veículo com volume de transporte para 6m3 (aproximadamente 500 un/transporte)

Produto	Local de produção	Unidades por transporte	Ciclo de aprovisionamento	Capacidade mínima do armazém
Rota 1	Rota Norte (Lojas do Porto, Viana do Castelo, Braga, Vila Real e Bragança)	500	5 dias	2000
Rota 2	Rota Centro interior (Lojas de Aveiro, Viseu, Guarda, Castelo Branco, Coimbra)	500	9 dias	
Rota 3	Rota Centro Litoral (Lojas de Leiria, Santarém, Lisboa e Setúbal)	500	4 dias	
Rota 4	Rota Sul (Lojas de Portalegre, Évora, Beja e Faro)	500	18 dias	
Rota 5	Rota Norte (Sede - Lojas do Porto, Viana do Castelo, Braga, Vila Real e Bragança)	500	5 dias	1000
Rota 6	Rota Centro Norte (Sede - Lojas de Aveiro, Viseu, Guarda, Coimbra)	500	10 dias	
Rota 7	Rota Centro Sul (CD Montijo - Lojas de Santarém, Leiria, Castelo Branco, e Portalegre)	500	14 dias	
Rota 8	Rota Grande Lisboa (CD Montijo - Lojas de Setúbal, Évora e Lisboa)	500	5 dias	
Rota 9	Rota Sul (Lojas de CD Montijo - Beja e Faro)	500	25 dias	
Rota 10	Rota Norte (Sede - Lojas do Porto, Viana do Castelo, Braga, Vila Real e Bragança)	500	5 dias	1000
Rota 11	Rota Centro Norte (Sede - Lojas de Aveiro, Viseu, Guarda, Coimbra)	500	12 dias	
Rota 12	Rota Centro Sul (CD Azambuja - Lojas de Santarém, Leiria, Castelo Branco, e Portalegre)	500	14 dias	
Rota 13	Rota Grande Lisboa (CD Azambuja - Lojas de Setúbal, Évora e Lisboa)	500	5 dias	
Rota 14	Rota Sul (CD Azambuja -Lojas de Beja e Faro)	500	25 dias	
Rota 15	Rota Norte (Lojas do Porto, Viana do Castelo, Braga, Vila Real e Bragança)	500	3 dias	1500
Rota 16	Rota Centro interior (Lojas de Aveiro, Viseu, Guarda, Castelo Branco, Coimbra)	500	3 dias	1500

### 3.2.10.5.2.2 Resultado

Os resultados da simulação encontram-se representados na **Tabela 17** do Anexo e apontam para a necessidade de aquisição de 2 viaturas. A capacidade de armazenamento exigida aos centros de distribuição regionais é muito reduzida, pelo que

não se prevê haver necessidade da sua existência podendo e devendo o armazenamento ser assegurado pelas próprias lojas.

### 3.2.10.5.3 Opção 3: Taxa de ocupação 100% - Veículo com Volume de transporte de 11m<sup>3</sup> (capacidade máxima de 1250 un/transporte):

#### 3.2.10.5.3.1 Veículo tipo



**Figura 23** – Exemplo do veículo tipo com 11m<sup>3</sup> de volume de carga: Mercedes-Benz Sprinter Furgão (Mercedes-Benz, 2019)

Custo de aquisição: 40.000€/un

Custo de transporte (€/un/km): 0,0004032 €/km/un

Necessidades de aquisição 1 viatura

Investimento: 40.000€ (amortização a 4 anos)

Motorista (25.000€/ano/motorista): 25.000€

Custo operacionais (combustível, portagens, manutenção, motorista): 16 440,46 €/ano

Custo anuais estimados (incluindo amortização): **51.440,46€**

Investimento inicial: **40.000€**

**Tabela 18** – Caso tipo 3 – Cenário 2 – Opção 3:: Veículo com volume de transporte para 11m3 (aproximadamente 1250 un/transporte)

Produto	Local de produção	Unidades por transporte	Ciclo de aprovisionamento	Capacidade mínima do armazém
Rota 1	Rota Norte (Lojas do Porto, Viana do Castelo, Braga, Vila Real e Bragança)	1250	12 dias	5000
Rota 2	Rota Centro interior (Lojas de Aveiro, Viseu, Guarda, Castelo Branco, Coimbra)	1250	22 dias	
Rota 3	Rota Centro Litoral (Lojas de Leiria, Santarém, Lisboa e Setúbal)	1250	10 dias	
Rota 4	Rota Sul (Lojas de Portalegre, Évora, Beja e Faro)	1250	45 dias	
Rota 5	Rota Norte (Sede - Lojas do Porto, Viana do Castelo, Braga, Vila Real e Bragança)	1250	12 dias	2500
Rota 6	Rota Centro Norte (Sede - Lojas de Aveiro, Viseu, Guarda, Coimbra)	1250	24 dias	
Rota 7	Rota Centro Sul (CD Montijo - Lojas de Santarém, Leiria, Castelo Branco, e Portalegre)	1250	34 dias	
Rota 8	Rota Grande Lisboa (CD Montijo - Lojas de Setúbal, Évora e Lisboa)	1250	12 dias	
Rota 9	Rota Sul (Lojas de CD Montijo - Beja e Faro)	1250	63 dias	
Rota 10	Rota Norte (Sede - Lojas do Porto, Viana do Castelo, Braga, Vila Real e Bragança)	1250	12 dias	2500
Rota 11	Rota Centro Norte (Sede - Lojas de Aveiro, Viseu, Guarda, Coimbra)	1250	30 dias	
Rota 12	Rota Centro Sul (CD Azambuja - Lojas de Santarém, Leiria, Castelo Branco, e Portalegre)	1250	34 dias	
Rota 13	Rota Grande Lisboa (CD Azambuja - Lojas de Setúbal, Évora e Lisboa)	1250	12 dias	
Rota 14	Rota Sul (CD Azambuja -Lojas de Beja e Faro)	1250	63 dias	
Rota 15	Rota Norte (Lojas do Porto, Viana do Castelo, Braga, Vila Real e Bragança)	1250	8 dias	3750
Rota 16	Rota Centro interior (Lojas de Aveiro, Viseu, Guarda, Castelo Branco, Coimbra)	1250	8 dias	3750

### 3.2.10.5.3.2 Resultados

Os resultados da simulação encontram-se representados na **Tabela 18** do Anexo e apontam para a necessidade de aquisição de 1 viatura. A capacidade de armazenamento exigida aos centros de distribuição regionais é muito reduzida, pelo que não se prevê haver necessidade da sua existência podendo e devendo o armazenamento ser assegurado pelas próprias lojas.

### 3.2.10.6 Conclusão

Atendendo ao investimento inicial, os custos operacionais anuais assim como a segurança de não rotura de stocks, a opção 3 (veículo de 11m<sup>3</sup>) afigura-se como sendo a melhor opção. No entanto, deverá ser salvaguardado a existência nas lojas de espaço de armazenamento suficiente para fazer face aos maiores ciclos de entrega, que em alguns casos poderá ir até aos 63 dias (2 meses).

### 3.2.10.7 PRINCIPAIS ENSINAMENTOS A RETER

Através da simulação de vários cenários variando rotas, modos de transporte, ciclos de aprovisionamento e capacidades de armazenamento disponíveis, será possível ilustrar a influência da variação das mesmas no modelo de distribuição recomendável, inclusive nos custos, necessidades de armazenamento e otimização de rotas de distribuição.

Tendencialmente, ciclos de aprovisionamento curtos significam maiores necessidades de meios de distribuição (viaturas), menores taxas de ocupação das viaturas e, por conseguinte, maiores custos operacionais/transporte. Por outro lado, ciclos maiores de aprovisionamento resultam na economia de custos de transporte, no entanto, implica a instalação de capacidade de armazenamento adequado (regionais ou locais) para garantir a não ocorrência de rotura de stocks do produto final.

### 3.2.11 CASO TIPO 4: PREVISÕES

A administração da CALÇABEM pretende delinear o plano de investimentos para o próximo ano, tendo em vista preparar a empresa para os desafios futuros e fortalecer a sua posição nos mercados. Nesse sentido, e de modo a determinar o volume de investimento necessário aos objetivos estabelecidos, necessita de saber a previsão da evolução do mercado do calçado para o próximo ano e, por conseguinte, o número de vendas expectável para referido período.

#### 3.2.11.1 DESAFIO

Deverá prever o número de vendas expectável para o próximo ano assim como analisar se:

- A capacidade produtiva instalada é suficiente face às necessidades produtivas;
- A previsão do custo de abastecimento em função dos cenários estimados.

#### 3.2.11.2 OBJETIVO PEDAGÓGICO

Ilustrar os efeitos na previsão de vendas/procura, em função da escolha do método de previsão e da qualidade dos dados disponíveis.

#### 3.2.11.3 Modelo matemático do problema de programação linear inteiro

O caso em questão integra os casos anteriores, designadamente na determinação das previsões de venda (procura) de cada um dos casos e cenários expostos nos capítulos Desenvolvimento de um jogo sério de gestão da cadeia de abastecimento Carlos Manuel Silva Mirra

anteriores. Por essa razão e pelo fato de se tratar de métodos de previsão não constituindo um problema de programação linear apresentar-se-á de seguida somente as suas formulações matemáticas.

#### 3.2.11.4 Regressão Linear Simples

$$y = a + bT$$

Em que T é o período de tempo.

Os valores das constantes a e b obtêm-se através das seguintes expressões:

$$a = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

#### 3.2.11.5 Método de Alisamento – Amortecimento Exponencial

$$F_t = \alpha A_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1}$$

Onde:

$F_t$  é a previsão para o período t;

$F_{t-1}$  é a previsão para o período t-1;

$\alpha$  é a constante de amortecimento ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ).

##### 3.2.11.5.1 Dados

Deverá ser tomado em conta que:

- Dada as garantias de fornecimento e qualidade registados com os fornecedores atuais, o “MIX” de fornecedores deverá garantir que 100% das aquisições sejam feitas aos fornecedores atuais;
- Admite-se que os fornecedores têm capacidade produtiva suficiente para garantir as respetivas necessidades de aquisição da CALÇABEM;
- Admite-se a seleção de um parceiro único por componente;
- Estrutura do produto (BOM);
- Os custos de transporte devem ser considerados;
- Os prazos de fornecimento devem ser considerados;
- Atendendo à grande sazonalidade dos produtos todo o processo produtivo e logístico baseia-se na filosofia just-in-time, e a política de zero stocks.
- Deverá escolher os métodos de previsão mais adequado entre os três métodos pré-selecionados: Regressão Linear Simples, Método Ingénua e Método de Alisamento Exponencial.

Tabela 19 – Caso tipo 4 - Cenário 1 – Exemplo do histórico de vendas dos últimos 5 anos, por mercado e produto

Mercado	Localização	Ano -5	Ano -4	Ano -3	Ano -2	Ano -1
Mercado 1	França	200000	210000	190000	185000	190000
Mercado 2	Alemanha	150000	160000	165000	180000	195000
Mercado 3	Holanda	30000	40000	45000	40000	44000
Mercado 4	Espanha	35000	50000	40000	41000	22000
Mercado 5	Lisboa	20000	19000	21000	22000	21000
Mercado 6	Reino Unido	5000	8000	15000	45000	55000

Tabela 20 – Caso tipo 4 - Cenário 2 – Exemplo do histórico de vendas dos últimos 3 anos, por mercado e produto

Mercado	Localização	Ano -5	Ano -4	Ano -3	Ano -2	Ano -1
Mercado 1	França	-	-	190000	185000	190000
Mercado 2	Alemanha	-	-	165000	180000	195000
Mercado 3	Holanda	-	-	45000	40000	44000
Mercado 4	Espanha	-	-	40000	41000	22000
Mercado 5	Lisboa	-	-	21000	22000	21000
Mercado 6	Reino Unido	-	-	15000	45000	55000

### 3.2.11.5.2 Resultados

O resultado da simulação do cenário em questão estabelece como fornecedores mais favoráveis em função dos critérios pré-estabelecidos e do método de previsão de evolução das vendas os seguintes (Figura 24 a Figura 28):

- a) **Método de previsão: Regressão Linear Simples (consideradas as vendas dos últimos 5 anos)**

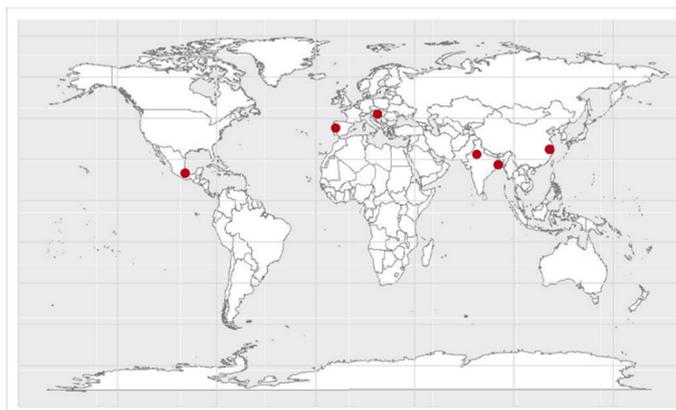


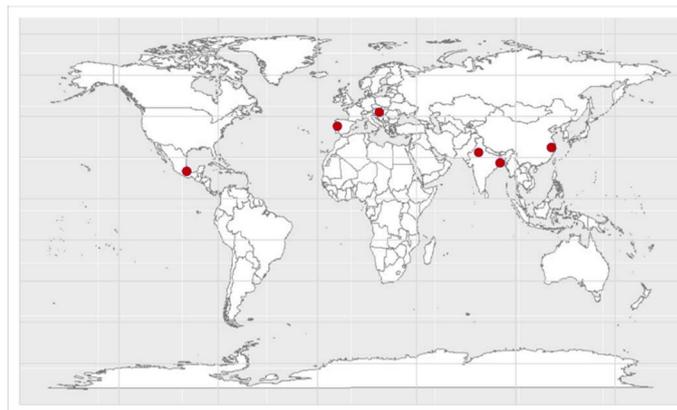
Figura 24 – Caso tipo 4: Exemplo da representação gráfica da localização dos fornecedores seleccionados (Regressão Linear Simples, consideradas as vendas dos últimos 5 anos)

A simulação indica um custo de referência do abastecimento (aquisição e transporte) de 4,71 € em média por unidade de produto.

**b) Método de previsão: Método Ingénuo**

**Figura 25** – Caso tipo 4– Cenário 1: Exemplo da representação gráfica da localização dos fornecedores seleccionados (Método Ingénuo)

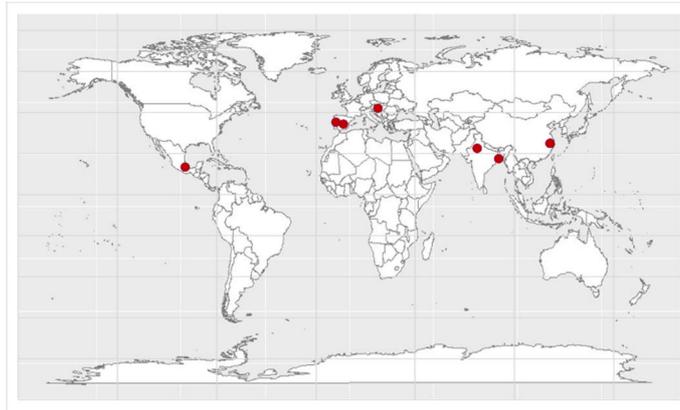
A simulação indica um custo de referência do abastecimento (aquisição e transporte) de 4,70 € em média por unidade de produto.

**c) Método de previsão: Método de Alisamento Exponencial ( $\alpha=0,80$ ) (consideradas as vendas dos últimos 5 anos)**

**Figura 26** – Caso tipo 4 – Cenário 1: Exemplo da representação gráfica da localização dos fornecedores seleccionados (Método de Alisamento Exponencial, consideradas as vendas dos últimos 5 anos)

A simulação indica um custo de referência do abastecimento (aquisição e transporte) de 4,81 € em média por unidade de produto.

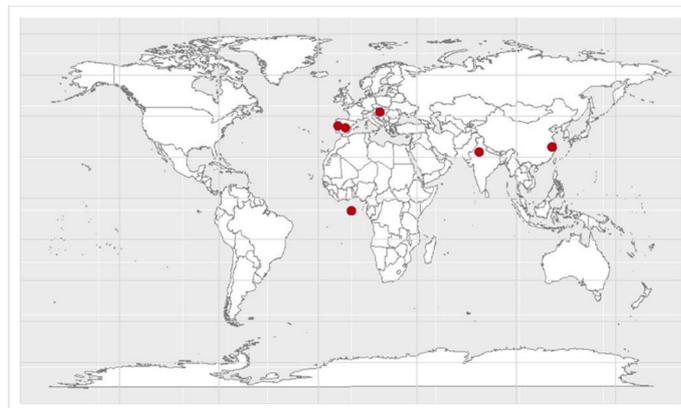
**d) Método de previsão: Regressão Linear Simples (consideradas as vendas dos últimos 3 anos)**



**Figura 27** – Caso tipo 4: Exemplo da representação gráfica da localização dos fornecedores seleccionados (Regressão Linear Simples ,consideradas as vendas dos últimos 3 anos)

A simulação indica um custo de referência do abastecimento (aquisição e transporte) de 4,37 € em média por unidade de produto.

**e) Método de previsão: Método de Alisamento Exponencial ( $\alpha=0,80$ ) (consideradas as vendas dos últimos 3 anos)**



**Figura 28** – Caso tipo 4 – Cenário 1: Exemplo da representação gráfica da localização dos fornecedores seleccionados (Método de Alisamento Exponencial, consideradas as vendas dos últimos 3 anos)

A simulação indica um custo de referência do abastecimento (aquisição e transporte) de 4,36 € em média por unidade de produto.

### 3.2.11.6 Conclusão

Os diferentes métodos de previsão podem levar à pressuposição de evoluções de vendas diferentes, que poderão levar a recomendações diferentes para a tomada de decisão, entre outros, na escolha dos fornecedores (Figura 24 a Figura 28).

A qualidade do registo de dados disponíveis ou a quantidade de dados tidos em conta (por exemplo os anos de vendas considerados), influenciam significativamente as previsões futuras e, em última análise, a decisão a tomar.

A qualidade das previsões poderá igualmente ter um impacto considerável nos custos de aprovisionamento (Tabela 21).

**Tabela 21** – Variação da previsão de vendas e dos custos de aprovisionamento em função do método de previsão adotado e anos de registo de vendas considerados

Mercado	Considerados dados dos últimos 5 anos			Considerados dados dos últimos 3 anos		Intervalo de variação face ao último registo	
	Regressão Linear Simples	Método Ingénuo	Método de Alisamento Exponencial	Regressão Linear Simples	Método de Alisamento Exponencial	Quantidade	%
Mercado 1	181500	190000	189280	188333	187680	8500	4%
Mercado 2	203000	195000	191296	210000	190080	19920	10%
Mercado 3	48200	44000	43334	42000	43040	6200	14%
Mercado 4	27100	22000	25805	16333	25440	10767	49%
Mercado 5	22100	21000	21139	21333	20992	1108	5%
Mercado 6	82200	55000	51738	80000	51680	30520	55%
Custo médio do aprovisionamento (€/un de produto final)	4,71	4,70	4,81	4,37	4,36	0,45	10%

### 3.2.11.7 Principais ensinamentos a reter

Através da simulação de vários cenários, recorrendo a diferentes métodos de previsão da procura e variando, quer no tempo, quer em quantidades, os dados referentes ao historial das vendas, permitirá ilustrar a influência na tomada de decisão dos fatores qualidade dos dados disponíveis e seleção do método de previsão.

### 3.2.12 COMBINAÇÃO DOS CASOS E CENÁRIOS TIPO

A conjugação dos vários casos e cenários tipo permitirão simular situações mais complexas da cadeia de abastecimento de modo a demonstrar o efeito combinado na cadeia de abastecimento dos vários aspetos abordados individualmente.

Esta possibilidade poderá introduzir maior complexidade na simulação de determinados cenários, aproximando-os da ainda mais dos panoramas reais.

# CONCLUSÕES

## 4.1 CONCLUSÕES

## 4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS



## 4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

### 4.1 CONCLUSÕES

O modelo GSCM consiste num modelo matemático que incorpora as principais variáveis que influenciam o desempenho de uma cadeia de abastecimento. Por forma a aligeirar o modelo e torná-lo mais facilmente solucionável algumas variáveis de decisão e restrições contidas no modelo completo, tais como o armazenamento de componentes, assim como as considerações de natureza fiscal, não foram integrados no jogo.

Foi desenvolvida uma plataforma de jogo em ambiente Excel, através do recurso ao código VBA e folhas de cálculo, que, considerando os dados de entrada, permite solucionar diversos cenários da cadeia de abastecimento na indústria do calçado e assim simular e perceber o efeito da variação de determinadas condicionantes, tais como os fatores de custo e tempo, na otimização/modelação da cadeia de abastecimento.

### 4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Os trabalhos futuros passarão necessariamente pelo aprimoramento da plataforma de jogo, tornando-a de mais fácil utilização, intuitiva e com grafismo mais apelativo.

Propõem-se igualmente a integração de fatores não considerados nesta fase, tais como a gestão económica dos stocks e o seu efeito na cadeia de abastecimento, o roteamento dos transportes de distribuição, os impactos na cadeia de abastecimento resultante de uma evolução de vendas diferente da prevista/estimada, custos da não-qualidade do fornecimento, entre outros.

Novos cenários deverão ser estudados de modo a permitir a demonstração do impacto de outros fatores (tais como a gestão de stocks) no desempenho e custo das cadeias de abastecimento. O desenvolvimento de casos mais complexos através da conjugação criteriosa de vários casos e cenários abordados isoladamente será igualmente objeto de trabalhos futuros.



**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES  
DE INFORMAÇÃO**



## 5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- APICCAPS – Associação Portuguesa dos Industriais de Calçado, Componentes, A. de P. e seus S. (2018). *Monografia Estatística - Cluster do calçado 2018*. Retrieved from [www.apiccaps.pt](http://www.apiccaps.pt)
- APICCAPS – Associação Portuguesa dos Industriais de Calçado, Componentes, A. de P. e seus S. (2019). *Foot Grafia, Dinâmica do Sector do Calçado*.
- Arisha, A., & Crowe, J. (2011). *Learning by Gaming : Supply Chain Management Learning by Gaming : Supply Chain Management*.
- Arntzen, B. C., Brown, G. G., Harrison, T. P., & Trafton, L. L. (1995). Global Supply Chain Management at Digital-Equipment-Corporation. *Interfaces*, Vol. 25, pp. 69–93. <https://doi.org/10.1287/inte.25.1.69>
- Backlund, P., & Hendrix, M. (2013). Educational games-are they worth the effort? A literature survey of the effectiveness of serious games. *Games and Virtual Worlds for Serious Applications, 2013 5th International Conference*, (December). <https://doi.org/10.1109/VS-GAMES.2013.6624226>
- Beamon, B. (1998). Supply chain design and analysis:: Models and methods. *International Journal of Production Economics*, 55(1), 281–294. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00079-6](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00079-6)
- Boyle, E. A., Hainey, T., Connolly, T. M., Gray, G., Earp, J., Ott, M., ... Pereira, J. (2016). An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games. *Computers and Education*, 94(November 2015), 178–192. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.003>
- Chang, Y. C., Chen, W. C., Yang, Y. N., & Chao, H. C. (2009). A flexible web-based simulation game for production and logistics management courses. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 17(7), 1241–1253. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2009.04.009>
- Christopher, M., & Peck, H. (2004). *International Journal of Logistics Management* , 15(2), 1–13. <https://doi.org/10.1080/13675560600717763>
- Crespo de Carvalho, José; Pimentel, D. C. (2013). *Logística e gestão da cadeia de Abastecimento*.
- de Smale, S., Overmans, T., Jeurig, J., & van de Grint, L. (2015). The effect of simulations and games on learning objectives in tertiary education: A systematic review. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9599(November), 506–516. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-40216-1\\_55](https://doi.org/10.1007/978-3-319-40216-1_55)
- Farahani, R. Z., Rezapour, S., Drezner, T., & Fallah, S. (2014). Competitive supply chain network design: An overview of classifications, models, solution techniques and applications. *Omega (United Kingdom)*, 45, 92–118. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2013.08.006>
- Garcia, D. J., & You, F. (2015). Supply chain design and optimization: Challenges and opportunities. *Computers and Chemical Engineering*, 81, 153–170. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2015.03.015>
- Guillén-Nieto, V., & Aleson-Carbonell, M. (2012). Serious games and learning effectiveness: The case of It's a Deal! *Computers and Education*, 58(1), 435–448. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.015>
- Hammami, R., & Frein, Y. (2014). Redesign of global supply chains with integration of transfer pricing: Mathematical modeling and managerial insights. *International Journal of Production Economics*, 158, 267–277. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.08.005>
- Katsaliaki, K., Mustafee, N., & Kumar, S. (2014). A game-based approach towards facilitating decision making for perishable products: An example of blood supply chain. *Expert Systems with Applications*, 41(9), 4043–4059. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.12.038>

- Mercedes-Benz. (2019). Mercedes-Benz - Veículos comerciais ligeiros. Retrieved from Mercedes-Benz.pt/vans website: <https://www.mercedes-benz.pt/vans/pt>
- Michael Alexander, D. K. (2013). Excel® 2016 Power Programming with VBA. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). John Wiley & Sons, Inc.
- Mula, J., Peidro, D., Díaz-Madroñero, M., & Vicens, E. (2010). Mathematical programming models for supply chain production and transport planning. *European Journal of Operational Research*, 204(3), 377–390. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.09.008>
- Oliveira, J. B., Lima, R. S., & Montevechi, J. A. B. (2016). Perspectives and relationships in Supply Chain Simulation: A systematic literature review. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 62, 166–191. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2016.02.001>
- Önkal, D., & Aktas, E. (2005). *Supply Chain Flexibility : Managerial Implications*.
- OpenSolver. (2018). OpenSolver API Reference. Retrieved from OpenSolver API Reference Reference documentation for OpenSolver 2.9.0 (2018.02.21) website: <https://opensolver.org/opensolver-api-reference/>
- Pasin, F., & Giroux, H. (2011). The impact of a simulation game on operations management education. *Computers and Education*, 57(1), 1240–1254. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.12.006>
- Perea Muñoz, L., Herrero, V., & Clause, A. (2013). Modelo De Demanda Para Simuladores Interactivos De Cadenas De Suministro. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 9(5), 320–336.
- Petridis, P., Hadjicosta, K., Guang, V. S., Dunwell, I., Baines, T., Bigdeli, A., ... Uren, V. (2015). State-of-the-art in Business Games. *International Journal of Serious Games*, 2(1), 55. <https://doi.org/10.17083/IJSG>
- Portuguese, A., Footwear, C. and, Manufacturers', L. G., & Association. (2019). *2019, Facts & Numbers*. Retrieved from [www.apiccaps.pt](http://www.apiccaps.pt)
- Qian, M., & Clark, K. R. (2016). Game-based Learning and 21st century skills: A review of recent research. *Computers in Human Behavior*, 63, 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.023>
- Riedel, J. C. K. H., & Hauge, J. B. (2011). State of the art of serious games for business and industry. *2011 17th International Conference on Concurrent Enterprising*, (Ice), 1–8.
- Rocha, R. V. da, Bittencourt, I. I., & Isotani, S. (2015). *Análise, Projeto, Desenvolvimento e Avaliação de Jogos Sérios e Afins: uma revisão de desafios e oportunidades*. (Sbie), 692. <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2015.692>
- Sangari, M. S., Razmi, J., & Zolfaghari, S. (2015). Developing a practical evaluation framework for identifying critical factors to achieve supply chain agility. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 62, 205–214. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.11.002>
- Sargent, R. G. (2010). Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference B. Johansson, S. Jain, J. Montoya-Torres, J. Hagan, and E. Yücesan, eds. *Simulation*, (2001), 135–150. <https://doi.org/10.1109/WSC.2010.5679148>
- Tobail, A., & Arisha, A. (2013). Integrated Framework to Optimise Decisions : Supply Chain Serious Game (AUSUM). *Proceedings of EurOMA 2013*, (June), 9–12.
- Vlachopoulos, D., & Makri, A. (2017). The effect of games and simulations on higher education: a systematic literature review. In *International Journal of Educational Technology in Higher Education* (Vol. 14). <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0062-1>
- Wood, L., & Reiners, T. (2012). Gamification in logistics and supply chain education: Extending active learning. *IADIS International Conference on Internet Technologies & Society 2012*, 2012, 101–108. Retrieved from <https://aut.researchgateway.ac.nz/handle/10292/6202>
- Wouters, P., van der Spek, E. D., & van Oostendorp, H. (2009). Current practices in serious game research: A review from a learning outcomes perspective. ... *Effective Practices*, 232–250. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-360-9>





**ANEXOS**



## 6 ANEXOS

PRODUTOS			Caso 1	Peso unitário (kg)	min Fp	max Fp	Armazenamento - Unidade Equivalente
ID	Designação	Unidade					
1	Calçado HOMEM	par		1,62	1	1	3

Figura 29 – Exemplo do formulário de introdução do dados referente aos produtos

LISTA COMPONENTES			Caso 1	Peso unitário (g/unidade)	Preço referência (€)	Prazo referência (dias)	Armazenamento - Unidade Equivalente	min Fq	max Fq
ID	Designação	Unidade							
xq1	Atacadores	un		10 g/un	0,18 €		1,00	1	3
xq2	Couro	m2		2000 g/m2	3,30 €		1,00	1	3
xq3	Embalagem	un		100 g/un	0,50 €		1,00	1	3
xq4	Palmita	un		200 g/un	2,00 €		1,00	1	3
xq5	Sola-Adulto	un		300 g/un	4,00 €		1,00	1	3
xq6	Sola-Criança	un		200 g/un	2,00 €		1,00	1	3
xq7	Tecido	un		400 g/m2	3,00 €		1,00	1	3

Figura 30 – Exemplo do formulário de introdução do dados referente aos componentes

Estrutura / Nomenclatura do produto				Caso 1			
ID	Produto	Componente	Unidade	Qtd	Peso específico (g/un)	Produto Final	Peso (g)
1	Calçado HOMEM	Atacadores	un	2,000	10 g/un		20 g/un
2	Calçado HOMEM	Couro	m2	0,500	2000 g/un		1000 g/un
3	Calçado HOMEM	Embalagem	un	1,000	100 g/un		100 g/un
4	Calçado HOMEM	Sola-Adulto	un	1,000	300 g/un		300 g/un
5	Calçado HOMEM	Palmita	un	1,000	200 g/un		200 g/un

Figura 31 – Exemplo do formulário de introdução do dados referente à estrutura dos produtos (BOM)





Fornecedor do componente q		Caso 1		Componente		Capacidade máxima de produção		Custo de aquisição (por unidade)		Prazo de fornecimento		Quantidade mínima de encomenda		Quantidade máxima de encomenda		Latitude		Longitude (confirmar)		Custo de posse (por unidade)		Stock inicial de q	
ID	Fornecedor	Localização	País				Capacidade máxima de produção [kg/ano] ou [un/ano]	VPCOSTqUt [€/un]	PDAYSqimt [dias]	min_xqU [un]	max_xqU [un]	Latitude	Longitude	Hc_qUt [€/un]	hqU0 [un]								
1	Fornecedor Atacadores 1	Felgueiras	Portugal		Atacadores	150000	0,25 €	30			150000	41,366200	-8,199360	0,25 €									
2	Fornecedor Atacadores 2	China			Atacadores	300000	0,10 €	90			300000	31,222220	121,458060	0,10 €									
3	Fornecedor Atacadores 3	Eslováquia			Atacadores	200000	0,20 €	30			200000	48,148160	17,106740	0,20 €									
4	Fornecedor Atacadores 4	India			Atacadores	300000	0,10 €	90			300000	28,666670	77,216670	0,10 €									
5	Fornecedor Atacadores 5	México			Atacadores	200000	0,15 €	90			200000	19,427318	-99,141869	0,15 €									
6	Fornecedor Couro 1	Coruche			Couro	75000	4,00 €	30			75000	38,950000	-7,483333	4,00 €									
7	Fornecedor Couro 2	Bangladesh			Couro	150000	1,00 €	90			150000	23,728783	90,393791	1,00 €									
8	Fornecedor Couro 3	Polónia			Couro	100000	2,50 €	60			100000	52,229770	21,011780	2,50 €									
9	Fornecedor Couro 4	Camboja			Couro	150000	1,00 €	90			150000	104,888535	11,562108	1,00 €									
10	Fornecedor Couro 5	Brasil			Couro	100000	1,60 €	90			100000	-23,547500	-46,636110	1,60 €									
11	Fornecedor Embalagem 1	Felgueiras	Portugal		Embalagem	150000	0,50 €	30			150000	41,366200	-8,199360	0,50 €									
12	Fornecedor Embalagem 2	China			Embalagem	300000	0,10 €	90			300000	31,222220	121,458060	0,10 €									
13	Fornecedor Embalagem 3	Alemanha			Embalagem	200000	0,35 €	45			200000	52,524370	13,410530	0,35 €									
14	Fornecedor Embalagem 4	Reino Unido			Embalagem	300000	0,35 €	45			300000	51,508530	-0,125740	0,35 €									
15	Fornecedor Embalagem 5	Espanha			Embalagem	200000	0,30 €	30			200000	40,416500	-3,702560	0,30 €									
16	Fornecedor Palmilha 1	Felgueiras	Portugal		Palmilha	150000	3,00 €	30			150000	41,366200	-8,199360	3,00 €									
17	Fornecedor Palmilha 2	China			Palmilha	300000	1,00 €	90			300000	31,222220	121,458060	1,00 €									
18	Fornecedor Palmilha 3	Alemanha			Palmilha	200000	2,00 €	45			200000	52,524370	13,410530	2,00 €									
19	Fornecedor Palmilha 4	India			Palmilha	300000	1,00 €	90			300000	28,666670	77,216670	1,00 €									
20	Fornecedor Palmilha 5	Italia			Palmilha	200000	2,00 €	45			200000	41,894743	12,481142	2,00 €									
21	Fornecedor Sola-Adulto 1	Felgueiras	Portugal		Sola-Adulto	150000	4,00 €	30			150000	41,366200	-8,199360	4,00 €									
22	Fornecedor Sola-Adulto 2	China			Sola-Adulto	300000	1,50 €	90			300000	31,222220	121,458060	1,50 €									
23	Fornecedor Sola-Adulto 3	Espanha			Sola-Adulto	200000	3,00 €	30			200000	40,416500	-3,702560	3,00 €									
24	Fornecedor Sola-Adulto 4	India			Sola-Adulto	300000	1,50 €	90			300000	28,666670	77,216670	1,50 €									
25	Fornecedor Sola-Adulto 5	Bélgica			Sola-Adulto	200000	2,80 €	90			200000	50,846735	4,349919	2,80 €									

Figura 35 – Exemplo do formulário de introdução do dados referente aos fornecimentos

Local da Procura c				Caso 1		DEMANDpct				
Local da Procura c				Latitude	Longitude					
ID	Designação	Localização	País	Latitude	Longitude	Sapato HOMEM				
1	Mercado 1	França	França	43,60426	1,44367	190000				
2	Mercado 2	Alemanha	Alemanha	52,52437	13,41053	195000				
3	Mercado 3	Holanda	Holanda	52,37403	4,88969	44000				
4	Mercado 4	Spain	Portugal	38,80000	-8,61667	22000				
5	Mercado 5	Lisboa	Portugal	38,71686	-9,13987	21000				

Figura 36 – Exemplo do formulário de introdução do dados referente à procura

ID	Designação	m_tot= 4				
		Custo unitário [€ / (kg x km)]	Tempo unitário [h / km]	Capacidade [ kg de transporte]	Sigla	Capacidade [ unidade de transporte]
1	Aéreo	0,00030 €	0,001250	250	a	250
2	Ferroviário	0,00004 €	0,016670	34000	f	34000
3	Marítimo	0,00002 €	0,039030	34000	m	34000
4	Rodoviário	0,00015 €	0,011110	1200	r	1200

Figura 37 – Exemplo do formulário de introdução do dados referente aos modos de transporte

Variável	Valor	Componente	Fornecedor	Custo unitário	Prazo de Fornecimento	Modo Transporte
x11	477150					
sp1-11-2	191900					
sp1-12-2	196950					
sp1-13-2	44440					
sp1-14-3	22440					
sp1-15-3	21420					
sq1-11-4	150000	Atacadores	Felgueiras	0,25 €	30 d	Rodoviário
sq1-12-3	300000	Atacadores	China	0,10 €	90 d	Marítimo
sq1-13-2	4300	Atacadores	Eslováquia	0,20 €	30 d	Ferrovário
sq1-14-3	300000	Atacadores	India	0,10 €	90 d	Marítimo
sq1-15-3	200000	Atacadores	México	0,15 €	90 d	Marítimo
sq2-17-3	150000	Couro	Bangladesh	1,00 €	90 d	Marítimo
sq2-19-3	88575	Couro	Camboja	1,00 €	90 d	Marítimo
sq3-112-3	300000	Embalagem	China	0,10 €	90 d	Marítimo
sq3-115-4	177150	Embalagem	México	0,15 €	90 d	Rodoviário
sq4-117-3	300000	Palmilha	Bangladesh	1,00 €	90 d	Marítimo
sq4-119-3	177150	Palmilha	Camboja	1,00 €	90 d	Marítimo
sq5-122-3	177150	Sola-Adulto	China	0,10 €	90 d	Marítimo
sq5-124-3	300000	Sola-Adulto	India	0,10 €	90 d	Marítimo
Restantes variáveis = 0						

Figura 38 – Exemplo da apresentação dos resultados



