

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Dissertação de Mestrado em Design Industrial

Os benefícios de uma abordagem de *Human-Centered Design* no desenvolvimento de um Reboque Agrícola

Aluno: Duarte Campos Costa Lima

Orientação: Prof. Jorge A. Lino
Coorientação: Prof. António J. Gomes

Porto, Outubro de 2013

Agradecimentos

Aos meus orientadores, o Professor Doutor Jorge Lino e o Professor António Gomes, pela disponibilidade e contributo na organização e condução do trabalho, sem os quais a elaboração desta dissertação não seria possível.

À Herculano SA e ao Eng.º Daniel Matias, pela pronta e dedicada colaboração em visitas às instalações e fornecimento de amostras de material e informação essenciais ao trabalho desenvolvido.

À SSAB, ao Eng.º Joaquim Monteiro e Eng.º José Saavedra, pelo fornecimento de material e convite para visita à siderurgia da SSAB em Oxelösund e assistir *ao Swedish Steel Prize 2012* em Estocolmo.

Aos profissionais de venda de máquinas agrícolas Luís Campos, da *Campos e Dias*; Paulo Carneiro, da *16 Irmãos*; José Mateus, da *Mateus*; Manuel Ribeiro, da *Reptractor*; Manuel Costa, da *Varziagro*. Pela colaboração em demonstrações e entrevistas relativas a máquinas e reboques agrícolas.

Aos profissionais agrícolas Rafael Afonso Joaquim Ribeiro da *Agritães* e José Carlos da *Matias e Silva*, pela disponibilidade e colaboração em entrevistas e demonstração do funcionamento de reboques agrícolas.

Aos alunos de Engenharia Mecânica André Leite e Marco Alves, pelo seu contributo na análise dos aços utilizados.

Aos meus pais, familiares e amigos, pelo seu apoio.

Resumo

A mecanização está na base da evolução da prática agrícola, sobretudo em países desenvolvidos. Durante o séc. XX a atividade agrícola de uma forma global, transformou-se tendencialmente de produção familiar, minifundiária de policulturas, para produção empresarial, especializada, latifundiária de monoculturas. Esta mudança continua a fazer-se sentir e traz consigo a necessidade da permanência de inovação de soluções capazes de dar resposta à produção massificada de uma forma eficaz.

O reboque agrícola (RA) enquanto equipamento principal para o transporte agrícola é um produto com inovação de forte motivação tecnológica, com evolução no último século proporcionada essencialmente pela transição de madeira para metal, introdução do sistema hidráulico, melhorias estruturais e de suspensão.

A presente dissertação desdobra-se por um lado no levantamento do universo de reboques agrícolas ao agregar com alguma profundidade o universo tipológico existente, colmatando a carência verificada de documentos que façam este trabalho. Por outro lado serve-se do RA como objeto de estudo para a fase preliminar de projeto no desenvolvimento de um RA de taipal, tendo em conta uma abordagem de design centrada no utilizador, sustentada pelo *Human Centered Design (HCD)*. Através de um trabalho de campo focado em três *stakeholders* do produto, são identificadas necessidades e é feita a transição para requisitos essenciais ao projeto a desenvolver, com o objetivo de melhorar aspetos cuja motivação tecnológica por vezes não identifica como a usabilidade, estabilidade e aspeto visual do RA.

Por fim é proposta e ensaiada a aplicação de aços de alta resistência em alternativa aos aços convencionais utilizados. Esta mudança pode trazer benefícios de diminuição do peso do reboque e das suas componentes, com aumento dos níveis de dureza, limite elástico e de rotura do aço, assim como simplificação de produção, com a redução de material empregue e diminuição de necessidade soldaduras.

Paravras chave: Reboque agrícola; design industrial; mecanização agrícola; HCD; usabilidade; aços de alta resistência

Abstract

Along the 20th century the agriculture sector has shifted from family owned small sized farms with polycultural production, to corporate owned larger sized farms with specialized productions. This change increased the demand of mechanized solutions for agricultural practices and it is still happening in countries like Portugal.

Agricultural trailers are the main transport equipment, a product with typically technology driven innovation, where along the last century the main changes were the transition of the material from wood to metal, the introduction of hydraulic system and improvements on the structure and suspension of the trailer.

The lack of information on agricultural trailers made this dissertation to have the purpose to be a document that can be helpful on further investigations by collecting data on agricultural trailers and gather typological information.

On the other hand the agricultural trailer is a case study for the first stage of development of innovations on the product, based on a Human Centered Design approach. With a strong field research component, inputs on three stakeholders: producer, seller and users, lead to a group of identified problems related with usability, stability and visual aspect, that at the end become specifications for the project.

Lastly it is proposed and tested the use of high strength steel instead of normal steel on the trailers, with benefits by higher toughness and tensile limit levels, where the weight of the trailer can be diminished and production can be simplified, with less material used and less necessity of welding.

Keywords: Agricultural trailer; industrial design; mechanized agriculture; HCD; usability

Índice Geral

0. Introdução.....	13
0.1 Motivação.....	14
0.2 Objetivos.....	15
0.3 Estrutura.....	16
1. Agricultura e Mecanização Agrícola.....	18
1.1 Panorama Agrícola.....	19
1.1.1 Internacional.....	19
1.1.2 Nacional.....	25
1.2 Mecanização Agrícola: Evolução e Contributo.....	30
1.2.1 O Trator.....	31
1.2.2 As Alaias Agrícolas e Automotrizes	35
1.2.3 O Reboque Agrícola.....	51
2. Referências e Metodologias.....	78
2.1 Autores e Conceitos de Referência	79
2.1.1 Inovação	79
2.1.2 <i>Human-Centered Design</i>	85
2.2 Metodologias de Desenvolvimento de Produto.....	90
2.2.1 Engineering Design Methods: Strategies for Product Design.....	90
2.2.2 Product Design and Development.....	94
3. Trabalho Experimental.....	99
3.1 Pré-projeto de um reboque agrícola.....	100
3.1.1 Planeamento	102
3.2.1 Desenvolvimento de Conceito	108
3.2.1 Aços de Alta Resistência.....	131
4. Resultados	137
Conclusões.....	140
Anexos	142
Bibliografia.....	146
Fonte de figuras.....	148

Índice de gráficos

Gráfico 1. Importância do setor agrícola no Produto Interno Bruto [PIB] de vários países em 2012.....	19
Gráfico 2. Distribuição mundial dos setores económicos em 2012.....	20
Gráfico 3. Crescimento da procura mundial de Cereal no período entre 1964 e 2030.....	20
Gráfico 4. Comércio externo em 2010 de produtos provenientes da agricultura na UE.....	22
Gráfico 5. Distribuição da SAU por explorações em Portugal.....	26
Gráfico 6. Distribuição das principais culturas nas explorações agrícolas portuguesas.....	27
Gráfico 7. Distribuição de tratores por potência em cavalos, em explorações agrícolas em Portugal, entre 1999 e 2009.....	35
Gráfico 8. Quadro de motivações de inovação segundo Verganti e Norman [39].....	81
Gráfico 9. Relação entre tara e capacidade de carga útil em peso entre modelos de taipal e monocoque.....	109
Gráfico 10. Relação entre tara e capacidade de carga útil em volumetria entre modelos monocoque, taipal e modelo a desenvolver.	110
Gráfico 11. Comparação de estabilidade e versatilidade entre modelos de taipal e monocoque.....	114
Gráfico 12. Comparação de aspeto e preço entre modelos de taipal e monocoque.....	116
Gráfico 13. Hierarquização das preocupações principais dos stakeholders.....	128
Gráfico 14. Ensaio de tração aço S 235 JR.....	133
Gráfico 15. Ensaio de tração do aço S 335 JR.....	134
Gráfico 16. Ensaio de tração do aço Domex 700 MC.....	134

Índice de figuras

Figura 1. Estrutura da dissertação	17
Figura 2. Três tipos de produtos agrícolas provenientes de soja: Commodity (grão), intermediário (farinha) e final (leite).....	21
Figura 3. Cima: Empregabilidade no sector agrícola na UE em 2010	24
Figura 4. Três tipos de terrenos agrícolas: Arável, cultura permanente e pasto	25
Figura 5. Distribuição das explorações agrícolas em Portugal em 2009	26
Figura 6. Distribuição de culturas em Portugal.....	28
Figura 7. Utensílios agrícolas da Idade do Ferro (1400 – 200 AC) de aprox. 200 AC encontrados em Inglaterra	31
Figura 8. Trator <i>Fordson F</i> (1917-1928) o primeiro trator compacto a gasolina.....	32
Figura 9. <i>Ford N</i> (1939-1954), o primeiro modelo <i>Ford</i> com sistema hidráulico de engate de três pontos (dir.).....	32
Figura 10. Trator John Deere B (1935-1938) (esq.) e A (1938–1952) desenhado por Henry Dreyfuss	33
Figura 11. Exemplos de veículos especializados: Pulverizador <i>John Deere</i> (esq.) e vindimador <i>New Holland</i> (dir.).....	33

Figura 12. Interior de um trator John Deere 8r de 2012, (esq.) e comandos com ecrã para monitorização por GPS (dir.).....	34
Figura 13. Trator com alfaia traseira (arado) e dianteira (carregador frontal)	35
Figura 14. Tomada de força ou PTO traseira de um trator	36
Figura 15. Ligação e comandos hidráulicos de alfaia para colocação de postes.....	36
Figura 16. Diferentes tipos de alfaias para preparação de solo (esq. para dir.): Arado, grade de discos e fresa	38
Figura 17. Reboque espalhador de estrume <i>Rolland</i> (esq.); reboque pulverizador de pesticidas ou fertilizantes <i>John Deere</i> (dir.)	38
Figura 18. Semeadora <i>Suntyne</i> de 1938 e <i>InoBrezice</i> de 2012.....	39
Figura 19. Patente de máquina para recolha de beterraba de 1913.....	40
Figura 20. Alfaia <i>Dewulf</i> de 2010 para colheita de cenoura.....	40
Figura 21. Recolector frontal <i>Estupiña</i> de 2011 com vibrador e tela extensível para apanha de azeitona.....	40
Figura 22. Baixo-relevo do séc. II de uma ceifeira de cereal do período Galo-Romano, encontrada em 1958 na Bélgica.....	41
Figura 23. Ceifeira-debulhadora: esquema de funcionamento (esq.) e durante a colheita de trigo (dir.).....	42
Figura 24. Gadanheira condicionadora de arrasto lateral a ceifar erva, formando cordões (esq.) e funcionamento das lâminas com sistema de propulsão condicionada da erva.....	43
Figura 25. Ceifeira automotriz <i>Krone</i> de 2011	43
Figura 26. Ancinhos rotativos <i>Claas</i> (esq.) e <i>Case</i> (dir.) para acondicionamento em fileiras de forragem ceifada.....	43
Figura 27. Máquina de 1911 para recolha de forragem <i>John Deere</i>	44
Figura 28. Recolha de forragem (esq. para dir.): alfaia, autocarregadora e ensiladora automotriz.....	44
Figura 29. Autocarregadora <i>Krone</i> de 2011	45
Figura 30. Em cima ensiladora de 2012 <i>John Deere</i> com cabeça de milho e quatro cabeças: erva/feno (superior) e milho (três inferiores). Em baixo ensiladora <i>Claas</i> de 2012 com três cabeças diferentes: cortador de erva (esq.), erva cortada (meio) e milho (dir.)	45
Figura 31. Armazenamento de silagem (esq. para dir.): silo metálico, fardos plastificados, enterrado no solo	46
Figura 32. Empilhamento de feno após a malha de cereal em aldeia minhota. Fotografia da “Revista Portuguesa” (1903-1924) edição de 29 de junho de 1914.....	46
Figura 33. Enfardadora <i>Case</i> de 1933.....	47
Figura 34. Enfardadora de fardos paralelepípedicos <i>Case</i> de 1953: Recolha, extrusão e aplicação de arame no fardo sem intervenção humana.....	47
Figura 35. Enfardadora cilíndrica em funcionamento (cima), descarga e plastificação (baixo)	48
Figura 36. Fardos paralelepípedicos: Enfardadora <i>Claas</i> de 2012 (esq.) e transporte/arrumação	48
Figura 37. Caixa de carga <i>Galucho</i>	49
Figura 38. Ceifeira-debulhadora: <i>Volvo S830</i> de 1967 (cima) <i>John Deere S660</i> de 2012 (baixo).....	50
Figura 39. Soluções de transporte precedentes à existência da roda: animais (esq.) e trenós (dir.).....	52
Figura 40. Vaso de Bronocice de 3500 aC, registo mais antigo conhecido de reboque agrícola	52

Figura 41. Brinquedos de 2500 aC descobertos na cidade de <i>Harappa</i> , cidade da civilização do Vale-do-Indo: Carroça de tração animal (esq.) carro de tração humana (dir.).....	53
Figura 42. Baixo-relevo de carroça romana de bois, para transporte de barris de vinho (esq.) e fragmentos de rodas com reforços metálicos, datados do séc. I, descobertos em <i>Neupotz</i> , Alemanha (dir.).....	53
Figura 43. Construção de carroças no séc. XVIII, segundo <i>Encyclopedie</i> vol. 2b de <i>Diderot</i> e <i>D'Alembert</i> editada em 1763	54
Figura 44. Carroça de aproximadamente 1905 (esq.) e carroça <i>Piedmont</i> de 1877 (dir.).....	55
Figura 45. Reboque agrícola de aprox. 1945, com pneus, taipais de madeira, chassi e rodas de aço.....	55
Figura 46. Primeiro modelo de reboque de caixa fechada (monocoque) de aço da fabricante francesa <i>Le Boulch</i> de 1958 (esq.); Trator <i>Volvo BM 650</i> de 1970 e reboque de taipais de madeira e chassi e rodas de aço (dir.).....	56
Figura 47. Composição de reboque agrícola de taipais	57
Figura 48. Semirreboque (esq.) e Reboque (dir.).....	58
Figura 49. Trator com reboques <i>Strautmann</i> de 2012.....	58
Figura 50. Semirreboque basculante <i>Brantner</i> com um eixo e 1.9t / 1 m ³ CCU (esq.); semirreboque <i>Herculano</i> de um eixo e 10t / 12 m ³ CCU (centro); reboque <i>Oehler</i> com três eixos e 17.5t / 27.5 m ³ CCU (dir.)	60
Figura 51. Abertura de taipais laterais (esq. para dir.): <i>Stronga</i> 24t/26 m ³ ; <i>Pronar</i> 13t/19.5 m ³ ; <i>Farmtech</i> 13.3t / 17 m ³	61
Figura 52. Exemplos de fechos mecânicos de taipais (esq. para dir.): lateral simples <i>Herculano</i> , lateral simples com mola <i>Rolland</i> e fecho inferior centralizado <i>Brantner</i>	61
Figura 53. Semirreboque monocoque: <i>Chieftain</i> com boquete para cereal (esq.); <i>Fliegl</i> 12t / 13.7 m ³ CCU (centro); <i>Oehler</i> 25t / 24 m ³ CCU (dir.).....	62
Figura 54. Semirreboque monocoque: <i>Record</i> 24t/32 m ³ CCU com taipal suplementar a descarregar silagem (esq.); <i>Jeantil</i> 14.8t / 12 m ³ CCU com cobertura (centro e dir.)	63
Figura 55. Semirreboque monocoque de construção civil: <i>Joskin</i> 27t / 13.9 m ³ CCU; <i>Jeantil</i> 22t / 11.6 m ³ (dir.)	64
Figura 56. Semirreboque para silagem: <i>Annaburger</i> 24t/55 m ³ ; Interior de caixa com tapete deslizante	65
Figura 57. Semirreboque florestal: <i>Ferrel</i> 11.3t CCU (esq.); <i>Lasco</i> 8t CCU (dir.).....	65
Figura 58. Semirreboque para transporte animal: <i>Joskin</i> com rampa (esq.); <i>Le Boulch</i> com sistema hidráulico de inclinação para facilitar entrada/saída dos animais (dir.)	66
Figura 59. Semirreboques de plataforma: <i>Marshall</i> rebaixado 8t CCU (esq.); <i>Rolland</i> 20t CCU (centro e dir.).....	67
Figura 60. Semirreboques para transporte de veículos: <i>Pronar</i> 14.7 t CCU (esq.); <i>Chieftain</i> 15.8t CCU (dir.)	68
Figura 61. Semirreboque <i>Lair</i> 17t e 24 m ³ CCU com quadro em aço e taipais em alumínio (esq.); <i>Benalu</i> 26t e 38 m ³ CCU, totalmente construído em alumínio (dir.).....	69
Figura 62. Semirreboque de taipal com chassi em aço galvanizado <i>Fliegl</i> 9.2t / 10 m ³ CCU (esq.);.....	70

Figura 63. Comparação entre dois reboques monocoque (esq. para dir.): Modelo da fabricante inglesa <i>Marston</i> em aço de alta resistência Domex com 18t/23.4 m ³ CCU e 6700 kg de tara;	
Modelo da fabricante francesa <i>Gilibert</i> com 17.3t/21.3 m ³ e 6400 kg de tara.	71
Figura 64. Comparação entre dois reboques monocoque de construção civil (esq. para dir.):	
Modelo da fabricante inglesa <i>Cheiftain</i> em aço de alta resistência Hardox com 25t / 13.5 m ³ CCU com 5000kg de tara; Modelo da fabricante francesa <i>Rolland</i> com 21t/13.7 m ³ e 8000kg de tara.	71
Figura 65. Sistema modular de braço hidráulico: Montagem da caixa <i>Stronga</i> (esq.);	
Transporte de veículos de construção civil em modelo <i>Rolland</i> (dir.).....	73
Figura 66. Sistema de caixa fixa <i>Joskin</i> : montagem de caixa para silo (esq.) e família de caixas disponíveis, silo, cisterna e monocoque (dir.)	74
Figura 67. Semirreboque hortícola: <i>Delocroix 14t CCU</i> (esq.); <i>Rolland 12t CCU</i> acomodação de caixas de legumes sobre paletes (dir.)	75
Figura 68. Pirâmide de inovações segundo Rampino [40].....	82
Figura 69. Inovação pela usabilidade: sistema arrumação modular <i>Samba</i> , da fabricante suíça <i>Peka System AG</i> de 2009.....	83
Figura 70. Universo de <i>stakeholders</i> a ter em conta pela equipa de DP segundo K. Krippendorff [49].....	87
Figura 71. Distinção entre HCD e UOD. Adaptado de L. Kitson [50].....	88
Figura 72. Diagrama de inovação segundo empresa IDEO	89
Figura 73. Sete etapas da metodologia de DP proposta por Cross [51]	91
Figura 74. Árvore de objetivos proposta por Cross, diagrama com hierarquia vertical [51].....	91
Figura 75. Atributos e características no desenvolvimento de produto.....	93
Figura 76. Esquema das seis etapas da metodologia de DP proposta por Ulrich e Eppinger [52]	94
Figura 77. Da informação recolhida no utilizador à definição da especificação.....	96
Figura 78. Etapas adoptadas das metodologias de Ulrich, Eppinger e Cross [51], [52].....	101
Figura 79. Árvore de objetivos com objetivos principais, secundários, terciários e quaternários.....	107
Figura 80. Exemplos de sistema de fechos de taipais de RA	111
Figura 81. Fecho centralizado e molas para apoio da elevação de taipal	112
Figura 82. Esq: Vedante polimérico entre a caixa e o taipal traseiro para minimização de perdas de carga e ruído em circulação. Dir.: vedante polimérico para minimização de acumulação de detritos na caixa, após descarga lateral.	113
Figura 83. Exemplos de RA monocoque no gráfico 11 (esq. para dir.):.....	115
Figura 84. Exemplos de RA de taipal no gráfico 11 (esq. para dir.):.....	115
Figura 85. Exemplos de RA monocoque do gráfico 12 (esq. para dir.):.....	116
Figura 86. Exemplos de RA de taipal do gráfico 12 (esq. para dir.):.....	117
Figura 87. Reboques Herculano: Taipal 16 t / 21.6 m ³ (esq.); Monocoque 16t / 18 m ³ CCU.....	118
Figura 88. Linha de montagem de reboques de taipal na fábrica da Herculano.....	119
Figura 89. RA com visita de utilizador (esq. para dir.): Modelo Rates com caixa e taipais de aço, 1.85 t CCU, carga de madeira; Modelo Reboal com caixa de aço e taipais de madeira, 2.5t CCU, carga de feno; Modelo monocoque Rocha com caixa de aço, taipal suplementar de aço, 12t / 21 m ³ CCU, para carga de silo e estrume.	121

Figura 90. União do trator com o RA, através da subida do gancho do trator e engate na argola do RA	122
Figura 91. Dificuldade na visibilidade sobre a zona de união	122
Figura 92. Travão de segurança (esq.) e descanso manual (dir.).....	123
Figura 93. Montagem dos taipais na caixa	123
Figura 94. Degrau pivotante para auxílio de subida para a caixa, no exterior e interior	124
Figura 95. Reboque carregado com madeira, com taipal traseiro aberto.....	124
Figura 96. Sujidade acumulada dificulta visualização das luzes e matrícula (esq.) e refletores	125
Figura 97. Localização das luzes em zona de descarga (cima) e em zona distanciada da zona de descarga (baixo)	125
Figura 98. Tipos de fechos rudimentares causadores de ruído em circulação.....	126
Figura 99. Abertura do taipal traseiro para descarga (dir.) e sujidade acumulada nos manípulos horizontais de abertura do taipal traseiro.....	127
Figura 100. Mapa de ação do RA de taipal.....	129
Figura 101. Análise da microestrutura (ver anexo).....	132
Figura 102. Provetes antes do ensaio (dir.) e após o ensaio de tração (dir.).....	133
Figura 103. Ensaio dilatométrico do aço S235 JR.....	135
Figura 104. Ensaio dilatométrico do aço S335 JR.....	135
Figura 105. Ensaio dilatométrico do aço Domex 700 MC.....	136
Figura 106. Abordagem de HCD, desenvolvimento de produto no centro dos <i>stakeholders</i>	138

Glossário

Anaeróbio: Que se desenvolve, vive ou pode viver fora do contacto com o ar ou com o oxigénio

Agricultura Extensiva: Caracterizada pelo uso controlado de fertilizantes e pesticidas, em extensões de grandes proporções, normalmente praticada em produção animal

Agricultura Intensiva: Caracterizada pelo uso intensivo de maquinaria, fertilizantes e pesticidas, com o objetivo de produzir o máximo de culturas, no menor espaço possível

Arreio: Conjunto de peças que servem para prender um animal a uma carroça

Automotriz: Feminino de automotor. Que produz o seu próprio movimento

Baldio: Terreno inculto, não cultivado

Báscula: Sistema formado por uma parte que se move sobre um ponto fixo permitindo levantar uma extremidade

Chassi: Estrutura de aço que suporta o motor e a carroçaria de um veículo

Cultura arvense: Cultura cujo ciclo não excede um ano, geralmente integrada num sistema de rotação de culturas. Inclui todo o tipo de cereais

Cultura forrageira: Plantação de culturas destinadas a alimentação animal

Debulhar: Separar do casulo ou invólucro os grãos dos cereais

Forragem: Toda a qualidade de erva, palha ou grão que serve para alimentação de gado

Fueiro: Cada um dos paus que se erguem nos lados do leito do carro de bois ou de reboque

Joieiramento: Ato de separar sementes de trigo de outras sementes, nomeadamente o joio

Peso Bruto: Peso da carga útil mais peso da tara do veículo

Pivotante: Que gira em torno de um eixo fixo

Reboque Agrícola: Reboque tracionado por trator

Reboque Comercial: Reboque tracionado por camião, destinado ao transporte rodoviário de cargas.

Silagem: Ação de guardar e conservar forragem, por meio de técnicas próprias, para utilização posterior

Silo: Reservatório hermeticamente fechado onde se armazena forragem para fermentação

Silex: Rocha sedimentar, composta de quartzo e calcedónia, de elevada dureza, muito utilizada pelo homem durante os períodos do Paleolítico e do Neolítico para confecção de armas e utensílios de corte

Stakeholder: Qualquer pessoa ou organização que tenha participação e interesse em determinado projeto ou atividade

Tara: Peso do veículo sem carga e passageiros

Taipal: Parede lateral amovível e rebatível do reboque agrícola

Trabalhador Eventual: pessoa que presta serviço sem carácter de continuidade

Unicidade: Qualidade do que é único

Viticultura: Cultura de vinha

Siglas e Abreviaturas

AC – Antes de Cristo

CCU – Capacidade de Carga Útil

DC – Depois de Cristo

DP – Desenvolvimento de Produto

DGADR – Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

EUA - Estados Unidos da América

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

GPS – *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global)

HCD – *Human-Centered Design*

INE – Instituto Nacional de Estatística

PEBD – Polietileno de Baixa Densidade

PIB – Produto Interno Bruto

PTO – *Power Take-Off*

RA – Reboque Agrícola

RC – Reboque Comercial

SAU – Superfície Agrícola Utilizada

UCD – *User-Centered Design*

UOD – *User-Oriented Design*

UE – União Europeia

t – Tonelada

0. Introdução

A presente dissertação trata-se de um trabalho de design industrial com o tema da mecanização agrícola. Está dividido entre o âmbito teórico e o âmbito prático, ambos com um caso de estudo partilhado. O primeiro diz respeito ao levantamento e registo da inovação na mecanização agrícola ocorrida essencialmente desde o período da revolução industrial, no final do séc. XIX até ao séc. XX, com especial atenção para o período da última metade do séc. XX. É feito um trabalho que visa colmatar a falta de informação sobre o tema, agregando a informação relativa aos equipamentos disponíveis nas diversas tarefas da prática agrícola, como o trator, alfaías, automotrizes e o reboque agrícola. O âmbito prático do trabalho resulta na escolha do reboque agrícola como caso de estudo, tratando-se da aplicação de uma abordagem de design focada no utilizador, com o estudo dos benefícios da aplicação de um material inovador, os aços de alta resistência.

0.1 Motivação

Motivo de escolha do tema

O motivo de escolha do tema associado à agricultura está relacionado com vários aspetos, subjacentes à importância que a atividade agrícola representa em qualquer país, responsável pela movimentação anual de biliões de euros em comércio externo só na União Europeia. Ao nível nacional, o panorama agrícola da última década revela a crescente tendência de mudança da agricultura familiar para agricultura empresarial, onde se verifica o aumento de jovens agricultores. Estes fatores arrastam consigo o aumento do nível médio da dimensão das explorações, produções especializadas e a necessidade permanente de novas soluções relacionadas com mecanização agrícola, com vista ao aumento da eficácia produtiva. A par do crescimento da produção agrícola, existe uma necessidade premente da evolução da mecanização agrícola.

Motivo de escolha do caso de estudo

O problema identificado nasce na lacuna existente entre fabricantes e agricultores, no desenvolvimento de reboques agrícolas. Esta lacuna é por vezes responsável de um desajuste entre o produto e as necessidades dos utilizadores. O desenvolvimento de novos produtos por via de motivações tecnológicas incorre no risco de colocar em segundo plano as preocupações dos utilizadores, uma vez que a preocupação principal é munir o produto de mais valias tecnológicas, que contribuem na maior parte dos casos para a melhoria do seu desempenho, mas que por vezes alheiam-se à sua relação com o utilizador.

Desta forma a pertinência do presente trabalho visa aplicar uma abordagem de design centrada no utilizador, adaptada do *Human Centered Design*, num produto associado ao

trabalho agrícola com elevado nível de interação e exigência física, onde a segurança do utilizador está permanentemente em risco.

Em segundo lugar a escolha resulta da diferença evolutiva verificada no caso dos veículos para transporte de carga agrícola, designados de reboques agrícolas (RA). Ao contrário da maior parte dos equipamentos agrícolas, como automotrizes, alfaías ou o próprio trator, que tiveram uma inovação consistente e acelerada a partir da revolução industrial, com transformações significativas dos equipamentos, no caso dos RA, pode-se dizer que o mesmo não aconteceu. Desta forma pode-se referir nos RA de taipal, enquanto tipologia mais antiga de reboques da era pós revolução industrial, denota-se uma carência de alterações significativas de funcionamento e aspeto ao longo da sua existência. Sem minimizar no entanto inovações como a introdução do aço em substituição da madeira, introdução de sistema hidráulico, fechos e encaixes facilitados para montagem de taipais, molas, degraus e outros acessórios que contribuíram fortemente para a melhoria na utilização e tornaram esta tipologia mais compacta e eficiente.

Deste modo o motivo principal para a escolha de um reboque de taipal de pequena/média dimensão, baseia-se no facto de este representar um desafio rico em aspetos relacionados com o design industrial, cuja inovação ao longo da sua história foi essencialmente de motivação tecnológica. A motivação do presente trabalho experimental incide na oportunidade encontrada para a inovação de significado, centrada no utilizador, onde design industrial é protagonista.

0.2 Objetivos

Os objetivos centrais da presente dissertação dividem-se em objetivos principais e secundários. De uma forma resumida, podem ser enumerados da seguinte forma:

Objetivos principais

- Colmatar falta de informação sobre reboques agrícolas, com a criação de um levantamento tipológico que poderá servir ponto de partida para trabalhos futuros em volta da temática da mecanização agrícola ou reboques agrícolas.
- Aplicar abordagem centrada no utilizador (HCD) no desenvolvimento de um reboque agrícola com o objetivo de aproximar as necessidades do utilizador às do fabricante e contrariar abordagem de motivação tecnológica vigente.

- Desenvolvimento de produto com o levantamento de necessidades do utilizador e consequente transformação em requisitos essenciais para resolução de falhas de usabilidade, versatilidade e estabilidade existentes em reboques agrícolas.

- Comprovar benefícios na utilização de aços de alta resistência em reboques agrícolas com o objetivo do aumento do limite elástico do aço e redução do peso do reboque. Possibilitando por um lado menor deformação da caixa e por, a outro redução de material empregue, minimizando a tara do reboque. O que leva à redução do consumo de combustíveis fósseis através da redução do transporte de peso morto, referente ao peso do reboque.

Objetivos secundários

- Conhecimento das necessidades de três *stakeholders* associados ao RA: utilizador, vendedor e fabricante.

- Comparar e confrontar as duas tipologias principais de RA através das seguintes características: capacidade de carga, aspeto, estabilidade e preço.

- Compreender o mapa de ação relativo à interação existente entre o utilizador e o RA de taipal.

0.3 Estrutura

A dissertação encontra-se dividida em três capítulos principais. O primeiro é dividido em dois subcapítulos: a agricultura e a mecanização agrícola. No primeiro é exposto o panorama agrícola nacional e internacional relativamente a mão-de-obra, mercado e produtividade e projeções futuras do setor.

No segundo capítulo é abordada a mecanização agrícola, sendo esta dividida em três tópicos: Trator, alfaías e automotrizes e reboques agrícolas. Para cada um dos três é feito o enquadramento histórico e levantamento tipológico, sendo que o reboque agrícola enquanto caso de estudo, é a categoria aprofundada com maior detalhe, tanto relativamente ao enquadramento histórico como levantamento tipológico.

O terceiro e último capítulo reporta-se ao trabalho experimental, onde é levada a cabo a fase preliminar de projeto de um caso de estudo, um reboque agrícola de taipal. O trabalho experimental divide-se em três tópicos, cujo primeiro é o planeamento, seguido do desenvolvimento de conceito e o terceiro a análise dos aços de alta resistência, onde por via de ensaios do material se tenta comprovar o seu benefício na aplicação a um reboque agrícola.

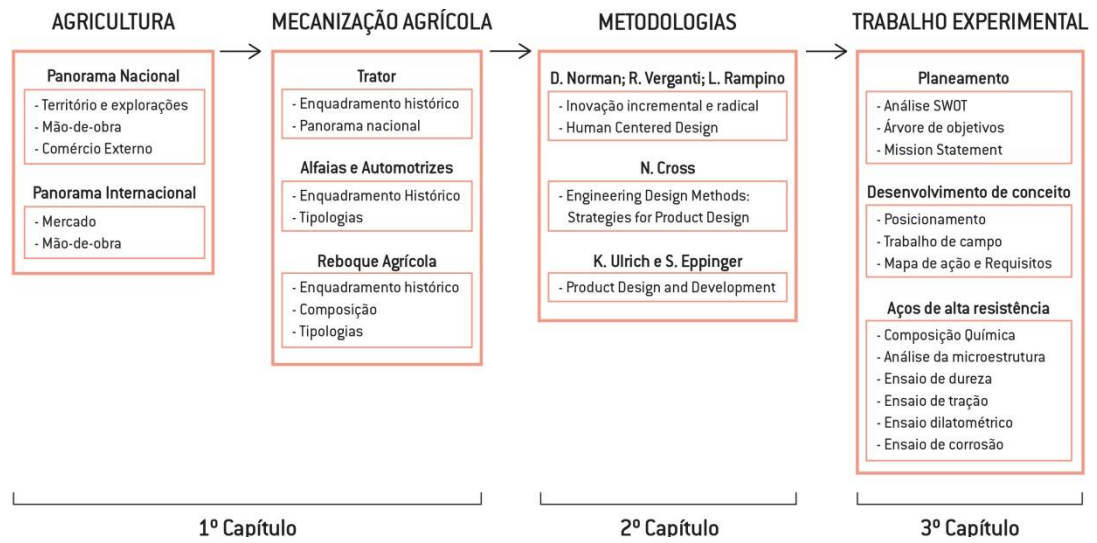


Figura 1. Estrutura da dissertação

1. Agricultura e Mecanização Agrícola

1.1 Panorama Agrícola

1.1.1 Internacional

A Agricultura é uma atividade económica pertencente ao setor económico primário, juntamente com a pecuária, pesca, caça, extração mineira e petrolífera. Este setor é caracterizado pela exploração e utilização direta de recursos naturais e transformação em produtos finais, ou matérias-primas para o setor secundário (Indústria). Tem uma quota importante na economia de qualquer país, com maior expressão, por norma, em países em desenvolvimento (Gráfico 1) [1].

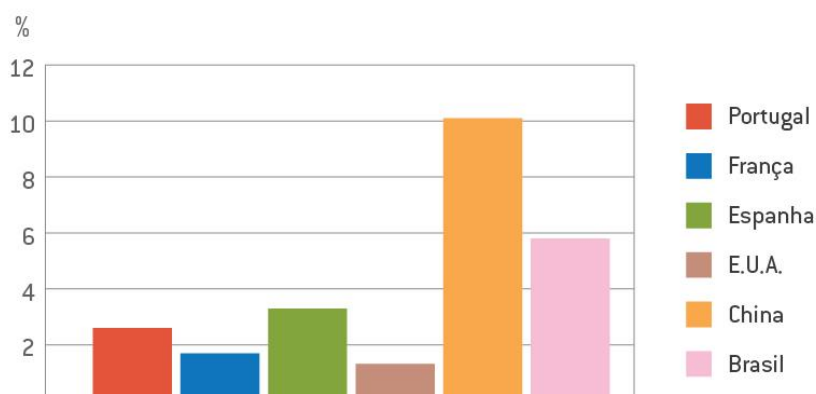


Gráfico 1. Importância do setor agrícola no Produto Interno Bruto [PIB] de vários países em 2012

Fonte: International Monetary Fund – World Economic Outlook Database 2012

Até meados do séc. XIX a grande maioria da população mundial trabalhava na agricultura de autossustentação, onde o agricultor cultivava a maior parte das suas colheitas para consumo próprio. No final do séc. XIX e início do séc. XX, fruto da Revolução Industrial, deram-se importantes mudanças que revolucionaram a agricultura e as suas práticas, sobretudo em países desenvolvidos da Europa e América do Norte. Impulsionado pelo crescimento populacional no decorrer do séc. XX, foram dados avanços tecnológicos nos transportes, mecanização, fertilizantes, seleção de sementes, entre outros, que levaram a um aumento exponencial da produção agrícola e eficácia produtiva. A agricultura transformou-se assim numa forte atividade económica, cujo destino principal dos produtos agrícolas passou a ser o mercado e não o consumo próprio, como acontecia na era pré revolução industrial [2]. Contudo, durante o último século, assistiu-se a uma perda gradual de importância do setor primário e consequente aumento dos setores secundário e terciário (Gráfico 2), ocupando atualmente o terceiro e último lugar na fatia do PIB a nível global. No entanto, em 2012, o setor agrícola contribuiu para 6% do PIB Mundial, o equivalente a mais de 3 biliões de euros, sendo os cereais a maior fonte de alimentação do globo, tanto para consumo humano, como animal [3, 4].

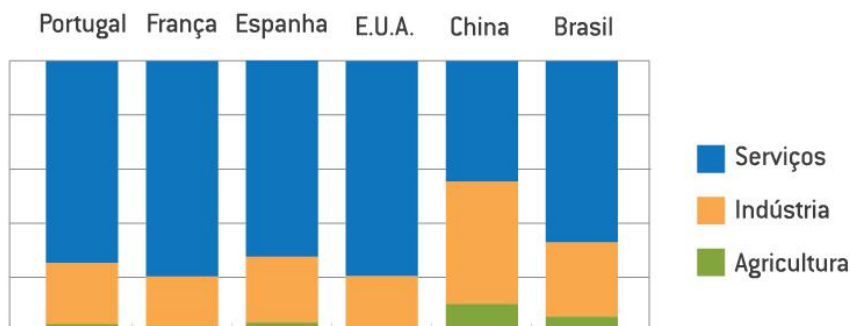


Gráfico 2. Distribuição mundial dos setores económicos em 2012
 Fonte: Central Intelligence Agency: The World Fact Book 2012

Segundo a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* [FAO], a produção de cereais (arroz, trigo e outros para consumo humano e animal) é a maior fonte de alimento a nível global e a sua produção assume uma importância crucial no panorama agrícola mundial. Nos países em desenvolvimento, o crescimento da produção agrícola é notório, a procura de cereal supera em muitos casos a própria produção. O volume de importação de cereais destes países cresceu de 39 milhões de toneladas por ano na década de 1970, para 103 milhões de toneladas no final da década de 1990, representando um aumento anual de 9% do consumo de cereais. A FAO prevê que no futuro, esta tendência desequilibrada se mantenha a nível global, com níveis de importação globais a atingir os 265 milhões de toneladas em 2030 (Gráfico 3). Sendo que os países importadores, maioritariamente de África Subsaariana e Sul Asiático, agravarão a dependência relativamente aos principais países exportadores, como a Austrália, EUA, Canadá, Argentina e Uruguai [4].

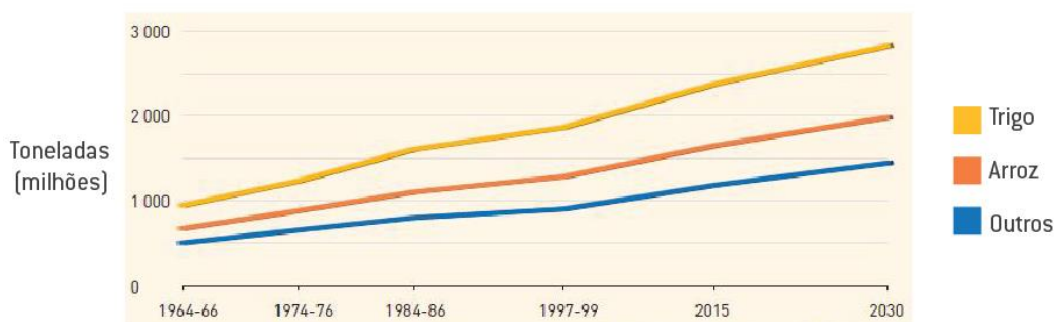


Gráfico 3. Crescimento da procura mundial de Cereal no período entre 1964 e 2030
 Fonte: FAO - *World Agriculture Towards 2015/2030*

Não obstante, esta dependência é também fruto de um desequilíbrio produtivo dos países em desenvolvimento. Em África, cerca de 80% dos agricultores trabalha a terra apenas com o auxílio de ferramentas manuais, na Ásia e América do Sul a percentagem ronda os 50%, onde 15% a 30% utiliza tração animal e apenas 5% tração motorizada.

O conceito de Agricultura Moderna está longe de atingir uma abrangência global e uniforme, o que manipula as regras de mercado e subverte a agricultura local de países em desenvolvimento.

Mercado

O mercado de bens agrícolas consiste na troca comercial de três tipos de bens provenientes da agricultura: *Commodity*, produto intermediário e produto final (Figura 2). Desta forma, *commodity* ou mercadoria agrícola refere-se por regra a qualquer produto cultivado, normalmente diretamente extraído da terra, sem sofrer qualquer alteração que modifique o seu estado e composição [5]. Trata-se normalmente de um produto com baixo índice de diferenciação entre semelhantes, cujo preço é tabelado e representa o principal fator de distinção. São exemplos de *soft-commodities*: Arroz, milho, soja ou batata. Por regra, apenas estes dizem respeito à prática agrícola *per se*, são diretamente resultantes da atividade do agricultor, sendo que os produtos intermediários ou finais, embora sejam produtos agrícolas, são transformados a partir de *commodities*.



Figura 2. Três tipos de produtos agrícolas provenientes de soja: Commodity (grão), intermediário (farinha) e final (leite)

A globalização no setor agrícola e alimentar é hoje uma realidade arrebatadora, a variedade de oferta de produtos agrícolas, provenientes dos cinco continentes, que se podem encontrar em superfícies comerciais são prova disso mesmo. Dos biliões de euros movimentados anualmente em trocas comerciais de produtos agrícolas, por norma os países desenvolvidos, tendencialmente são importadores de *commodities* e exportadores de produtos finais, ao invés dos países subdesenvolvidos ou em vias de desenvolvimento, que exportam *commodities* e importam produtos finais, muitas vezes feitos a partir de produtos exportados pelos próprios. Esta realidade é notória em produtos como café, chocolate, derivados de soja, entre muitos outros [3].

A globalização agrícola é, no entanto, ambivalente, por apresentar tanto benefícios como malefícios. Se por um lado, é responsável pelo aumento da variedade da oferta de bens alimentares, favorecendo a competitividade, impulsionando o progresso económico e tecnológico do setor, por outro lado, abre portas ao crescimento de multinacionais alimentares e monopólios agrícolas, responsáveis pelo desaparecimento de produtores locais e pequenos agricultores. A globalização contribui negativamente para a extinção de policulturas de pequena e média dimensão, essenciais à biodiversidade dos ecossistemas, e é responsável pela erosão e desgaste dos solos, através da utilização massiva de fertilizantes, adubos químicos e culturas transgénicas [1, 3].

O panorama atual das trocas comerciais de produtos agrícolas da União Europeia [UE] apresenta-se favorável e em crescimento. Segundo o relatório anual agrícola de fevereiro de 2011 da UE, assistiu-se na última década a um crescimento generalizado das trocas externas de produtos agrícolas, tanto de importação como de exportação. Em 2010 as exportações agrícolas atingiram 90 608 milhões de euros, representando 7% do universo total de exportações. Superando assim os 84 621 milhões de euros gastos em importações, equivalente a 6% do universo total de importações (Gráfico 4) [6].

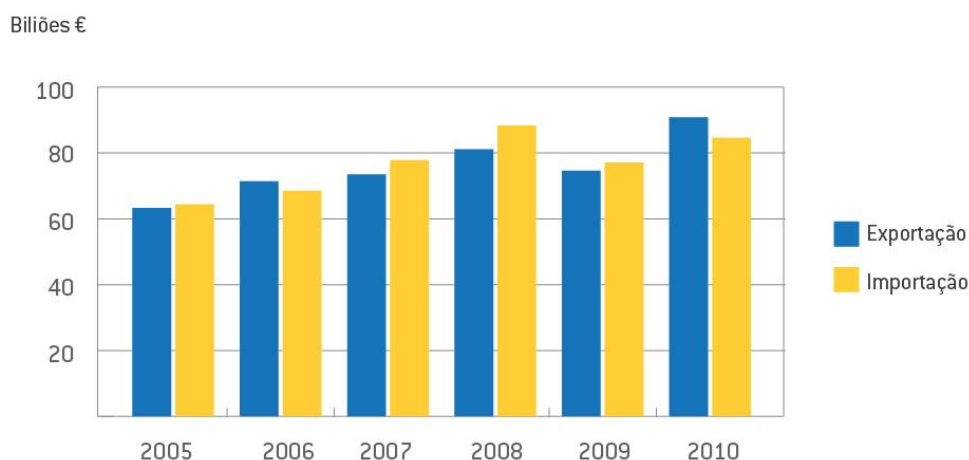


Gráfico 4. Comércio externo em 2010 de produtos provenientes da agricultura na UE

Fonte: UE Statistics

A UE é o segundo maior exportador agrícola mundial, seguido dos EUA. Em 2010, a lista de principais países importadores de produtos agrícolas da UE, foi liderada destacadamente pelos EUA, Rússia e China, sendo que os três juntos representaram um terço da quota de exportação. Tradicionalmente, os produtos finais tiveram sempre maior importância no panorama das trocas comerciais, relativamente aos intermediários e *commodities*. Ao longo do tempo, a UE especializou-se na venda deste tipo de produto, muita das vezes altamente valorizados, transformados a partir de *commodities* e produtos

intermediários. Durante a última década, cerca de dois terços da exportação feita compreende produtos finais, como bebidas alcoólicas (vinho, bebidas destiladas) e derivados de cereais [7].

Quanto a importações, a UE foi em 2010 o maior importador a nível mundial, mesmo após a quebra de 9% sentida durante a recessão de 2009. Os principais fornecedores de produtos agrícolas são o Brasil, EUA e Argentina, com 14%, 9% e 7%, respetivamente de quota de importação. Os tipos de produtos importados são maioritariamente especiarias, frutos tropicais, café e cacau [7].

Mão-de-obra Internacional

Desde 1920 até aos dias de hoje assistiu-se na União Europeia a uma mudança radical na empregabilidade agrícola, com uma queda de 45 pontos percentuais na mão-de-obra do setor. No entanto, aconteceu o oposto à produtividade e superfície agrícola utilizada, esta ocupa hoje 172 milhões de hectares, quando em 1962 era de 69. O rendimento médio anual de trigo por hectare triplicou desde 1962 a 2012, passando de 2 para 6 toneladas [8].

Em países desenvolvidos como a França, Alemanha ou EUA, o setor agrícola está hoje maioritariamente dedicado a explorações latifundiárias, muitas vezes em monoculturas, com elevado índice de mecanização e tecnologia, o que maximiza a produção e minimiza a quantidade de mão-de-obra necessária [3, 5]. A relação da importância da agricultura com o volume de mão-de-obra é geralmente um indicador do desenvolvimento tecnológico e predominância de explorações latifundiárias de um país. Em 2010, França, Espanha ou Holanda, por exemplo, apresentaram índices de empregabilidade agrícola entre os 1,5% e 6%, muito inferiores aos níveis de Portugal, Grécia ou Polónia, que foram superiores a 10%. No entanto, se olharmos para a fatia que a agricultura ocupava no PIB, nesse mesmo ano, verifica-se que em França, Espanha ou Holanda é significativamente inferior à de Portugal, Grécia ou Croácia (Figura 3) [6]. Ou seja, o facto de o setor ser mais ou menos importante, não interfere diretamente na empregabilidade do próprio setor. A empregabilidade é assim definida pelo estado do desenvolvimento agrícola. As potências agrícolas, onde o setor representa mais de 1,5% do PIB, são caracterizadas pela alta produção e exportação, com um baixo índice de empregabilidade, justificado pelo intensivo uso de tecnologia e fertilizantes químicos, que alavancam a produção e baixam custos. Por outro lado, países onde a mão-de-obra representa mais do que 6% e a agricultura não assume um papel destacado no PIB, são indícios potencialmente reveladores de um setor com carências de desenvolvimento agrícola, nomeadamente de mecanização [3, 5].

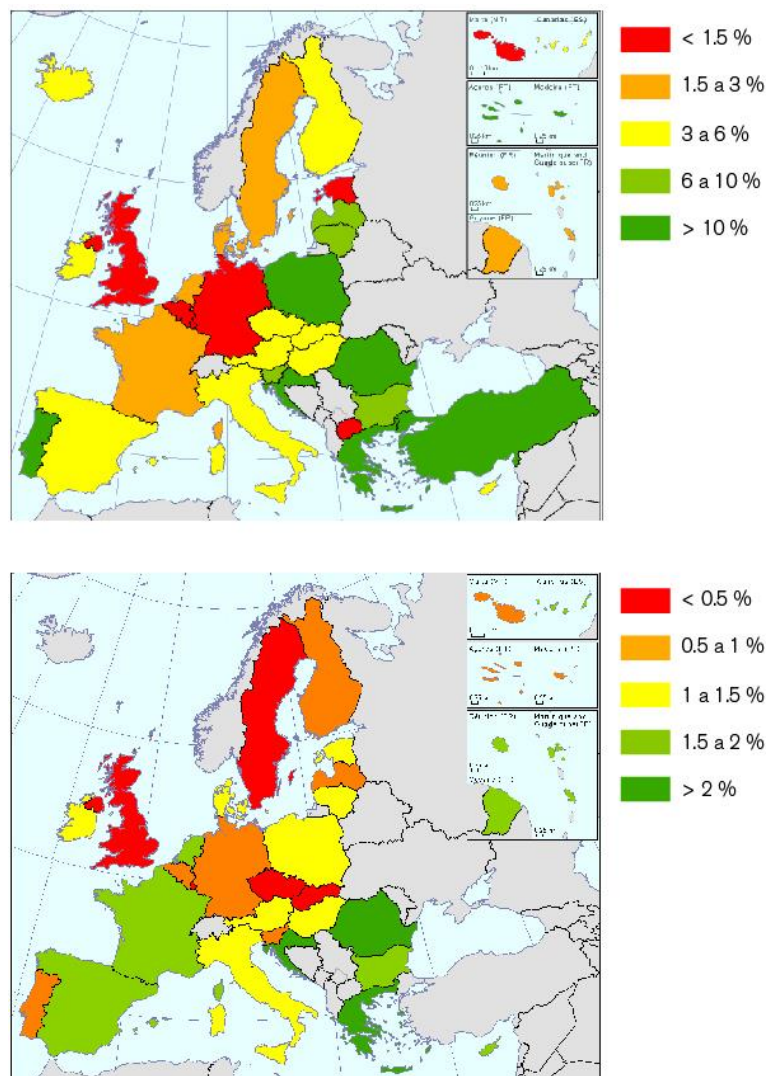


Figura 3. Cima: Empregabilidade no sector agrícola na UE em 2010
Baixo: Importância do setor agrícola no PIB na UE em 2010

1.1.2 Nacional

O panorama nacional agrícola será analisado segundo o recenseamento agrícola do Instituto Nacional de Estatística (INE) em 2009, publicado em 2011. Trata-se do mais recente relatório detalhado sobre temas relacionados com a agricultura portuguesa, com o objetivo de identificar a conjuntura atual do setor e prever o seu futuro, tendo como base a comparação com o penúltimo recenseamento feito em 1999.

Território e Explorações Agrícolas

Unidade técnico-económica que utiliza fatores de produção comuns, tais como: mão-de-obra, máquinas, instalações, terrenos, entre outros (...)

Definição de exploração agrícola, Recenseamento Agrícola 2009

No período de 1999 a 2009, desapareceram em Portugal 111 mil explorações agrícolas, fixando-se o número em pouco mais de 305 mil explorações. No espaço de dez anos, uma em cada quatro explorações encerrou atividade, o que se traduz num recuo de cerca de 195 mil hectares da **Superfície Agrícola Utilizada** (SAU). A SAU é composta pelo conjunto de terrenos agrícolas em utilização ou em repouso, caracterizado segundo três tipologias (Figura 4). A SAU ocupa 33% da totalidade do território mundial e 51% do território nacional [9].



Figura 4. Três tipos de terrenos agrícolas: Arável, cultura permanente e pasto

A distribuição nacional da SAU é bastante heterogénea, e não é ilustrativa da distribuição de explorações no território nacional - cerca de metade da SAU nacional está localizada na região do Alentejo, apesar disso, esta região agrega apenas 10% do número total de explorações agrícolas. As explorações de menor dimensão, apesar de serem as que mais cessaram atividade entre 1999 e 2009, atingindo os 41% de extinção nas de dimensão menor que 1 ha, são ainda assim, as mais abrangentes, especialmente nas regiões de Trás-os-Montes, Entre Douro e Minho e Beira Litoral (Figura 5). Cerca de $\frac{3}{4}$ das unidades produtivas exploram menos de 5 ha de SAU.

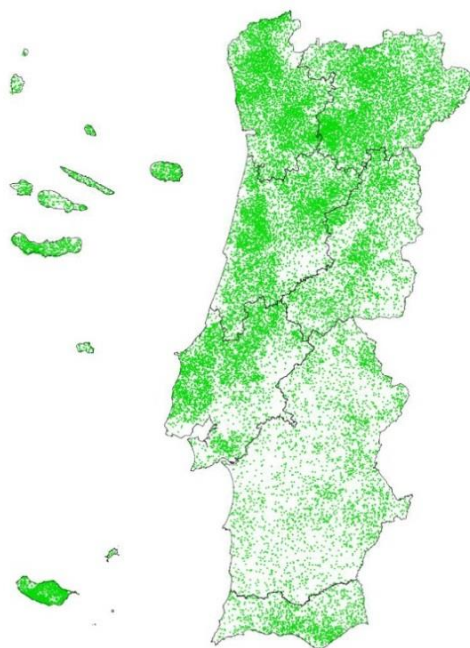


Figura 5. Distribuição das explorações agrícolas em Portugal em 2009

Fonte: INE – Recenseamento Agrícola 2009

Em contrapartida, a dimensão média das explorações agrícolas aumentou 29%, passando de 9,3 hectares em 1999 para os 11,9 hectares em 2009. O número de explorações com mais de 100 hectares registou um crescimento na ordem dos 6%, devido ao desaparecimento de explorações de pequena dimensão, sendo que parte destas foram absorvidas por explorações de maior dimensão (Gráfico 5) [9, 10].

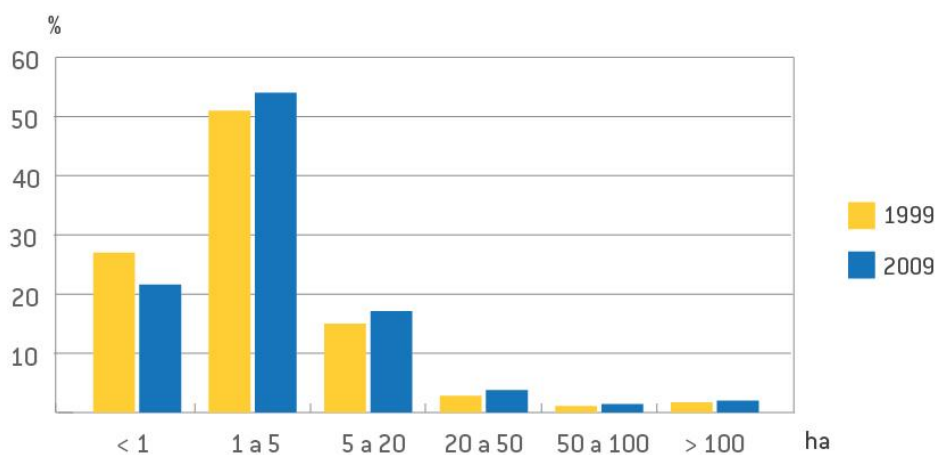


Gráfico 5. Distribuição da SAU por explorações em Portugal

Fonte: INE – Recenseamento Agrícola 2009

Do universo de aproximadamente 305 mil explorações agrícolas existentes em Portugal, cerca de 1/3 são mistas e 2/3 são de produção especializada. As explorações mistas

obtêm o seu rendimento através do cultivo de culturas diferentes, podendo incluir produção animal. As explorações especializadas têm o rendimento proveniente maioritariamente de uma única atividade (Gráfico 6). Dos quatro tipos principais de explorações especializadas, a produção animal (carne e leite) ocupa o primeiro lugar, com cerca de 18% do total de explorações, seguido da cultura arvense, que inclui todo o tipo de cereais, batata e horticultura extensiva ao ar livre e viticultura.

Os números relativos ao rendimento financeiro das explorações indicam que a especialização é mais rentável, face ao regime misto. Em 2009 as explorações especializadas obtiveram um rendimento anual médio três vezes superior, relativamente às mistas ou combinadas, dado que aponta para a evidente eficácia financeira no caso da especialização no panorama agrícola.

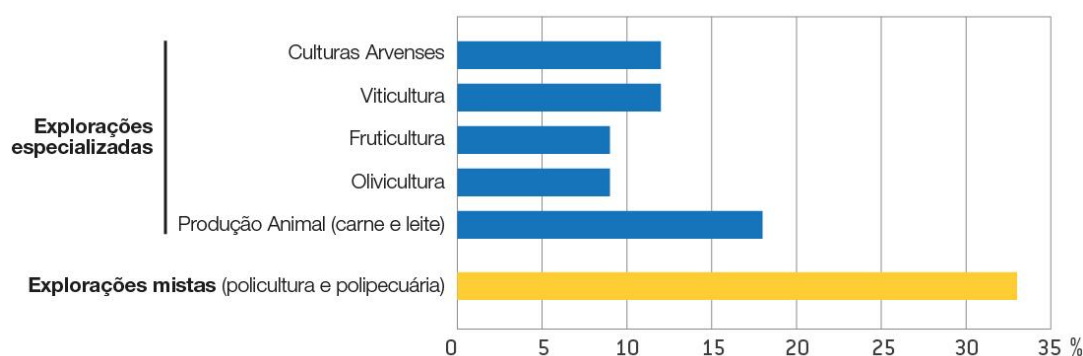


Gráfico 6. Distribuição das principais culturas nas explorações agrícolas portuguesas

Fonte: INE – Recenseamento Agrícola 2009

A paisagem agrícola nacional alterou-se significativamente durante a década de 1999 a 2009, reorientando-se para sistemas de produção extensivos: com a diminuição das terras aráveis e o aumento das pastagens em termos relativos e absolutos. Assiste-se hoje a uma grande heterogeneidade na distribuição de culturas, do norte a sul do país, com cada região a ser mais vocacionada para determinado tipo de produtos, consequência essencialmente de condições de clima e solo.

As **culturas temporárias**, por norma situadas nas regiões norte e litoral do país, destacam-se pela cultura arvense, nomeadamente hortícola extensiva e de cereais, em especial no norte e centro.

As **culturas permanentes** surgem com grande foco em Trás-os-Montes, Algarve e centro e destacam-se pelas culturas frutícola e vitícola. Registou-se entre 1999 e 2009 um acréscimo de cultivo de frutos subtropicais (+17%), em particular do kiwi. A olivicultura aparece distribuída de uma forma relativamente uniforme por todo o interior do país, com maior intensidade no Alentejo e Trás-os-Montes [9]. De salientar o notável crescimento recente da olivicultura nacional. Apesar da superfície de olival não apresentar uma variação

expressiva entre 1999 e 2009, registaram-se cerca de 30 mil hectares de olivais com densidades de plantação superiores a 300 oliveiras por ha, sendo que a cultura intensiva em Portugal situa-se entre 150 e 350 de oliveiras por ha [11]. Este facto contribuiu para a produção de 76 mil toneladas de azeite em 2011, o que representa um crescimento de 44% face aos três anos anteriores. A Casa do Azeite estima que este crescimento se mantenha nos 10% ao ano, até 2020. A exportação do azeite português em 2011 aumentou 67% face à média dos três anos anteriores, sendo que Brasil, Espanha e Angola são os principais destinos. Os prados e pastagens permanentes ocupam cerca de 1,8 milhões de hectares, cerca de 49% do SAU (Figura 6)[12].

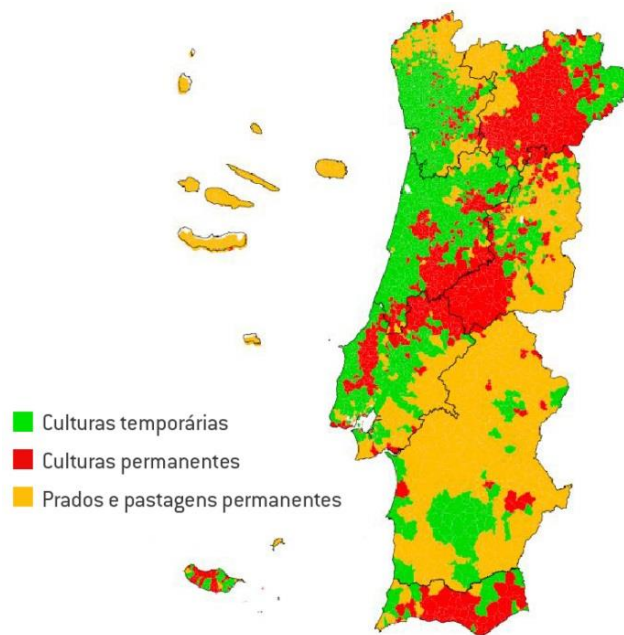


Figura 6. Distribuição de culturas em Portugal

Fonte: INE – Recenseamento Agrícola 2009

Mão-de-obra Nacional

Segundo o atual ministro da Economia António Pires de Lima, a agricultura foi o sector que mais emprego gerou no primeiro semestre de 2013, com 45.000 empregos gerados de um total de 70.000 [13].

A mão-de-obra agrícola está classificada entre familiar e não-familiar. O primeiro grupo é maioritário (cerca de 80% em 2009) e compreende o produtor agrícola e membros do seu agregado doméstico. O segundo, não familiar, é bastante menos frequente (cerca de 20% em 2009) e é definido por trabalhadores permanentes ou assalariados e trabalhadores eventuais, que são contratados sob regime temporário, mediante necessidade. O recurso à mão-de-obra agrícola permanente é utilizado por apenas 5% das explorações agrícolas, concentrada nas explorações de maior dimensão.

A área das explorações é um factor determinante para a mão-de-obra, no entanto a tipologia de exploração é determinante para a necessidade de volume de trabalhadores. Determinadas produções hortícolas e outras dirigidas à pecuária intensiva, nomeadamente a produção especializada de granívoros e de bovinos, são muito exigentes em necessidade de trabalho e, no entanto, exploram pequenas áreas [9].

Segundo o INE, o perfil do produtor agrícola português mais frequente em 2009, é do sexo masculino, ronda os 63 anos com o 1º ciclo do ensino básico completado. Tem formação agrícola exclusivamente prática e trabalha nas atividades agrícolas da exploração cerca de 22 horas por semana. Entre 1999 e 2009 a percentagem de produtores com níveis completos de ensino superiores ao 1º ciclo subiu de 15% para 25%. No entanto apenas aproximadamente 1/5 dos produtores trabalha a tempo inteiro nas atividades agrícolas da exploração, o que representa um aumento de 5% em relação a 1999, sendo que apenas 6% dos produtores obtêm o rendimento exclusivamente da atividade da sua exploração agrícola, menos 2% do que em 1999 [10].

O estado da empregabilidade agrícola em Portugal, apesar de ser caracterizado pela população envelhecida com índice de analfabetismo consideráveis, caminha no sentido da especialização produtiva das explorações, com um forte crescimento de alfabetismo e formação agrícola em produtores e trabalhadores abaixo dos 27 anos de idade.

No primeiro semestre de 2013 foram criadas em Portugal 1017 novas empresas agrícolas, mais 30% do que em 2012, dados que refletem o crescimento do universo de mão-de-obra não familiar, com produção especializada[13].

Comércio Externo

Quanto às trocas comerciais, à semelhança das potências agrícolas europeias, o futuro da agricultura nacional deve passar cada vez mais pela exportação de produtos, fruto da aposta em culturas capazes de obter *commodities* como azeitona e uva e transformá-los em produtos finais, como vinho e azeite, importados por países desenvolvidos, mas cada vez mais por países emergentes como o Brasil e Angola.

Segundo o ministro da Economia António Pires de Lima, o panorama nacional de exportações agrícolas está em ascensão, representando cerca de 10% da fatia total de exportações. Durante o ano de 2012 as exportações cresceram 6% face ao ano anterior, e no primeiro semestre de 2013 o crescimento foi de 8,3% relativamente ao mesmo período do ano anterior [13].

Considerações

A conjuntura agrícola nacional faz prever uma procura crescente de equipamento agrícola que se exige cada vez mais moderno, mais eficiente e se possível de menor custo. Ainda que estejamos a assistir a um rejuvenescimento da mão-de-obra agrícola nacional, o nível médio etário é ainda elevado. Verifica-se um aumento da especialização no cultivo das explorações nacionais, assim como o aumento do nível médio da sua dimensão, o que a par do aumento do nível de formação na área agrícola, representa uma evolução favorável, que coloca Portugal no percurso dos países mais desenvolvidos no setor agrícola.

1.2 Mecanização Agrícola: Evolução e Contributo

A mecanização agrícola consiste na utilização de ferramentas ou máquinas, com o propósito de servir de apoio a tarefas inerentes ao processo agrícola, como a preparação do solo, cultivo, irrigação, colheita, entre outros. No âmbito da dissertação, será abordada neste subcapítulo a mecanização relacionada com veículos agrícolas, iniciada pelo trator, alfaías agrícolas, automotrizes e no final, com maior detalhe, o objeto de estudo, o reboque agrícola (RA). Desta forma, não será abordada a evolução e impacto de ferramentas, engenhos ou instrumentos de pequena dimensão, com utilização dissociada do trator.

A utilização de ferramentas acompanha a atividade agrícola desde o seu surgimento, há cerca de 9 mil anos, em pleno período Mesolítico, na transição entre os períodos Paleolítico e Neolítico. Instrumentos de madeira, osso e pedra predominavam em pequenas povoações, que se tornavam sedentárias, estabelecendo-se por norma no leito de rios, aproveitando-se da riqueza de fauna e flora [14]. O aparecimento de utensílios metálicos como o arado, durante a Idade do Bronze e do Ferro, há cerca de 4 mil anos, contribuíram em larga medida para o desenvolvimento agrícola, permitindo o aparecimento de excedentes e gestão de várias culturas, em terrenos de maior dimensão [15].

O desenvolvimento de utensílios agrícolas até ao séc. XIX, desenvolveu-se no sentido de aperfeiçoamento e melhorias funcionais, dando origem a engenhos de maior complexidade, com movimento, tracionados a força humana ou animal, dando assim respostas às necessidades da agricultura pré-industrial (Figura 7) [15].



Figura 7. Utensílios agrícolas da Idade do Ferro (1400 – 200 AC) de aprox. 200 AC encontrados em Inglaterra

1.2.1 O Trator

Segundo P. Henshaw [16] a invenção do trator foi um dos principais responsáveis pela revolução agrícola, ocorrida no séc. XX. A substituição do uso de animais por tratores facilitou o cultivo em áreas de grande extensão, economizando tempo e mão-de-obra. Todo o tipo de engenhos agrícolas desenvolvidos até à data, tornaram-se progressivamente em complementos do trator, como arados, semeadoras, carros de carga, máquinas de colheita, entre muitos outros. Estes aumentaram em larga escala a sua eficácia, uma vez que a versatilidade, potência e resistência oferecidos por um trator, são bastante superiores aos de um animal [16].

A transição da tração animal para a mecânica deu-se assim de forma gradual. Os primeiros tratores apareceram em Inglaterra, ainda na segunda metade do séc. XIX, eram bastante pesados e com motor a vapor. A passagem para motores propulsionados a gasolina, ocorreu simultaneamente nos EUA e foi fulcral para o seu sucesso, uma vez que tornou o trator uma máquina mais compacta, mais leve, de fácil utilização e manutenção. Fabricantes norte-americanos como a *Ford* e *John Deere*, estão na origem da difusão do trator a gasolina pelo mundo [16].

O modelo *Fordson F* (Figura 8) é considerado o primeiro trator com motor a gasolina, de produção em massa, que obteve sucesso de vendas em Inglaterra, Canadá e EUA, em grande parte devido ao preço acessível e reduzido peso, tornando-se o pioneiro dos tratores modernos. Durante os onze anos de produção, foram vendidas mais de 755 mil unidades, produzidas nos EUA e Inglaterra [17].



Figura 8. Trator Fordson F (1917-1928) o primeiro trator compacto a gasolina

Na década de 1930 o modelo N (Figura 9), sucessor do modelo F, introduziu duas importantes inovações, a utilização de pneus de borracha, que possibilitou a condução de uma forma mais confortável, praticamente em qualquer terreno e o sistema hidráulico para levantamento de alfaías, denominado de engate de três pontos. Este sistema, patenteado em 1923 pelo britânico *Harry Ferguson* (1884-1960), foi aplicado em 1939 no *Ford 9N* e na década de 1960 adotado pela totalidade dos fabricantes de tratores, uniformizando assim o engate de qualquer trator com todo o tipo de alfaías [17].

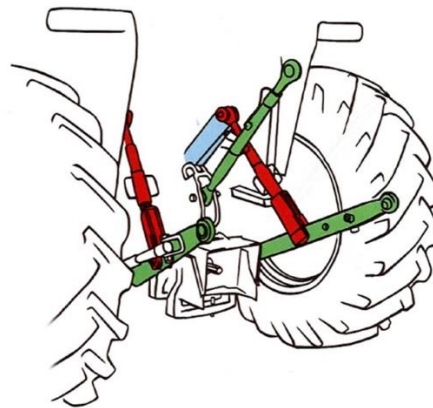


Figura 9. Ford N (1939-1954), o primeiro modelo Ford com sistema hidráulico de engate de três pontos (dir.)

Os modelos A e B da *John Deere*, foram importantes por terem sido os primeiros tratores utilitários, de produção em massa, com preocupações de *design* associadas não só ao aspeto visual, mas ao utilizador. Ambos originais de 1934 e redesenhados por *Henry Dreyfuss* em 1938, estes dois modelos nasceram da necessidade de melhorar uma série de aspetos como: conforto na utilização, segurança, manutenção e aspeto visual. Para melhor conforto na postura do utilizador, o banco e a posição do volante foram repensados, assim como a largura do trator que diminuiu para melhorar a visibilidade. Incorporou-se também uma cobertura e uma grelha, para acomodar o radiador e motor. *Dreyfuss* tornou assim o trator num objeto compacto e com uma aparência mais aprazível, afastando-se dos modelos antecessores, que se caracterizava apenas pela aglomeração de elementos mecânicos, sem se

pensar no trator como um todo. Abriu-se assim caminho para o trator se tornar num objeto apetecível e atraente, algo inevitável para atingir o sucesso comercial, numa época cuja oferta de novas marcas era cada vez maior (Figura 10) [18].



Figura 10. Trator John Deere B (1935-1938) (esq.) e A (1938-1952) desenhado por Henry Dreyfuss (1904-1972) (dir.)

A evolução durante o séc. XX até aos dias de hoje, resultou na existência de uma oferta inesgotável de modelos, de inúmeras marcas, com funcionalidades distintas, otimizadas para diferentes tarefas e situações. As necessidades específicas de diferentes culturas, levaram à especialização e nascimento de máquinas automotrizes, que podem ser considerados veículos derivados do trator (Figura 11).



Figura 11. Exemplos de veículos especializados: Pulverizador *John Deere* (esq.) e vindimador *New Holland* (dir.)

No início do séc. XXI surgiu em larga escala, a introdução de sistemas digitais de monitorização agrícola, com controlo por GPS (Figura 12). A introdução de dispositivos digitais de monitorização nos tratores e veículos de colheita, permite um controlo automatizado, mais rigoroso e eficaz de uma série de aspetos logísticos, como rotas a efetuar no terreno, níveis de carga, monitorização de rendimento, entre outros.



Figura 12. Interior de um trator John Deere 8r de 2012, (esq.) e comandos com ecrã para monitorização por GPS (dir.)

Panorama Nacional

Segundo o recenseamento agrícola nacional de 2009, 48 em cada 100 explorações nacionais, dispunham de pelo menos um trator próprio, mais 15 do que em 1999. Este aumento deve-se à combinação de vários fatores, entre os quais a diminuição de mão-de-obra disponível e aumento de custo da mesma. Para além disso, a existência de apoios financeiros comunitários, direcionados para pequenas explorações, permitiram também a aquisição de tratores agrícolas [9].

A distribuição de tratores não é, no entanto, uniforme, se se tiver em conta a dimensão das explorações agrícolas. Em explorações com menos de 1 ha, apenas duas em cada dez possuem trator, valor que aumenta para cinco, em explorações entre 1 e 5 ha. Somente as explorações com mais de 20 ha possuem, em média, mais do que um trator.

Apesar dos tratores de baixa potência predominarem no território nacional (20 a 55 cavalos), a potência instalada aumentou em termos gerais, 5% em veículos com potência superior a 82 cavalos (7% em 1999 para 12% em 2009), assim como veículos com potência menor que 55 cavalos, que diminuíram a sua importância relativa (63% em 1999 para 59% em 2009) [9]. Estes dados são importantes na medida em que tratores de maior potência significam a possibilidade de se utilizarem alfaías ou reboques agrícolas de maior dimensão e potência, que se refletem diretamente nos índices de eficácia produtiva (Gráfico 7).

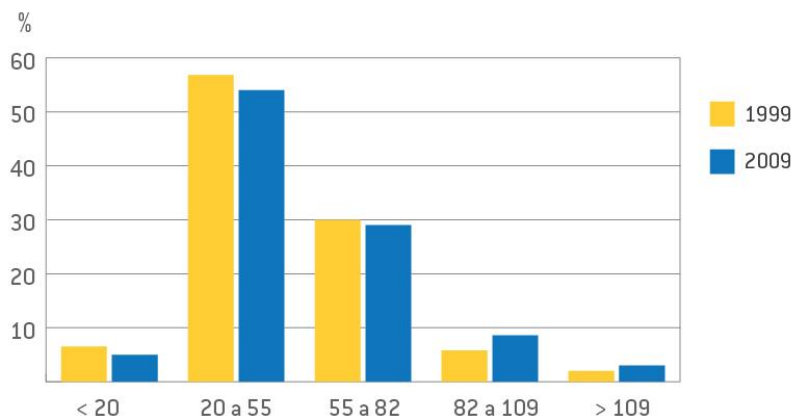


Gráfico 7. Distribuição de tratores por potência em cavalos, em explorações agrícolas em Portugal, entre 1999 e 2009

Fonte: INE – Recenseamento Agrícola 2009

1.2.2 As Alfaias Agrícolas e Automotrizes

Para além do trator, as máquinas agrícolas são hoje imprescindíveis ao quotidiano de qualquer exploração agrícola em países desenvolvidos e mesmo em desenvolvimento. Podem ser classificadas em dois grandes grupos: **alfaia agrícola** e **automotrizes**. O primeiro acoplado e tracionado por um trator, enquanto o segundo é um veículo especialmente concebido para desempenhar determinada função, normalmente de colheita.

Não faz sentido por isso, pensar-se na utilização de um trator sem a aplicação de alfaia. São um produto indissociável ao trator, não tendo qualquer utilidade por si só, uma vez que só funcionam acoplados a este. A oferta existente é bastante ampla e colmata grande parte das tarefas essenciais à prática agrícola. A maior parte das alfaia são de utilização na parte traseira do trator, no entanto existem alfaia de utilização dianteira, podendo ambas ser utilizadas em simultâneo (Figura 13).



Figura 13. Trator com alfaia traseira (arado) e dianteira (carregador frontal)

As alfaias com necessidade de força para o exercício de movimentos no seu desempenho, conectam-se ao eixo propulsor designado de “tomada de força” ou *power take-off* (PTO) (Figura 14). O PTO, localizado na traseira ou dianteira do trator, transfere força mecânica rotacional do trator para o implemento agrícola, através de um eixo cardã da alfaia, como acontece por exemplo no caso de uma fresa, cujas lâminas metálicas exercem um movimento rotacional na terra.

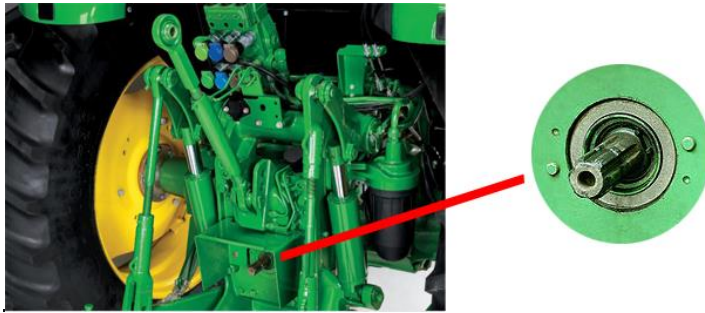


Figura 14. Tomada de força ou PTO traseira de um trator

Nos casos onde é necessária a transmissão de energia hidráulica, esta é fornecida através de cabos ligados entre o trator e a alfaia, como acontece em carregadores frontais, vibradores de apanha de azeitona ou alfaias para colocação de postes (Figura 15), onde são necessários movimentos propulsionados pelo sistema hidráulico. Em algumas alfaias ou reboques, é necessária a existência de iluminação elétrica, sendo esta transmitida do trator através de cabos.



Figura 15. Ligação e comandos hidráulicos de alfaia para colocação de postes

A principal vantagem das alfaias é a sua flexibilidade e facilidade de utilização, ao permitir que o agricultor execute múltiplas tarefas ao dispor de várias alfaias, com apenas um único veículo, bastando para isso mudar de alfaia.

Dada a transversalidade a todo o processo agrícola, o universo de alfaías e automotrizes será explorado na perspectiva de utilização e características gerais, através das seguintes etapas:

- a. Preparação do solo**
- b. Fertilização e controlo de pragas**
- c. Cultivo**
- d. Colheita**
 - d1. Fruta e leguminosas
 - d2. Cereal
- e. Silagem e enfardamento**
- f. Transporte (caixa de carga)**

a. Preparação do Solo

A preparação do solo, vulgarmente conhecida como lavra, é a primeira fase para o cultivo de qualquer cultura. Esta atividade esteve até ao séc. XX associada a instrumentos como arados ou charruas tracionados a força humana ou animal [19]. Consiste no revolvimento da camada superficial de terra, proporcionando o arejamento do solo e a sua descompactação, com o objetivo de criar uma camada superficial de terra solta, própria para o desenvolvimento de raízes. É uma forma mecânica de remoção de ervas daninhas, ou vegetação indesejada, sendo que esta se transforma em fertilizante uma vez enterrada. A infiltração de água no solo é também facilitada, apesar de a longo prazo, o efeito ser erosivo [19].

A transição para tração mecânica dos instrumentos de lavra melhorou significativamente o seu desempenho, aumentando não só a intensidade e velocidade de trabalho, como a sua área de varrimento. No entanto, a génese do produto e a sua atividade, permanecem praticamente inalterados desde os seus primórdios, definindo-se por lâminas metálicas que cravam o solo em andamento, para remoção de plantas ou mato existente e revolvem a terra. Dependendo da profundidade pretendida e do tipo de solo, existem diferentes configurações de lâminas, que dão origem a diferentes produtos, entre eles os três principais: arado, grade de discos e fresa (Figura 16).



Figura 16. Diferentes tipos de alfaías para preparação de solo (esq. para dir.): Arado, grade de discos e fresa

b. Fertilização e Controlo de Pragas

Após o preparo do solo, tanto em culturas intensivas como extensivas, é fundamental a utilização de fertilizantes, que são nutrientes adicionados ao terreno, favoráveis ao crescimento das plantas e frutos. Estes fertilizantes podem ser líquidos ou sólidos, orgânicos, como estrume, algas, composto orgânico, ou inorgânico, como complexos químicos sintéticos à base de nitrogénio, fósforo e potássio.

Para o controlo de pragas e outros que impedem o bom desenvolvimento das plantas, são usados pesticidas. Estes são na sua maioria líquidos e de composição inorgânica, com elementos químicos.

Tanto os fertilizantes como pesticidas são aplicados antes e durante o crescimento das culturas, no solo ou diretamente na planta, caso sejam pulverizados. Em explorações de pequena dimensão, este processo é muitas vezes feito manualmente, com auxílio de pulverizadores ou espalhadores portáteis. Em áreas de média/grande dimensão, a aplicação de fertilizantes e pesticidas líquidos é levada a cabo por alfaías ou veículos especializados, desde cisternas, alfaías de pulverização, automotrizes pulverizadoras ou aviões, consoante a zona a intervir.

No caso de fertilizante orgânico, resultantes da produção animal, o espalhador de estrume é uma solução bastante utilizada para o sólido. Consiste num veículo rebocado, com lâminas dispostas em parafuso sem fim, na vertical ou horizontal, que expelem e espalham o estrume, através da traseira do reboque em movimento (Figura 17).



Figura 17. Reboque espalhador de estrume *Rolland* (esq.); reboque pulverizador de pesticidas ou fertilizantes *John Deere* (dir.)

No caso de fertilizante orgânico líquido, utilizam-se tanques ou cisternas rebocadas que, em movimento, espalham o estrume líquido através de aspersores na traseira da cisterna.

c. Cultivo

Após a preparação do solo e aplicação de fertilizantes, é feita o cultivo ou plantação. Esta atividade consiste na distribuição controlada de sementes no solo, através de uma alfaia designada de semeadora. As sementes são colocadas debaixo de terra, com intervalos de espaço definidos pelo agricultor. Tal como os equipamentos de preparação do solo, os de cultivo sofreram alterações quando passaram a ser tracionados mecanicamente, conseguindo maior capacidade de deposição sementes, velocidade e rigor durante todo o processo (Figura 18).



Figura 18. Semeadora *Suntyne* de 1938 e *InoBrezice* de 2012

d. Colheita

Após a maturação da planta, fruto ou legume, é feita a sua colheita. Trata-se da mais complexa etapa das cinco referidas. Pode ser parcial, onde é recolhido o fruto ou parte da planta, ou integral, onde é recolhida a totalidade da planta. A primeira categoria é normalmente própria de terrenos com culturas permanentes, com colheitas sazonais, uma ou mais vezes por ano, como por exemplo azeitona, uva, maçã, etc. A segunda ocorre em terrenos aráveis de culturas temporárias, como cereais ou tubérculos.

d.1 Fruta e Leguminosas

Uma vez que existe uma grande variedade de tipologias de plantas, frutos e legumes, com muitas diferenças físicas e características distintas, existe também uma grande variedade de soluções para a recolha, com casos da necessidade de máquinas específicas para a colheita de determinadas culturas, desenvolvidas já no início do séc. XX (Figura 19). No entanto, em algumas culturas a colheita manual é ainda insubstituível, principalmente pela fragilidade do fruto ou legume.

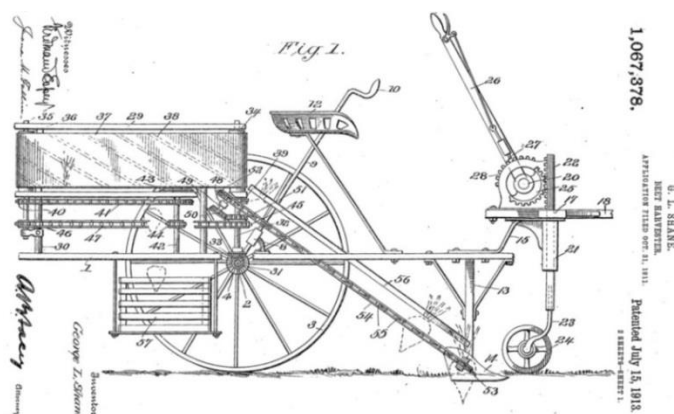


Figura 19. Patente de máquina para recolha de beterraba de 1913

Patente: US1067378 Autor: *George L. Shane*

A mecanização nesta área é portanto assimétrica: se por um lado, por exemplo em batatas e cenouras é uma realidade mais frequente (Figura 20), por outro, certos frutos e legumes, como tomate, morango ou uva, a colheita manual é ainda predominante até aos dias de hoje, mesmo nos países mais desenvolvidos. A principal razão é o facto da colheita mecânica facilmente provocar danos nos alimentos mais frágeis. No entanto, a tendência para a mecanização, faz prever o aparecimento de novas soluções mecânicas para recolha, mesmo em produtos com tradição manual desta atividade, como é o caso da azeitona ou frutos secos (Figura 21).



Figura 20. Alfaia *Dewulf* de 2010 para colheita de cenoura



Figura 21. Recolector frontal *Estupiña* de 2011 com vibrador e tela extensível para apanha de azeitona e frutos secos

d.2 Cereal

O caso dos cereais representa um setor onde a mecanização está hoje implementada de uma forma uniforme, a nível global. Principalmente por se tratar de um produto de elevada procura, cuja extensa área das plantações e processo complexo de recolha, levaram a uma necessidade redobrada do recurso à maquinaria, em todo o processo de cultivo.

Até ao século XIX, este conjunto de tarefas era executado de forma independente e semi-manual, com recurso a instrumentos como ceifas e peneiras ou máquinas rudimentares de debulha, auxiliadas por animais ou por rotação por manivela, utilizadas pelo menos desde o séc. II pelo Império Galo-Romano (Figura 22) [20], algo que ainda acontece em alguns países em desenvolvimento em África, Ásia ou América do Sul [21].



Figura 22. Baixo-relevo do séc. II de uma ceifeira de cereal do período Galo-Romano, encontrada em 1958 na Bélgica

A colheita de cereais é hoje feita por um veículo especializado, designado de ceifeira-debulhadora (Figura 23). Esta máquina automotriz, inventada nos EUA em 1831 por *Cyrus McCormick* (1809 –1884) [22] combina numa só passagem, uma série de operações necessárias à recolha de cereais. Ao contrário da generalidade dos frutos ou legumes, cuja colheita se resume unicamente à extração do alimento diretamente da planta, o mesmo não acontece no caso dos cereais como trigo, centeio, aveia ou soja. Para estes, é necessária uma sequência de três procedimentos: primeiramente a ceifa ou corte da planta, desde a haste até à espiga, onde estão as sementes sob a forma de grãos. Seguidamente a debulha, onde a haste é separada da espiga, e apenas esta é aproveitada. Por fim o joeiramento, o processo onde já apenas com a espiga se procede à extração dos grãos de cereal que se encontram dentro desta, através do processo de peneiração mecânica, um processo de remoção de impurezas, outras sementes e tudo o que não for grãos de cereal. Os grãos são então armazenados num reservatório interno, ou transportados por uma manga de descarga, para um reboque que acompanha lateralmente a ceifeira-debulhadora. Tudo o resto da planta para além dos grãos é expelido e deixado no solo, para ser depois aproveitado como palha, recolhida por uma enfardadora.

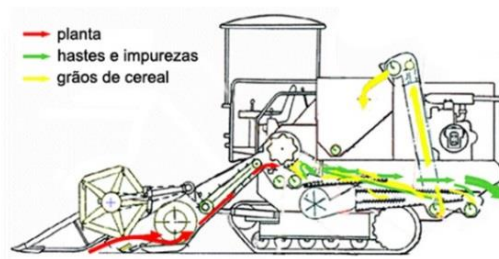


Figura 23. Ceifeira-debulhadora: esquema de funcionamento (esq.) e durante a colheita de trigo (dir.)

A evolução das ceifeiras-debulhadoras até aos dias de hoje contribuiu fortemente para o aumento exponencial da produção mundial de cereal, que só nos últimos cinquenta anos quadruplicou [6], no caso do milho e triplicou nos casos de arroz e trigo, sendo estes três cereais os de maior volume de produção a nível mundial [23].

e. Silagem e enfardamento

Nem sempre é possível que a criação de gado seja feita em pastagens ao ar livre, e mesmo quando isso acontece, ocorrem sempre períodos de maior escassez de pasto, em épocas de seca. Existem por isso alternativas para se conservar a forragem, principalmente através de duas formas: silagem ou enfardamento.

e.1 Silagem

A silagem é um processo que resulta da fermentação anaeróbica de forragem ou cereais, que permite a conservação de grande parte dos nutrientes. A deposição e compactação de erva, milho ou outros cereais devidamente triturados, após fermentar durante algumas semanas, conserva-se durante vários meses, até que seja utilizada como alimentação para gado.

No caso de silagem de erva ou feno (erva seca), existem diferentes soluções para o corte e trituração, tanto alfaías como veículos especializados. Para explorações de pequena/média dimensão, utilizam-se normalmente alfaías como gadanheiras ou segadoras, que cortam a forragem e trituram-na por entre dois rolos, que laceram a vegetação. As gadanheiras condicionadoras têm a vantagem de dispor a vegetação em cordões no terreno, que facilita a recolha, permite o arejamento e impede que seja pisada por tratores (Figura 24) [24]. Existem vários tipos de gadanheiras, para diferentes tipos de erva e de terreno, variando o sistema de corte, com lâminas rotativas ou correntes.



Figura 24. Gadanheira condicionadora de arrasto lateral a ceifar erva, formando cordões (esq.) e funcionamento das lâminas com sistema de propulsão condicionada da erva

Em explorações de grande dimensão, a ceifa de forragem pode ser feita por uma ceifeira automotriz (Figura 25), que corta a vegetação com uma ou mais cabeças, formando as mesmas fileiras para facilitar a recolha. A diferença deste veículo em relação às alfaías anteriores, prende-se essencialmente com a maior velocidade e dimensão da área de corte.



Figura 25. Ceifeira automotriz *Krone* de 2011

Após a ceifa da erva, é preciso que esta esteja junta e disposta em fileiras, de modo a que seja mais fácil recolhê-la. Caso isto não aconteça, ou seja, se a gadanheira ou segadora não for condicionadora e cortar a vegetação livremente no terreno, é necessária a intervenção de um ancinho rotativo (Figura 26), uma alfaia de utilização traseira, que serve unicamente para acomodar a vegetação cortada.



Figura 26. Ancinhos rotativos *Claas* (esq.) e *Case* (dir.) para acondicionamento em fileiras de forragem ceifada

A recolha de erva ou feno cortado para reboques de transporte, até 1880 era feita manualmente, com recurso a ancinhos e outros instrumentos. Após essa data, surgiram engenhos que se acoplavam á parte traseira do reboque e carregavam em movimento a erva do chão (Figura 27) [25].



Figura 27. Máquina de 1911 para recolha de forragem *John Deere*

Hoje em dia este processo é feito por uma máquina designada de ensiladora ou colhedora de forragem. Esta máquina pode ter uma de três configurações, dependendo da capacidade e velocidade pretendidas: Alfaia, autocarregadora ou ensiladora automotriz. A primeira trata-se de uma alfaia de utilização traseira ou lateral indicada para explorações de pequena dimensão, tendo a grande desvantagem da dependência de um reboque complementar, para onde é expelida a forragem após ser recolhida e esmagada, através de dois cilindros com parafuso sem fim. Este tipo de alfaia existe para recolha de milho e erva (Figura 28).



Figura 28. Recolha de forragem (esq. para dir.): alfaia, autocarregadora e ensiladora automotriz

As duas soluções restantes competem entre si, e servem por norma explorações de média/grande dimensão. Uma autocarregadora (Figura 29) é um reboque próprio para a apanha de erva ou feno, com dois cilindros na zona inferior dianteira, que recolhem a forragem.



Figura 29. Autocarregadora *Krone* de 2011

No interior da caixa, uma esteira movimentava-se no sentido frente>trás no chão do reboque. Esta ajuda a empurrar a forragem dentro do reboque para a parte traseira e facilita a descarga, quando a porta traseira é aberta, tornando desnecessário a báscula. A autocarregadora tem a vantagem de dispensar a utilização de um reboque, pois combina as funções de recolha e transporte num só produto. É possível desativar os cilindros de recolha, passando a ser de reboque de silagem convencional. A utilização de autocarregadoras abrange tanto pequenas como medias e grandes explorações, pois existe uma grande variedade de dimensões do produto, com capacidades de carga desde 30 a 100 m³.

A ensiladora automotriz é o produto mais completo para a apanha e moagem, tanto de erva como de milho. Trata-se de uma máquina com capacidade para cortar, moer e expelir silagem, com a possibilidade de ter diferentes cabeças, para milho ou erva/feno. Como não tem um depósito de carga, necessita de um reboque de transporte, para onde é enviada a silagem, através de um braço móvel (Figura 30).



Figura 30. Em cima ensiladora de 2012 *John Deere* com cabeça de milho e quatro cabeças: erva/feno (superior) e milho (três inferiores). Em baixo ensiladora *Claas* de 2012 com três cabeças diferentes: cortador de erva (esq.), erva cortada (meio) e milho (dir.)

Existem três soluções principais para o armazenamento da silagem: num reservatório vertical hermético designado de silo, em fardos revestidos a plástico, ou simplesmente enterrado ao ar livre, com uma cobertura de plástico (Figura 31).

Apesar da primeira solução representar um investimento maior relativamente à deposição ao ar livre, é a melhor solução para silagem de cereal, pois mistura-o homogeneamente e dificulta o aparecimento de bactérias, fungos ou apodrecimento. O enfardamento plastificado serve apenas para silagem de erva ou feno, e é utilizado como alternativa mais duradoura do que fardos de palha não plastificados, por não haver necessidade de armazenamento para conservação. A última solução ocorre com bastante frequência em todo o tipo de explorações, por ser uma alternativa fácil e barata, que não está limitada por capacidade, como acontece com silos verticais, sendo adequada tanto para a silagem de milho como de erva, podendo estar enterrado ou simplesmente depositado e revestido a plástico [26].



Figura 31. Armazenamento de silagem (esq. para dir.): silo metálico, fardos plastificados, enterrado no solo

e.2 Enfardamento

Como alternativa à silagem, a alimentação de gado em períodos de maior escassez de pasto, pode ser feita através do uso de erva seca ou palha armazenada, resultante da colheita de cereal. Até finais do séc. XIX, esta era apanhada e amontoadada em pilhas, que no entanto, ainda hoje se podem ver em zonas rurais de Portugal, normalmente de famílias com produção doméstica de gado (Figura 32).



Figura 32. Empilhamento de feno após a malha de cereal em aldeia minhota. Fotografia da “Revista Portuguesa” (1903-1924) edição de 29 de junho de 1914

A introdução de enfardadoras, máquinas que transformam palha ou feno em fardos, deu-se no final do séc. XIX nos EUA. Eram móveis, tracionadas por animais e necessitavam da intervenção humana para a introdução do feno. Este era enfardado pela máquina, que compactava, extrudia e cortava com uma guilhotina o fardo paralelepipedico, que por fim era manualmente atado com arame, de forma a não se desconjuntar (Figura 33).



Figura 33. Enfardadora *Case* de 1933

A evolução deste processo deu-se ao longo do séc. XX, até aproximadamente finais da década de 1940, altura em que a enfardadora era já uma alfaia tracionada mecanicamente, e que deixou pela primeira vez de ser necessária a colocação de feno e de arame manualmente, passando a alfaia a recolher por si só o feno do solo e a atar o fardo. Facilitando significativamente desta forma, o funcionamento em movimento e dispensou a necessidade de várias pessoas para o desempenho da tarefa (Figura 34). Esta inovação foi determinante para o sucesso e implementação da enfardadora a nível global [25].



Figura 34. Enfardadora de fardos paralelepipedicos *Case* de 1953: Recolha, extrusão e aplicação de arame no fardo sem intervenção humana

Na década de 1970 o processo de enfardamento sofreu a mais recente inovação radical: o enfardamento de fardos cilíndricos, em vez de paralelepipedicos. As vantagens avançadas

pelos fabricantes são várias e o sucesso comercial das enfardadoras cilíndricas assim o confirmam, nomeadamente maior rapidez no processo de enfardamento e densidade, que torna o fardo mais pesado, mas também compacto e consequentemente durável ao ar livre. Pode-se também apontar uma menor quantidade de desperdício e fardos mais fáceis de plastificar, relativamente aos paralelepípedicos. Um fardo cilíndrico de uma enfardadora moderna (Figura 35) pode pesar até uma tonelada e medir até cerca de 180cm de diâmetro. Por fim, as enfardadoras cilíndricas são por regra mais económicas, pois consomem menos energia [27]. Apesar das enfardadoras cilíndricas terem surgido em meados do séc. XX, apenas se estabeleceram a partir da década de 1970 [25].

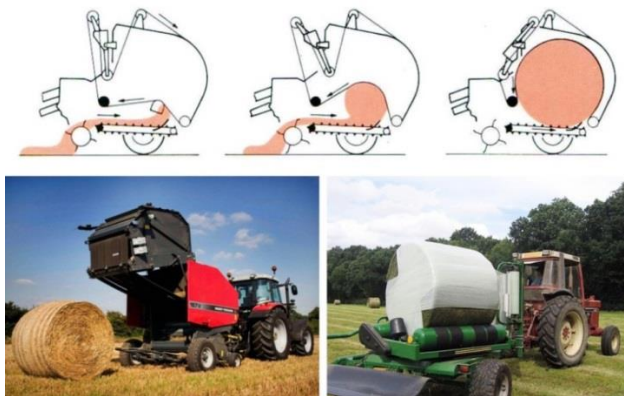


Figura 35. Enfardadora cilíndrica em funcionamento (cima), descarga e plastificação (baixo)

As enfardadoras paralelepípedicas não foram extintas e continuam a ser utilizadas, sofreram igualmente inovações de forma a produzirem fardos de maior dimensão, com melhor otimização de tempo. Os fardos paralelepípedicos têm a grande vantagem de facilidade de arrumação e transporte, conseguindo um aproveitamento de espaço bastante superior, relativamente aos cilíndricos (Figura 36).



Figura 36. Fardos paralelepípedicos: Enfardadora Claas de 2012 (esq.) e transporte/arrumação (dir.)

A plastificação de fardos representa uma alternativa à silagem armazenada em silos ou enterrada, uma vez que o fardo podem ser deixado no local onde é enfardado e plastificado, conservando os nutrientes do feno. Esta solução dispensa a necessidade de transporte e armazenamento do feno e é feita tanto em fardos paralelepípedicos como cilíndricos.

f. Transporte (Caixa de Carga)

O transporte de carga no âmbito agrícola é feito essencialmente por reboques agrícolas, que serão o caso de estudo da dissertação, abordado no seguinte ponto 2.3.3 e no capítulo 3. No entanto, para situações de transporte de carga de baixa volumetria ($0,2$ a $0,8 \text{ m}^3$) são utilizadas caixas de carga com alternativa ao reboque. Esta é bastante mais pequena e é montada no engate de três pontos do trator, tal como uma alfaia. Destina-se ao transporte do mais variado tipo de cargas, como ferramentas, terra, estrume ou pedra e é composta por taipais metálicos laterais e um traseiro, que pode ser rebatido ou retirado (Figura 37).



Figura 37. Caixa de carga *Galucho*

Considerações

É incontornável o facto de que a introdução de máquinas na agricultura foi um dos grandes responsáveis pelo aumento produtivo e consequente diminuição de custo de produção. Esta realidade teve consequências preponderantes, como o abandono de trabalhadores no setor, sobretudo durante o século XX [2]. Por outro lado, o crescimento da população mundial de 2 para 4 biliões de pessoas, ocorrido só no séc. XX, arrastou consigo o crescimento da produção agrícola, incluindo a produção de carne. Esta, só entre 1820 e 1975, duplicou por quatro vezes, em intervalos de tempo cada vez mais curtos [28].

Apesar da diminuição acentuada da população empregue no setor, a produtividade por agricultor aumentou drasticamente. Segundo M. Scully [28] em 1940 nos EUA, um agricultor fornecia aproximadamente alimentação suficiente para sustentar 11 habitantes, enquanto em 2002 esse número passou para 90.

A aposta recente da mecanização agrícola nacional é um dos fatores que colocou Portugal em 2012 no quinto país da União Europeia onde a atividade agrícola por trabalhador mais rendeu, em termos de produtividade média. Dados revelados pelo *Eurostat*, indicam que o rendimento do setor agrícola cresceu 9,3% em 2012, com a Bélgica a liderar com um crescimento de 30%. Para além deste país, à frente de Portugal posicionam-se a Holanda (14,9%), a Lituânia (13,6%) e a Alemanha (12,1%) [29].

Contributo do Design

A inovação da mecanização deve no entanto, ter em conta a totalidade dos aspetos relacionados com a operação de uma máquina agrícola. Considerando não apenas os fatores relacionados com o desempenho e funcionalidade, mas também com o conforto e segurança do operador da máquina agrícola. A relação da máquina com o utilizador em questões como ergonomia ou usabilidade são fundamentais e contribuem fortemente para o sentimento de bem-estar durante a operação de qualquer máquina.

Neste sentido, é notável a evolução de por exemplo, a cabine de condutor das ceifeiras-debulhadoras (Figura 38). Nas décadas de 1960 e 1970, esta era ao ar livre, expondo o agricultor a todas as condições atmosféricas, poeira, ruído, fumo, etc.



Figura 38. Ceifeira-debulhadora: Volvo S830 de 1967 (cima) John Deere S660 de 2012 (baixo)

A evolução para uma cabine fechada trouxe maior comodidade, como assentos mais confortáveis e mais espaço de arrumação. Transformando assim a cabine num pequeno e confortável compartimento, com inovações tecnológicas, como monitores de sistemas digitais de monitorização, comandos para condução, rádio, etc.

1.2.3 O Reboque Agrícola

Em qualquer exploração agrícola, de pequena média ou grande dimensão, o reboque é um equipamento essencial para o transporte de qualquer tipo de carga agrícola. Este transporte pode ser feito tanto dentro da exploração agrícola, como fora dela, se o reboque for homologado para utilização na rodovia pública. Segundo a legislação europeia, a definição de reboque agrícola é a seguinte:

Qualquer reboque agrícola ou florestal, essencialmente destinado ao transporte de cargas, concebido para ser acoplado a um trator para efeitos de exploração agrícola ou florestal. Os reboques em relação aos quais uma parte da carga é suportada pelo veículo trator entram nesta categoria. (...)

Diretiva 2003/37/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de maio de 2003

Uma vez que o reboque agrícola representa o caso de estudo da presente dissertação, desenvolvido no terceiro capítulo, a compreensão deste produto justifica uma maior profundidade na análise feita, estando esta estruturada nos três pontos:

- a. Enquadramento Histórico**
- b. Composição**
- c. Tipologias**

a. Enquadramento Histórico

Da Pré-História à Idade Média

Segundo o arqueólogo David W. Anthony [30] o uso de carroças para transporte dos mais variados tipos de carga, como alimentos, animais, passageiros, entre outros, não apenas vocacionadas para a agricultura, acompanha a história da civilização desde aproximadamente 3500 aC, época final do período Neolítico. O seu aparecimento em diversas zonas e civilizações pré-históricas da Europa central, Vale-do-Indo ou Antigo Egito, confunde-se com o surgimento da roda. Até então, o transporte de carga era feito com animais ou com trenós de madeira, com várias tipologias, com tração humana e animal (Figura 39). Apesar disso, estes métodos para transporte de carga permaneceram até aos dias de hoje, sendo mais frequentes em terrenos arenosos ou com neve [31].

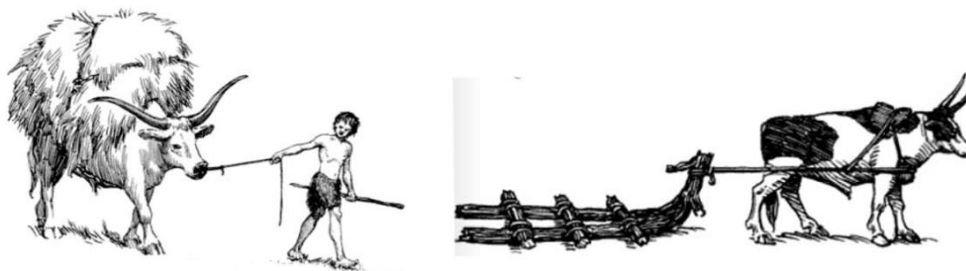


Figura 39. Soluções de transporte precedentes à existência da roda: animais (esq.) e trenós (dir.)

Até finais do séc. XIX as carroças eram inteiramente construídas em madeira, com um ou dois eixos fixos e rodas de madeira. O registo bidimensional mais antigo de que há conhecimento, com data precisa, de uma carroça com rodas, é a representação decorativa de carroças com arreio, gravadas num vaso de barro, datado de 3500 a 3350 aC (Figura 40). Encontrado juntamente com ossos de gado e instrumentos de sílex da mesma data, em *Bronocice*, na Polónia, pertencia à civilização de *Trichterbecker*. Esta cultura Neolítica, era composta por pequenas povoações de agricultores, na Alemanha, Polónia e Dinamarca, com grande tradição de olaria característica [30].



Figura 40. Vaso de Bronocice de 3500 aC, registo mais antigo conhecido de reboque agrícola

A civilização do Vale-do-Indo, uma das civilizações mais antigas de que há conhecimento, foi também uma das mais avançadas e organizadas da sua época, a Idade do Bronze, período sucessor ao neolítico, ocorrido entre 2500 e 1700 aC. É considerada uma civilização urbana, com cidades e povoações ligadas por estradas, com existência de religião e literacia, provada através de manuscritos encontrados cujo alfabeto não foi no entanto, decifrado até aos dias de hoje. Está hoje comprovado, que a agricultura era a principal atividade, existia comércio e produziam-se produtos de olaria utilitária e decorativa, como vasos ou brinquedos, roupa de algodão e joalharia de ouro, bronze e marfim [32]. Dois exemplos de brinquedos de terracota, encontrados em escavações na cidade de *Harappa*, revelam miniaturas de vários tipos de carroças agrícolas com duas e quatro rodas, de tração animal e humana. Estas peças são um forte indício, de que a população do Vale-do-Indo se servia de reboques agrícolas com diferentes características, para o transporte de todo o tipo de carga, como madeira, cereais, erva e até pessoas (Figura 41).

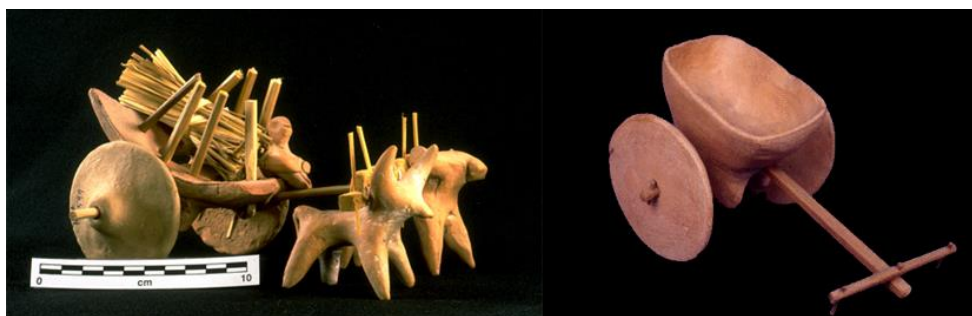


Figura 41. Brinquedos de 2500 aC descobertos na cidade de *Harappa*, cidade da civilização do Vale-do-Indo: Carroça de tração animal (esq.) carro de tração humana (dir.)

Segundo a historiadora Judith A. Weller [33], o nível de desenvolvimento de veículos para transporte desenvolvidos pelo Império Romano (séc. I a XV), foi intransponível a nível de engenharia e tecnologia até ao séc. XVIII. A extensão dos territórios do Império Romano, com um total de cerca de 85000 km de estradas pavimentadas em granito, levou à otimização e inovação constante de transporte de todo o tipo de cargas e passageiros. Os romanos desenvolveram carroças de madeira de diversas tipologias e elevado nível de sofisticação para a sua época, com eixos pivotantes, sistemas de suspensão, travões e rodas côncavas reforçadas com peças metálicas (Figura 42). Madeiras com maior peso e resistência eram utilizadas em carroças para cargas pesadas como pedra, que eram tracionadas por bois e madeiras mais leves para carroças de transportes de carga ligeira, como feno ou passageiros, que podiam atingir velocidades mais altas e eram puxadas por cavalos.



Figura 42. Baixo-relevo de carroça romana de bois, para transporte de barris de vinho (esq.) e fragmentos de rodas com reforços metálicos, datados do séc. I, descobertos em *Neupotz*, Alemanha (dir.)

Weller afirma mesmo que a evolução construtiva de carroças após a queda do Império Romano, estagnou e por vezes até retrocedeu, sendo que só no período final da Idade Média se regressou ao nível de sofisticação deixado pelo legado romano [33].

Do séc. XV ao séc. XIX

Até ao séc. XIX a construção de carroças estava entregue a artesãos, carpinteiros e serralheiros especializados na arte de fabricar e reparar carroças, de uma forma semi-industrializada, feita por vezes em produção em série, com recurso a ferramentas manuais (Figura 43).

Durante o séc. XVIII e XIX, o crescimento populacional e de produção agrícola, levou ao aumento da procura deste produto, o mercado cresceu significativamente e industrializou-se. Surgiram dezenas de empresas britânicas e norte-americanas, como a *John Deere* (1837), *Studebaker* (1852-1967) e *Piedmont Wagon Company* (1878-1940), entre muitas outras. Estas produziam, comercializavam e algumas exportavam, engenhos agrícolas (alguns dos quais referenciados no ponto 2.3.2) e carroças vocacionadas para agricultura. Competiam entre si por mercado, espicaçando a necessidade de diferenciação, o que contribuiu para o avanço de tecnologia e conforto nos reboques de transporte de cargas.

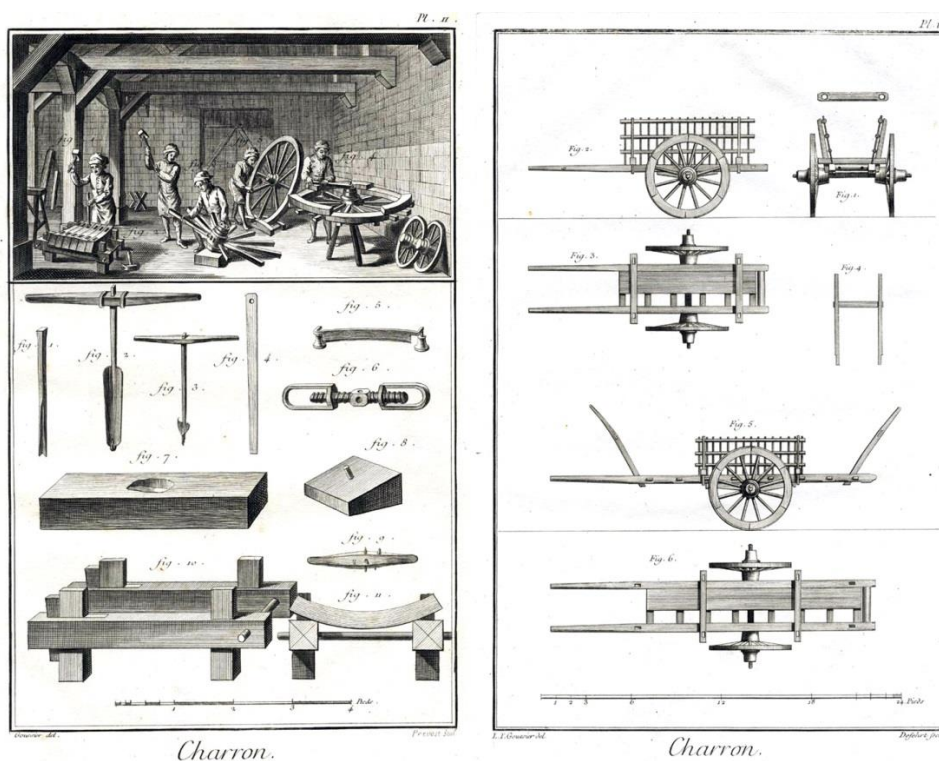


Figura 43. Construção de carroças no séc. XVIII, segundo *Encyclopedie* vol. 2b de Diderot e D'Alembert editada em 1763

Foram dados passos importantes na melhoria de sistemas de suspensão e travagem, assim como o eixo frontal passou a ser rotativo, e as rodas de madeira revestidas chapa de ferro. O emprego de cores era muitas vezes utilizado no corpo de madeira da carroça, funcionando de elemento diferenciador entre fabricantes (Figura 44) [34].



Figura 44. Carroça de aproximadamente 1905 (esq.) e carroça *Piedmont* de 1877 (dir.)

Da revolução industrial ao séc. XXI

Durante o final do séc. XIX e início do séc. XX deu-se um conjunto de mudanças marcantes na construção de veículos de carga agrícola. Fruto da revolução industrial e consequente introdução de tratores a gasolina, a carroça de madeira agrícola transformou-se de forma definitiva, no reboque moderno que hoje se conhece. A própria denominação do objeto foi atualizada de “carroça” para “reboque”. A definição de “carroça” passou assim a referir-se ao veículo de transporte de carga pré-revolução industrial, de tração animal, construído integralmente com rodas e estrutura de madeira, podendo no entanto incluir peças metálicas de reforço.

A década de 1930 foi marcante na história da mecanização agrícola, época a partir da qual a evolução do reboque passou a estar estritamente relacionada com a do trator passando as inovações de ambos a dar-se de forma paralela. Assistiu-se pela primeira vez à utilização de aço a nível estrutural na construção de reboques, com a madeira a dar lugar ao aço soldado no chassi, suspensão e rodas, passando apenas a ser usada nos taipais. No início da década introduziram-se pneus, tal como acontecera no trator, o que trouxe vantagens na estabilidade de condução e permitiu a utilização em quase todo o tipo de terrenos (Figura 45).



Figura 45. Reboque agrícola de aprox. 1945, com pneus, taipais de madeira, chassi e rodas de aço

Com as melhorias estruturais conseguidas pela introdução de aço, o período de vida do reboque tornou-se significativamente maior. Este facto resultou na necessidade eventual de substituição ou reparação dos taipais de madeira, uma vez que a sua deterioração é mais acelerada, relativamente ao aço.

Este conjunto de alterações incidiu sobretudo na inovação pelo material e deu-se de forma gradual ao longo do tempo. A utilização de carroças de madeira e animais apesar de decrescer, continuou a existir até à segunda metade do séc. XX, principalmente em explorações de pequena dimensão, com produção para consumo próprio.

Introdução do aço a nível estrutural

A introdução do aço fez surgir novas tipologias, na década de 1940 e 1950, como reboques *monocoque*, com uma caixa de uma peça única, apenas com taipais suplementares no topo e portas com abertura hidráulica. Nos modelos de taipal, as paredes laterais da caixa, foram o último elemento de madeira a ser substituído por aço, existindo porém ainda hoje modelos novos com taipais de madeira, com tendência a desaparecer (Figura 46).

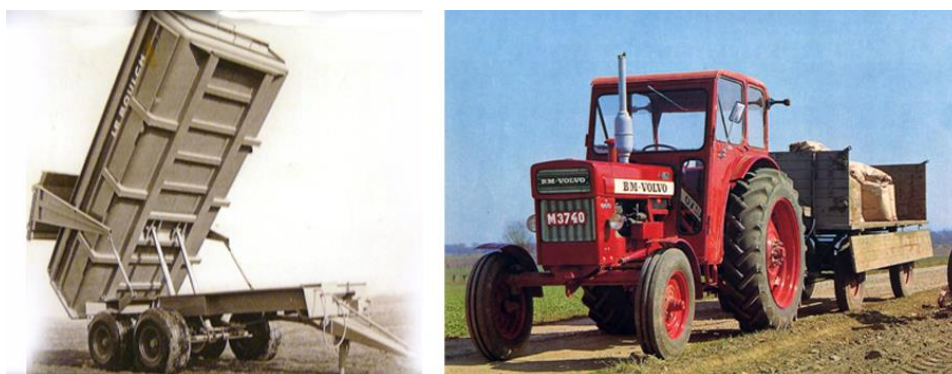


Figura 46. Primeiro modelo de reboque de caixa fechada (monocoque) de aço da fabricante francesa *Le Boulch* de 1958 (esq.); Trator *Volvo BM 650* de 1970 e reboque de taipais de madeira e chassi e rodas de aço (dir.)

A evolução através do material, permitiu que no final da década de 1990, à exceção dos pneus, os reboques agrícolas fossem na grande maioria dos casos, integralmente constituídos por aço soldado, o que deu origem a maior flexibilidade na abertura e montagem modular dos taipais, como criou também a possibilidade de serem fixados componentes metálicos aos mesmos, como degraus, grelhas e outros.

À semelhança do que aconteceu com as alfaías agrícolas, os reboques passaram a admitir propulsão do sistema hidráulico do trator, ligada através de cabos desde a traseira do trator, para o desempenho de funções como levantamento da caixa para descarga de carga, abertura da taipais ou porta traseira. Para além disso, existem reboques de ligação à tomada de força do trator, como é o caso dos espalhadores de estrume, para movimentar os

cilindros que expellem o estrume, ou autocarregadoras de forragem, para movimentar o cilindro frontal que recolhe a erva do solo.

b. Composição

De acordo com os modelos de reboques agrícolas atuais, o panorama geral engloba diferentes tipologias, normalmente determinadas pelo tipo de carga a que destinam ou pelo tipo de construção, sendo que a esmagadora maioria dos componentes é de aço ou alumínio. A madeira é utilizada em alguns modelos para componentes específicos. Por sua vez, dentro de cada tipologia, existe uma grande oferta de modelos, com um amplo leque de dimensões, definidos pela capacidade de carga útil, em peso ou volumetria.

Apesar desta variedade, a estrutura base que sustenta o reboque agrícola, designado de quadro, é semelhante e partilhada pela generalidade das tipologias (Figura 47).



Figura 47. Composição de reboque agrícola de taipais

Segundo o Manual de Mecanização Agrícola ao **Quadro** ou **Chassi**, fixam-se os seguintes elementos [35]:

Eixo (s): providos de rodas pneumáticas e travões; as rodas suportam o reboque e permitem a sua deslocação, enquanto os travões lhe reduzem a velocidade ou o param. O travão de estacionamento serve para imobilizar quando se encontra desengatado. Os travões podem ser mecânicos, hidráulicos ou pneumáticos. Os dois últimos são utilizados em modelos com peso bruto superior a 7 toneladas.

Lança: faz a união com o trator através de uma “argola” rotativa, a fim de evitar acidentes em caso de viragem; nos semirreboques e para facilitar o engate e o desengate, está equipada com um suporte de descanso, que pode ser hidráulico ou mecânico.

Caixa: Em madeira ou metal, está provida do soalho e de taipais que se unem através de fechos, apoia-se no quadro e serve para receber os materiais a transportar.

Taipais: Os taipais estão ligados à plataforma, soalho ou chão do reboque e, para aumentar a capacidade, podem colocar-se-lhe taipais suplementares.

É importante considerar-se também a distinção entre **reboque** e **semirreboque**. A diferença entre ambos deve-se à distribuição do peso no veículo (Figura 48).

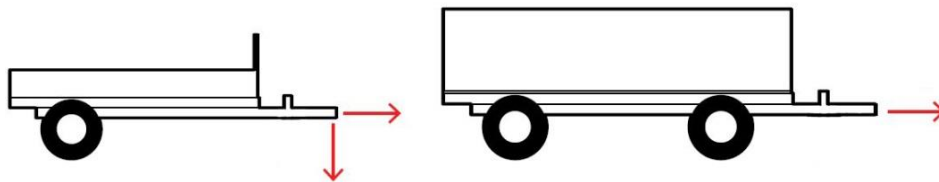


Figura 48. Semirreboque (esq.) e Reboque (dir.)

O **semirreboque**, com um ou mais eixos na zona traseira apenas, distribui o peso pelo eixo e pela lança, zona de engate com o trator, ficando assim o esforço partilhado entre o trator e o reboque. Este tipo é o mais frequente no contexto agrícola nacional, por ter maior flexibilidade de manobras. Serve facilmente tanto tratores de pequena como de grande potência. No entanto é menos estável, a probabilidade de acidentes que envolvam a viragem é maior. Necessita de um suporte de descanso, quando desengatado do trator.

O **reboque** tem necessariamente dois ou mais eixos, em cada uma das extremidades, que distribuem a totalidade do esforço da carga, não exercendo qualquer esforço no trator. O peso fica assim distribuído pelos eixos e rodas do reboque, sendo que o eixo traseiro é fixo e o dianteiro rotativo. Este é mais frequente para grandes capacidades de carga, podendo ser atrelados mais do que um entre si, em zonas planas, normalmente explorações de grandes dimensões (Figura 49).



Figura 49. Trator com reboques *Strautmann* de 2012

c. Tipologias

De acordo com a análise feita à oferta existente no mercado de reboques e semirreboques agrícolas, foram selecionados para a elaboração tipológica 181 modelos de 2 fabricantes nacionais e 32 internacionais, enunciados no final do presente capítulo¹.

A análise feita incidiu em quatro variáveis consideradas fundamentais para identificação e comparação: Tipo de carga; Capacidade de Carga Útil (CCU), em peso e volume; Tara; Espessura da chapa utilizada na construção do quadro, chão e paredes laterais. Todos os valores apresentados são informação extraída de entrevistas ou catálogos de fabricantes e dizem respeito a modelos atuais, em construção até à presente data.

A análise tipológica incide sobre as nove tipologias identificadas:

1. Taipal

2. Monocoque

2.1 Construção civil

3. Silagem

4. Florestal

5. Transporte Animal

6. Plataforma

6.1 Feno

6.2 Veículos

7. Alumínio e outros Aços

8.1 Alumínio

8.2 Aço Inoxidável, Galvanizado e Aço de Alta Resistência

8. Modular

8.1 Braço Hidráulico

8.2 Caixa Fixa

9. Hortícola

¹ Foram considerados modelos exclusivamente com a função de transporte de carga agrícola, excluindo espalhadores de estrume, autocarregadoras e caixas de carga, explorados anteriormente no ponto 2.3.2.

1. Taipal

Carga: Terra, madeira, estrume, fruta e leguminosas

Capacidade de Carga Útil

Volume: 1 a 26 m³

Peso: 2000 a 18000 kg

Tara: 460 a 7800 kg

Chapa: 2 a 6 mm

Trata-se da mais antiga, abrangente e versátil tipologia para o transporte de carga agrícola, é também a mais semelhante ao seu antecedente, as carroças de madeira. Caracteriza-se por ter uma caixa com taipais rebatíveis e amovíveis em grande parte dos casos, permitindo que o agricultor adapte a dimensão do reboque à carga a transportar, bastando para isso acrescentar, rebater ou retirar taipais.

O aparecimento de tipologias alternativas, com caixas de grande volumetria sem taipais, mais leves, tornou este tipo de reboque mais comum em modelos de pequena e média dimensão. Contudo, a oferta existente vai desde modelos com cerca de 2 toneladas e 1 m³, até mais de 16 toneladas e 26 m³ de capacidade de carga útil (CCU) (Figura 50).



Figura 50. Semirreboque basculante *Brantner* com um eixo e 1,9t / 1 m³ CCU (esq.); semirreboque *Herculano* de um eixo e 10t / 12 m³ CCU (centro); reboque *Oehler* com três eixos e 17,5t / 27,5 m³ CCU (dir.)

A caixa é basculante na grande maioria dos casos, com recurso à tomada de força do trator, ou a um ou mais cilindros hidráulicos, que fazem levantar a caixa para o despejo pelo taipal traseiro. É frequente no entanto, existirem caixas com movimento tribasculante, ou seja, para além de descarregar pela parte traseira, pode ser feita uma descarga para qualquer um dos lados. Esta permite que a operação de despejo de carga seja mais rápida, uma vez que lateralmente, com os taipais rebatidos, existe sempre maior área para realizar a descarga, comparativamente com a traseira (Figura 51).



Figura 51. Abertura de taipais laterais (esq. para dir.): *Stronga* 24t/26 m³; *Pronar* 13t/19.5 m³; *Farmtech* 13.3t / 17 m³

Existem diferentes espécies de taipais, trata-se de uma peça modular, construída em chapa lisa ou perfilada, reforçada transversal ou longitudinalmente com traves de aço tubular. Com espessuras na ordem dos de 2 a 5 mm, um taipal pode atingir pesos desde aproximadamente 20 a mais de 80 Kg. A versatilidade de movimentos é bastante grande entre modelos, pelo que existem diversas possibilidades de abertura de taipais, com recurso a fechos mecânicos ou hidráulicos (Figura 52).



Figura 52. Exemplos de fechos mecânicos de taipais (esq. para dir.): lateral simples *Herculano*, lateral simples com mola *Rolland* e fecho inferior centralizado *Brantner*

A possibilidade de remoção dos taipais laterais e traseiro permite em alguns modelos, a aplicação de estacas verticais, designadas de “fueiros”, em orifícios próprios nas extremidades do soalho ou chão da caixa. Esta é uma alternativa fácil e barata, utilizada mais frequentemente em reboques de pequena dimensão, para acondicionar carga no caso de esta ser volumosa e ultrapassar em altura o tamanho dos taipais, como acontece com madeira ou feno. Os fueiros podem ser estacas de madeira ou de metal, muitas vezes elaboradas pelo agricultor.

Por fim, existe a utilização com remoção total dos taipais, sem fueiros, cuja fixação da carga é feita com cabos presos ao quadro, como acontece com o transporte de fardos de palha, contentores de fruta ou legumes. Apesar da ilegal circulação na rodovia pública, esta prática é comum em Portugal. Esta utilização não deve ser confundida com a tipologia de “Plataforma”, abordada no ponto 6 do presente capítulo.

2. Monocoque

Carga: Silo, cereal, fruta e leguminosas, terra, estrume, pedra, areia, resíduos de construção civil (entulho)

Capacidade de Carga Útil

Volume: 4.5 / 46 m³

Peso: 3000 a 28000 kg

Tara: 1700 a 9700 kg

Chapa: 3 a 6 mm; Construção civil: 6 a 11 mm

Os reboques monocoque são caracterizados por terem uma caixa fechada, cônica ou retangular, construída em aço soldado, com paredes e chão lisos. Desta forma a descarga por basculamento é facilitada, uma vez que a geometria da caixa permite que a carga deslize mais rápida e facilmente.

Ao contrário do reboque de taipal, o monocoque tem uma caixa constituída a partir de uma só peça, apresentando assim robustez e resistência como principais atributos. Para além disso a estanquicidade é um também uma vantagem importante, que distingue este produto, uma vez que a existência de pequenas folgas, ocasionalmente existentes em modelos de taipal, agravadas pela trepidação do veículo, provocam perdas de carga que podem ser significativas durante longos percursos e até perigosas para outros veículos em rodovias públicas. A abertura traseira é hidráulica na maior parte dos modelos e o ângulo máximo de basculação da caixa ronda os 55 graus (Figura 53).



Figura 53. Semirreboque monocoque: *Chieftain* com boquete para cereal (esq.); *Fliegl* 12t / 13.7 m³ CCU (centro); *Oehler* 25t / 24 m³ CCU (dir.)

Por norma este tipo de reboques têm média e grandes capacidades de carga, usados a partir das 10 toneladas ou 10 m³ de volume, podendo atingir 28 toneladas e 46 m³ de CCU, com espessuras de chapa de aço na ordem dos 3 a 6 mm.

O universo de aplicações e extras deste tipo de reboque é bastante extenso, como taipais suplementares, geralmente de alumínio, para o aumento do volume de carga, abertura para descarga de cereal, diferentes tipos de suspensão, sistemas de cobertura, escadas, grelhas e outros. A cobertura - obrigatória em alguns países, incluindo Portugal – é

feita com um toldo plástico, colocado manual ou mecanicamente, de modo a que quando carregado e em circulação, o reboque não perca carga pelo topo (Figura 54).



Figura 54. Semirreboque monocoque: *Record* 24t/32 m³ CCU com taipal suplementar a descarregar silagem (esq.); *Jeantil* 14.8t / 12 m³ CCU com cobertura (centro e dir.)

Por se tratar de um produto com propriedades distintas do silo de milho ou forragem, o cereal é um produto mais seco, menos denso, com baixo atrito e alto índice de escorregamento. Estas características estão na origem da necessidade de um boquete próprio para cereal, que permite maior controlo na descarga.

Atualmente é a tipologia mais procurada em explorações de média e grande dimensão. A popularidade alcançada resultou em subtipologias como a designada de *dumper*, direcionada para o transporte de cargas de construção civil.

2.1 Construção civil

Os reboques de construção, designados também de *dumpers* são uma aplicação derivada de um reboque monocoque. Esta derivação é destinada ao transporte de cargas pesadas, com maior desgaste da caixa, como pedra ou areia, frequentes em ambiente de obras de construção civil, tal como existe em camiões de obras. No entanto o trator beneficia de maior facilidade de circulação em terrenos irregulares, o que é por vezes, vantagem suficiente para a utilização do trator face ao camião.

Esta categoria caracteriza-se por ter uma caixa com chapa de aço de espessura acima de 6 mm, existindo modelos com 11 mm, o que aumenta significativamente a resistência do reboque, mas também o seu peso. Existem duas variantes de modelos de reboques de construção civil, com abertura hidráulica e sem abertura. Para garantir estabilidade, os pneus são geralmente de grande largura (Figura 55).



Figura 55. Semirreboque monocoque de construção civil: *Joskin* 27t / 13.9 m³ CCU (esq. e centro); *Jeantil* 22t / 11.6 m³ (dir.)

3. Silagem

Carga: Silo de forragem e milho

Capacidade de Carga Útil

Peso: 10 000 a 27 000 kg

Volume: 30 a 80 m³

Tara: 4900 a 11 950 kg

Chapa: 0.75 a 6 mm

Apesar do silo de erva e milho poder ser transportado em reboques monocoque, as características próprias deste produto, levaram ao desenvolvimento de reboques destinados unicamente para o seu transporte. Por se tratar de uma matéria extremamente húmida e compacta², a descarga por báscula torna-se difícil de executar devido ao atrito existente, que dificulta escorregamento.

Desta forma, desenvolveram-se reboques específicos, por norma de grande dimensão, com paredes mais finas do que taipais convencionais, para dar uma resposta mais eficaz à rapidez de enchimento das ensiladoras modernas, que em poucos segundos conseguem encher um reboque de pequena dimensão. A parede frontal é muitas vezes perfurada, para permitir total visibilidade do interior da caixa ao condutor do trator.

A descarga é feita sem o basculamento da caixa, de duas formas possíveis: através de um tapete deslizante no chão do reboque que expelle o silo através de uma porta com abertura hidráulica; ou empurrada por uma parede móvel, que se movimenta no interior da caixa, desde a frente até à traseira, expelindo assim toda a carga.

Como auxílio complementar à descarga existem também modelos com cilindros horizontais com parafuso sem fim junto da abertura traseira, para aumentar a velocidade de descarga e a trituração do silo. Tanto a parede móvel como o tapete servem também para comprimir o silo, conseguindo-se assim maior quantidade de carga (Figura 56).

² Comparativamente com silo de cereal ou feno.



Figura 56. Semirreboque para silagem: *Annaburger 24t/55 m³*; Interior de caixa com tapete deslizante e parede móvel para descarga *Farmtech*

4. Florestal

Carga: Madeira

Capacidade de Carga Útil

Peso: 6000 a 16 000 kg

Tara: 640 a 7000 kg

Para o transporte de madeira, os reboques florestais são caracterizados pela sua construção com quadro em aço tubular soldado, sem disporem de soalho. O quadro está concebido para que os troncos de madeira assentam diretamente em cima deste, sendo que de lado, a madeira é acondicionada entre fueiros, desmontáveis, de aço tubular cilíndrico ou rectangular. Na parte frontal existe uma grelha, também desmontável, para impedir que a carga deslize para o lado do trator. Na parte traseira não existe, por norma, nenhuma barreira ou parede, sendo por isso frequente que a madeira ultrapasse o comprimento do reboque

A grua é elemento indispensável para o carregamento deste tipo de reboque, em alguns modelos esta é parte integrante, fixada na zona da lança, noutros é um elemento externo independente. Em ambos os casos a grua necessita de ligação ao sistema hidráulico do trator e de apoios de segurança próprios no chão, para garantir estabilidade (Figura 57).



Figura 57. Semirreboque florestal: *Ferrel 11.3t CCU* (esq.); *Lasco 8t CCU* (dir.)

5. Transporte Animal

Carga: Todo o tipo de gado vivo

Capacidade de Carga Útil

Peso: 3500 a 16 600 kg

Tara: 900 a 5500 kg

Chapa: 3 a 5 mm

Os reboques para transporte de animais, mais utilizados em gado bovino, são uma tipologia com necessidades específicas, por transportarem carga viva. Em primeiro lugar, para a entrada e saída dos animais é necessário que a caixa seja rebaixável ou inclinável, por via de macacos hidráulicos, ou que haja uma rampa. Alguns modelos dispõem de guias metálicas rebatíveis, que ajudam a controlar a saída dos animais, assim como divisórias metálicas internas, para separação dos animais. A caixa é fechada, com aberturas na parte superior das paredes laterais para arejamento. A grande maioria dos modelos dispõe de toldos removíveis, para resguardo dos animais.

Os materiais utilizados são maioritariamente chapa de alumínio ou aço pintado ou galvanizado, existindo também modelos com chão de madeira tratada com revestimento antioxidante, ou resinas poliméricas antiaderentes (Figura 58).



Figura 58. Semirreboque para transporte animal: *Joskin* com rampa (esq.); *Le Boulch* com sistema hidráulico de inclinação para facilitar entrada/saída dos animais (dir.)

6. Plataforma

Carga: Fardos cilíndricos ou paralelepípedicos de feno, caixas, paletes e veículos

Capacidade de Carga Útil

Peso: 5000 a 20 000 kg

Tara: 1400 a 5000 kg

Chapa: 3 a 5 mm

Os reboques de plataforma dispõem de uma estrutura semelhante aos reboques de taipal, sem no entanto disporem de taipais. São reboques sem paredes laterais, apenas com uma

plataforma plana que pode atingir mais de 12 metros de comprimento, esta é por vezes rebaixada, com grelhas ou paredes rebatíveis em ambas as extremidades. Estas características refletem-se no peso dos modelos, que apresentam uma tara relativamente baixa quando comparada com outras tipologias, valores que são mais significativos em modelos de grande capacidade. Uma vez que os reboques de plataforma não são basculantes, a carga é descarregada por auxílio de outros veículos.

Esta tipologia pode ser dividida em duas categorias distintas: Transporte de fardos de feno e transporte de veículos.

6.1 Feno

O transporte de feno pode ser feito por reboques de taipais, no entanto existem reboques concebidos especialmente para esta tarefa, que a desempenham com maior eficácia, conseguindo atingir maior capacidade de carga em volumetria do que um reboque de taipal.

Trata-se de uma categoria cuja finalidade é destinada ao transporte de fardos de palha ou feno cilíndricos, ou caixas e paletes de madeira, que se distingue da utilização dos modelos de taipal pela existência de uma guarda frontal e traseira, rebatíveis, que exercem pressão na carga, de modo a compacta-la para existirem o mínimo de folgas. São frequentemente usadas técnicas para acondicionar a carga, uma vez que não existe qualquer proteção lateral, como guardas hidráulicas, ou cordas esticadas por manivelas de guincho (Figura 59).



Figura 59. Semirreboques de plataforma: *Marshall* rebaixado 8t CCU (esq.); *Rolland* 20t CCU (centro e dir.)

6.2 Veículos

A segunda categoria de reboques de plataforma caracteriza-se pela capacidade de transporte de veículos e todo o tipo de máquinas, até aproximadamente de 22 000kg de peso. Esta aplicação é bastante frequente em ambientes de construção civil, para transportar veículos pesados, cuja velocidade própria é demasiado pequena para deslocações de média/longa distância (Figura 60).



Figura 60. Semirreboques para transporte de veículos: *Pronar 14.7 t CCU* (esq.); *Chieftain 15.8t CCU* (dir.)

7. Alumínio e outros Aços

A utilização de tratamento de aço ou alumínio, visa por norma colmatar dois pontos essenciais: a redução do peso do reboque e o aumento da resistência à corrosão e desgaste, fruto da utilização em condições climáticas adversas e de cargas causadoras de maior desgaste na caixa. Para o primeiro ponto é utilizado alumínio, enquanto para o segundo recorre-se à galvanização, aço-inoxidável e aços de alta resistência. Dado que estas preocupações são relativamente recentes e os materiais ou tratamentos em questão são consideravelmente mais caros do que o aço convencional, a existência no mercado deste tipo de modelos é diminuta, existindo por vezes um ou dois modelos na gama de fabricantes de maior destaque.

7.1 Alumínio

Carga: Silo, Terra, Cereal, Fruta

Capacidade de Carga Útil

Peso: 17 000 a 26 000 kg

Tara: 5200 a 7600 kg

No contexto de reboques agrícolas, o alumínio é um material frequentemente utilizado em componentes de cariz suplementar, não estrutural, essencialmente taipais, escadas, grelhas, proteções de luzes, entre outros. A utilização a nível estrutural, tanto no chassi como na caixa, trata-se de uma aplicação menos usual, tanto em modelos de taipal como monocoque, excluindo reboques para transporte animal. Este facto deve-se principalmente pelo facto de o alumínio ser desfavorável relativamente ao aço, em aspetos como preço, soldabilidade ou resistência, apresentando valores máximos de tensão de cedência média na ordem dos 600 MPa [36], enquanto para um aço utilizado em reboques, com teor de carbono à volta dos 0.2%, este valor é mais do que o dobro, rondando os 1500 MPa [36].

No entanto, a resistência à corrosão e leveza apresentam-se como principais atributos das ligas de alumínio face às de aço. Com uma densidade média cerca de 1/3 mais baixa, as ligas de alumínio permitem a construção de reboques significativamente mais leves. Um modelo monocoque em alumínio de 26t / 34 m³ de CCU tem 7600kg de tara, menos 2800kg do que o mesmo modelo em aço convencional. Esta vantagem resulta fundamentalmente na minimização do consumo de combustível do trator em movimentações com o reboque vazio e consequente aumento de capacidade de carga útil quando carregado (Figura 61).



Figura 61. Semirreboque *Lair* 17t e 24 m³ CCU com quadro em aço e taipais em alumínio (esq.); *Benalu* 26t e 38 m³ CCU, totalmente construído em alumínio (dir.)

As características mecânicas das ligas de alumínio, tornam a sua aplicação adequada a cargas menos densas como cereal, feno, forragem, estrume, fruta ou leguminosas e desadequada a cargas demasiado abrasivas e pesadas, como pedra, areia ou outros materiais de construção civil.

Note-se que a utilização de alumínio em reboques comerciais (RC), tracionados por camiões, destinados ao transporte rodoviário, é uma realidade implementada e frequente. Fruto da combinação de dois aspetos fundamentais, que tornam favorável a aplicação desta liga metálica face a outras: primeiro porque a distância percorrida por um RC é exponencialmente maior, comparativamente a um RA. Em segundo lugar porque as propriedades mecânicas do alumínio servem adequadamente um RC, para a maior parte das cargas a transportar, enquanto o mesmo não se passa com um RA, por estar exposto a cargas com maior desgaste da caixa, o aço, em alguns casos é insubstituível.

7.2 Galvanização e Aço Inoxidável

Carga: Estrume, Terra, Uva, Tomate

Capacidade de Carga Útil

Peso: 6 000 a 24 000 kg

Tara: Sem Informação

Para além da pintura, a galvanização é o tratamento mais frequente para o combate à corrosão e desgaste, provocados pelo contacto com cargas como estrume ou silo, cujos componentes químicos tem efeito corrosivo no aço, se este não for tratado. Sendo comum a existência de reboques de aço galvanizado para transporte animal, espalhadores de estrume e cisternas. É também comum a galvanização do chassis, tanto em modelos de taipal como monocoque, assim como em alguns modelos específicos para cargas variadas, como silo ou terra.

O aço inoxidável é menos frequente tanto em chassis como em caixas de reboques agrícolas. Principalmente por se tratar de uma matéria-prima significativamente mais cara do que aço convencional, alumínio ou aço galvanizado. No entanto as suas propriedades de resistência à oxidação, conferidos por elementos de liga como o crómio, níquel e molibdénio, tornam esta liga metálica utilizada em alguns modelos, especialmente concebidos para o transporte de frutas, como uva ou tomate (Figura 62).



Figura 62. Semirreboque de taipal com chassis em aço galvanizado *Fliegl* 9.2t / 10 m³ CCU (esq.); reboque *Agribellon* com caixa em aço-inoxidável 18t / 30 m³ CCU (dir.)

7.3 Aços de Alta Resistência

A utilização de aços de alta resistência, conhecidos pela sua composição com baixo índice de carbono e alto índice de elementos de liga, são responsáveis por conferir propriedades como limite elástico superior, e aumento de resistência face à corrosão e desgaste (...) relativamente aos aços convencionais.

No âmbito dos reboques agrícolas, estas propriedades tornam a gama de aços de alta resistência vantajosa para a utilização tanto no chassi como na caixa, principalmente em modelos sujeitos a maior desgaste, como reboques para construção civil. A utilização de aços de alta resistência de uma forma geral permite a diminuição de espessuras do aço e redução da necessidade de travejamento de reforço estrutural. Estas características traduzem-se na diminuição material necessário, assim como na redução de cordões de soldadura, o que facilita a produção e diminui as zonas onde possivelmente se acumularão detritos, sujidade e água responsáveis pelo desgaste e oxidação, tornando o reboque mais limpo visualmente (Figura 63).



Figura 63. Comparação entre dois reboques monocoque (esq. para dir.): Modelo da fabricante inglesa *Marston* em aço de alta resistência Domex com 18t/23.4 m³ CCU e 6700 kg de tara; Modelo da fabricante francesa *Gilibert* com 17.3t/21.3 m³ e 6400 kg de tara.

Verifica-se uma utilização mais comum de aços deste tipo em reboques de construção civil, onde o transporte de cargas pesadas leva à necessidade de espessuras de chapa elevadas em aços convencionais, o que levam ao acréscimo significativo da tara do reboque. Nesta aplicação a vantagem da utilização de aços de alta resistência é evidente, conseguindo taras bastante inferiores para a mesma capacidade de carga em peso, resultado de espessuras de chapa mais baixas, tornando também o reboque mais limpo visualmente (Figura 64).



Figura 64. Comparação entre dois reboques monocoque de construção civil (esq. para dir.): Modelo da fabricante inglesa *Cheftain* em aço de alta resistência Hardox com 25t / 13.5 m³ CCU com 5000kg de tara; Modelo da fabricante francesa *Rolland* em aço convencional com 21t/13.7 m³ e 8000kg de tara.

Note-se que o preço dos aços de alta resistência é em média 20 a 25% superior ao preço de aços convencionais, razão pela qual a sua aplicação seja menos frequente e este investimento aconteça apenas em modelos onde a diferença de tara e redução de material seja evidente.

Apesar dos diversos exemplos de aplicação de sucesso dos aços de alta resistência, muitas empresas evitam a sua utilização devido a problemas para além do preço, como maior retorno elástico, maior desgaste das ferramentas ou mesmo alterações na soldabilidade. Neste tipo de aplicações em reboques, estes aços são uma grande oportunidade de inovação, reduzindo peso e se forem contabilizados todos os custos do ciclo de vida do produto, podem ser obtidas vantagens económicas interessantes.

Para efeitos de comparação das propriedades dos aços de alta resistência face aos aços convencionais, foram feitos ensaios a ambos, com base na análise da microestrutura, ensaio de tração, dureza e ensaio dilatométrico. Estes ensaios e resultados estão inseridos no ponto 3.2.1 do terceiro e último capítulo, referente ao trabalho experimental.

8. Modular

Carga: Caixas de produtos hortícolas

Capacidade de Carga Útil

Peso: 8000 a 26 000 kg

Tara: 2000 a 8000 kg

A modularização trata-se de uma das mais recentes inovações em reboques agrícolas, levada a cabo pela generalidade dos maiores fabricantes europeus. O conceito foi adaptado dos sistemas utilizados por camiões e contentores de construção civil, baseando-se na separação de caixa e chassi, tornando cada um destes um elemento independente e separável. Desta forma, com apenas um chassi, podem ser aplicadas a este diferentes caixas, com tipologias distintas, desde monocoque, silagem, cisterna, plataforma e outros.

Este conceito é aplicado sobretudo a caixas de grande CCU, tracionadas por tratores acima dos 120 cavalos de potência. Curiosamente, surgiu para um público-alvo principal não de agricultores, mas de empresas de aluguer de máquinas agrícolas, que com esta solução conseguem de uma forma económica e mais flexível alargar a sua oferta de equipamentos. O aluguer de máquinas e reboques agrícolas é uma prática comum, especialmente para o desempenho de tarefas sazonais, cujo investimento na aquisição de um equipamento não é economicamente viável para o agricultor ou exploração em causa.

Existem duas formas de se fazer a mudança das caixas: **Braço hidráulico e Caixa fixa.**

8.1 Braço hidráulico

O sistema de caixa móvel é o mais comum tipo de solução de modularização. A caixa é um elemento móvel, sendo um elemento que desliza sobre a estrutura do chassi, por via de um braço hidráulico do quadro, que uma vez fixo na caixa através de um gancho, a levanta do chão e monta na posição final (Figura 65).



Figura 65. Sistema modular de braço hidráulico: Montagem da caixa *Stronga* (esq.); Transporte de veículos de construção civil em modelo *Rolland* (dir.)

As principais vantagens deste sistema são a possibilidade de a carga ser carregada na caixa, com esta ao nível do chão, como veículos, resíduos ou feno, sendo que a esta pode ser montada no chassi carregada.

8.2 Caixa fixa

A modularização através de caixa fixa, apesar de ter um conceito idêntico ao anterior, diferencia-se essencialmente pela forma como é feita a montagem e desmontagem da caixa. A desmontagem é feita pela elevação da caixa, através de um sistema hidráulico próprio no chassi, e posterior colocação de pernas metálicas, que apoiam a caixa no solo. Após esta estar assente no chão de forma segura, o chassi é retirado, ficando assim um elemento independente e pronto a fixar-se a outra caixa.

A vantagem deste sistema é principalmente a simplicidade do chassi, sendo este mais leve e barato, uma vez que não necessita de um braço hidráulico, como acontece na categoria anterior. No entanto este sistema requer mais tempo na montagem e desmontagem das caixas, uma vez que é necessária a aplicação manual das pernas e manuseio de fechos e apertos para a fixação da caixa ao chassi (Figura 66).



Figura 66. Sistema de caixa fixa *Joskin*: montagem de caixa para silo (esq.) e família de caixas disponíveis, silo, cisterna e monocoque (dir.)

9. Hortícola

Carga: Caixas de produtos hortícolas

Capacidade de Carga Útil

Peso: 10000 a 18 000 kg

Tara: 2400 a 4000 kg

O transporte de vegetais e leguminosas é bastante diversificado, dependendo do tipo de produto, pode ser feito em reboques monocoque ou de taipal. Porém, no caso de produtos hortícolas transportados em caixas, os reboques de legumes são uma aplicação específica para servir exclusivamente esta finalidade, em estufa ou ao ar livre.

Dispõe de paredes apenas à frente e atrás, com cobertura removível no topo e laterais. Dado que é essencial que pelo menos um dos lados seja aberto durante a atividade de carregamento ou descarregamento. O primeiro é feito por vezes com um tapete deslizante que faz chegar os produtos hortícolas do campo até ao interior do reboque, onde passam para caixas, sendo estas depois descarregadas através de uma empilhadora de paletes. Esta tipologia caracteriza-se pela necessidade permanente de ter trabalhadores em cima da plataforma, para manuseio e acomodação das caixas.

À semelhança dos reboques de plataforma, os hortícolas tem taras com valores baixos, relativamente a modelos de taipal ou monocoque.



Figura 67. Semirreboque hortícola: *Delocroix 14t CCU* (esq.); *Rolland 12t CCU* acomodação de caixas de legumes sobre paletes (dir.)

Considerações

As tipologias referenciadas neste capítulo revelam a amplitude que o mercado dos reboques agrícolas atingiu, desde a segunda metade do séc. XX até ao início da segunda década do séc. XXI. Após este levantamento, pode-se concluir uma tendência de inovação intensificada sobretudo em preocupações de cariz tecnológico, onde o aumento da capacidade de carga útil é o argumento principal. Motivada pela utilização de aço a nível estrutural em prol da madeira, a dimensão média do reboque agrícola aumentou drasticamente. A diretriz evolutiva prende-se hoje no desafio focado por um lado no aumento da carga, em peso e volumetria, contraposto por outro lado, pela minimização do peso próprio do reboque, através da redução de material ou da utilização ligas de aço mais resistentes, possibilitando espessuras mais finas.

Soluções Construtivas

Principalmente em modelos de taipal notam-se diferenças nas soluções construtivas de fechos e acabamentos, entre fabricantes de origem do norte e centro da europa, com a alemã *Fliegl* e a austríaca *Brantner* e fabricantes ibéricos, como a *Gilli*, *Galucho* ou *Herculano*. Sendo que os primeiros apresentam modelos de taipal com maior preocupação ao nível de detalhes de funcionamento e usabilidade, como vedantes, sistemas de fechos mecânicos centralizados, com molas de apoio nos modelos de maior dimensão para amortecimento da abertura dos taipais.

Estas preocupações refletem-se sobretudo na minimização de problemas tipicamente associados a modelos de taipal, como a existência de folgas e empenos, que dificultam o transporte de cargas como cereal ou areia e provocam ruído sobretudo quando o reboque circula sem carga, dificuldade em fechar e abrir taipais pelo seu peso, tempo e esforço de cada fecho ser apertado individualmente, através de fechos mecânicos centralizados.

Estas diferenças resultam dos mercados em que os fabricantes estão inseridos, onde no mercado do centro e norte da Europa as restrições legais e poder de compra dos agricultores são superiores às do mercado ibérico.

Tipos de Aço

À exceção dos modelos de alumínio, a esmagadora maioria dos modelos de aço, tanto de pequena como grande dimensão, transporta em tara cerca de 25% a 30% do peso total ou bruto (tara + carga). O que significa que um reboque cujo peso total ou bruto seja igual a 30 toneladas, aproximadamente 7.5 a 10 toneladas são o peso do próprio reboque.

No entanto a utilização de aços de alta resistência, especialmente em reboques de construção civil, é a solução dentro dos aços que melhor relação apresenta entre tara e CCU em peso. A utilização de aços de alta resistência é benéfica face à elevada resistência e alto limite de tensão elástico, face a aços convencionais

Sistemas Hidráulicos

A implementação de sistemas hidráulicos sofreu um grande crescimento em potência e aplicações, muito para além da báscula da caixa, uma vez que em reboques de grande capacidade, a intervenção de tarefas de esforço manual praticamente se extinguiu. Assim, assistimos hoje à intervenção de sistemas hidráulicos, em várias tarefas por vezes no mesmo modelo, como por exemplo: báscula da caixa, abertura de porta traseira ou lateral, paredes móveis para compressão da carga, aplicação de coberturas, rampas, levantamento da caixa para a sua extração, descanso e outros.

Influência de reboques comerciais

A influência da indústria de reboques de transporte rodoviário tracionados por camiões - denominados de reboques comerciais (RC) - em reboques agrícolas (RA), denota-se em vários aspetos. A existência de fabricantes com produção de ambas as categorias, contribuiu para o surgimento de soluções partilhadas pelos dois tipos de reboque, como é o caso da tipologia monocoque. A caixa monocoque é praticamente idêntica tanto em RC como em RA, sendo esta semelhança ainda mais evidente em modelos *dumper*, reboques agrícolas para construção civil, com caixas bastante semelhantes às utilizadas em camiões de obra.

Outro sinal desta influência são as soluções analisadas na tipologia de RA nr. 8, designada de modular. A mudança de caixa tanto por via da permuta de caixa como pelo braço hidráulico são soluções de RC, com surgimento recente em RA.

Fabricantes de reboques e semirreboques agrícolas consultados:

Portugal: Herculano, Galucho

Alemanha: Annaburger, Fliegl, Oehler, Strautmann

Áustria: Brantner, Lasco

Bélgica: Joskin, Record

Eslovénia: Farmtech

Espanha: Agrobellon, Hermanos García, Gili

Estónia: Palms, Ferrel

França: Chevance, Delocroix, Gilibert, Jeantil, Le Boulch, Rolland

Holanda: Mengele, Schuitemaker

Inglaterra: Marston, Marshall, Richard Western, Stronga, Stewart

Irlanda do Norte: Chieftain

Polónia: Pronar , Wielton

Turquia: Orcagro

2. Referências e Metodologias

2.1 Autores e Conceitos de Referência

Após o conhecimento do panorama e mecanização agrícola, o presente capítulo visa agregar metodologias de projeto e referências na área do design e inovação, com o objetivo de consolidar a base teórica que sustenta o trabalho experimental, apresentado no quarto e último capítulo.

As referências abordadas procuram debruçar-se essencialmente numa abordagem contemporânea acerca de conceitos de design industrial, enquanto ferramenta fundamental para a introdução de novos produtos de sucesso no mercado, ou melhoria dos existentes.

2.1.1 Inovação

Design is the factor that will often give a company its competitive edge.

Philip Kotler [37]

Durante o processo de desenvolvimento de produto (DP) existem diversas formas de se inovar, através de múltiplas motivações. Variam normalmente de acordo com o domínio em questão e com o motor propulsor dessa inovação (tecnologia, design, utilizador), consoante os objetivos a atingir.

No entanto, o denominador comum de qualquer tipo de inovação é o mesmo: aumentar a vantagem competitiva de determinado produto ou serviço e fazer com que este atinja a liderança de mercado, ou a mantenha, caso já a possua. Esta liderança, segundo o economista Michael Porter, é conseguida através da adoção de uma das três estratégias, propostas pelo modelo estratégico do autor (Tabela 1) [38].

		VANTAGEM	
		unicidade	baixo custo
ALVO	generalista	Diferenciação	Liderança em custo
	segmento	Especialização	

Tabela 1. Modelo estratégico de Michael Porter [38]

- **Liderança em custo:** Trata-se de uma estratégia baseada na vantagem competitiva pelo baixo preço, conseguida através da minimização da cadeia de custos, desde a produção até à distribuição.
- **Especialização:** O Target refere-se ao público-alvo cuja estratégia de uma empresa deve incidir. Neste sentido, a sua oferta de produtos ou serviços pode ser generalista e abranger o mercado na sua total amplitude, ou especializado em nichos de mercado, para públicos com necessidades específicas.
- **Diferenciação:** A estratégia de diferenciação consiste na vantagem competitiva alcançada pelas características inerentes ao produto capazes de distinguir dos seus homónimos, para além do preço. Trata-se da via onde o design industrial e engenharia adquirem especial importância, pela sua capacidade de tornar um produto único, através de características de índole visual, funcional, semântica ou ergonómica.

Radical vs. Incremental

Vários autores dividem-na em duas categorias: radical e incremental. Donald Norman e Roberto Verganti exploram este conceito, definindo incremental como a inovação inserida num quadro de soluções e a radical na mudança desse quadro de soluções, ou seja na mudança de paradigma.

***Radical** product innovation is the center of attention of design studies, where it is taught in design schools, and advocated by people discussing innovation and “design thinking.” It is what everyone wants, but in fact, successful radical innovation is surprisingly rare.*

***Incremental** product innovation refers to the small changes in a product that helps improve its performance, lower its costs, and enhance its desirability or simply to announce a new model release.*

D. Norman e R. Verganti

Incremental and Radical Innovation, 2012 [39]

Apesar da inovação radical ser a mais explorada e procurada pelas empresas, trata-se segundo Norman e Verganti, do tipo de inovações mais difícil de alcançar, não só por implicar um maior grau de risco mas também por necessitar de tempo para ser absorvida pelo mercado, representando grande parte das vezes uma tentativa fracassada de inovação. A inovação radical diz respeito a grandes alterações, de carácter global, traz novos domínios e paradigmas, abre lugar a mudanças potencialmente vanguardistas, enquanto a incremental refere-se a pequenas alterações, de registo parcial. Estas são responsáveis por

melhorias de desempenho e redução de custos, com vista a aumentar o desejo de compra e melhorar inúmeros aspetos da relação do produto com o utilizador, como ergonómicos, visuais e funcionais. Os produtos de sucesso são por norma sujeitos a uma constante inovação incremental, que representa a forma dominante de inovação.

É importante notar que, segundo Norman, ambas estão interligadas e são mutuamente necessárias. Sem novas ideias radicais a incrementação atinge um limite de saturação e estagna. Da mesma forma, na ausência de ideias incrementais, o potencial produzido pela ideia radical não é aproveitado por não ser apreendido. Quando um produto fruto de inovação radical é lançado, trata-se normalmente de um produto caro, com capacidades limitadas. A inovação incremental é necessária para transformar a ideia radical, em algo mais barato, versátil e de fácil utilização, de fácil e universal aceitação nos moldes da sociedade de consumo massificada [39].

Contudo, a distinção entre radical e incremental não vive apenas da divisão objetiva destes dois conceitos, desdobra-se num conjunto de motivos, que são alavancas de inovação. A tabela proposta por Verganti e Norman (Gráfico 8) explica este conceito, combinando dois domínios da inovação: tecnologia e significado. Podem-se definir através desta combinação, quatro tipos distintos de inovação. Naturalmente que estes quatro modelos de inovação tem cada um a sua importância e estão interligados, desenrolando-se por vezes conjuntamente. Todos os produtos de sucesso partilham aspetos das quatro dimensões, sendo que o que os diferencia é o ponto de partida: tecnologia, mercado ou significado [39].

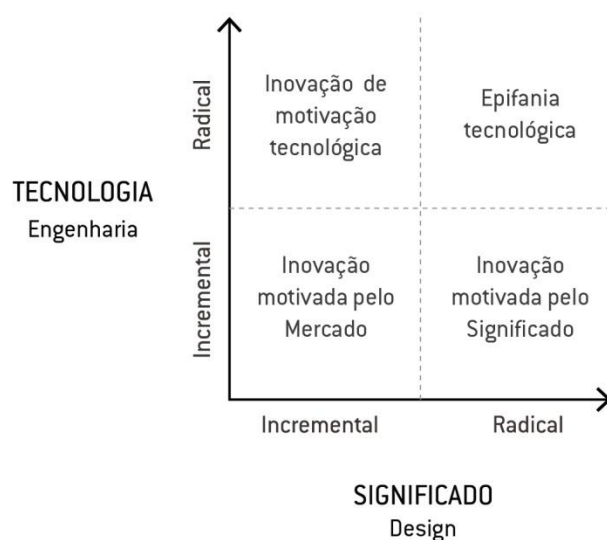


Gráfico 8. Quadro de motivações de inovação segundo Verganti e Norman [39]

Design-Driven Innovation

Traditionally, industrial design had been viewed as a service either within an organization or as contracted consulting rather than as a strategic business resource. However, the practice of industrial design has been evolving, as has the general context surrounding PD.

R. Veryzer and B. de Mozota

The Impact of User-Oriented Design on New Product Development, 2005 [42]

O modelo de inovação *Design-Driven Innovation* é caracterizado pela estratégia de inovação assente em princípios de design, o design deixa de ser uma ferramenta auxiliar da empresa, passando a ser a motivação estratégica central em DP. Segundo Verganti está presente na génese de empresas como a Apple, IDEO, Nintendo ou Alessi, cuja aposta no design como algo transversal a toda a empresa, foi responsável pelo sucesso atingido, fruto de produtos que representam inovações radicais por si só [41].

De acordo com Rampino, *Design-Driven Innovation* baseia-se num modelo de inovação em DP caracterizado essencialmente por inovações radicais no campo do significado dos produtos, associados a inovações incrementais ao nível da usabilidade e aspeto visual, conjugadas tanto por motivações tecnológicas como de mercado [40]. A sua atividade é desenvolvida em quatro campos, explicados por Rampino através da seguinte pirâmide (Figura 68):

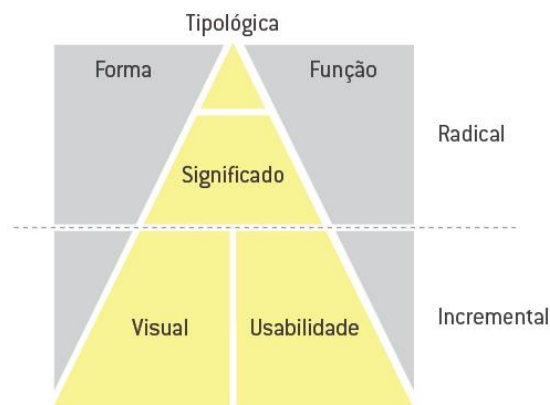


Figura 68. Pirâmide de inovações segundo Rampino [40]

1. Inovação Visual

A base da pirâmide proposta por Rampino dá-se no campo das inovações incrementais e é composta por dois tipos de inovação: Usabilidade e Visual.

Inovação Visual ou estética, está relacionada com o reconhecimento de um produto. O aspeto é responsável pela primeira impressão causada pelo impacto visual, através da forma,

cor, proporção e outros. É designada por Norman [43] como “visceral”, por ser despoletada antes de existir qualquer interação física, ou até entendimento do que o produto é ou como funciona. Este tipo de inovação é crucial na diferenciação de qualquer produto, seja ele de motivações tecnológicas ou de mercado.

2. Inovação de Usabilidade

The industrial designer's aim, when designing the shape of a product, should be to attempt to make explicit its functions and the way it is used.

Henry Dreyfuss

Designing for People, 1967 [44]

Enquanto área focada na relação entre o utilizador e o produto, a inovação através da usabilidade debruça-se em alterações e melhorias de funções no objeto, que promovam uma interação saudável e satisfatória por parte do utilizador. Não diz respeito ao desempenho, uma vez que este é responsabilidade de engenharia e não ao design, daí o termo utilizado por Rampino ser usabilidade e não funcionalidade.

É da responsabilidade do designer ao conceber um produto, fazê-lo com o intuito de o tornar não só atraente e vendável, mas também com uma forma convidativa à utilização, que contribua para a imediata perceção das funções e modo de uso. A forma de um produto deve funcionar como algo que intuitivamente explique a sua utilização, em vez de uma pele dissociada deste com atributos estéticos apenas, ou no pior dos casos, um obstáculo ao entendimento da sua utilização [40].

O sistema de arrumação e resíduos de cozinha da marca suíça Peka Systems AG é um exemplo de um produto inovador pela usabilidade, onde é proposta a resolução de problemas de higiene e uso muito frequentes neste tipo de produto, através de um sistema de pedal e arrumação e altamente intuitivos (Figura 69).



Figura 69. Inovação pela usabilidade: sistema arrumação modular *Samba*, da fabricante suíça *Peka System AG* de 2009

Norman apelida este tipo de design como “comportamental”, pois reporta-se ao comportamento do produto quando em interação com o utilizador [43]. Naturalmente este é mais frequente em produtos ou componentes como ferramentas, utensílios domésticos ou de escritório, cuja escala e desempenho exigem o manuseio humano intensivo.

3. Inovação de Significado

O terceiro e quarto ponto, situados no topo da pirâmide de inovação correspondem ao Significado e Tipologia, mudanças de carácter radical. À semelhança de Norman e Verganti, Rampino evoca também o Significado como uma ferramenta de inovação da responsabilidade do design. A capacidade de trabalhar no campo semântico, dá ao designer o domínio de áreas do foro emocional, cujo impacto se evidencia na influência no momento da decisão de compra, que leva ao sentimento de desejo e vontade de adquirir determinado produto, diferenciando-se assim dos demais pelos seus atributos não apenas visuais, mas simbólicos [40].

Artifacts never survive within a culture without being meaningful to their users.

Klaus Krippendorff

*A Trajectory of Artificiality and New Principles
of Design for the Information Age, 1997 [45]*

4. Inovação de Tipologia

O último estágio do desenvolvimento de produto consiste na criação de algo que por si só seja capaz de dar origem a uma nova tipologia. À semelhança do que Verganti e Norman referem de “Epifania Tecnológica”, a inovação de tipologia baseia-se em produtos capazes de criar novas necessidades, demarcando-se do passado e no caso dos produtos de maior sucesso, abrindo caminho para o nascimento de novos arquétipos. Este tipo de inovação refere-se a produtos que fogem de tipologias anteriores, através da mudança obrigatória dos restantes elementos da pirâmide: Visual, Usabilidade e Significado.

2.1.2 Human-Centered Design

(Human-Centered Product Development) It's a process of product development that starts with users and their needs rather than with technology.

Donald A. Norman
The Invisible Computer, 1998 [46]

A inclusão do utilizador enquanto elemento importante no processo de desenvolvimento de produto (DP), com voz ativa e capaz de originar tomadas de decisão, está na base da teoria do User-Oriented Design (UOD) ou *Human-Centered Design* (HCD), explorada no presente subcapítulo. Trata-se de um tópico amplamente discutido e gerador de alguma controvérsia, por via de inúmeras publicações e livros em volta da temática.

O primeiro indício de UCD surgiu em 1896, com o livro *User Centered System Design* dos autores Donald Norman e Steve Draper. Nascido no seio do crescimento da era informática e desenvolvimento de *software*, o termo User-Centered Design (UCD) foi aplicado com especial enfoque na relação homem / computador, onde existia segundo Norman e Draper uma grave falha de interação, fruto da complexidade que a operação de um computador exigia. Esta falha era resultado da abordagem demasiado tecnológica no DP, que coloca o utilizador numa posição de submissão perante a tecnologia, forçando-o à adaptar-se a esta. Segundo Norman, o contrário deve acontecer, ou seja, é a tecnologia que se tem que adaptar ao utilizador [46].

O HCD defende assim que o utilizador passa a estar no centro do processo de DP, através de atividades como *brainstorming's* e *focus groups* onde são registados *inputs* - informação dada de carácter fundamentalmente pessoal, depois processada e transformada em *outputs*, contributos objetivos que estão na origem de tomadas de decisão durante o DP.

Crítica ao HCD

Nas duas décadas subsequentes ao seu surgimento, onde a crescente de popularidade foi notável, gerou-se controvérsia em torno do modelo de HCD. Algo que ainda hoje se faz sentir, suscitado pela via de teorias de autores críticos de HCD através de livros, publicações em artigos, revistas e blogs, como a célebre afirmação de Steve Jobs, fundador da Apple Inc., extraída de uma entrevista à revista Inc. em 1989, ou do conjunto de designers dinamarqueses J. Skibsted e R. Hansen, numa entrevista à revista Fast Company em 2011.

*You can't just ask customers what they want and then try to give that to them.
By the time you get it built, they'll want something new.*

Steve Jobs

Inc. Magazine, 1989 [47]

As críticas ao modelo de UCD referem-se fundamentalmente a consequências que poderão afetar a empresa a longo prazo, caso a estratégia seja unicamente proveniente das necessidades dos utilizadores e direcionada para a sua satisfação. Skibsted e Hansen, afirmam que são as empresas que devem orientar os seus clientes e não o contrário, acusando o UCD de dar origem a resultados redundantes para a inovação, através de quatro argumentos [48]:

- **Falta de previsibilidade:** O *feedback* de utilizadores é feito com base em experiências do presente e passado. A sua capacidade de prever necessidades futuras e conseguir prever a aceitação de um produto de inovação radical é bastante deficitária.
- **Obstáculo à criatividade:** Segundo Skibsted e Hansen, a racionalidade do modelo de UCD coloca demasiadas restrições ao que funcionam como obstáculos à livre criatividade de profissionais responsáveis pelo DP.
- **Défice de radicalidade:** A perspectiva do utilizador tende a gerar alterações de índole incremental, uma vez que a radicalidade de uma ideia, segundo Skibsted e Hansen, provém de conceitos gerados por especialistas que corrompem com ideias existentes.
- **Ausência de diferenciação:** Com a informação proveniente de utilizadores, caminha-se segundo Skibsted e Hansen para uma uniformização generalizada de *inputs*, com utilizadores a exprimirem necessidades idênticas, pois a diferenciação não é um argumento válido na sua apreciação, dizendo esta respeito a designers, engenheiros e gestores, diretamente implicados no processo de DP [48].

The User is a myth, design takes place in a complex universe of different stakeholders.

Klaus Krippendorff [49]

Klaus Krippendorff critica o modelo UCD, indiretamente, ao afirmar que não faz sentido pensar-se numa abordagem de DP centrada no utilizador final. Defendendo que este é apenas uma peça importante de um universo de *stakeholders* – partes interessadas ou implicada - existente no processo de conceção de novos produtos. Krippendorff afirma que

este universo engloba agentes ativos na esfera da vida de um produto, para além do utilizador / cliente, determinantes para a inovação e o seu sucesso, como responsáveis pela produção, marketing, venda, crítica, manutenção e armazenamento [45]. Cada agente tem necessidades distintas e de nada serve um produto com grande aceitação pelo utilizador, se este não for financeiramente viável ou capaz de ser produzido (Figura 70).

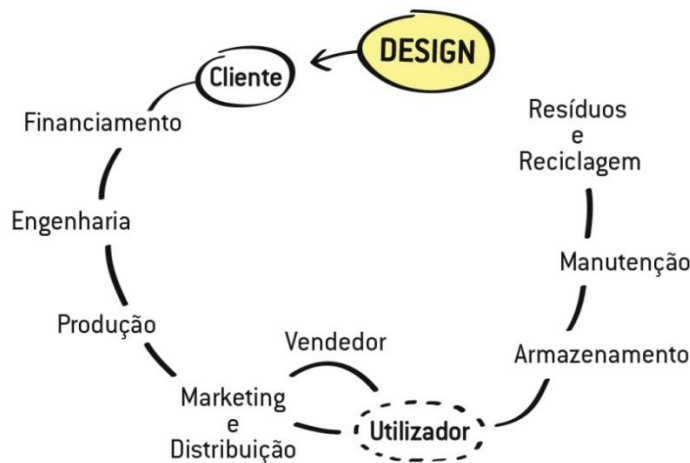


Figura 70. Universo de *stakeholders* a ter em conta pela equipa de DP segundo K. Krippendorff [49]

Neste contexto, o papel do designer industrial deve posicionar-se na articulação das diferentes necessidades de cada um dos *stakeholders*, incluindo o utilizador, e ser capaz de gerar produtos inovadores atribuindo-lhes significado. Não existe um utilizador universal, mas sim uma variedade heterogénea de utilizadores, com necessidades, intenções e interpretações divergentes, o que o torna o conceito de HCD como algo limitador e até falacioso, segundo o autor [49].

Human Centered Design vs. User Oriented Design

Lawrence Kitson [50] sublinha a distinção entre o que considera ser design centrado e orientado pelo utilizador, apontando o primeiro como um modelo com contributos válidos para o DP e o segundo um modelo falacioso e limitado, na origem da crítica gerada em torno do HCD segundo o autor. Segundo Kitson, o design centrado no utilizador (HCD), trata-se de um modelo cujo ponto de partida é compreensão dos problemas de determinado produto através dos utilizadores, com análise do seu comportamento e registo das suas necessidades, após esta recolha de dados é fundamental segundo Kitson, proceder-se à transformação em necessidades objetivas, outputs válidos para o DP com contributo para a inovação.

Caso contrário incorre-se no erro de seguir uma estratégia que em vez de ser centrada, é orientada pelo utilizador (UOD). Kitson refere o modelo assente na resposta ao *feedback* dos utilizadores, sem serem aplicados filtros na análise e transformação da informação recolhida. Segundo Alan Cooper o UOD representa a total abdicação de responsabilidades da equipa de DP, delegando para o utilizador a tarefa de assimilar problemas e traduzi-los em soluções (Figura 72) [50].

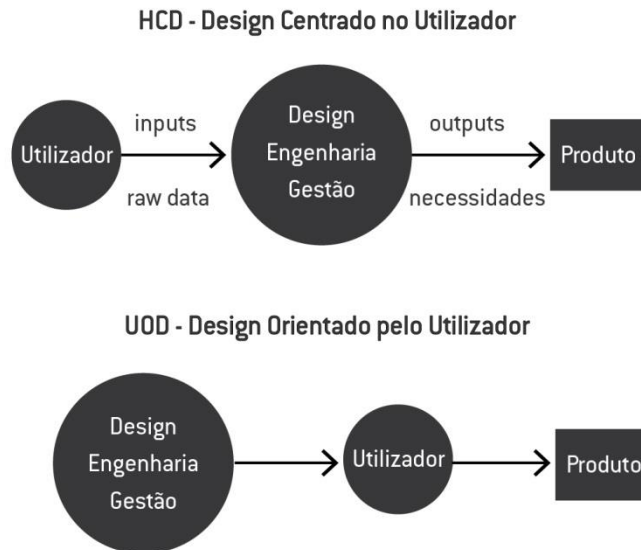


Figura 71. Distinção entre HCD e UOD. Adaptado de L. Kitson [50]

Considerações

O papel do utilizador durante o processo de DP deve ser um papel ativo, com poder decisivo em alterações no projeto motivadas pelas suas necessidades, tanto em inovação radical como incremental. No entanto, a equipa de DP deve ter em conta que o utilizador é apenas um elemento do conjunto de partes interessadas, cujo projeto irá afetar, designados de *stakeholders*.

Caso contrário será praticado UOD, design orientado pelo utilizador, onde os *inputs*, a informação fornecida pelos utilizadores, se converte diretamente em tomadas de decisão no projeto. Este modelo origina o estrangulamento de criatividade e aumenta a previsibilidade dos produtos, uma vez que a participação da equipa de DP, peritos no desenvolvimento de novos produtos, fica submetida à orientação dos utilizadores.

Desta forma, é importante considerar-se tanto as necessidades do utilizador, como as dos restantes *stakeholders*, como fabricantes, distribuidores, vendedores, técnicos de reparação, entre outros. Cada um deles tem uma interpretação própria do produto, com necessidades e motivações distintas.

Em suma a diferenciação no DP pode ser feita através da inovação, incremental ou radical, motivada por tecnologia ou significado. A inovação deve contemplar a multidisciplinariedade, surgindo no seio da convergência de atividades como o design, engenharia e gestão. Esta simbiose consolida a satisfação de necessidades distintas, que tornam o produto mais competitivo, ao munir-lo de atributos em termos económicos, de produção e de relação com o utilizador (Figura 72).

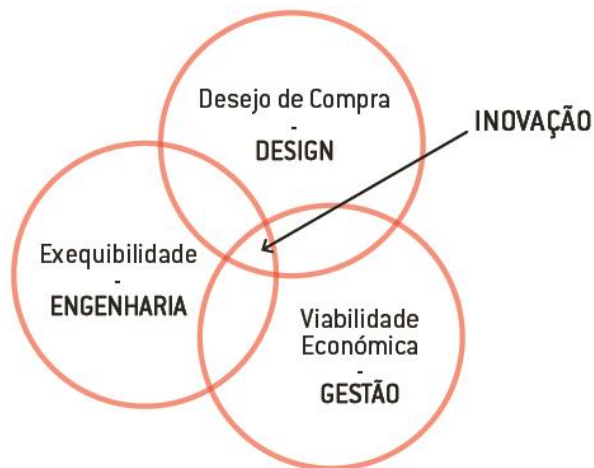


Figura 72. Diagrama de inovação segundo empresa IDEO

2.2 Metodologias de Desenvolvimento de Produto

A análise de metodologias projetuais para o desenvolvimento de produto será feita através da exposição de duas obras consideradas paradigmáticas no âmbito do tema. O objetivo desta análise visa, tal como o subcapítulo anterior, servir de base teórica, metodológica neste caso, para a elaboração do pré-projeto de um reboque agrícola, apresentado no terceiro e último capítulo.

- *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design* de Nigel Cross [51]
- *Product Design and Development* de Karl Ulrich e Steven Eppinger [52]

A escolha de duas obras tem como objetivo a contribuição de conceitos distintos, aplicados ao desenvolvimento do trabalho experimental. A primeira pela abordagem que apresenta sobre a fase de planeamento, onde Cross sugere ferramentas para a definição de objetivos. A segunda obra com especial contributo através de uma abordagem focada no utilizador, assente na identificação das necessidades deste e consequente tradução em especificações.

2.2.1 Engineering Design Methods: Strategies for Product Design

Os métodos racionais estimulam uma abordagem sistémica de design. Contudo, estes métodos tem objetivos semelhantes aos métodos criativos, como enriquecer a procura de soluções, facilitar o trabalho em equipa e tomadas de decisão em grupo.

Nigel Cross [51]

A metodologia proposta por Nigel Cross fornece uma matriz de conduta de projeto racional aplicada ao processo de DP, no qual se aproxima do *modus operandi* próprio de engenharia, afastando-se de uma abordagem focada no mercado.

Cross desvaloriza a crítica de que uma metodologia racional pode ser um obstáculo à criatividade, considerando-a como um mal-entendido da intenção da abordagem racional, que diz potenciar a qualidade das decisões tomadas em DP, clarificando-as e tornando o produto final mais consistente [51].

O processo metodológico exposto pelo autor assenta em sete etapas que conduzem o projeto através de uma metodologia objetiva e assertiva, que o próprio designa de *New Design Procedures* (NPD) (Figura 73)

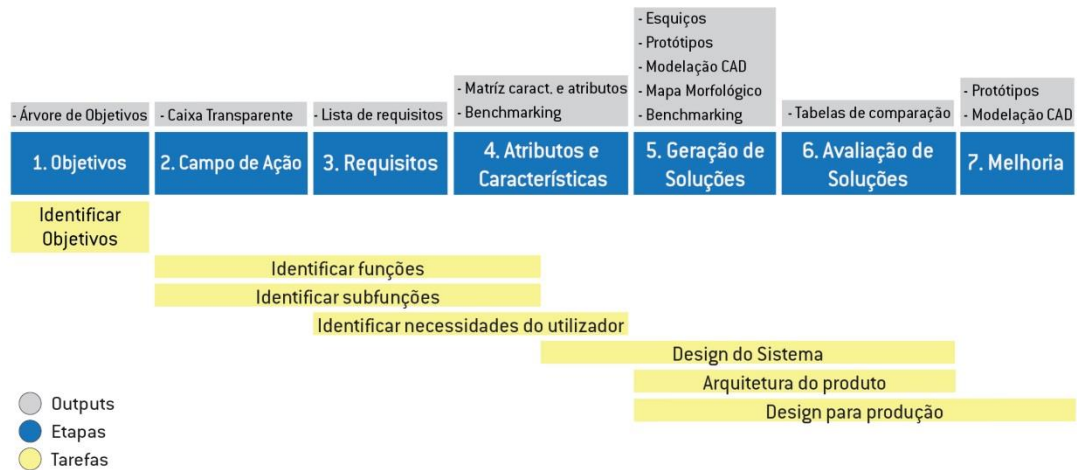


Figura 73. Sete etapas da metodologia de DP proposta por Cross [51]

1.Objetivos

Todos os produtos nascem a partir de uma necessidade ou problema existente. No entanto, nem sempre o problema a solucionar é objetivo e fácil de definir. É da responsabilidade do designer por vezes, ser parte ativa na definição do problema inicial. Só é possível partir para o estabelecimento de objetivos a partir do momento em que existir um problema ou necessidade objetiva.

Os objetivos acompanharão todo o processo de DP, mesmo que se alterem durante este, é importante que a lista de objetivos esteja presente tanto na mente do cliente como na equipa de DP. Para o registo e exposição dos objetivos, Cross refere o diagrama de árvore como a melhor ferramenta, uma vez que permite hierarquizar objetivos verticalmente, possibilitando a existência de relações entre estes (Figura 74).

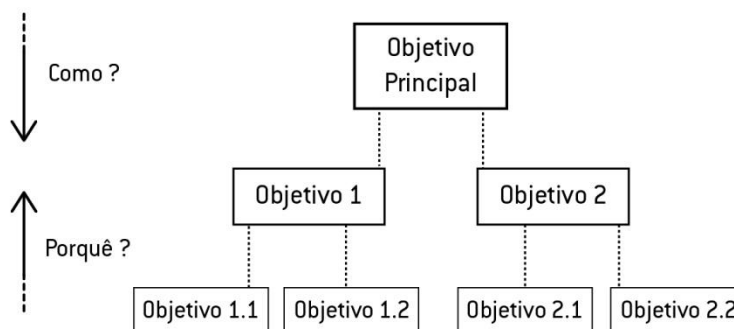


Figura 74. Árvore de objetivos proposta por Cross, diagrama com hierarquia vertical [51]

2. Campo de Ação

A seguir à definição de objetivos, Cross refere a delimitação do campo de ação como uma tarefa fundamental, ainda na esfera do pré-projecto. Esta etapa visa definir sobretudo a que nível serão pensadas as soluções geradas. O autor dá o exemplo de um projeto de uma maçaneta de porta, aqui interessa à equipa de DP saber a que nível de projeto se deve focar, desde um sistema de fecho de porta que dispensa o uso de maçanetas, até soluções ergonómicas de maçanetas ou o funcionamento de fechaduras, existe um diverso leque de possibilidades e um vasto campo de ação, que interessa que nesta fase seja delimitado. Com o objetivo do projeto final se ajustar aos recursos do cliente, de nada vale pensar-se num novo sistema de fecho sem maçaneta, se o cliente for fabricante de ferragens de porta.

3. Requisitos

Definir os requisitos trata-se da terceira e última etapa do pré-projeto. Após se conhecerem os objetivos e as funções do produto a desenvolver, Cross sublinha a importância de identificar concretamente através de uma lista, todos os requisitos associados a este. Ainda que possa ser alterada durante o projeto, é importante que esta lista seja objetiva nas restrições enumeradas, como detalhes técnicos, componentes obrigatórios, requisitos de desempenho e tudo o que for considerado como uma necessidade que o produto final deve ser capaz de resolver. Normalmente a maior parte das restrições é fornecida pelo cliente ou fabricante. No entanto, em alguns produtos, existem requisitos mais difíceis de objetivar, que não devem ser postos de lado. É o caso de requisitos fisiológicos, psicológicos ou sociais. Cross exemplifica-os, num projeto de uma escova de dentes elétrica.

4. Atributos e Características

Uma vez estabelecidas bases do projeto, através dos objetivos, funções e requisitos, o próximo passo a ser feito pela equipa de DP, tem como objetivo determinar os atributos e características do produto, confrontando-os.

Cross define os atributos como as qualidades associadas à esfera do marketing, que procuram aumentar o desejo de compra e dão voz aos requisitos dos utilizadores, como o bem estar ergonómico, conforto na utilização, aspeto atrativo.

Enquanto as características do produto segundo o autor, são propriedades físicas que dizem respeito à engenharia, sendo normalmente motivadas pelos requisitos do fabricante, como materiais, métodos de produção ou acabamentos. O design industrial tem o seu papel na união de ambos, sendo responsabilizado pelo contributo repartido de garantir tanto a usabilidade como o significado do produto (Figura 75).



Figura 75. Atributos e características no desenvolvimento de produto

Como ferramenta para a determinação dos atributos e características, Cross sugere a elaboração de uma matriz com os requisitos de ambos. Assim é possível relacionar os dois, e atribuir valores de 1 a 10 que refletem a importância de cada um, com o objetivo de obter-se uma lista hierarquizada por importância como resultado, tanto de atributos como de características.

Esta fase só pode ser feita com sucesso depois de serem claramente definidos tanto os objetivos, as funções e os requisitos. Os últimos com contributo acrescido, nomeadamente para a elaboração da matriz, onde por norma o *input* de requisitos por parte dos utilizadores dá origem aos atributos, e o *input* de requisitos do fabricante gera as características.

5. Geração de Soluções

A quinta etapa trata-se, segundo Cross, da fase mais importante no processo de DP. A geração de soluções consiste na materialização de ideias através de desenhos, resultantes de um processo racional proposto pelo autor, com base na criação e combinação de um leque de possibilidades funcionais. As soluções geradas devem ser resultado das etapas anteriores, e são feitas com base na melhoria de propostas existentes, através da criação de várias alternativas. Segundo Cross, interessa nesta fase a criação do máximo de soluções alternativas possível, a escolha da solução adequada é feita na etapa seguinte.

O autor propõe a criação de um mapa morfológico para agregar e combinar as alternativas geradas. Este mapa assemelha-se a uma matriz, podendo conter desenhos e toda a informação necessária para explicar as soluções propostas, com base nas funções que o projeto deve respeitar.

A geração de soluções deve ser seguida da consequente avaliação por parte da equipa de DP, através de tabelas de comparação e posterior melhoria ao nível de detalhe com auxílio de protótipos o mais funcional possível.

2.2.2 Product Design and Development

A obra *Product Design and Development* de Karl Ulrich e Steven Eppinger apresenta um modelo metodológico para o processo de DP constituído por 6 etapas principais (Figura 76).

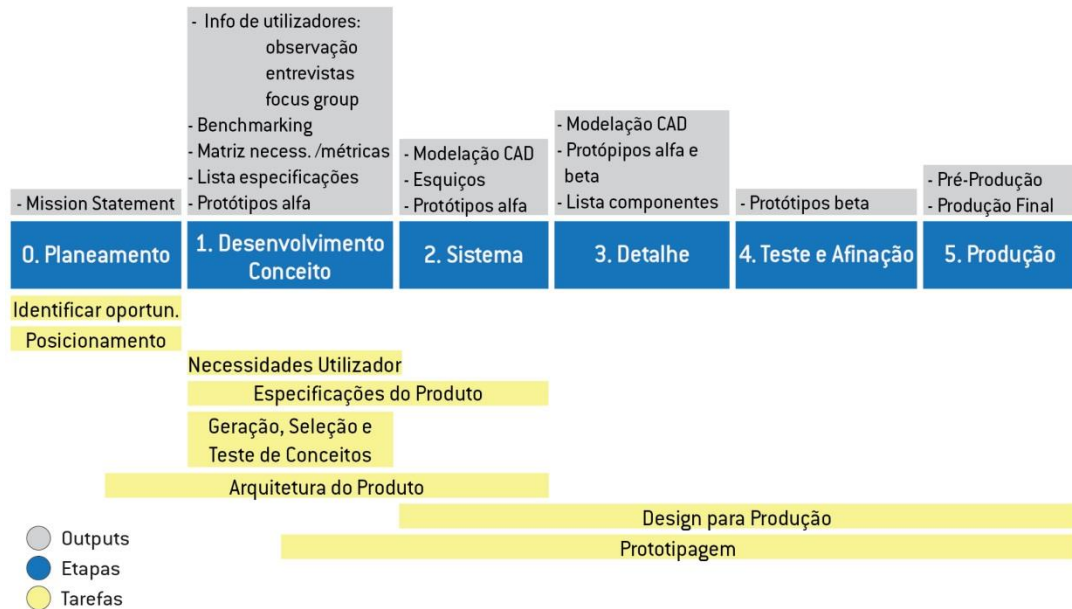


Figura 76. Esquema das seis etapas da metodologia de DP proposta por Ulrich e Eppinger [52]

0. Planeamento

Ulrich e Eppinger identificam o planeamento como a fase zero, uma vez que esta depende da aprovação do projeto e antecede o próprio processo de DP. O planeamento resulta numa série de tarefas prévias ao projeto, começando pela identificação de oportunidades e posicionamento do produto a ser desenvolvido.

O planeamento culmina com a criação de um *Mission Statement*, um documento que consolida a descrição de cada oportunidade encontrada, que está na origem da conceção do produto, enunciando a sua mais-valias, os seus objetivos, mercado alvo, requisitos, restrições e outros fatores determinantes, que estão na base da previsão do desenvolvimento do produto. A sua construção deve ser objetiva e sucinta, respeitando os seguintes pontos:

- **Descrição do produto:** Descrição sucinta da função principal e subfunções.
- **Proposta de valor:** Lista de mais-valias face a produtos existentes.
- **Objetivos:** Projeções focadas no posicionamento pretendido num futuro a médio/longo prazo.
- **Mercado Principal:** Conjunto de utilizadores alvo.

- **Mercado Secundário:** Previsão de potenciais utilizadores distintos do grupo alvo.
- **Pressupostos e Restrições:** Pontos fortes e pontos fracos, tendo em conta potencialidades e restrições, como a produção, ambientes externos.
- **Stakeholders:** Universo de pessoas afetadas pelo sucesso ou fracasso do produto, desde o fabricante ao vendedor e utilizador, entre outros.

1. Desenvolvimento de Conceito

Após o planeamento ser validado, parte-se para o desenvolvimento de conceitos. Segundo Ulrich e Eppinger esta etapa trata-se da mais extensa e complexa de todo o processo de DP e envolve as seguintes etapas:

1.1 Identificação de necessidades do utilizador

Segundo os autores, o conhecimento das necessidades do utilizador tem como principais objetivos os seguintes:

- Assegurar que o produto final é focado na satisfação das necessidades do utilizador.
- Identificação de necessidades explícitas e ocultas.
- Providenciar uma lista de parâmetros que justificarão as decisões tomadas nas fases seguintes.
- Registo de uma base de dados sobre as necessidades.
- Minimizar as críticas e necessidades esquecidas ou em falta.
- Desenvolver o entendimento comum na equipa de DP sobre o conhecimento da visão do utilizador.

1.2 Especificações do Produto

Até às especificações do produto, a informação recolhida é feita através da linguagem dos utilizadores. Apesar de exprimir necessidades já organizadas e hierarquizadas, é geralmente utilizada linguagem pouco específica, passível de interpretação subjetiva.

Por esta razão é necessário que a equipa de DP intervenha e traduza cada necessidade num requisito, sendo que por vezes várias necessidades podem convergir num único requisito. Um requisito é uma afirmação com uma métrica subjacente, por vezes referente a valores mensuráveis, como tempo, peso, força e outros.

A transformação de informação do utilizador para especificações, implica um processo levado a cabo pela equipa de DP, com o intuito de tornar dados subjetivos em dados objetivos, de forma à geração de conceitos ser orientada e balizada (Figura 77).

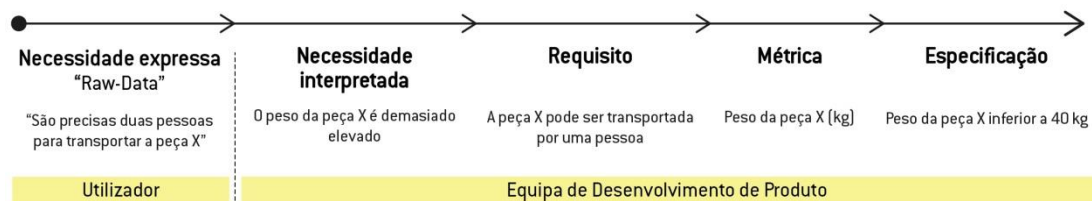


Figura 77. Da informação recolhida no utilizador à definição da especificação.

Adaptado de Ulrich e Eppinger [52]

A passagem de necessidades para métricas pode ser feita a partir de uma matriz, que conjuga ambas e as relaciona. É importante notar que há diversos tipos de métricas, tanto dependentes como independentes entre si.

Benchmarking

Durante o processo das especificações do produto, deve ser tido em conta a análise detalhada do universo de produtos concorrentes existentes no mercado, designado de *benchmarking*. Enquanto elemento externo, o *benchmarking* serve neste caso, o propósito de auxiliar a definição de especificações.

Para isso é importante que seja feito um levantamento de especificações de produtos concorrentes, através de uma tabela, onde é possível perceber-se os níveis existentes, e delinear níveis pretendidos para as especificações do produto a desenvolver.

1.3 Geração de Conceito

Um conceito é a descrição da forma, função e características do produto, acompanhada por protótipos ou modelos rudimentares, com preocupações e estimativa de custo de produção. A geração de conceitos sucede-se à criação de especificações a partir das necessidades do utilizador.

1.4 Seleção e teste de Conceito

O objetivo da última etapa do desenvolvimento de conceito é eleger o conceito capaz de resultar num produto atraente, confortável e com atributos funcionais que tornem a sua utilização uma atividade o mais satisfatória possível.

Pretende-se perceber a aceitação do conceito e a sua interpretação junto dos clientes, se as necessidades do utilizador foram resolvidas e de que forma são percecionadas. Para isso a visualização do conceito é feita através de desenhos e modelação CAD, que devem comunicar de uma forma simples e de fácil entendimento, acerca da forma e funções principais do produto.

2. Sistema

Uma vez selecionado e validado o conceito, parte-se para a definição de todo o sistema que integra o produto, definido pelo que se designa de arquitetura do produto.

A arquitetura do produto trata da articulação de todos os componentes internos e externos do produto, assim como as suas subfunções. A interação dos componentes e a sua relação com os utilizadores, assim como os aspetos relacionados com a modularidade e integralidade devem fazer parte desta fase.

A engenharia e o design tem um papel fundamental no desenvolvimento da arquitetura do produto, cujo objetivo essencial é a redução do universo de custos do produto, relacionados com a produção, distribuição, montagem, armazenamento ou manutenção. Embora esta seja esta a etapa de definição da arquitetura do produto, esta pode começar em fases anteriores ou até decorrer de outros produtos já concluídos para produtos semelhantes.

3. Detalhe

O detalhe trata-se da fase onde é completamente definida a forma do produto, assim como o funcionamento de partes amovíveis, devidamente dimensionadas. Esta etapa deve resultar num documento que reúne desenhos técnicos da geometria dos componentes, que servem de auxílio para pré-produção e montagem.

A produção é a principal preocupação desta fase, sendo que se trata de uma etapa onde a intervenção da engenharia é fundamental.

4. Teste e Afinação

O período de testes e afinação tem como objetivo validar a utilização do produto, através de dois tipos de protótipos, designados de alfa e beta, segundo Ulrich e Eppinger. Os protótipos alfa não necessitam de ser funcionais nem fabricados pelo processo e materiais do produto final, servem para testar o desempenho de funções básicas do produto e afinar o dimensionamento. Os protótipos beta, devem já incluir peças produzidas pelo método definitivo e servem para testar aspetos como montagem e utilização, já com utilizadores envolvidos.

5. Produção *Ramp-Up*

O termo *Ramp-Up* utilizado por Ulrich e Eppinger para definir a última fase do DP trata-se de uma expressão económica, que define a primeira fase da produção de um produto. Esta serve para testar a absorção do produto no mercado, sendo comercializado apenas em locais estratégicos, com pequenos lançamentos em utilizadores principais. Esta fase visa aperfeiçoar e retificar detalhes do produto antes do lançamento e distribuição global.

Considerações

Apesar de não se auto designar de centrada no utilizador, a abordagem metodológica de Ulrich e Eppinger tem em conta as suas necessidades, tornando-as matéria de trabalho para a equipa de DP. Pode-se concluir que se trata de uma abordagem virada para o mercado, onde este serve mesmo de *input* para o projeto.

A abordagem de Cross serve-se de uma linguagem e pensamento mais focados na produção, com especial enfoque no estabelecimento de objetivos e definição de funções do produto, tendo em conta os seus atributos e características.

No âmbito da dissertação, a análise combinada das propostas metodológicas de Ulrich, Eppinger e Cross permitem partir para uma abordagem projetual tendo em conta o panorama da mecanização agrícola, mais concretamente do reboque agrícola. Esta abordagem consiste no terceiro e último capítulo.

3. Trabalho Experimental

3.1 Pré-projeto de um reboque agrícola

Após a análise das tipologias de reboques no primeiro capítulo, ponto 1.2.3, decidiu-se escolher o modelo de taipal como alvo do trabalho experimental. Consiste no desenvolvimento do pré projeto para um semirreboque agrícola da tipologia de taipal, com base em inovações incrementais. Trata-se da primeira fase de projeto, sendo desenvolvida a parte inicial, até à geração de conceitos, debruçando-se num caso de estudo resultante da informação recolhida nos capítulos antecedentes.

A contribuição do primeiro capítulo é feita através do conhecimento do universo da mecanização agrícola e análise das tipologias existentes no mercado de reboques agrícolas.

Da mesma forma, o segundo capítulo contribuiu para a elaboração do trabalho experimental, primeiramente pela abordagem de inovação incremental focada no utilizador, através da prática do modelo de HCD, estendendo-se à metodologia adotada, nomeadamente na elaboração do planeamento, composto pela árvore de objetivos proposta por Cross, assim como pela definição de atributos e características. O contributo da última obra abordada, de Ulrich e Eppinger, está na origem da identificação de oportunidades e criação de um *mission-statement*. O contributo deste reflete-se ainda no trabalho de campo efetuado, com visitas a agricultores, vendedores e à fabricante de reboques agrícolas Herculano, através do qual foi possível a conseguir o levantamento de informação que levou à identificação de necessidades do utilizador.

O trabalho experimental está dividido em duas etapas:

3.1.1 Planeamento

3.1.2 Desenvolvimento de conceito

A última parte do capítulo, o ponto 3.2, refere-se à aplicação de aços de alta resistência e respetivos ensaios de material.

É com base na adoção da fase inicial das duas propostas metodológicas abordadas no capítulo 2.2, que o pré-projeto é orientado (Figura 78)

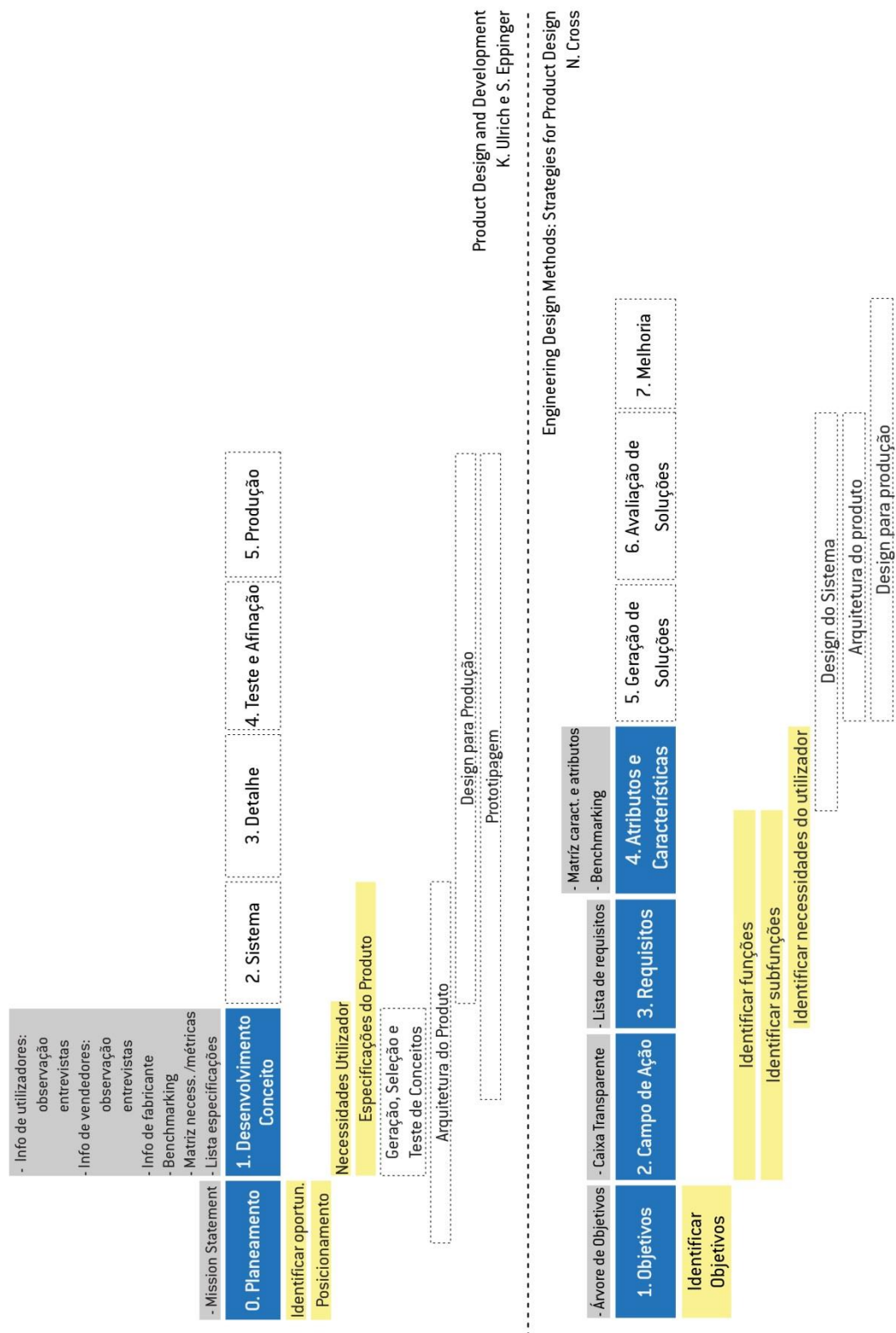


Figura 78. Etapas adoptadas das metodologias de Ulrich, Eppinger e Cross [51], [52]

3.1.1 Planeamento

A primeira parte do trabalho experimental é o planeamento para o desenvolvimento de uma nova gama de um RA. Este é feito através de várias ferramentas e visa antes conhecer uma série de aspetos fundamentais ao projeto, que antecedem o desenvolvimento de conceito, como o conhecimento do mercado concorrente, a definição de uma oportunidade, justificada e posicionada, assim como a construção de uma base de objetivos principais e secundários que estarão na génese do projeto.

O planeamento está dividido em três partes:

a. Análise S.W.O.T.

Análise de pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças relativas ao reboque agrícola.

b. Árvore de Objetivos

Mapa com objetivos gerais, hierarquizados em quatro níveis de importância.

c. *Mission Statement*

Descrição objetiva do projeto a desenvolver

a. Análise S.W.O.T

A análise S.W.O.T. é uma ferramenta estratégica de avaliação de um serviço, pessoa ou produto, com base tanto no ambiente **interno** (pontos fortes e fracos) como **externo** (oportunidades e ameaças).

O alvo da análise é a gama da fabricante nacional Herculano S.A., um dos principais fabricantes nacionais de alfaías e reboques agrícolas. Para esta análise foram fundamentais os inputs de visitas feitas tanto à fábrica da Herculano, como aos vendedores e utilizadores de reboques agrícolas.

No âmbito da presente dissertação, a análise SWOT serviu essencialmente para dar resposta aos quatro tópicos relativamente aos RA de taipal:

- Identificar mais-valias e pontos fracos do produto
- Clarificar o posicionamento do produto no mercado
- Questionar a pertinência de intervenção no produto
- Reunir informação capaz de gerar objetivos

Pontos Fortes (*Strengths*):

- **Importância da atividade agrícola:** Setor maduro, imprescindível a qualquer sociedade e com um mercado global consolidado.
- **Importância do RA na prática agrícola:** Produto de importância reconhecida desde os primórdios da agricultura, alvo de sucessivas melhorias e inovações incrementais.

Pontos Fracos (*Weaknesses*):

- **Atributos subjetivos:** Produto de carácter altamente objetivo e racional (definido pela capacidade de carga e características técnicas), em que qualidades subjetivas têm menor peso na escolha do consumidor (marca, aspeto, qualidades semânticas).
- **Peso e dimensão:** À exceção dos modelos de alumínio, cerca de 25% a 30% do peso total de qualquer reboque (tara + capacidade de carga útil) corresponde à tara. Este valor representa um consumo acrescido de combustível, especialmente em reboques de grande dimensão uma vez que se transporta peso morto em vez de útil. Para além disso o peso e dimensão dos reboques agrícolas são um obstáculo que dificulta a exportação do produto, tornando o transporte além-fronteiras uma operação logística e economicamente pouco viável. Contudo, curiosamente a exportação é uma realidade dominante na Herculano, que

só em mercado externo escoar cerca de 85% da sua produção, para Espanha e países do norte de África, o que demonstra a importância do mercado externo para a empresa.

- **Desgaste e corrosão:** Tanto dos taipais como do chão da caixa, pela utilização ao ar livre, por vezes em ambientes com condições adversas como humidade e sujeito a esforços de vários tipos, com vários tipos de cargas como estrume, pedra, areia, entulho ou tomate.

Todos estes fatores contribuem para o envelhecimento acelerado do produto, que resulta em empenos e oxidação do aço, tornando o reboque desinteressante visualmente e muitas vezes inviável ou disfuncional.

- **Usabilidade:** O difícil manuseio de componentes móveis (fechos, alavancas, travão, descanso) - especialmente em uniões e engates onde a pintura do aço sofre desgaste ou existem pequenos empenos - e amovíveis (taipais) devido ao elevado peso dos taipais e dificuldade de encaixe destes entre si e no chassi. Os taipais são demasiado pesados para serem operados por um utilizador apenas, sendo agravada ou até mesmo impossibilitada a utilização por utilizadores do sexo feminino ou idosos.

Os obstáculos à boa usabilidade são resultado tanto do envelhecimento do produto, como de características inerentes ao produto, fruto da má conceção de soluções que envolvem a intervenção direta do utilizador.

Oportunidades (*Opportunities*):

- **Diferenciação pela inovação:** Diferenciação existente é fundamentalmente através do preço. À exceção dos reboques autocarregadores de forragem, não é desempenhada mais do que a função de transportar e descarregar carga, não sendo espectral pelo utilizador que seja feito mais do que estas duas funções, o preço assume o carácter essencial na compra, ainda que o desempenho destas funções seja um aspeto importante e diferenciador por si só. Pode considerar-se que as inovações feitas em reboques agrícolas a partir da segunda metade do séc. XX, aquando a introdução de aço, foram de carácter incremental, onde a resistência, estabilidade e capacidade de carga aumentaram e a operação de descarga foi facilitada. Pode assim verificar-se uma carência de novos atributos visuais e funcionais, que acrescentem valor ao produto e o diferenciem dos demais.

- **Complementaridade com trator:** A complementaridade existente entre o reboque e o trator assegura a viabilidade do produto, uma vez que o trator é um bem alvo de constante inovação tecnológica e visual, que “arrasta” consigo esta exigência de inovação para o reboque.

- **Modelos de baixa CCU:** Os modelos de baixa capacidade de carga útil apresentam de uma forma geral, um nível insatisfatório de funcionalidades, estabilidade, soluções de fechos mecânicos e aspetos visuais, face aos de média e alta CCU.

- **Novos mercados:** Países emergentes com grande crescimento agrícola, em África e América do Sul são mercados com absorção confirmada.

Ameaças (*Threats*):

- **Concorrência nacional:** Quantidade de produtos concorrentes de fabricantes nacionais como: Galucho, Rates, Rocha, Cimar, Reboal, com modelos bastante semelhantes, que desempenham funções similares, através das mesmas soluções são uma ameaça para os reboques Herculano.

- **Concorrência do mercado europeu:** Concorrência de reboques de fabricantes alemães, franceses, belgas e austríacos, como: Joskin, Fliegl, Oehler, Brantner, Pronar. Ainda que com preço superior, apresentam soluções mais interessantes, tanto funcionalmente como visualmente. Com diversas preocupações ergonómicas e de usabilidade, como fechos mecânicos centralizados, taipais com vedantes e sistema de molas para minimizar ruído e facilitar o manuseio dos taipais. Exemplos apresentados no ponto 3.2.1

b. Árvore de Objetivos

Após a análise SWOT, os objetivos foram definidos segundo o modelo proposto por Cross, onde se encontraram 5 objetivos principais, que estão na origem da intervenção a fazer no desenvolvimento de produto (Figura 79):

- **Estabilidade:** A estabilidade do reboque é um requisito fundamental que deve ser assegurado por um conjunto de fatores que dizem respeito à engenharia, como a construção do quadro e da suspensão e ao design, onde a mobilidade dos taipais e fechos deve contribuir para a solidez do produto.

- **Melhoria de Usabilidade:** Conjuntamente com a renovação visual, a melhoria de usabilidade é o objetivo central da responsabilidade de uma abordagem de design. O manuseio das partes móveis e amovíveis deve ser facilitado, com fechos e manípulos ergonómicos e de simplificada utilização, sem necessidade de esforços demasiado elevados ou posturas danosas.

- **Renovação Visual:** O aspecto antiquado dos RA de taipal carece de uma atualização visual, para se demarcar dos modelos antecessores, facilmente associados a modelos de taipais de madeira.

- **Segurança:** Enquanto máquina de trabalho o RA deve ser desenvolvido com o intuito de evitar acidentes, tanto parado como em circulação. A descarga por báscula é uma das etapas onde os acidentes ocorrem com maior frequência. A engenharia é o principal responsável por assegurar a segurança do equipamento.

- **Durabilidade:** A exposição do RA a condições adversas torna a durabilidade do produto um fator de elevada importância. A acumulação de água e o desgaste do aço, aceleram a sua oxidação e as cargas pesadas por vezes causam deformações nos taipais e na caixa.

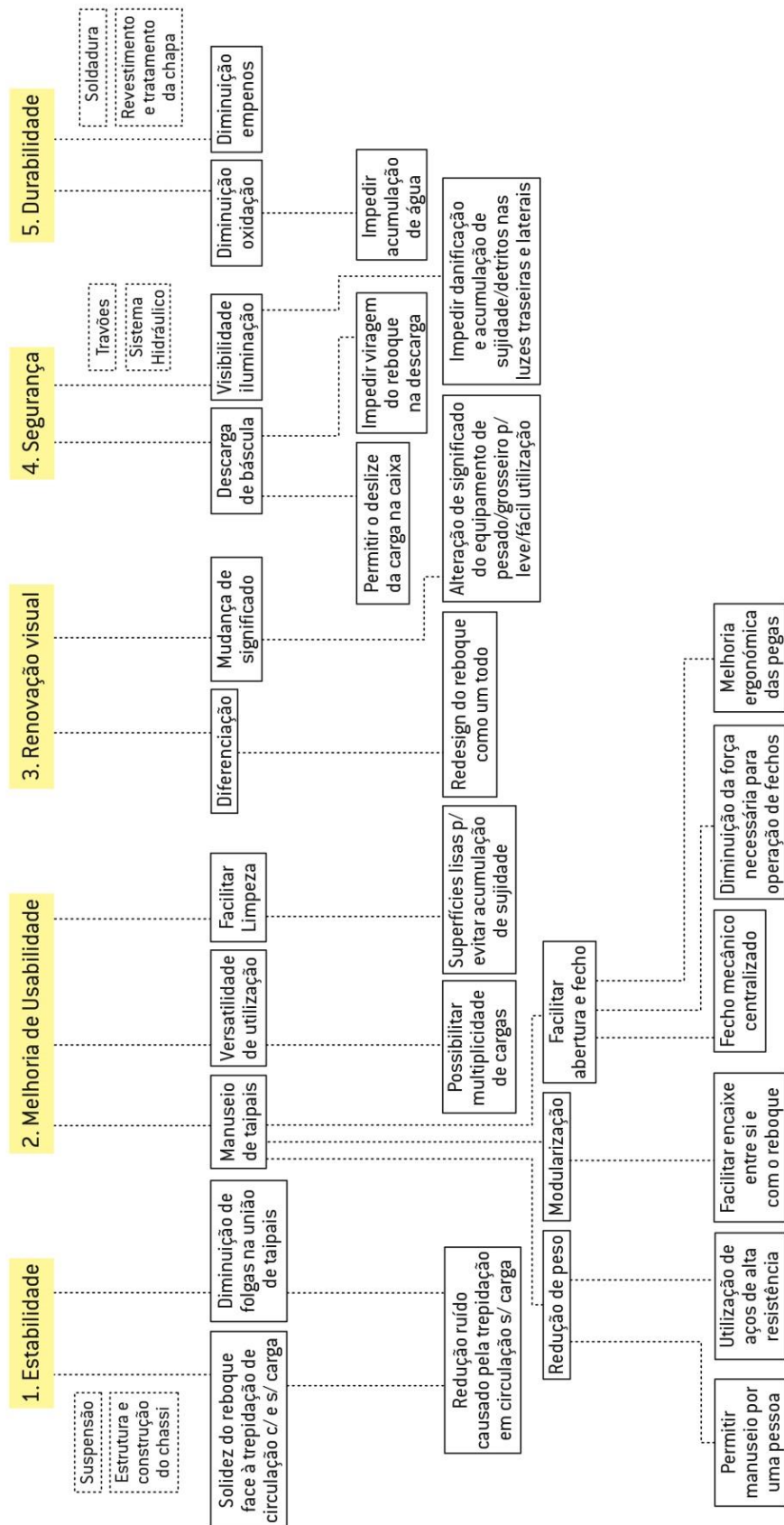


Figura 79. Árvore de objetivos com objetivos principais, secundários, terciários e quaternários.

c. Mission-Statement

Descrição do produto: Gama de semirreboque agrícola de taipal de pequena e média dimensão (5 a 12 ton de CCU).

Proposta de valor: Produto diferenciado pela inovação da usabilidade e aspeto do RA. Com melhoria da relação da tara com a CCU e aumento dos níveis de estabilidade.

Objetivos principais: Facilitar utilização de reboques de pequena e média dimensão, melhorando a interação com os taipais.

Mercado principal: Explorações agrícolas de pequena e média escala em Portugal, Espanha, França e Norte de África.

Mercado secundário: Agricultores do sexo feminino, agricultores com idades acima dos 60 anos, agricultores com dificuldades de mobilidade.

Vantagens: Usabilidade, versatilidade e aspeto visual

Restrições: Estabilidade e preço

3.2.1 Desenvolvimento de Conceito

O desenvolvimento de conceito parte do contributo do trabalho de campo, com visitas ao universo de *stakeholders* associados ao reboque agrícola: agricultor, vendedor de reboques agrícolas e fabricante, a partir do qual foi possível extrair informação suficiente para consolidar objetivos, identificar as necessidades e definir um posicionamento estratégico para o desenvolvimento de conceitos.

a. Posicionamento

Posicionamento do modelo a desenvolver enquadrado no mercado de produtos concorrentes, através de uma análise de *benchmarking*.

b. Trabalho de campo

Tópicos das necessidades expressas pelos três stakeholders entrevistados:

Fabricante, vendedor e utilizador.

c. Mapa de ação

Descrição do mapa de ações a efetuar na utilização do reboque e identificação de problemas associados.

a. Posicionamento

a1. Benchmarking

Pode-se considerar que o processo de *benchmarking* foi iniciado no capítulo 1.2, onde identificam as tipologias existentes do universo de RA. Nesta fase, importa ser feito um *benchmarking* direcionado apenas para a tipologia de taipal, comparando-a com a de monocoque, principal tipologia concorrente.

A capacidade de carga útil (CCU) enquanto característica principal que define um RA, pode ser expressa tanto em peso (t) como em volumetria (m³).

Foi feita a comparação das duas tipologias principais: taipal e monocoque, avaliando a relação da CCU em ambas as variáveis com a tara, numa amostra de 181 modelos de um total de 34 fabricantes, dois das quais nacionais (Gráfico 9/Figura 79).

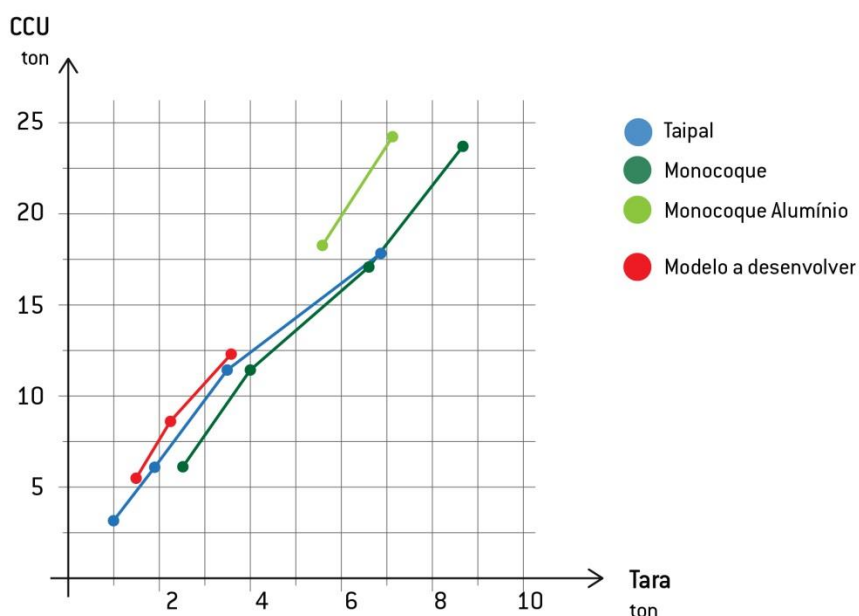


Gráfico 9. Relação entre tara e capacidade de carga útil em peso entre modelos de taipal e monocoque

Fonte: Própria

A análise do gráfico 9 revela dados importantes para a compreensão do mercado de reboques agrícolas. Primeiramente, na abrangência de CCU, percebe-se que o leque da tipologia de taipal atinge modelos com valores inferiores e o monocoque superiores. Em valores de CCU inferior a seis toneladas apenas existem modelos de taipal. Enquanto acima de dezoito toneladas, apenas existem modelos de monocoque.

Em segundo lugar, analisando as rectas de cada tipologia, percebe-se que a relação com a tara é distinta em cada uma delas. A tipologia de taipal apresenta melhor eficácia na

relação CCU e tara, uma vez que os modelos de taipal têm uma tara mais baixa relativamente aos modelos monocoque para a mesma CCU em toneladas. Relação que tende a aproximar-se em valores mais altos, sendo que a distância dos dois diminui com o aumento da tara. A razão pela qual os modelos monocoque de aço convencional apresentam taras mais altas é explicada pelo facto de esta tipologia utilizar mais aço, e chapas com espessuras médias superiores às de taipal.

No entanto, os modelos monocoque com caixa de alumínio são os que apresentam uma relação das duas variáveis mais eficaz, conseguindo transportar com menos tara, mais carga útil do que qualquer outra tipologia. Não foram encontrados quaisquer modelos de alumínio abaixo de 17 toneladas de CCU, sendo mais frequente este tipo de modelos para grandes capacidades de carga, onde o valor da diferença entre a CCU e a tara é maior em termos absolutos.

Se tivermos em conta a CCU em volumetria, denota-se o comportamento inverso face ao verificado no gráfico anterior. Ou seja, a tipologia de monocoque apresenta uma relação com a tara mais eficaz. Conseguindo transportar maior volumetria com valores de tara mais baixos, relativamente aos modelos de taipal (Gráfico 10).

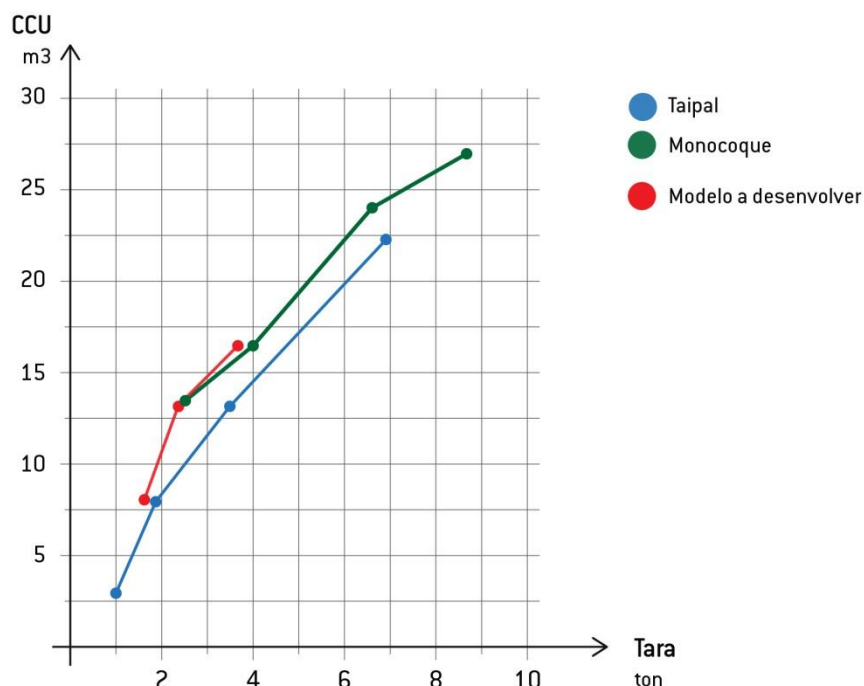


Gráfico 10. Relação entre tara e capacidade de carga útil em volumetria entre modelos monocoque, taipal e modelo a desenvolver.

Fonte: Própria

Se tivermos em conta a CCU em volumetria, denota-se o comportamento inverso face ao verificado no gráfico anterior. Ou seja, a tipologia de monocoque apresenta uma relação com a tara mais eficaz. Conseguindo transportar maior volumetria com valores de tara mais baixos, relativamente aos modelos de taipal.

A análise conjunta dos gráficos 9 e 10 permite concluir que os modelos de taipal apresentam uma melhor relação entre CCU por peso e tara, conseguindo em toda a sua gama de modelos um peso total com mais CCU e menos tara face aos monocoque. Desta forma o modelo a desenvolver deverá respeitar os valores dos modelos existentes de taipal, por si só já vantajosos em relação ao monocoque.

Relativamente à carga em volumetria, os reboques monocoque apresentam valores mais interessantes em toda a gama de modelos, conseguindo transportar mais volume com menos tara. Por esta razão o modelo de taipal a desenvolver terá que contrariar esta desvantagem, posicionando-se numa curva favorável, localizada à esquerda dos monocoque.

Usabilidade

A estabilidade é um aspeto fulcral em qualquer veículo de transporte. É conferida tanto por fatores estruturais, como o chassi ou a suspensão, com responsabilidade da engenharia e produção, mas também a vários fatores que poderão dizer respeito ao trabalho do designer. É o caso dos fechos, onde a facilidade de utilização é definida pela minimização de esforço e ergonomia do manípulo. O sistema de fecho de taipais é tanto mais eficaz quanto menor trepidação permitir que ocorra e menor o esforço necessário para a sua operação (Figura 80).

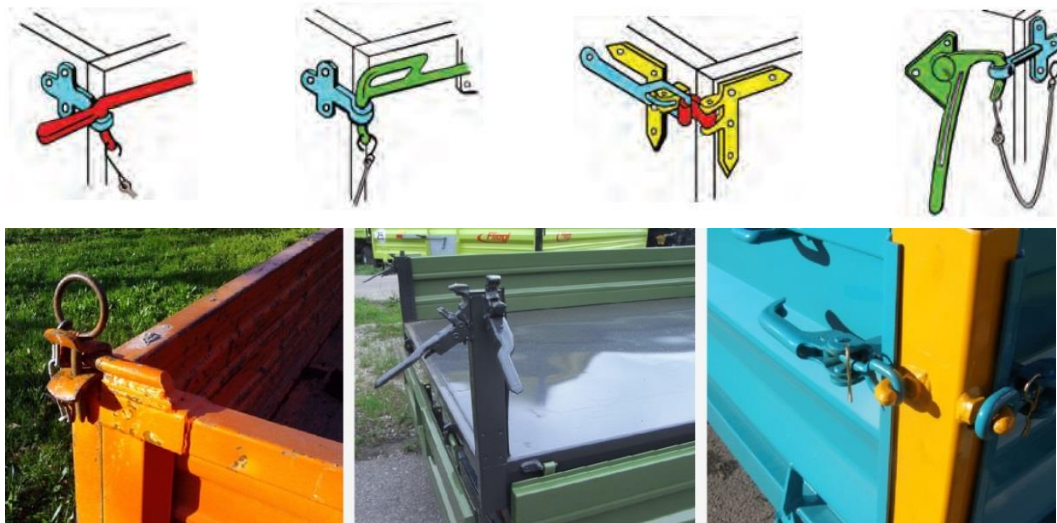


Figura 80. Exemplos de sistema de fechos de taipais de RA

Para além do manípulo e esforço aplicado no fecho, é importante considerar outros aspetos, como a minimização de operações necessárias no manuseio de taipais. Especialmente em modelos de grande dimensão, o fecho centralizado é uma solução comum em modelos com níveis elevados de estabilidade (Figura 81). O fecho centralizado é acionado por um manípulo que abre ou fecha todas as uniões da zona inferior do taipal, tanto traseiro como lateral, com a caixa, reunindo assim várias tarefas numa única operação, com níveis de estabilidade mais satisfatórios do que fechos manuais, pois o sistema central coloca o taipal em pressão face à caixa.

Para ajudar a elevação e fecho de taipais laterais, alguns modelos dispõem de molas que ajudam o movimento ascendente do taipal, permitindo assim um utilizador conseguir elevar e fechar um taipal com mais de 3 metros de comprimento e mais de 90kg (Figura 81).

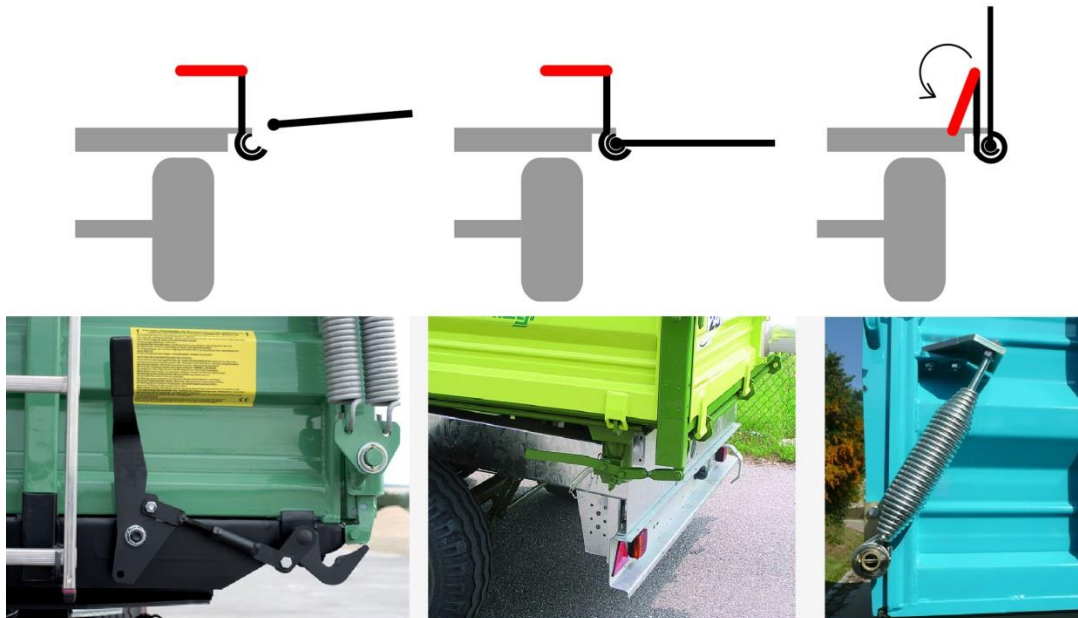


Figura 81. Fecho centralizado e molas para apoio da elevação de taipal

A utilização de vedantes poliméricos é uma solução existente para aumentar a estabilidade em alguns modelos de médio/alto preço. Estes têm como objetivo minimizar a acumulação de detritos nas juntas após a descarga e impedir perdas de carga, no caso de cargas como cereal ou areia (Figura 82).



Figura 82. Esq: Vedante polimérico entre a caixa e o taipal traseiro para minimização de perdas de carga e ruído em circulação. Dir.: vedante polimérico para minimização de acumulação de detritos na caixa, após descarga lateral.

a2. Posicionamento

Com o objetivo de capacitar o modelo a desenvolver como um produto dotado de mais-valias face aos seus concorrentes, importa antes de mais conhecer e comparar os modelos existentes, para se conseguir assim posicionar assertivamente o modelo a desenvolver.

No âmbito da dissertação, os gráficos de posicionamento devem ser lidos como aproximações generalistas, que servem fundamentalmente o propósito de comparação entre as duas principais tipologias: monocoque e taipal. O posicionamento pretendido deve ser entendido como um objetivo ideal ou diretriz orientadora.

Versatilidade / Estabilidade

O primeiro gráfico de posicionamento relaciona possivelmente os dois aspetos mais importantes que o RA deve consolidar: versatilidade e estabilidade. No entanto, por regra, um tende a anular o outro, ou seja, um RA altamente estável e robusto, não é por norma versátil e vice-versa. Apenas os modelos de topo conseguem consolidar os dois atributos (Gráfico 11).

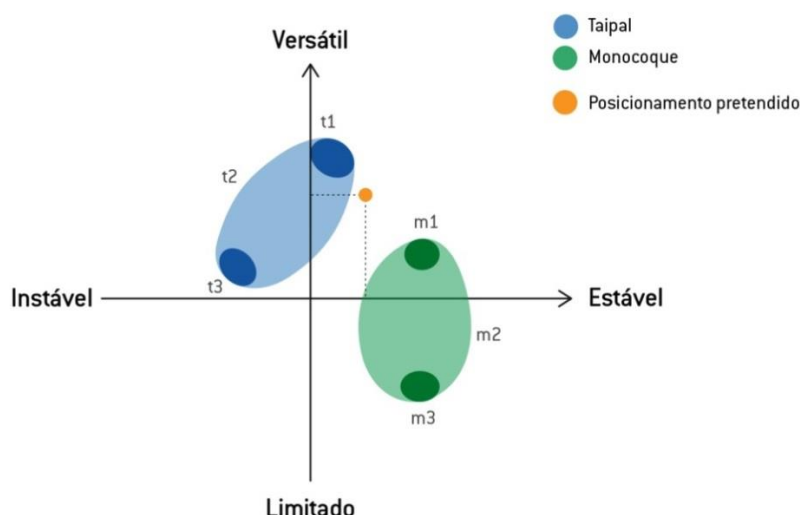


Gráfico 11. Comparação de estabilidade e versatilidade entre modelos de taipal e monocoque *Fonte: Própria*

Fatores com implicação na variável versatilidade:

Multiplicidade de tipos de carga; Quantidade de peças amovíveis e acessórios; Multiplicidade de disposições para o carregamento de carga; Multiplicidade de disposições para o descarregamento de carga.

Fatores com implicação na variável estabilidade:

Construção do chassi; Suspensão; Vedante polimérico nos taipais; Segurança na descarga; Ausência de ruído em circulação.

Com a leitura do gráfico 11 conclui-se que a versatilidade é um atributo mais forte em RA de taipal, enquanto a estabilidade representa o atributo mais forte em RA monocoque. No entanto, verifica-se também que a vantagem de uma tipologia representa a desvantagem da outra. Neste sentido, o modelo ideal conjugaria a estabilidade dos modelos monocoque e a versatilidade dos modelos de taipal, tendo em conta que não seria possível conjugar o mais alto nível das duas variáveis, o posicionamento pretendido aproxima-se do nível mais baixo de estabilidade dos RA monocoque, abdicando para isso de alguma versatilidade.

Foram identificados modelos com maior e menor índice das variáveis estabilidade / versatilidade, dentro da tipologia monocoque (Figura 83) e taipal (Figura 84).



Figura 83. Exemplos de RA monocoque no gráfico 11 (esq. para dir.):

M1 Fliegl 15t / 18.2 m³, com descarga traseira e lateral com chassi robusto e galvanizado, escada, fecho de taipal lateral centralizado, porta traseira hidráulica e arrumação para cabos hidráulicos; **M2** Joskin 16t / 17 m³ CCU, com descarga traseira, chassi robusto, escada e arrumação para cabos; **M3** Galucho 18t / 22.6 m³ CCU, com descarga traseira, chassi menos robusto, sem escada, sem arrumação para cabos.



Figura 84. Exemplos de RA de taipal no gráfico 11 (esq. para dir.):

T1 Joskin 12 t / 16 m³ CCU, com descarga traseira e lateral com chassi robusto e galvanizado, taipais laterais com abertura inferior e superior, fecho de taipal lateral centralizado, escada com plataforma e arrumação de cabos; **T2** Rolland 10t / 10.5 m³ CCU, com descarga traseira, chassi robusto, taipais laterais sem abertura inferior, sem escada, com arrumação de cabos; **T3** Rocha CCU n/a, com descarga traseira, chassi pouco robusto, taipais laterais divididos em três, sem abertura inferior, sem escada, sem arrumação para cabos.

Preço / Aspeto

O segundo gráfico de posicionamento relaciona as duas tipologias de RA relativamente ao aspeto visual e preço, variável altamente influenciada pelo custo. O objetivo deste confronto visa perceber de que forma uma variável objetiva, é influenciada por variável de cariz mais subjetivo, como o aspeto. O aspeto visual deve ser considerado enquanto factor subjetivo potenciador do desejo de compra, fruto não apenas de elementos formais como as linhas e cor do reboque, mas também dos atributos funcionais percecionados, que quando coerentemente aplicados tendem a tornar o produto visualmente mais atraente. Ou seja, um reboque visualmente atrativo para além da modernidade e equilíbrio das formas, deve transmitir uma ideia de estabilidade, robustez e funcionalidade, uma vez que a perceção destes indicadores contribui para a valorização por parte do potencial comprador.

Relativamente ao preço, foi feita comparação do preço de uma amostra representativa do universo de informação recolhido (Gráfico 12).

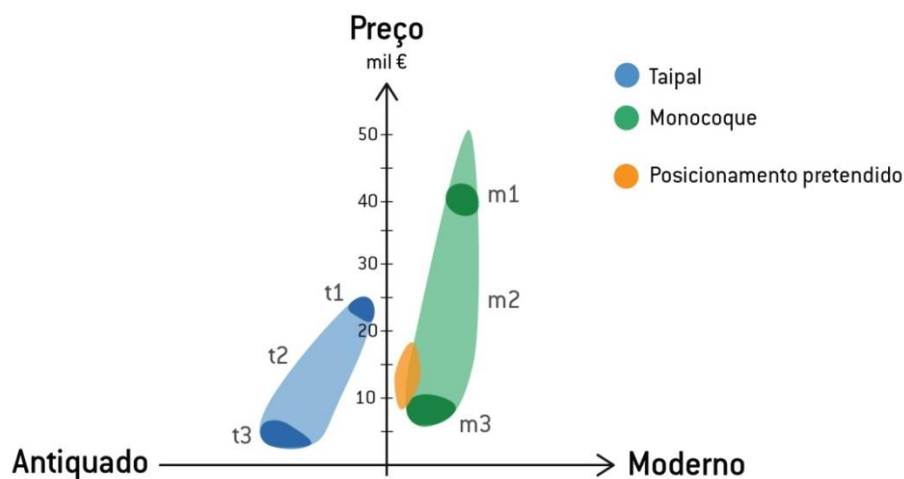


Gráfico 12. Comparação de aspeto e preço entre modelos de taipal e monocoque

Fonte: Própria

Fatores com implicação na variável preço:

Capacidade de carga útil; Tipo de aço; Suspensão; Sistema Hidráulico; Pneus; Outros extras

Fatores com implicação na variável aspeto:

Estabilidade percecionada; Durabilidade percecionada; Coerência proporcional; Coerência na utilização de cores, monocromia favorável; Simplicidade de formas; Detalhe de acabamentos; Ausência de linhas de soldadura.

Foram identificados modelos com maior e menor índice das variáveis preço / aspeto, dentro da tipologia monocoque (Figura 85) e taipal (Figura 86).



Figura 85. Exemplos de RA monocoque do gráfico 12 (esq. para dir.):

M1 Marston 18 t / 23.5 m³ CCU, com linhas depuradas, caixa cónica sem barras estruturais na lateral, escada como elemento incorporado e arrumação de cabos; **M2** Rolland 14t / 18.5 m³ CCU, caixa cónica com barras laterais estruturais, algum ruído visual, escada desintegrada; **M3** Pronar 14t / 22 m³ CCU, caixa retangular, com barras laterais na diagonal e bastante ruído visual, escada desintegrada.



Figura 86. Exemplos de RA de taipal do gráfico 12 (esq. para dir.):

T1 Fliegl 18 t / 23 m³ CCU, taipais homogêneos, sem qualquer tipo de divisórias verticais na lateral, chassi em aço galvanizado potencia a durabilidade percebida; **T2** Herbst 10t / 9 m³ CCU, modelo simples, sem escada, taipais homogêneos com divisórias laterais verticais e horizontal a meio. Taipais inferiores diferentes dos superiores; **T3** Galucho 12t / n.a. m³ CCU n/a, modelo simples, sem escada, taipais heterogêneos entre si, com divisórias a meio e barras verticais, desarrumação de cabos, chassi e taipais com cores fortes diferentes.

Com a leitura do gráfico 12 conclui-se que relativamente ao preço, a variação em RA de taipal é muito inferior á dos RA monocoque. Os preços de mercado para os RA de taipal variam entre aproximadamente 3 500€ e 25 000€, enquanto esta variação sobe para aproximadamente 6 500€ a 50 000€ em modelos monocoque. Em segundo lugar verifica-se um preço médio superior em RA monocoque relativamente aos de taipal, sendo que dois modelos do mesmo fabricante apresentam na sua grande maioria uma diferença de preço 10% a 20%. Uma possível explicação para este facto é o custo de produção do primeiro ser provavelmente inferior ao do segundo. No entanto os fatores que determinam o custo variam significativamente, um RA com CCU baixa, sem qualquer extra é forçosamente mais barato do que um RA com extras como suspensão tandem, taipais suplementares, pneus de terra, escada, toldo e outros.

Conclui-se que os RA de monocoque são visualmente mais apelativos do que os de taipal. Em parte pela sua estabilidade percebida ser superior, representando uma tipologia mais recente, com linhas distanciadas dos modelos antiquados de madeira. No entanto, sem surpresa, nas duas tipologias os reboques com índice de aspeto visual mais moderno tendem a ter um preço superior.

Herculano

No caso específico da Herculano (Figura 87) caminha-se atualmente para que as componentes da zona inferior do reboque – chassi inferior, lança, rodas, sistema de eixos, cilindro de basculamento, elementos de iluminação, parte hidráulica e de travagem – sejam uniformizadas e utilizadas tanto em reboques monocoque ou de taipal. Sendo que neste conjunto de componentes está 70% a 75% do custo de fabrico do reboque, onde o s eixos, a suspensão, as rodas e o cilindro de basculamento equivalem a 45%.

Isto significa que a diferença do custo de fabrico das duas tipologias, se existir, está nos 30% a 25% do peso orçamental indexado à construção da caixa. Aqui os modelos

monocoque apresentam maior custo de matéria-prima, uma vez que utilizam mais chapa e com espessuras maiores. Porém, na construção da caixa os modelos de taipal utilizam mais mão-de-obra, especialmente os de grande dimensão, uma vez que existem mais etapas durante a produção, como soldaduras, construção de fechos, dobradiças e outros elementos.

Os fatores mão-de-obra e matéria-prima têm diferentes pesos nas duas tipologias, sendo que a variação de ambos, no caso da Herculano, anula-se mutuamente no resultado final de ambas, ou seja não existem diferenças significativas de custo de produção, considerando modelos com CCU idêntica.



Figura 87. Reboques Herculano: Taipal 16 t / 21.6 m³ (esq.); Monocoque 16t / 18 m³ CCU

Posicionamento pretendido

A orientação pretendida para o modelo de taipal a desenvolver visa manter os atributos dos RA de taipal conferentes de versatilidade, aproximando-o dos atributos de estabilidade do RA monocoque. A versatilidade enquanto trunfo principal dos reboques de taipal deve ser assegurada, não podendo no entanto por em causa a melhoria do nível de estabilidade. Desta forma, o posicionamento ideal face às duas variáveis iniciais define-se por níveis de estabilidade acima dos níveis típicos dos modelos de taipal, aproximando-se de níveis mínimos de estabilidade dos monocoque.

Relativamente às variáveis aspeto e preço, o modelo a desenvolver deverá ser mais atrativo do que qualquer modelo de taipal existente, aproximando-se assim dos modelos de monocoque, tendo para isso um ligeiro aumento de preço face aos seus homónimos. Esta aproximação é feita através de um aspeto que consiga potenciar a estabilidade percebida do reboque, com o mínimo de uniões soldadas, conferindo ao reboque a ideia de bloco compacto e robusto. Para além disso deve ser utilizada uma cor sóbria, sem variações cromáticas demasiado marcadas.

b. Trabalho de campo

Com o objetivo de conhecer a diferente perspectiva de cada uma das partes interessadas no ciclo de vida total do RA de taipal, foram identificados três stakeholders principais: Fabricante, Vendedor e Utilizador. O trabalho de campo feito incidiu ao longo de 8 meses, desde Novembro de 2012 até Julho de 2013, através de visitas com recolha de informação através observação e entrevistas.

b.1 Fabricante

Herculano

As visitas às instalações da fabricante de reboques agrícolas Herculano, serviram para o conhecimento da linha de produção, das potencialidades e restrições produtivas, assim como *inputs* relativos ao mercado dos RA (Figura 88).



Figura 88. Linha de montagem de reboques de taipal na fábrica da Herculano

Enquanto fabricante de topo a nível nacional de alfaías e reboques agrícolas, a Herculano SA tem sede em Oliveira de Azeméis e tem atividade desde 1969. Com uma área total de 48.000 m² (31.000 m² cobertos), emprega mais de 210 trabalhadores e factura anualmente cerca de 15.000.000 de euros. Da produção de reboques agrícolas, em 2012 a taxa de exportação da Herculano rondou os 85% da sua produção, com cerca de 70% para o mercado africano e 15% para o mercado europeu, sendo aproximadamente 15% da produção destinada para Portugal.

Informação recolhida: Entrevistas; conversa informal; registo fotográfico não autorizado.

Visitas efetuadas: 6 Novembro 2012; 23 Janeiro 2013; 4 Março 2013

b2. Vendedor

Enquanto elemento de ligação entre o fabricante o utilizador, o vendedor de reboques agrícolas foi o *stakeholder* mais importante para o conhecimento do mercado, com um grande conhecimento da sensibilidade e necessidades do utilizador. O interesse deste agente é essencialmente conseguir apresentar ao cliente a solução de reboque ideal e conseguir realizar o maior número de vendas.

O trabalho de campo para recolha de informação de vendedores incidiu na visita a uma feira agrícola e a cinco vendedores de reboques agrícolas situados na zona do Vale do Ave. A localização geográfica é determinante para a atividade dos vendedores e para o tipo de reboques vendidos. A zona do Vale do Ave é uma das zonas de maior concentração de explorações agrícolas com produção de leite do país, o que se refletiu em vendedores com um grande volume de vendas em reboques monocoque para silagem de erva e milho, fruto da necessidade de colheita e armazenamento de silo dos produtores de leite da zona envolvente.

Para se perceber a qual o tipo de cliente mais frequente, assim como a gama de reboques e tratores com maior expressão no volume de vendas, foi feito um questionário para os cinco vendedores visitados.

Qual o tipo de cliente mais frequente? (empresa ou agricultor individual):

Empresas: 70 a 80 % / Agricultor individual: 20 a 30%

Qual a categoria de reboque mais vendido?

Modelos monocoque de 13 a 15 t CCU

Qual a categoria de trator mais vendido?

Modelos de 90 a 110 Cavalos

Quais as preocupações principais para a venda de RA? (hierarquizadas):

Aspeto visual, versatilidade, preço de venda.

Informação recolhida: Entrevistas; registo fotográfico e conversa informal

Visitas efetuadas: 4,8, 12 e 14 de Abril de 2013

Agro 2013 - Feira Internacional de Agricultura, Pecuária e Alimentação de Braga

Parque de Exposições de Braga

Campos & Dias - Importação e Comércio de Máquinas Agrícolas

Rua Prof. Faria Lino 53, Trofa

16 Irmãos – Máquinas e Equipamentos

Zona Industrial do Soeiro 24, Trofa

Mateus – Comercio de Máquinas Agrícolas

Rua do Cubo 120 Póvoa do Varzim

Varziagro – Máquinas Agrícolas

Rua da Estrada Nova, 456, Póvoa do Varzim

Reptractor – Comércio e Reparação de Máquinas Agrícolas

Rua da Lagoa 365, Macieira da Maia

b3. Utilizador

O conhecimento das necessidades dos utilizadores de reboques agrícolas tratou-se da mais importante etapa do trabalho de campo. Enquanto operador do produto, o utilizador conhece-o melhor do que ninguém e é capaz de identificar problemas que apenas surgem com uma utilização prolongada e frequente.

Para além da observação e registo fotográfico esporádico de RA, foram agendadas três visitas a agricultores da zona Norte de Portugal (Paredes de Coura, Guimarães e Póvoa do Varzim) com diferentes tipologias de RA, de três fabricantes nacionais (Figura 89).



Figura 89. RA com visita de utilizador (esq. para dir.): Modelo Rates com caixa e taipais de aço, 1.85 t CCU, carga de madeira; Modelo Reboal com caixa de aço e taipais de madeira, 2.5t CCU, carga de feno; Modelo monocoque Rocha com caixa de aço, taipal suplementar de aço, 12t / 21 m³ CCU, para carga de silo e estrume.

Informação recolhida: Observação de utilização; entrevistas; registo fotográfico apenas autorizado no reboque de pequena dimensão; conversa informal.

Observação de utilização e identificação de problemas inerentes

Observou-se que os modelos de taipal de menor dimensão são mais problemáticos na relação com o utilizador, uma vez que por norma não dispõem de quaisquer meios de auxílio hidráulico, como acontece em modelos de média e grande dimensão. Por esta razão, a análise do reboque de taipal de pequena dimensão incidiu de forma mais detalhada. Para melhor compreensão da atividade envolvente à utilização deste tipo de reboque, dividiu-se em cinco etapas o seu funcionamento. Através da observação de cada etapa, foram registados problemas associados, alguns apontados pelo utilizador diretamente e outros interpretados posteriormente após reflexão e observação de fotografias.

1. Engate

O engate é a primeira etapa de utilização de qualquer reboque e refere-se à operação de unir o trator ao reboque. É feito pela aproximação do trator ao reboque, com este parado, com o travão de segurança e o descanso acionados. O trator aproxima a sua traseira à zona de engate do reboque e a união é feita através do movimento do gancho do trator, que se fixa a uma argola do reboque. Por motivos de segurança esta argola é rotativa, para no caso de o reboque virar, minimizar a possibilidade do trator virar também (Figura 90).



Figura 90. União do trator com o RA, através da subida do gancho do trator e engate na argola do RA.

O principal problema observado prende-se com a visibilidade que o condutor do trator tem sobre a zona de engate, tornando esta tarefa uma operação de tentativa erro, onde o trator avança e recua por várias vezes até ser feito o engate, com o condutor por vezes a ter a necessidade de se levantar e virar de costas para conseguir realizar o engate (Figura 91).



Figura 91. Dificuldade na visibilidade sobre a zona de união

Após a união estar feita é necessário desativar o travão de segurança e o descanso do reboque. O primeiro é facilmente desativado através de uma alavanca na lateral do reboque, no entanto o segundo levanta problemas pela força necessária para a movimentação vertical e fixação na posição do descanso (Figura 92).



Figura 92. Travão de segurança (esq.) e descanso manual (dir.)

2. Carga

Para o carregamento da maior parte das cargas num reboque de taipais é necessário proceder à sua montagem, caso estes estejam desmontados. Dependendo do tipo de carga que o agricultor transporta, pode optar por deixar os taipais montados no reboque, mesmo em circulação sem carga. Por norma é isto que acontece, no entanto em alguns casos existe carga que dispensa de taipais, como o caso de fardos de palha, onde são utilizadas cordas para fixar a carga ao reboque.

A montagem dos taipais é uma das tarefas mais problemáticas observadas, uma vez que no caso dos taipais laterais, estes podem pesar mais de 50 kg e são fixos em quatro pontos, que tem que ser coordenadamente calculados para a sua fixação, tal e qual como a fixação de uma porta às dobradiças, no caso do reboque em questão. No entanto a tarefa aqui é dificultada uma vez que é feita na horizontal, por vezes por um utilizador apenas.

A sujidade acumulada na zona da união com os taipais é um obstáculo à fixação destes, dificultando bastante a tarefa. Os taipais frontal e traseiro, são mais pequenos e leves, por isso mais fáceis de montar (Figura 93).



Figura 93. Montagem dos taipais na caixa

Apesar de no caso observado existir apenas um nível de taipais, é frequente em modelos de maior dimensão a existência de dois e três níveis de taipais. Aqui é necessária a montagem ser feita no mínimo por duas pessoas, sendo que uma delas deve estar no interior da caixa, para proceder á fixação de taipais entre si.

Após a montagem dos taipais procede-se ao carregamento da carga. Este pode ser feito com recurso a uma máquina que despeja a carga com os taipais fechados ou abertos, ou manualmente, onde com pelo menos um taipal aberto, se carrega manualmente a carga, por vezes com necessidade do utilizador subir para a caixa. Esta subida acontece tanto em reboques comerciais como em agrícolas e por vezes é feita com recurso a um degrau pivotante fixo a um taipal, que pode existir tanto dentro como fora do reboque (Figura 94).



Figura 94. Degrau pivotante para auxílio de subida para a caixa, no exterior (esq.) e interior (dir.)

Após a carga estar acomodada e pronta para circulação, em reboques de maior dimensão é obrigatória a colocação de uma cobertura. Esta cobertura pode ser colocada manualmente ou com auxílio do sistema hidráulico, sendo que existe quase sempre a necessidade de subir na caixa pelo exterior, por via de uma escada. Na visita feita, o agricultor optou por não colocar cobertura e circular com o taipal traseiro aberto, para poder transportar maior quantidade de carga, troncos de madeira neste caso (Figura 95).



Figura 95. Reboque carregado com madeira, com taipal traseiro aberto.

3. Circulação

Em circulação com carga existe a necessidade do reboque ser estável face a pisos irregulares. Para isso o número de eixos, a dimensão dos pneus e a suspensão são elementos fundamentais que dizem sobretudo respeito à engenharia, portanto serão excluídos da presente abordagem.

Porém, a segurança em circulação refere-se também à visibilidade das luzes, refletores e matrícula do reboque. A disposição destas no equipamento torna por vezes impossível a sua visibilidade, uma vez que com a utilização se verifica a sua danificação ou deposição de sujidade (Figura 96).



Figura 96. Sujidade acumulada dificulta visualização das luzes e matrícula (esq.) e refletores (dir.)

Este problema pode ser contrariado pela utilização de proteções nas luzes e pela própria localização destes elementos no reboque (Figura 97).

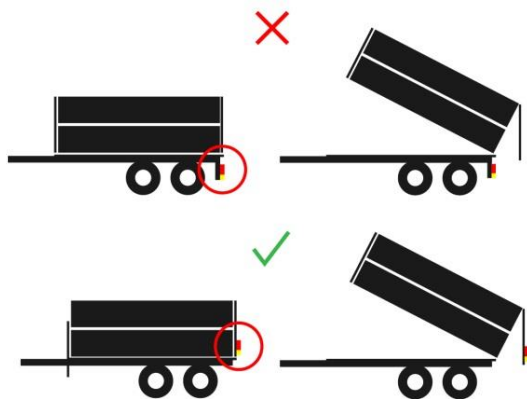


Figura 97. Localização das luzes em zona de descarga (cima) e em zona distanciada da zona de descarga (baixo)

Naturalmente que ambas as soluções têm as suas vantagens e desvantagens. A colocação da iluminação junto às rodas traseiras é melhor em termos de proteção contra choques e distribuição dos cabos elétricos ou hidráulicos, mas pior na acumulação de

sujidade, enquanto a segunda solução previne a sujidade, expondo no entanto a iluminação a possíveis danos fruto de embates e aumentando a exposição dos cabos elétricos na traseira do reboque.

Durante a circulação é também importante ter em conta que não devem existir folgas na união dos taipais. Estas provocam problemas como a perda de carga no caso de cereal ou areia, ou um problema apontado tanto por vendedores como por agricultores, o ruído causado pela trepidação dos taipais aquando a circulação sem carga. O ruído é causado pelo taipal não estar completamente fixo em pressão contra a caixa, este problema é mais frequente com fechos rudimentares (Figura 98), podendo ser suprimido com fechos mais sofisticados, com recurso a molas ou utilização de vedantes poliméricos.

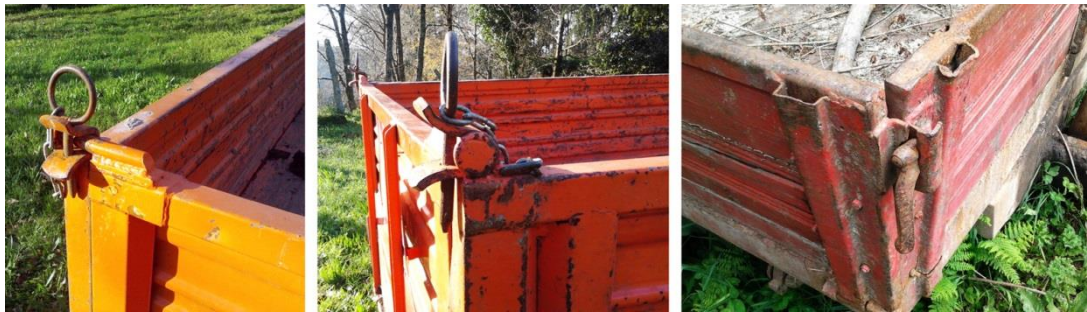


Figura 98. Tipos de fechos rudimentares causadores de ruído em circulação

4. Descarga

A descarga é a etapa onde o surgimento de acidentes ocorre com maior frequência, uma vez que quando feita por báscula a caixa sofre esforços em múltiplas direções, por vezes em terrenos instáveis, que podem mesmo levar à viragem do reboque durante esta operação. Mais uma vez os fatores que dizem respeito à engenharia como a suspensão, construção do chassi e dimensão dos pneus estão na origem deste problema.

Relativamente ao design, a tarefa de abertura manual dos taipais, frequente em reboques de pequena e média dimensão adquire maior importância. Sendo a ergonomia dos fechos e o esforço necessário para abertura destes, um ponto de especial atenção. No caso observado, ambos os fatores apresentam graves problemas, sendo que a disposição horizontal dos fechos dificulta a sua operação, e o esforço necessário para além de ser elevado é agravado pela sujidade existente, fruto da localização junto à zona de despejo de carga (Figura 99).



Figura 99. Abertura do taipal traseiro para descarga (dir.) e sujidade acumulada nos manípulos horizontais de abertura do taipal traseiro

Visitas efetuadas: 4 de Fevereiro, 1 de Março e 12 de Abril de 2013

Rafael Afonso – Agricultor independente, Romarigães, Paredes de Coura.

Reboque de taipal de aço; fabricante Rates; 650Kg de tara e 1850Kg de CCU

Agritães – Empresa de produção hortícola; Atães, Guimarães.

RA de taipal de madeira; fabricante Reboal com CCU e tara desconhecidos.

Matias e Silva – Produção de gado e leite; Beiriz, Póvoa do Varzim

RA monocoque de aço; fabricante Rocha; CCU e tara desconhecidos.

Necessidades dos *stakeholders*

Relativamente à posição dos três stakeholders identificados face às cinco necessidades consideradas, verifica-se uma distribuição heterogénea³. Para o fabricante a principal preocupação é o custo do reboque, seguido do aspeto e estabilidade. O preço de venda ao público está inerente ao custo, mas não interfere diretamente, uma vez que na Herculano não é o fabricante que vende os reboques diretamente ao consumidor final. O vendedor por sua vez tem as suas preocupações mais distribuídas, sendo que o aspeto é o principal, seguido da versatilidade e preço. O aspeto é referido como importante na medida em que interessa ao vendedor acima de tudo ter um equipamento com bons acabamentos e com rigor de construção. A versatilidade reflete-se como um interesse, na medida em que potencia as diferentes funcionalidades e disposições que o reboque pode assumir. Por fim, o utilizador assume o preço e a estabilidade como fatores principais. Conseguir um reboque que apresente níveis altos estabilidade a um preço reduzido é para o utilizador o modelo ideal. A versatilidade entra como terceira necessidade, sendo alta no entanto em termos absolutos (

Gráfico 13).

³ Nota: As variáveis custo e preço são dependentes.

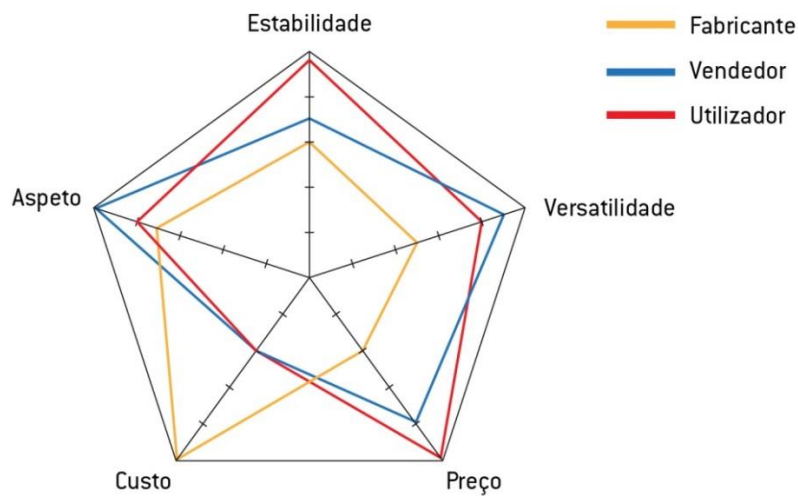


Gráfico 13. Hierarquização das preocupações principais dos stakeholders

Fonte: Própria

c. Mapa de Ação e obtenção de Requisitos

O mapa de ação consiste num esquema que regista e sintetiza as atividades inerentes à utilização do produto, com o objetivo de captar os problemas que estão na origem de necessidades do utilizador. Para a compreensão dos problemas relativos a cada atividade, o mapa divide a utilização do reboque nas cinco tarefas principais, das quais resultam sub-tarefas, que dão origem aos problemas identificados tanto pelo utilizador como pela interpretação posterior (Figura 100).

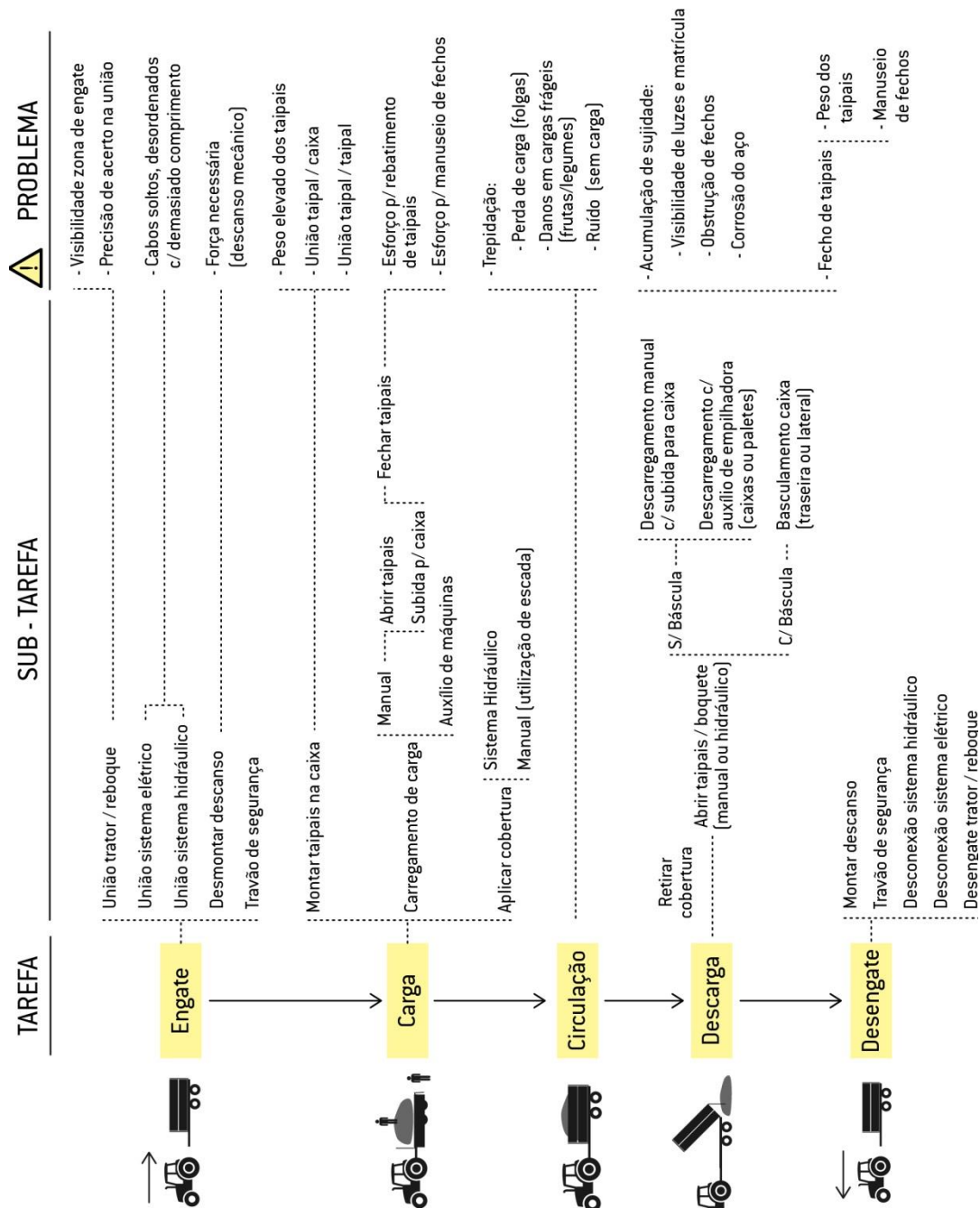


Figura 100. Mapa de ação do RA de taipal

Após existir um grupo circunscrito de problemas identificados é possível fazer-se a transição para requisitos do projeto a desenvolver. Esta transição é determinante, uma vez que os requisitos definidos nesta etapa irão condicionar fortemente as tomadas de decisão feitas doravante. Por esta razão, a obtenção de requisitos deve ser feita com o maior cuidado e de preferência com a consulta de diferentes profissionais da equipa de DP, procurando assim enriquecer a interpretação e tradução das necessidades explícitas ou interpretadas, em

requisitos do projeto. Uma vez que tal não foi possível, os requisitos encontrados apresentam-se como uma primeira tentativa desta fase e representam o último ponto desenvolvido para o projeto (Tabela 2).

	PROBLEMA	→	REQUISITO
Engate / Desengate	- Visibilidade da zona de engate - Precisão de acerto na união		1. Engate tem que ser feito de uma forma fácil, à primeira tentativa, sem necessidade do condutor se levantar.
	- Cabos hidráulicos e eletricos soltos, desordenados e demasiado compridos		2. Arrumação para cabos que permita a extensão e recolha automática. Semelhante ao que acontece ao cabo elétrico de um aspirador.
	- Força necessária para operar descanso telescópico		3. Movimento telescópico do descanso com recurso a manivela ou outro sistema de auxílio que diminua esforço da operação.
Carga / Descarga	- União taipal / caixa - União taipal/taipal		4. Redução de peso dos taipais, de modo a que uma pessoa seja suficiente para o seu transporte. 5. Encaixe dos taipais na caixa facilitado, sem necessidade da coordenação combinada de movimentos horizontal / vertical (do tipo encaixe dobradiça de porta). 6. Fecho centralizado em taipais laterais, com pegas ergonómicas.
	- Acumulação de sujidade, detritos ou água na caixa		7. Taipais com geometrias simplificadas, no interior e exterior, sem orifícios ou zonas de potencial acumulação de detritos.
	- Ruído provocado pela trepidação - Perdas de carga através de folgas		8. Fechos com pressão sobre o taipal, para minimizar folgas ou possibilidade de trepidação do taipal.
Circulação			

Tabela 2. Transição de necessidades para requisitos

Fonte: *Própria*

Numa primeira abordagem, a partir de nove problemas ou necessidades encontradas a partir do trabalho feito em volta do utilizador, foram identificados oito requisitos que visam a resolução de problemas no âmbito do design.

3.2.1 Aços de Alta Resistência

Com o objetivo de validar a vantagem da aplicação de aços de alta resistência face a aços convencionais utilizados em reboques agrícolas referidos no ponto 1.2.3 do primeiro capítulo, foi feito um conjunto de ensaios no sentido de comparar ambos os materiais.

Foram ensaiadas amostras de aços comuns utilizados na construção de reboques agrícolas, S235JR e S335 JR, fornecidas pelo fabricante Herculano, e um aço de alta resistência, Domex 700 MC fornecido pela SSAB. As amostras foram retiradas de chapas de aço no estado recozido, com espessuras de 3mm.

- a. Composição Química
- b. Análise da microestrutura
- c. Ensaio de dureza
- d. Ensaio de tração
- e. Ensaio dilatométrico

a. Composição Química

Através da composição química verifica-se que o nível de carbono é menor no Domex, sendo que apresenta também cinco elementos de liga inexistentes nos dois primeiros. No entanto o Domex não apresenta valores de azoto ou cobre. Estas diferenças de composição química influenciam fortemente as propriedades mecânicas de cada aço.

	C	Si	Mn	P	S	N	Cu	Al	Nb	V	Ti
S235JR	0.19	-	1.5	0.045	0.045	0.014	0.6	-	-	-	-
S335JR	0.24	-	1.6	0.035	0.035	0.012	0.55	-	-	-	-
Domex 700MC	0.12	0.1	2.1	0.025	0.01	-	-	0.015	0.092	0.202	0.152

Tabela 3. Composição química dos três aços analisados

Fonte: Própria

b. Análise da Microestrutura

Foi feita uma análise da microestrutura em amostras polidas e atacadas. Contudo, o resultado não revela diferenças significativas entre os aços

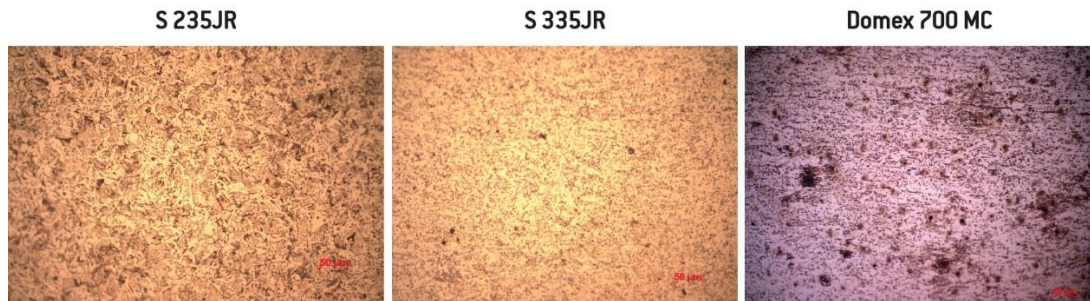


Figura 101. Análise da microestrutura (ver anexo)

c. Ensaio de Dureza

A dureza das amostras foi determinada através de ensaio Vickers, com uma carga de 5 kg (Tabela 4).

	Dureza Experimental HV 5
S235JR	160
S335JR	165
Domex 700MC	275

Tabela 4. Resultados dos ensaios de dureza
Fonte: Própria

Os aços convencionais apresentam valores semelhantes, próximos de 160 HV, enquanto o valor do aço de alta resistência apresenta 275 HV. A dureza do aço Domex é assim superior à dos dois aços convencionais.

d. Ensaio de tração

Foram feitos ensaios de tração com o objetivo de determinar a tensão de limite elástico dos três aços, através de três provetes para cada tipo de aço, sendo o resultado a média calculada dos três (Figura 102).

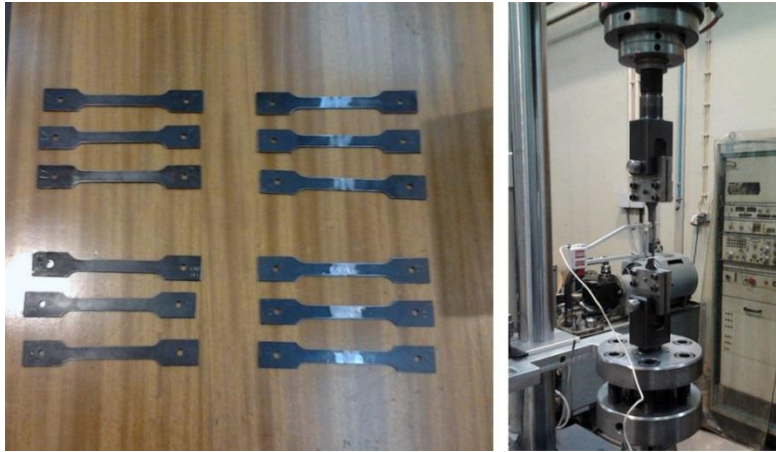


Figura 102. Provetes antes do ensaio (dir.) e após o ensaio de tração (dir.)

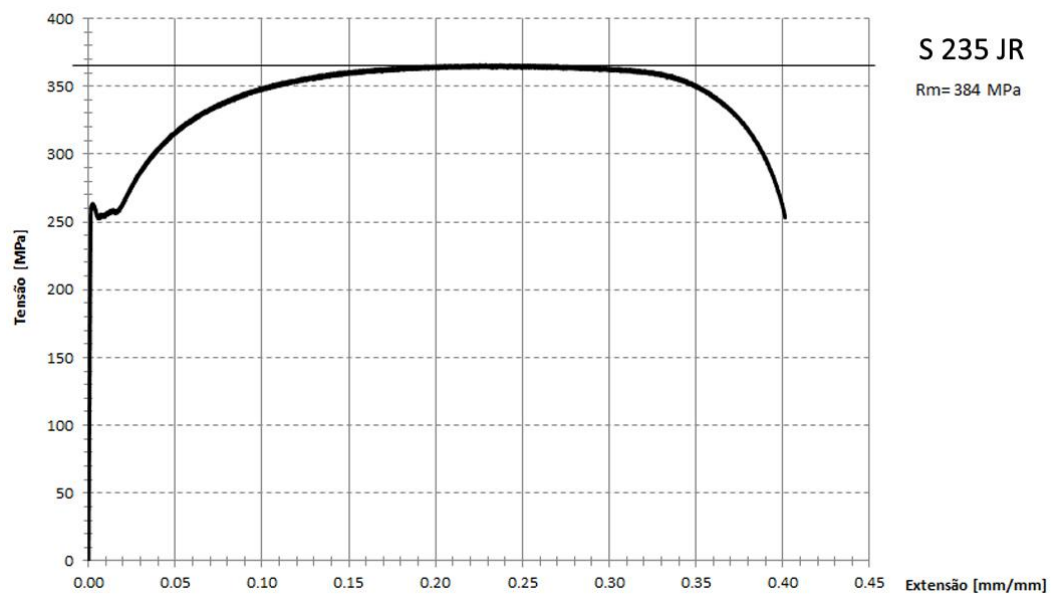


Gráfico 14. Ensaio de tração aço S 235 JR

Fonte: Própria

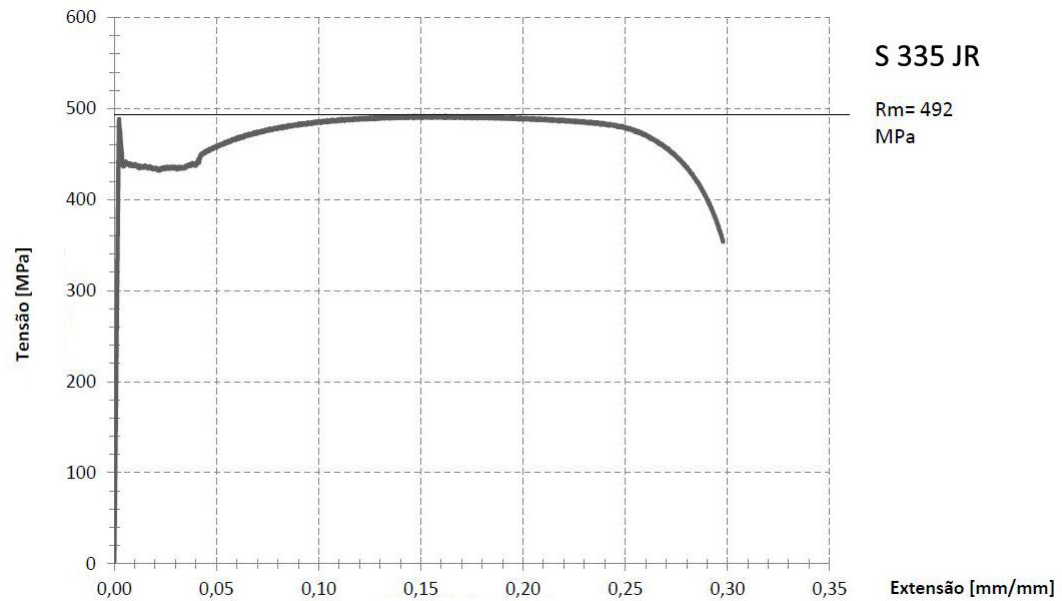


Gráfico 15. Ensaio de tração do aço S 335 JR

Fonte: Própria

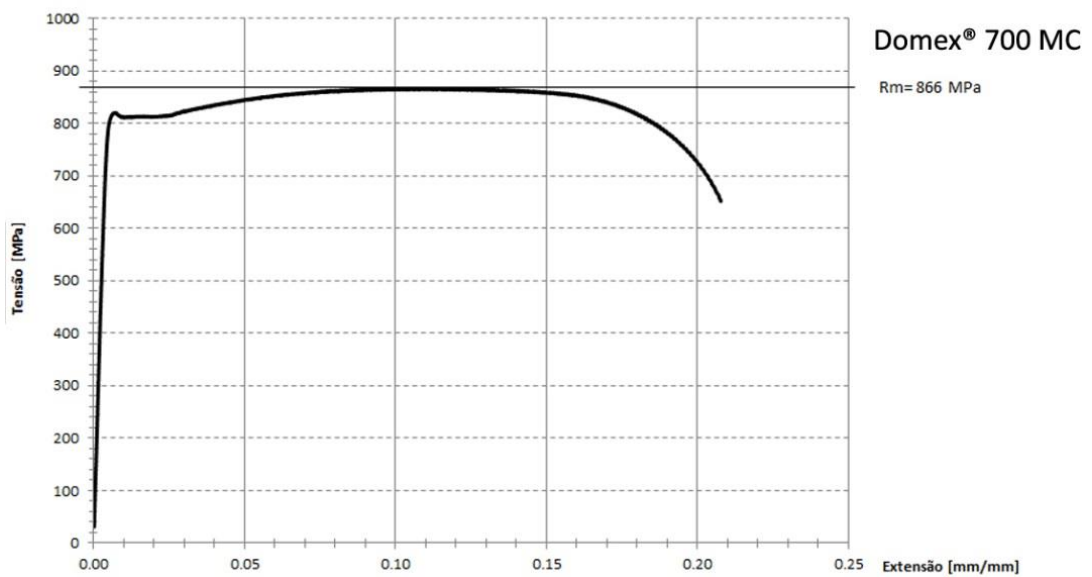


Gráfico 16. Ensaio de tração do aço Domex 700 MC

Fonte: Própria

Por observação dos resultados do ensaio de tração, pode-se concluir que a tensão de rotura do aço Domex 700 MC é bastante superior às dos aços S335 JR e S235 JR, ainda que dentro dos últimos dois, o S335 tenha valores superiores aos do S235 JR [53].

f. Ensaio dilatométrico

Para analisar o comportamento dos aços face a alterações de temperatura foram feitos ensaios dilatométricos. A variação da dimensão das amostras é registada, face a uma exposição a temperaturas próximas de 1000 C°.

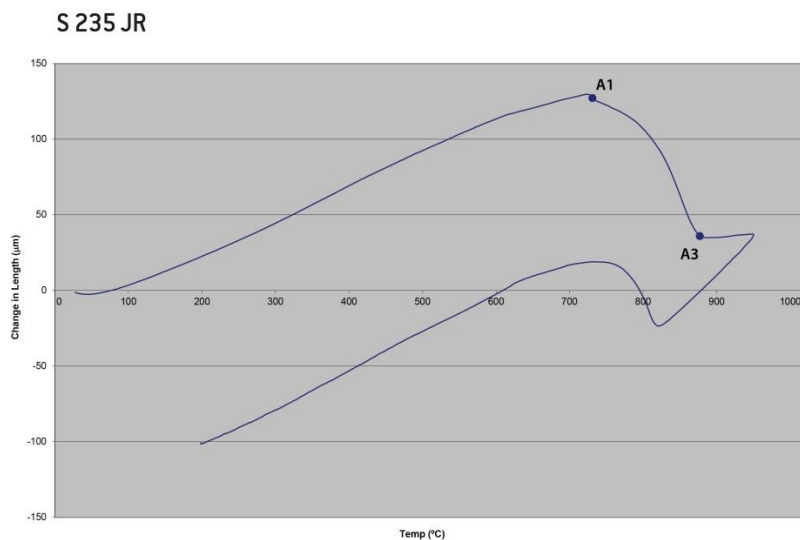


Figura 103. Ensaio dilatométrico do aço S235 JR

Fonte: Própria

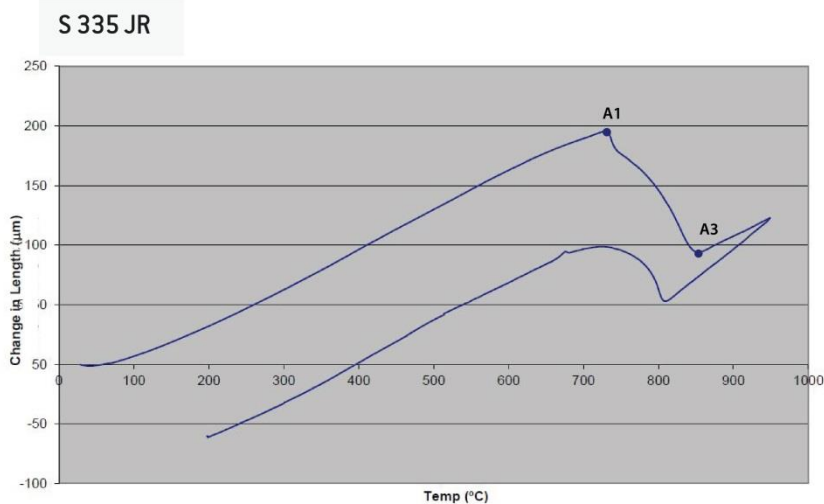


Figura 104. Ensaio dilatométrico do aço S335 JR

Fonte: Própria

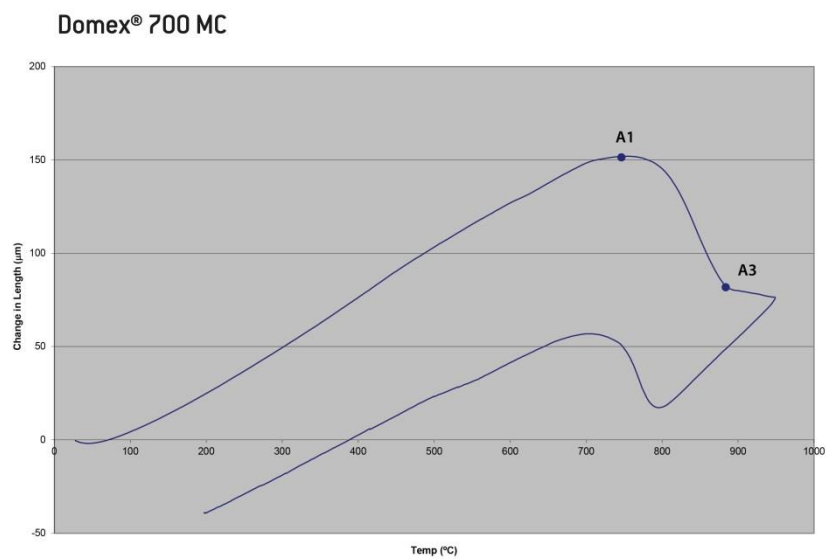


Figura 105. Ensaio dilatométrico do aço Domex 700 MC

Fonte: Própria

Verifica-se uma semelhança entre as temperaturas A1 e A3 nos três aços (Tabela 5). Valores importantes para a possibilidade de tratamento térmico.

	A1	A3
S235JR	734 °C	890 °C
S335JR	730 °C	853 °C
Domex 700MC	747 °C	883 °C

Tabela 5. Temperatura A1 e A2 dos três aços

Fonte: Própria

4. Resultados

Os resultados obtidos referem-se ao trabalho experimental elaborado e dividem-se em duas categorias. A primeira referente aos benefícios da aplicação de uma abordagem de design de HCD no desenvolvimento de RA, e a segunda ao benefício resultante da aplicação de aços de alta resistência em RA, como alternativa aos aços convencionais

4.1 Benefícios de uma abordagem de HCD no desenvolvimento de um RA

No âmbito do desenvolvimento de RA, a aplicação de HCD, uma abordagem centrada no utilizador, colmata a distância existente entre três stakeholders distintos: fabricante, vendedor e utilizador. Esta aproximação potencia a satisfação de necessidades identificadas pelo utilizador que o fabricante desconhece, ao adotar uma abordagem motivada pela tecnologia. No caso dos RA, considerou-se um terceiro *stakeholder*, o vendedor, posicionado entre o fabricante e o utilizador, importante pelo seu conhecimento de tendências de mercado.

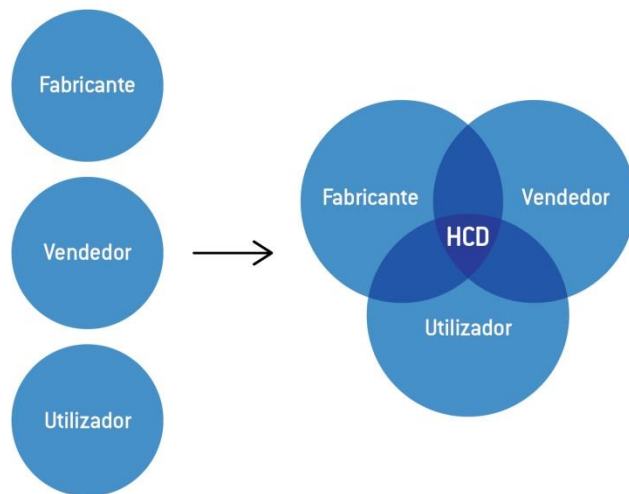


Figura 106. Abordagem de HCD, desenvolvimento de produto no centro dos *stakeholders*.

Desta forma, através de um trabalho de campo focado nestes três *stakeholders*, conseguiu-se identificar um conjunto de dezassete necessidades, tanto explícitas como implícitas às cinco etapas da utilização do RA. A partir das necessidades obtidas iniciou-se o último passo levado a cabo no projeto, a transição de necessidades para requisitos, onde se conseguiu obter oito requisitos. Estes requisitos são uma primeira abordagem de *inputs* com implicação direta no projeto a desenvolver, onde se procura colmatar falhas existentes na estabilidade e usabilidade de componentes como o descanso, taipais, e fechos manuais.

4.2 Resultados da aplicação de aços de alta resistência no desenvolvimento de um RA

No âmbito da dissertação, os benefícios da aplicação de aços de alta resistência face a aços convencionais em RA, estão associados às melhorias associadas ao desempenho do material. Os níveis elevados de limite de rotura do material, associados aos níveis superiores de dureza verificados, tornam os aços de alta resistência um material vantajoso para integrar tanto o chassi como a caixa de RA. Esta aplicação tem consequências positivas na durabilidade e resistência do equipamento, aliando ainda diminuição de necessidade de reforços laterais na caixa, o que permite uma diminuição de material empregue, e também diminuição de mão-de-obra necessária na produção, com menos emprego de soldaduras.

A redução do valor da tara do reboque é uma vantagem que pode ser explorada na aplicação de aços de alta resistência, uma vez que por se tratar de um material mais resistente, podem ser utilizadas espessuras de chapa inferiores, comparativamente com aços convencionais. Não foi identificado no mercado nenhum reboque de taipal construído com aços de alta resistência, sendo esta aplicação mais usual em reboques monocoque. Este facto representa uma oportunidade para o desenvolvimento de um modelo de taipal com a possibilidade da obtenção de taipais mais leves, com superfícies lisas, onde se poderão obter mais valias no desempenho do material de usabilidade e aspeto visual do reboque.

Conclusões

As conclusões do presente trabalho resultam de uma reflexão sobre os resultados e considerações extraídas nos capítulos e subcapítulos.

Importância da modernização da mecanização agrícola

Em primeiro lugar importa referir a mudança verificada no sector agrícola nacional. Esta mudança diz respeito a um conjunto de fatores recentes socioeconómicos que estão na origem de desenvolvimento caracterizado pela renovação da população agrícola, onde a geração envelhecida de agricultores, maioritariamente sem qualquer tipo de formação, dá lugar a novos agricultores com novas qualificações, competências e visões de negócio.

Os resultados desta transformação geram alterações no modelo de negócio das explorações, onde as explorações familiares de pequena e média dimensão com produção de policulturas, tendem a dar lugar a explorações como sociedades ou empresas de maior dimensão, com produção especializada, onde a mecanização representa uma forte aposta. Durante o primeiro semestre de 2013 surgiram em Portugal 1017 novas empresas agrícolas, representando um crescimento de 30% face ao mesmo período em 2012.

Os impactos desta mudança refletem-se no aumento da produtividade média por agricultor, onde a mecanização tem um papel fulcral, sendo que em 2012 assistiu-se a um crescimento de 9.3% em Portugal. Da mesma forma as consequências no comércio externo são favoráveis, sendo que em 2012 o crescimento de exportações no sector agrícola cresceu 6% e no primeiro semestre de 2013 continuou em crescimento fixando-se em 8.3%.

Em suma pode-se concluir que o sector agrícola nacional vive tempos de modernização acentuada, alavancados por fatores como o apoio da União Europeia, fazendo prever o aumento da necessidade de mecanização, cujo papel da engenharia e do design é determinante.

Reboque Agrícola

As mais-valias de uma abordagem de design centrada no utilizador para o desenvolvimento de um RA, visam colmatar falhas no âmbito da usabilidade do equipamento. Sobretudo por se tratar de um produto que vive de operações manuais, com recurso frequente ao esforço físico para o manuseio de componentes como o descanso, fechos ou taipais, especialmente modelos de pequena e média dimensão, onde se verifica a ausência de soluções de auxílio à utilização, como cilindros hidráulicos.

Por se tratar de um veículo de transporte sujeito ao transporte de cargas em alguns casos até 28 toneladas, a robustez da construção em aço soldado leva a que a percentagem da tara seja 25% a 30% do peso total do reboque, o que leva a modelos com valores de tara superiores a oito toneladas. Esta característica dá lugar à oportunidade de desenvolvimento de equipamentos cuja relação de tara e peso total seja mais eficiente, onde a aplicação de aços de alta resistência poderá ser determinante na diminuição do valor da tara ou aumento da capacidade de carga. A inexistência de reboques de taipal construídos com aços de alta resistência, sendo esta aplicação mais usual em reboques monocoque, representa uma oportunidade para o desenvolvimento de um modelo de taipal com a possibilidade da obtenção de taipais mais leves, com superfícies lisas, com benefícios significativos para a utilização.

Por outro lado, o contributo do design para a inovação deste tipo de equipamento deve ter em conta uma renovação do aspeto visual. Fundamentalmente por se tratar de um setor com um grande défice de diferenciação, onde existe uma grande semelhança no aspeto visual dos produtos, sendo apenas a cor, na maioria dos casos, a principal elemento distintivo entre fabricantes.

Trabalhos futuros

Os trabalhos futuros referentes à presente dissertação definem-se em duas vertentes. Em primeiro lugar a informação recolhida sobre a mecanização agrícola, em especial acerca do RA, permite contribuir como um levantamento representativo do estado atual do equipamento. Colmatando a ausência de informação bibliográfica relativa ao RA, esta dissertação agrega informações descritivas capazes de ilustrar o estado atual do equipamento com alguma profundidade, que poderão enquadrar-se como um contributo para dissertações futuras ou trabalhos no âmbito de RA.

A informação reunida com o trabalho experimental, com base nas metodologias abordadas, permitem identificar e trabalhar uma oportunidade, através da descoberta de problemas existentes em modelos existentes. Desta forma, é possível apontar a continuidade do projeto como um trabalho futuro, onde a partir dos requisitos definidos seriam pensadas soluções específicas, com base em desenhos e protótipos.

Anexos

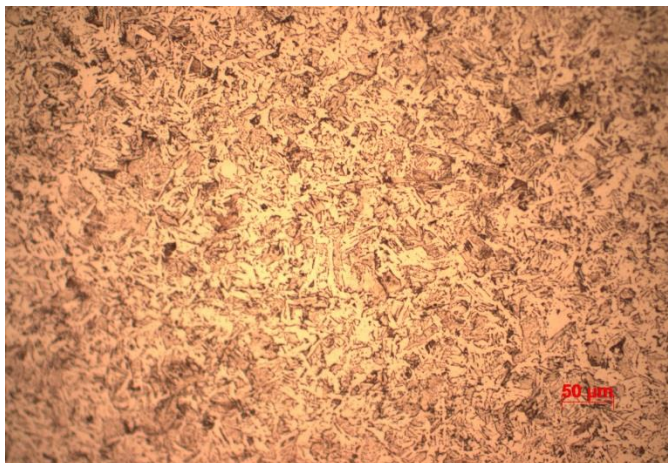


Figura 107. Aço S 235 JR

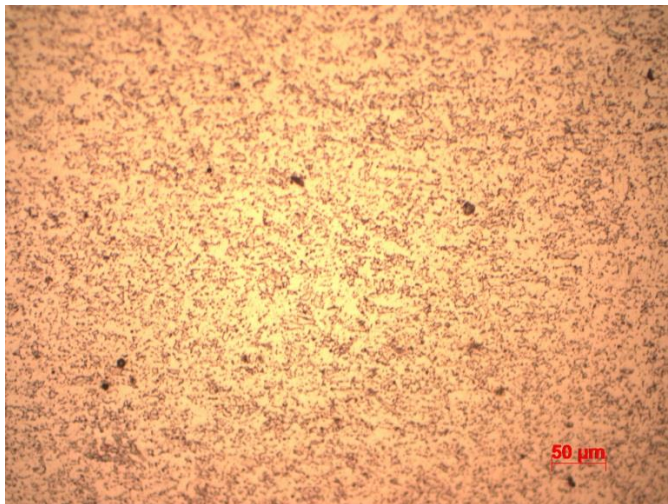


Figura 108. Aço S 335 JR

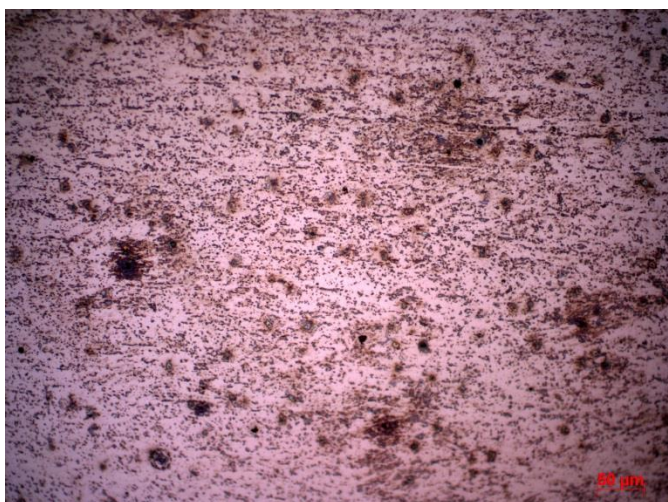


Figura 109. Aço Domex 700 MC

Marcas e modelos

Tractores
Reboques

Comprador

Singular
Empresa

Tractor

Atributos principais procurados pelo comprador .
(marca, peso, consumo, preço, conforto, funcionalidades, tecnologia, garantia, etc)

Gama de trator com maior volume de vendas.

Reboque

Atributos principais procurados pelo comprador.
(marca, peso, folgas, preço, conforto, funcionalidades, tecnologia, garantia, etc)

Atributos principais procurados pelo vendedor.
(p/ sucesso de venda)

Gama de reboques com maior volume de vendas.

Pós Venda

Defeitos, queixas e avarias mais frequentes.

Acidentes mais frequentes.

O que lhe facilitaria a tarefa de venda de reboques?

Fevereiro.2013

Figura 110. Entrevista para vendedor

Tractor

Atributos principais procurados pelo utilizador.

(marca, peso, consumo, preço, conforto, funcionalidades, tecnologia, garantia, etc)

Reboque

Atributos principais procurados pelo utilizador.

(marca, peso, folgas, preço, conforto, funcionalidades, tecnologia, garantia, etc)

Defeitos e queixas principais a apontar na utilização de reboques.

Mudanças que faria no reboque.

Fevereiro.2013

Figura 111. Entrevista para utilizador

Bibliografia

- [1] S. Kjeldsen-Kragh, *The Role of Agriculture in Economic Development: The Lessons of History*: Copenhagen Business School Press, 2007.
- [2] M. Mazoyer, *et al.*, *A History of World Agriculture: From the Neolithic Age to the Current Crisis*: Earthscan, 2006.
- [3] J. Boveé and F. Dufour, *Food for the Future: Agriculture for a Global Age*: Wiley, 2005.
- [4] FAO, *World agriculture: Towards 2015/2030*: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2002.
- [5] A. O'Sullivan and S. M. Sheffrin, *Economics: Principles in Action*: Prentice Hall, 2007.
- [6] UE, *Agriculture in the European Union Statistical and Economic Information: 2011*: European Union: Directorate-General for Agriculture and Rural Development, 2012.
- [7] UE, *International aspects of agricultural policy*: European Commission: Directorate-General for Agriculture and Rural Development, 2012.
- [8] UE, *2012 Relatório Geral sobre a Atividade da União Europeia*. Bruxelles: Comissão Europeia, 2013.
- [9] INE, *Recenseamento Agrícola 2009 - Análise dos principais resultados*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, 2011.
- [10] INE, *Recenseamento Agrícola 2009 - Dados Preliminares. O que mudou na agricultura portuguesa nos últimos dez anos*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, 2010.
- [11] P. S. Lopes. (2012), *A Cultura da Oliveira*. Available: http://soareslopes.tripod.com/a_cultura_da_oliveira.htm
- [12] V. Andrade, "Produção de azeite aumentou 44% em 2011," in *Expresso*, ed. Lisboa, 2012.
- [13] A. Lusa, "Agricultura é sector que mais emprego cria, diz ministro da Economia," *Público*, 23/08/2013.
- [14] W. A. Haviland, *et al.*, *Anthropology: The Human Challenge*: Wadsworth/Cengage, 2010.
- [15] M. M. Postan, *et al.*, *Cambridge Economic History of Europe: Vol. 2: Trade and Industry in the Middle Ages*: Cambridge University Press, 1987.
- [16] P. Henshaw, *The Great Book of Tractors*: Thunder Bay Press, 2004.
- [17] P. W. Ertel, *American Tractor*: MBI Publishing Company, 2001.
- [18] L. Klancher, *et al.*, *Farm Tractors -ECS-Bind-Up*: MBI Publishing Company, 2003.
- [19] P. R. Gajri, *et al.*, *Tillage for Sustainable Cropping*: Food Products Press, 2002.
- [20] L. G. Matthews, *Harvesting by the Gauls: The Forerunner of the Combine Harvester* 1970.
- [21] M. Kutz, *Handbook of Farm Dairy and Food Machinery*: Elsevier Science, 2007.
- [22] K. F. Haven, *One Hundred Greatest Science Inventions of All Time*: LIBRARIES UNLIMITED Incorporated, 2006.
- [23] R. H. Weil, *Vital Signs 2012: The Trends that are Shaping Our Future*: Island Press, 2012.
- [24] F. C. Barros and G. Calado, *Equipamentos Agrícolas de Colheita, Enfardamento e Transporte*. Évora: Universidade de Évora: Escola de Ciências e Tecnologia, 2012.
- [25] C. H. Wendel, *Encyclopedia of American Farm Implements & Antiques*: F+W Media, 2004.
- [26] M. Hutjens, *Successful Feeding Systems for Dairy*: W.D. Hoard & Sons, 2001.
- [27] G. R. Quick, *Remarkable Australian Farm Machines: Ingenuity on the Land*: Rosenberg Publishing, 2007.
- [28] M. Scully, *Dominion: The Power of Man, the Suffering of Animals, and the Call to Mercy*: St. Martin's Press, 2002.
- [29] V. Andrade, "Portugal é o 5.º mais rentável da Europa na agricultura," in *Expresso*, 12 Dezembro ed. Lisboa, 2012.

- [30] D. W. Anthony, *The Horse, the Wheel, and Language: How Bronze-Age Riders from the Eurasian Steppes Shaped the Modern World*: Princeton University Press, 2010.
- [31] E. Tunis, *Wheels: A Pictorial History*: Johns Hopkins University Press, 2002.
- [32] R. N. Sharma and R. K. Sharma, *Anthropology*: Atlantic Publishers & Distributors (P) Limited, 1997.
- [33] J. A. Weller. (1999). *Roman Traction Systems: Wagon Construction*. Available: <http://www.humanist.de/rome/rts/>
- [34] J. W. Apps and J. Apps, *Horse-Drawn Days: A Century of Farming With Horses*: Wisconsin Historical Society Press, 2010.
- [35] R. S. Carvalho, Filipe *Manual de Mecanização Agrícola 2º Volume · Máquinas Agrícolas*. Lisboa, 2007.
- [36] G. Design, *CES EduPack* 2012.
- [37] P. Kotler, *Marketing management*: Pearson Education, 2009.
- [38] M. E. Porter, *Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors*: Free Press, 1980.
- [39] D. A. V. Norman, Roberto, "Incremental and Radical Innovation: Design Research Versus Technology and Meaning Change," *Design Issues*, March 18, 2012 2012.
- [40] L. Rampino, "The Innovation Pyramid: A Categorization of the Innovation Phenomenon in the Product-design Field," *International Journal of Design*, vol. 5, 2011.
- [41] R. Verganti, *Design-Driven Innovation: Changing the Rules of Competition by Radically Innovating What Things Mean*: Harvard Business Press, 2009.
- [42] R. Veryzer and B. Mozota, "The Impact of User-Oriented Design on New Product Development: An Examination of Fundamental Relationships," *Product Innovation Management*, 2005.
- [43] D. A. Norman, *Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things*: BasicBooks, 2005.
- [44] H. Dreyfuss, *Designing for People*: Allworth Press, 2003.
- [45] K. Krippendorff, "A Trajectory of Artificiality and New Principles of Design for the Information Age," *University of Pennsylvania*, 1997.
- [46] D. A. Norman, *The invisible computer: why good products can fail, the personal computer is so complex, and information appliances are the solution*: MIT Press, 1999.
- [47] B. Burlingham and G. Gebdron. (1989) An interview with Steven Jobs, Inc.'s Entrepreneur of the Decade. *Inc. Magazine*. Available: <http://www.inc.com/magazine/19890401/5602.html/4>
- [48] J. Skibsted and R. Hansen, "User-Led Innovation Can't Create Breakthroughs," *Fast Company*, 2011.
- [49] K. Krippendorff, *The Semantic Turn: A New Foundation for Design*: CRC/Taylor & Francis, 2006.
- [50] L. Kitson, "User-Led Does Not Equal User-Centered," *UX Magazine*, 2011.
- [51] N. Cross, *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*: John Wiley & Sons, 2008.
- [52] K. T. Ulrich and S. D. Eppinger, *Product Design and Development*: McGraw-Hill/Irwin, 2004.
- [53] A. A. Leite, Marco, *Estudo Comparativo Entre Aços para Reboques Agrícolas*: FEUP, 2013.

Fonte de figuras

Capítulo I: Agricultura e Mecanização Agrícola

Figura 2

<http://www.bluebellexim.com/wp-content/uploads/2012/12/soybean-meal-ZM.jpg> ;
<http://us.123rf.com/400wm/400/400/teddybearpicnic/teddybearpicnic1110/teddybearpicnic111000397/11080479-soybean-on-white-background.jpg> ; http://www.wildharvestorganic.com/assets/products/product_091.jpg

Figura 3

Agriculture in the European - Union Statistical and Economic Information: 2011

Figura 4

http://4.bp.blogspot.com/_QKr3yOsdBJQ/TGC9UB9ZJfI/AAAAAAAAALE/TeEuyQtInEs/s1600/33986220.183.jpg; <http://www.orangepippin.com/orchards> ; http://4.bp.blogspot.com/_7PS09EPJ178/S-q2hi_pGaI/AAAAAAAAB4/56Ry6WYqh28/s1600/DSC02458.JPG

Figura 5 e 6

INE – Recenseamento Agrícola 2009

Figura 7

http://www.britishmuseum.org/explore/online_tours/britain/daily_life_in_iron_age_britain/iron_farming_tools.aspx

Figura 8

<http://bit.ly/1bbom2a> ; <http://bit.ly/1gZoU8J>

Figura 9

<http://bit.ly/19yxDvL>

Figura 10

<http://www.motorstown.com/images/john-deere-b-05.jpg> ;
Pág. 26 - Leffingwell, Randy; America's Classic Farm Tractors; 2009

Figura 11

<http://modertroubadours.blogspot.pt/2012/09/an-enchanted-evening-in-provence-wine.html>
<http://www.burdens-online.com/images/uploads/Self%20Propelled%20Sprayer.jpg>

Figura 12

http://www.deere.com/en_US/docs/zmags/agriculture/online_brochures/tractors/8r/8r_series_update.html

Figura 13

<http://www.randonature.ch/sentiers-didactiques/jura/sentier-panoramique-de-pleigne/images-pleigne/tracteur.jpg>

Figura 14

http://www.deere.com/en_US/docs/html/brochures/publication.html?id=6a65d22c#16 ; <http://bit.ly/181KcAk>

Figura 15

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hydraulic_controls_tractor_and_post_driver_1.jpg ;
http://2.bp.blogspot.com/_QpIIHFtNtbI/TUbMn-ff2_I/AAAAAAAAADI/NtEL3WSCcxs/s1600/DSC03093.jpg

Figura 16

<http://bit.ly/18YnXs6> ; http://www.agriaffaires.pt/img_358/arado/charrua.jpg

Figura 17

<http://www.remorquerolland.com/fiche-produit.php?id=101129ROLP&lang=uk> ; <http://bit.ly/14Gbb44>

Figura 18

<http://bit.ly/18oXeXB> ; <http://www.inobrezice.com/srb/images/naslovna-sejalnica-aeromat-a.jpg>

Figura 19

<http://bit.ly/15sp0FX>

Figura 20

http://www.dewulfgroup.com/pictures/49_detail.jpg?1306495175

Figura 21

<http://bit.ly/19DATyr>

Figura 22

<http://bit.ly/1bFlmdM>

Figura 23

<http://bit.ly/18oXqWT>; <http://www.knowledgebank.irri.org/rkb/images/stories/harvesting/combine-schematics.gif>

Figura 24, 27, 37

http://www.deere.com/en_US/docs/zmags/agriculture/online_brochures/hay_forage/static/self_propelled_zmags.html

Figura 25

<http://bit.ly/1eGiZIK>

Figura 26

http://www.caseih.com/en_us/Products/HayForage/PublishingImages/Wheel%20Rakes/Wheel_Rake_101_0509_4618_mr_2.jpg; <http://bit.ly/18VElZH>

Figura 28

<http://www.fwi.co.uk/articles/30/04/2008/110336/new-products-at-grassland-and-muck-2008.htm>
<http://www.cmsa.com.py/wp-content/uploads/2011/01/Corte-integral-Jaguar-940.jpg>

Figura 29

Krone Product Range 2011/2012 pág. 25

Figura 30

<http://bit.ly/14GefNE>; <http://bit.ly/1eGl0oj>; <http://bit.ly/18VGn2S>

Figura 31

<http://www.europages.pt/SIMEZA/00000003522223-000017931001/documenta%C3%A7%C3%A3o.html>
http://www.alvaplast.com/tl_files/alvaplast/images/pic/agri_silage/Black%20Silage%20Film.jpg
http://www.meridianmeats.co.uk/diary_27_1932457810.jpg

Figura 32

<http://bloguedominioho.blogs.sapo.pt/597279.html>

Figura 33

<http://bit.ly/16yKyKZ>

Figura 34

<http://www.archivessearch.qld.gov.au/Image/DigitalImageDetails.aspx?ImageId=1696>

Figura 35

Pág. 108 - Quick, G. R.; Remarable Australian Farm Machines: Ingenuity on the Land; 2007

Figura 36

<http://bit.ly/14Gfbll>; <http://www.flickr.com/photos/85162130@N05/8205645312>

Figura 37

<http://bit.ly/19DFxmb>;

http://www.dgadr.mamaot.pt/images/docs/mecanizacao/manual/AgricolaVol2_parte3.pdf

Figura 38

[http://www.volvoce.com/SiteCollectionDocuments/VCE/History/60__threching%20mach%20comb%20harv/05%20BM-Volvo/BMV%20S%20830/BMV%20S830%2021%207239\(6902\).pdf](http://www.volvoce.com/SiteCollectionDocuments/VCE/History/60__threching%20mach%20comb%20harv/05%20BM-Volvo/BMV%20S%20830/BMV%20S830%2021%207239(6902).pdf)

Figura 39

Pág. 9 - Tunis, E.; Wheels, A Pictorial History; 2002

Figura 40

<http://bit.ly/1b4TDQY>; <http://rafzen.files.wordpress.com/2011/08/bronocice-wc3b3z.jpg>

Figura 41

http://www.bbc.co.uk/schools/primaryhistory/indus_valley/games_and_toys/; <http://bit.ly/19DG7k6>

Figura 42

<http://bit.ly/18YsMSi>; <http://www.humanist.de/rome/rts/wagon.html>

Figura 43

<http://bit.ly/16HIbV>; http://artflx.uchicago.edu/images/encyclopedia/V20/plate_20_2_2.jpeg

Figura 44

<http://www.cowboycooking.com/Piedmont%20wagon2.jpg>; <http://bit.ly/1b4TWv2>

Figura 45

http://farm4.static.flickr.com/3235/2947227742_6170c6a339.jpg

Figura 46

<http://www.leboulch.com/Historique.html> ; <http://bit.ly/14Ggtgb>

Figura 47

http://www.dgadr.mamaot.pt/images/docs/mecanizacao/manual/AgricolaVol2_parte3.pdf

Figura 49

<http://www.strautmann.de/383-0-Zweiachskipper.html>

Figura 50

<http://www.herculano.pt/index.php?cat=8&item=1370&hrq=31> ; <http://www.hb-brantner.at/3.html> ;
http://www.oehlermaschinen.de/cms/front_content.php?idcat=182

Figura 51

http://www.tehnostroj.si/en_zdk1800.html ; <http://www.stronga.co.uk/Bulk-Trailers/BulkLoada.php>
http://www.pronar.pl/EN/ENprzyczepy/___t680_P_.html

Figura 52

<http://www.remorquerolland.com/fiche-produit.php?id=BH1234223ROL&lang=fr>
<http://www.hb-brantner.at/aufbauten1.html>

Figura 53

http://www.oehlermaschinen.de/cms/front_content.php?idcat=245 ; <http://bit.ly/14Gh2GL> ;
<http://www.fliegl-agrartechnik.de/index.cfm?cid=2261&documents.id=1621>

Figura 54

<http://bit.ly/16HJCVP> ; <http://bit.ly/16q6U8l>

Figura 55

http://www.joskin.com/?page=bennes_tp&model=bennes_tp17&user_lang=en ; <http://bit.ly/18p0H8C>

Figura 56

http://www.tehnostroj.si/en_for3000.html ; <http://www.annaburger.de/Bilder.html>

Figura 57

<http://www.daviesimplementsltd.co.uk/Palms%20142%20trailer.jpg> ; <http://bit.ly/15spp62>

Figura 58

http://www.joskin.com/images/betimax_r_porte.jpg ; <http://bit.ly/14GhSDp>

Figura 59

<http://www.remorquerolland.com/fiche-produit.php?id=101212ROLP&lang=uk> ; <http://bit.ly/16q77Z4>

Figura 60

<http://www.technikboerse.com/en/view/new-machine/low-bed-trailer/1308290/pronar-rc2100.html>
<http://www.chieftaintrailers.com/en/products/detail/1-agricultural-trailers/1-2-axle-agricultural-low-loader>

Figura 61

<http://www.lair-remorques.fr/specific/formats/format.jsp?id=58> ; <http://bit.ly/18oNEpE>

Figura 62

<http://ruf-2.ru/tehnika-v-nalichii> ; http://www.agrobellon.es/catalogos/Remoques_DOS_ejesTANDEM.pdf

Figura 63

<http://www.gilibertagri.com/Gilibert-agri-produits/Benne-PRO/index.htm> ;
<http://www.marstontrailers.co.uk/cms/upload/MDX%20Domex%20Range.pdf>

Figura 64

<http://www.chieftaintrailers.com/en/products/detail/1-agricultural-trailers/10-hardox-half-pipe-dump-trailer> ;
http://img.directindustry.fr/images_di/photo-g/remorque-monocoque-40830-2620237.jpg

Figura 65

<http://www.remorquerolland.com/fiche-produit.php?id=101181ROLP&lang=uk> ; <http://bit.ly/15sqACH>

Figura 66

http://joskin.com/?page=download&category=image&scatg=cargo&user_lang=en ; <http://bit.ly/15sqKtr>

Figura 67

<http://www.remorquerolland.com/fiche-produit.php?id=EJB734232ROL> ; <http://bit.ly/15Th4vU>

Capítulo II: Referências e Metodologias

Figura 68

[11] Rampino, L.

Figura 69

<http://www.peka-system.ch/index.cfm?rub=40196>

Figura 70

Adaptado de K. Krippendorff [49]

Figura 71

Adaptado de L. Kitson [50]

Figura 72

Adaptado de <http://www.ideo.com/about/>

Figura 73, 74, 75

Adaptado de N. Cross [52]

Figura 76

Adaptado de Ulrich e Eppinger [53]

Capítulo III: Trabalho Experimental

Figura 80

Pág 24: http://www.dgadr.mamaot.pt/images/docs/mecanizacao/manual/AgricolaVol2_parte2.pdf

Figura 81

<http://www.fliegl-agrartechnik.de/index.cfm?cid=2254&documents.id=1616>

<http://www.hb-brantner.at/aufbauten1.html>

Figura 82

<http://www.hb-brantner.at/einachskippervorteile.html>

<http://www.fliegl-agrartechnik.de/index.cfm?cid=2254&documents.id=1616>

Figura 83

www.fliegl-agrartechnik.de/files/smthumbnaildata/detail/7/5/4/9/TDMK200_gro.jpg; <http://bit.ly/15sDrtx> ;

http://www.galucho.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=332&Itemid=120&lang=pt

Figura 84

http://www.jama.pt/media/docs/reboque_basculante_tandem.pdf

http://www.joskin.com/?page=bennes_agraires&model=delta-cap&user_lang=en

Figura 85

<http://www.remorquerolland.com/fiche-produit.php?id=96805ROLP&lang=fr> ; <http://bit.ly/19yKRbM>

<http://www.euro-jabelmann.de/188-0-Pronar-Muldenkipper-T-6691.html>

Figura 86

http://static.landwirt.com/4077/840068/vbig_0.jpg ; <http://bit.ly/16ySLPj>

Figura 87

<http://www.herculano.pt/index.php?cat=8&item=1393&hrq=31>; <http://www.agriaffaires.pt/usado/camiao-basculante-cereais/3863604/herculano-hmb-16000.html>

Figura 88

<http://www.noticiasdeaveiro.pt/noticias/show.aspx?idioma=pt&idcont=25225>

Fonte Própria: Figuras 1, 48, 77, 78 79, 80, 87 a 109.