



Balanço Ambiental, Económico e Social da Gestão de Pneus Usados em Portugal

Relatório de Projecto

Dezembro de 2013

Preparado por:

3Drivers – Engenharia, Inovação e Ambiente Lda.

Av. 5 de Outubro, nº 4, 4º piso
1050-061 Lisboa, Portugal

Telefone: (+351) 216 026 334

Fax: (+351) 309 817 274

Internet: <http://www.3drivers.pt>



IST – Instituto Superior Técnico

IN+ - Centro de Estudos em Inovação, Tecnologia e Políticas do Desenvolvimento
Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

Telefone: (+351) 218 417 379

Fax: (+351) 218 496 156

Internet: <http://www.in3.dem.ist.utl.pt>



Título do documento:

Balanço Ambiental, Económico e Social da Gestão de Pneus Usados em Portugal

Cliente:

Valorpneu – Sociedade de Gestão de Pneus, Lda.

Intervenientes no trabalho:



Paulo Ribeiro (Gestão de Projecto)

Pedro Nazareth (Consultor Sénior)

Inês Costa (Consultora Sénior)

Ana Lopes (Consultora Sénior)

Paulo Ferrão (Coordenação Científica)

3Drivers – Engenharia, Inovação e Ambiente Lda.

Av. 5 de Outubro, nº 124, 4º

1050-061 Lisboa, Portugal

Tel: (+351) 216 026 334, Fax: (+351) 309 817 274

E-mail: 3drivers@3drivers.pt

Internet: <http://www.3drivers.pt>

IST – Instituto Superior Técnico

IN+ Centro de Estudos em Inovação, Tecnologia e Políticas do Desenvolvimento

Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

Tel: (+351) 218 417 379, Fax: (+351) 218 496 156

E-mail: ferrao@ist.utl.pt

Internet: <http://www.in3.dem.ist.utl.pt>

Data do documento:

Dezembro de 2013

Documentos adicionais: Anexo I, II

Disclaimer: O conteúdo deste documento é da autoria dos seus autores, sendo que as conclusões expressas podem não coincidir necessariamente com a posição oficial das entidades que adjudicaram o estudo.

Escrito de acordo com o antigo acordo ortográfico.

(página intencionalmente deixada em branco)

NOMENCLATURA

ACAP	Associação Automóvel de Portugal
ACV	Avaliação de Ciclo de Vida
AEA	Agência Europeia do Ambiente
AES	Análise de Entradas-Saídas
CAE	Código de Actividade Económica
CDR	Combustível Derivado de Resíduos
CH₄	Metano
CO₂	Dióxido de carbono
EC	<i>European Commission</i>
EEA	<i>Environmental European Agency</i>
EPDM	<i>Ethylene Propylene Diene Monomer</i>
ETC	Emprego a Tempo Completo
ETRMA	European Tire and Rubber Manufacturers Association
GEE	Gases com Efeito de Estufa
H⁺	Ião hidrogénio
HPDE	<i>High Density Polyethylene</i>
IBC	Impacte total Bruto Com efeitos induzidos
IBS	Impacte total Bruto Sem efeitos induzidos
IEEP	<i>Institute for European Environmental Policy</i>
IES	<i>Institute for Environmental Studies</i>
ILC	Impacte total Líquido Com efeitos induzidos
ILS	Impacte total Líquido Sem efeitos induzidos
INE	Instituto Nacional de Estatística

3DRIVERS, IST

IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IST	Instituto Superior Técnico
JRC	<i>Joint Research Center</i>
LPDE	<i>Low Density Polyethylene</i>
MAOTDR	Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional
MBB	Misturas Betuminosas com Borracha
MFA	<i>Material Flow Analysis</i>
MJ	Mega Joule
NIMBY	Not in My Back Yard
M€	Milhões de Euros
N	Azoto
NO_x	Óxidos de azoto
OA	Óleos Aromáticos
OMT	Organização Mundial do Trabalho
PFV	Pneu em fim de vida
PIB	Produto Interno Bruto
PR	Pneu recauchutado
PU	Pneu usado
RAP	Responsabilidade Alargada do Produtor
REACH	Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas
SBR	<i>Styrene Butadiene Rubber</i>
SEN	Sistema Electroprodutor Português
SGPU	Sistema de Gestão de Pneus Usados
SO_x	Óxidos de enxofre

TDF	<i>Tyre Derived Fuel</i>
TJ	Tera Joule
TPE	<i>Thermoplastic Elastomer</i> (elastómero termoplástico)
UE	União Europeia
	Estados Membros da União Europeia anteriores ao alargamento realizado em 2004.
UE15	Compreendem a Áustria, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Holanda, Portugal, Espanha, Suécia, Reino Unido
UE27	UE15 + Bulgária, Chipre, República Checa, Estónia, Hungria, Letónia, Lituânia, Malta, Polónia, Roménia, Eslováquia, Eslovénia
UNCSD	<i>United Nations Council for Sustainable Development</i>
UNEP	<i>United Nations Environmental Programme</i>
VAB	Valor Acrescentado Bruto
VFV	Veículo em Fim de Vida

(página intencionalmente deixada em branco)

AGRADECIMENTOS

A equipa de projecto deseja agradecer a todas as empresas que colaboraram para a elaboração deste estudo, nomeadamente:

- À equipa da Valorpneu, em especial à Dr.^a Climénia Silva, Eng. Paulo Silva e Eng. Dora Gervásio;
- Às empresas que se disponibilizaram para fornecer dados específicos associados à sua actividade, através do inquérito realizado pela 3Drivers:
 - Biogoma – Sociedade de Reciclagem de Pneus, Lda.;
 - LNB Recicla - Benta & Benta, Lda.;
 - Lusitano Pneus Lda.;
 - Natureza Verde – Gestão de Resíduos, Lda.;
 - Renascimento – Gestão e Reciclagem de Resíduos, Lda.;
 - Transportes Bizarro Duarte Lda.
- Às empresas que disponibilizaram os seus relatórios de contas de 2011, nomeadamente:
 - Ambital – Investimentos Ambientais no Alentejo, EIM;
 - Amcal – Associação de Municípios do Alentejo Central;
 - Bandague-Sociedade de Recauchutagem de Pneus a Frio S.A.;
 - Biogoma – Sociedade de Reciclagem de Pneus, Lda.;
 - Biosafe – Indústria de Reciclagens, S.A.;
 - Braval – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.;
 - Centro de Reciclagem de Palmela, S.A.;
 - Constantino Fernandes Oliveira & Filhos, SA - Sucatas e Ferro;
 - Correia, Sousa & Crisóstomo, Lda.;
 - ECOMAIS - Recolha e valorização de Resíduos, S.A.;
 - GESAMB – Gestão Ambiental e de Resíduos, EIM;
 - LNB Recicla - Benta & Benta, Lda.;
 - Lusitano Pneus Lda.;
 - Metais Jaime Dias, S.A.;
 - Natureza Verde – Gestão de Resíduos, Lda.;
 - Pneugreen – Pavimentos Lda.;
 - Recauchutagem Nortenha S.A.;
 - Recipneu - Empresa Nacional de Reciclagem de Pneus, Lda.;
 - Renascimento – Gestão e Reciclagem de Resíduos, Lda.;

- Resialentejo, E.I.M. - Tratamento e Valorização de Resíduos;
- Resinorte-Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos S.A.;
- Resultima-Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos S.A.;
- Ribeiro & Filhos - Comércio de Sucata, Lda.;
- SGR- Sociedade Gestora de Residuos S.A.;
- Transportes Sol Poente, Lda;
- Transucatas – Soluções Ambientais S.A.;
- TratoLixo - Tratamento de Resíduos Sólidos, E.I.M.;
- VALNOR – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos do Norte Alentejano S.A.;
- Valor Ambiente - Gestão e Administração de Resíduos da Madeira S.A.;
- Valorminho – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.;

ÍNDICE

TOMO I: RELATÓRIO DE PROJECTO

Nomenclatura.....	III
Agradecimentos	VII
Índice	IX
Lista de Figuras	XIII
Lista de Tabelas	XVII
Sumário Executivo	XIX
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Âmbito e objectivos	1
1.2 Metodologia de base	3
1.3 Organização do relatório	5
2 CARACTERIZAÇÃO DA GESTÃO DE PNEUS USADOS.....	7
2.1 Considerações iniciais	7
2.2 A gestão de pneus usados na europa	7
2.2.1 O contexto Europeu de gestão de resíduos.....	7
2.2.2 Produção.....	10
2.2.3 Gestão.....	12
2.3 A gestão de pneus usados em Portugal	17
2.3.1 O SGPU.....	17
2.3.2 Produção de pneus usados.....	19
2.3.3 Recolha, tratamento e valorização de pneus usados	21
2.3.4 Perspectivas para a próxima licença.....	22
3 ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA SOBRE O CONTRIBUTO AMBIENTAL, ECONÓMICO E SOCIAL DA GESTÃO DE PNEUS USADOS.....	25
3.1 Fontes de informação	25
3.2 Contributos ambientais.....	25
3.2.1 Comparação de tecnologias de valorização	27
3.2.2 Comparação das aplicações dos produtos derivados dos pneus usados	31
3.2.3 Outras questões ambientais ligadas à gestão dos pneus usados	33
3.3 Contributos económicos	35

3.3.1	Aspectos que influenciam a oferta e procura de produtos derivados de pneus usados.....	36
3.3.2	Estrutura empresarial e volume de negócios do sector dos pneus usados.....	39
3.3.3	Custos e rendimentos relacionados com a gestão de pneus usados	41
3.4	Contributos sociais.....	44
3.4.1	Emprego	45
3.4.2	Outros efeitos	48
4	AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO SGPU	50
4.1	Considerações iniciais	50
4.2	Descrição da metodologia seguida	50
4.3	Resultados da avaliação	58
4.3.1	Balanço ambiental do SGPU	58
4.3.2	Comparação directa de diferentes operações/tecnologias de valorização.....	63
4.3.3	Desempenho do SGPU face a diferentes cenários de gestão	69
4.4	Conclusões principais.....	73
5	AVALIAÇÃO ECONÓMICA DO SGPU	78
5.1	Considerações iniciais	78
5.2	Descrição da metodologia seguida	78
5.3	Resultados da avaliação	84
5.3.1	Caracterização económica das empresas do SGPU	84
5.3.2	Balanço económico do SGPU.....	92
5.3.3	Desempenho do SGPU face a diferentes cenários de gestão	97
5.4	Conclusões principais.....	98
6	AVALIAÇÃO SOCIAL DO SGPU	103
6.1	Considerações iniciais	103
6.2	Descrição da metodologia seguida	103
6.3	Resultados da avaliação	106
6.3.1	Caracterização do perfil de emprego das empresas do SGPU.....	106
6.3.2	Balanço social do SGPU	114
6.3.3	Desempenho do SGPU face a diferentes cenários de gestão	117
6.4	Conclusões principais.....	118
7	CONCLUSÕES FINAIS	120
8	REFERÊNCIAS	124

TOMO II: ANEXOS

ANEXO I: DESCRIÇÃO METODOLÓGICA DETALHADA DA AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV) REALIZADA AO SGPU

ANEXO II: INQUÉRITOS ÀS EMPRESAS DO SGPU

(página intencionalmente deixada em branco)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A inserção da economia verde nos três pilares do desenvolvimento sustentável	1
Figura 2 – Sistemas de gestão de pneus usados na Europa	9
Figura 3 – Principais componentes de um pneu	10
Figura 4 – Evolução da geração de pneus em fim de vida na UE	12
Figura 5 – Evolução da capitação de pneus em fim de vida na UE.....	12
Figura 6 – Evolução da gestão de pneus usados na UE	13
Figura 7 – O SGPU.....	18
Figura 8 – Evolução da quantidade de pneus colocados no mercado e pneus usados gerados no âmbito do SGPU (t)	20
Figura 9 – Comparação entre os resultados de gestão da Valorpneu e os resultados médios europeus..	22
Figura 10 – Extração de materiais ao nível global (10 ⁹ toneladas/ano)	26
Figura 11 – Ligações existentes entre o uso de recursos naturais e a produção de resíduos numa economia.....	26
Figura 12 – Comparação do efeito de emissão de GEE para quatro tecnologias de tratamento de pneus usados	29
Figura 13 – Fronteiras da ACV de quatro tecnologias de tratamento de PFV na China	30
Figura 14 – Comparação dos impactes totais para quatro tecnologias de tratamento de pneus em fim de vida na China	30
Figura 15 – Procura de borracha na UE (1000 toneladas).....	36
Figura 16 – Consumo de borracha natural (1000 toneladas)	37
Figura 17 – Consumo de borracha sintética (1000 toneladas)	37
Figura 18 – Evolução das importações e exportações UE 27 de granulado, pneus recauchutados e pneus usados (anual – 2004 a 2012).....	38
Figura 19 – Principais segmentos de mercado para materiais derivados de pneus em fim de vida (2010)	39
Figura 20 – Alocação dos custos e benefícios financeiros por opção tecnológica	42
Figura 21 – Composição relativa dos custos financeiros associados a cada opção tecnológica	43
Figura 22 – Composição relativa dos benefícios financeiros associados a cada opção tecnológica	43
Figura 23 – Pessoal ao serviço em ambiente por principal actividade económica (2011)	45
Figura 24 – Pessoal ao serviço em funções de ambiente por nível profissional e actividade económica (2011)	46
Figura 25 – Modelo do SGPU utilizado na ACV efectuada	54

Figura 26 – Árvore do ciclo de vida relativa à categoria de alterações climáticas	61
Figura 27 – Contribuição de diferentes fases para o balanço ambiental do SGPU (por tonelada de pneu usado gerido, valores relativos, 2011)	62
Figura 28 – Comparação directa do benefício ambiental de várias tecnologias de reutilização e valorização de pneus usados no SGPU (valores médios, por tonelada de pneus usados processados por tecnologia, 2011).....	63
Figura 29 – Comparação relativa directa do benefício ambiental das várias aplicações de granulado (por tonelada de granulado valorizado).....	66
Figura 30 - Comparação relativa do benefício ambiental das duas formas de valorização energética de PFV (por tonelada de granulado valorizado).....	67
Figura 31 – Comparação directa e análise de incerteza do benefício ambiental de várias operações de reutilização e valorização de pneus usados e aplicações do granulado de borracha no SGPU para a categoria de alterações climáticas (por tonelada de pneus usados processados em cada operação, 2011)	67
Figura 32 – Resultados da simulação de Monte Carlo, ordem de mérito ambiental directo entre a reciclagem (mix 2011) e a valorização energética em cimenteiras.....	68
Figura 33 – Comparação relativa de cenários extremos de reciclagem e valorização face aos resultados do SGPU (por tonelada de pneus usados geridos, 2011)	70
Figura 34 – Comparação relativa do cenário de gestão em 2017 face aos resultados do SGPU de 2011..	71
Figura 35 – Balanço ambiental estimado para a categoria de alterações climáticas nos 10 primeiros anos de funcionamento do SGPU (kg CO ₂ eq/t PU (média anual)	72
Figura 36 – Estrutura da matriz de coeficientes técnicos, do vector de impactes socioeconómicos e do vector de procura final	80
Figura 37 – Volume de vendas médio por tipologia de operador do SGPU (milhões de euros)	85
Figura 38 – Capital social médio por tipologia de operador SGPU (milhões de euros).....	86
Figura 39 – Percentagem de capital social privado por tipologia de operador SGPU (%).....	87
Figura 40 – Número médio de estabelecimentos por tipologia de operador do SGPU	88
Figura 41 – Intensidade tecnológica (Indústria) e de Conhecimento (Serviços) das empresas do SGPU ..	88
Figura 42 – Estrutura de gastos das empresas do SGPU com a actividade de gestão de PU (milhões de euros, 2011).....	90
Figura 43 – Estrutura de rendimentos das empresas do SGPU com a actividade de gestão de PU (milhões de euros, 2011).....	91
Figura 44 – Impacte do financiamento Valorpneu em percentagem dos rendimentos totais estimados com a gestão de PU (2011).....	92
Figura 45 – Comparação entre os impactes totais brutos e os impactes totais líquidos do SGPU ao nível do VAB (milhões de euros, 2011)	94

Figura 46 – Impactes sectoriais sobre o VAB (cêntimos de Euro de VAB gerado por € de Ecovalor)	95
Figura 47 – Comparação intersectorial do coeficiente unitário das diferentes fileiras do SGPU	96
Figura 48 – Contributos dos diversos efeitos para os impactes de cada cenário ao nível do VAB (milhões de euros).....	97
Figura 49 - Contributos dos diversos efeitos para os impactes de cada cenário ao nível das importações (milhões de euros).....	98
Figura 50 – Tamanho médio das empresas (número médio de trabalhadores)	108
Figura 51 – Género dos trabalhadores por tipologia de operador SGPU (rácio de mulheres).....	109
Figura 52 – Idade dos trabalhadores por tipologia de operador SGPU (anos)	110
Figura 53 – Salário dos trabalhadores por tipologia de operador do SGPU (euros por hora).....	111
Figura 54 – Valor médio de trabalhadores estrangeiros por tipologia de operador SGPU (%)	112
Figura 55 – Nível médio de habilitações literárias dos trabalhadores por tipologia de operador do SGPU (n.º de anos de escolaridade).....	113
Figura 56 – Nível hierárquico médio dos trabalhadores SPGU por tipologia de operador SGPU	114
Figura 57 – Comparação entre os impactes totais brutos e os impactes totais líquidos (ambos com efeitos induzidos) do SGPU ao nível do emprego (número de empregos, 2011)	117
Figura 58 – Contributos dos diversos efeitos para os impactes de cada cenário ao nível do emprego (n.º de empregos).....	118

(página intencionalmente deixada em branco)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais metas e objectivos existentes na legislação europeia referente a resíduos	8
Tabela 2 – Composição material de pneus novos e pneus usados (%)	11
Tabela 3 – Ecovalores praticados (2011)	18
Tabela 4 – Pneus novos colocados no mercado no âmbito do SGPU (2011)	19
Tabela 5 – Pneus usados gerados no âmbito do SGPU (2011)	20
Tabela 6 – Resultados da Valorpneu (2011)	21
Tabela 7 - Estimativa de resultados do SGPU entre 2014 e 2018	23
Tabela 8 – Grelha de análise ambiental de tecnologias de processamento	28
Tabela 9 – Grelha de análise ambiental de aplicações de pneus usados e materiais derivados de pneus em fim de vida	32
Tabela 10 – Resultados GENAN para comparação entre aplicação de granulado de pneu em asfalto modificado e co-incineração (por tonelada de pneus usados)	32
Tabela 11 – Riscos ambientais associados a uma gestão danosa de pneus usados	34
Tabela 12 – Empresas e volume de negócios associado à gestão de resíduos, incluindo gestão de pneus usados (2011)	40
Tabela 13 – Pessoas ao serviço nas entidades produtoras de bens e serviços de ambiente por actividade económica, segundo o sexo e nível profissional (2011)	47
Tabela 14 – Pessoas ao serviço em entidades produtoras de bens e serviços de ambiente associadas ao SGPU, por actividade económica, segundo o sexo e nível profissional (2011)	47
Tabela 15 – Estimativa do cabaz de categorias geridas no âmbito do SGPU	52
Tabela 16 – Destinos dos pneus usados geridos (toneladas de pneus usados, 2011)	52
Tabela 17 – Produtos, materiais e energia que são evitados pela valorização dos pneus usados	55
Tabela 18 – Mix de aplicações do granulado de borracha (2011)	56
Tabela 19 – Balanço ambiental do SGPU (por toneladas de pneus usados geridos, 2011)	58
Tabela 20 – Balanço ambiental do SGPU (total de pneus usados geridos, 2011)	60
Tabela 21 – Contribuição de diversas operações para o balanço ambiental do SGPU (valores médios por tonelada de pneus usados geridos, 2011)	60
Tabela 22 – Contribuição de diferentes fases para o balanço ambiental do SGPU (por tonelada de pneus usados geridos, 2011)	62
Tabela 23 – Poupança de emissões de GEE e consumo de energia pela reciclagem de vários materiais ..	69
Tabela 24 – Classes de CAE Rev 3. de empresas presentes no SGPU (CAE de 4 dígitos)	82

Tabela 25 – Massa de pneu usados processados e pagamentos contemplados no âmbito do SGPU, por destino e cenário	84
Tabela 26 – Número de empresas SGPU e não SGPU	84
Tabela 27 – Volume de vendas médio de empresas SGPU e não SGPU (milhões de euros).....	85
Tabela 28 – Valor médio do capital social de empresas SGPU e não SGPU (milhões de euros)	86
Tabela 29 – Número médio de estabelecimentos de empresas SGPU e não SGPU	87
Tabela 30 – Principais componentes da estrutura de gastos do SGPU em 2011	90
Tabela 31 – Impactes totais do SGPU ao nível do VAB (milhões de euros, 2011).....	92
Tabela 32 – Impactes totais do SGPU ao nível das importações (milhões de euros, 2011)	93
Tabela 33 – Impactes totais líquidos ao nível do VAB do SGPU (milhões de euros, 2011)	94
Tabela 34 – Impactes totais líquidos do SGPU ao nível das importações (milhões de euros)	96
Tabela 35 – Impactes totais líquidos ao nível do VAB do SGPU para vários cenários (milhões de euros) .	97
Tabela 36 - Impactes totais líquidos ao nível das importações para vários cenários (milhões de euros)..	98
Tabela 37 – Códigos de Actividade Económica utilizados na caracterização de empresas inseridas no SGPU	105
Tabela 38 – Número de empregos das empresas do SGPU (2011)	107
Tabela 39 – Dimensão média das empresas SGPU e não SGPU (2011).....	107
Tabela 40 – Rácio de mulheres na força de trabalho de operadores SGPU (2009).....	108
Tabela 41 – Idade dos trabalhadores em empresas SGPU e não SGPU (2009).....	109
Tabela 42 – Salário em empresas SGPU e não SGPU (euro por hora, 2009).....	110
Tabela 43 – Nacionalidade dos trabalhadores em empresas SGPU e não SGPU (2009)	111
Tabela 44 – Habilitações literárias em empresas SGPU e não SGPU (valor médio do número de anos de escolaridade, 2009)	112
Tabela 45 – Nível de hierarquia médio em empresas SGPU e não SGPU (2009)	113
Tabela 46 – Estimativa do número de empregos directos associados à gestão de pneus usados do SGPU (2011)	114
Tabela 47 – Impactes totais brutos do SGPU ao nível do emprego (número de empregos)	115
Tabela 48 – Impactes totais líquidos ao nível do emprego (número de empregos)	116
Tabela 49 – Impactes totais brutos e líquidos ao nível do emprego do SGPU consoante o cenário em análise (número de empregos)	117

SUMÁRIO EXECUTIVO

O conceito de “Economia Verde” (*Green Economy*), definida pela UNEP (2011) como a economia que contribui para “a melhoria do bem-estar humano e da equidade social, em conjugação com a redução significativa dos riscos ambientais e escassez ecológicas”, é um elemento central da actual agenda política internacional em matéria de desenvolvimento sustentável. O último relatório da Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável (UNCSD, 2012) atesta essa importância, ao considerar a Economia Verde como uma das mais importantes ferramentas disponíveis para alcançar esse objectivo.

Numa Economia Verde, o crescimento da riqueza e do emprego deve ser impulsionado pelo investimento público e privado, mas num enquadramento tal que permita uma redução das emissões de gases com efeito de estufa e da poluição, a melhoria da eficiência energética e de utilização de recursos e que previna a perda de biodiversidade e serviços associados.

Em termos gerais, segundo a Agência Europeia do Ambiente (AEA), as actividades de gestão de resíduos contribuem para a “Economia Verde” por potenciarem uma gestão mais eficiente dos recursos naturais, reduzindo os impactes ambientais da extracção de novos recursos e assegurando a disponibilidade de materiais essenciais às nossas economias (EEA, 2011a).

Paralelamente, estas actividades, por se constituírem como oportunidades de negócio, mobilizam a afectação de volumes de investimento e de outros recursos que alavancam a criação de emprego. É neste contexto que, por exemplo, a reciclagem representa uma forma chave de implementar a Estratégia Europeia 2020, sobretudo naquela que é a sua iniciativa principal: a de mudança para uma economia eficiente no uso de recursos e de baixa intensidade carbónica (EEA, 2011a).

À partida, a Valorpneu, e o sistema que gere, pode-se enquadrar por excelência no conceito da Economia Verde, devido aos potenciais contributos directos e indirectos da gestão e valorização de pneus usados (PU) para o crescimento económico, promoção do emprego e redução do impacte ambiental gerado pelo Homem.

Neste contexto, a Valorpneu lançou um projecto de investigação intitulado “Balanço Ambiental, Económico e Social da Gestão de Pneus Usados em Portugal”, com o **objectivo de avaliar e quantificar os impactes ambientais, económicos e sociais (emprego) associados ao Sistema de Gestão de Pneus Usados (SGPU)**.

Para a execução do projecto foi escolhido o ano de 2011, dado ser o mais recente em termos de estatísticas fechadas e por representar de forma aproximada os anos em que o SGPU operou, não tendo existido grandes oscilações em termos da rede, tecnologias, e quantidades proporcionais de encaminhamento para os diferentes destinos.

Ao nível ambiental avaliaram-se os impactes e os benefícios que advêm da gestão de PU, por exemplo em termos de emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) ou do consumo acumulado de energia e analisaram-se comparativamente as várias tecnologias de reutilização, recauchutagem, reciclagem e valorização energética.

Para o efeito recorreu-se à metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) fazendo-se uso de um *software* específico de ACV, o SimaPro, versão 7.3, onde foi construído um modelo do SGPU e das suas operações.

Da avaliação realizada constatou-se que o balanço ambiental do SGPU é bastante positivo, para as categorias de impacte ambiental estudadas. Tal significa que os benefícios induzidos pela valorização dos PU são superiores aos impactes gerados. Por exemplo, por tonelada de PU gerido em 2011 estima-se que tenha sido evitada a emissão de 1.575 kg CO₂-eq de GEE e o consumo de 48,8 GJ de energia. Tal é equivalente à emissão de GEE de 1,7 agregados familiares durante um ano ou à energia contida em 1,17 toneladas equivalentes de petróleo, respectivamente.

Analisando o ano como um todo, em que foram geridos 93.367 t de PU, verifica-se que a quantidade evitada de emissões de GEE e de energia consumida ascenderam a 147 kt CO₂-eq de GEE e a 4.560 TJ, respectivamente, o que é equivalente a 0,2% das emissões de GEE verificadas em Portugal nesse ano, ao peso de 1.176 baleias azuis e ao consumo de 0,48% do consumo nacional de energia primária.

Se tivermos em conta os 10 anos de funcionamento do SGPU, por exemplo, o balanço médio anual de GEE é de -139 kt CO₂-eq, estimando-se que desde o início do funcionamento do SGPU as emissões evitadas de GEE tenham ascendido a cerca de 1,4 Mt CO₂-eq.

Por outro lado, considerando o mix de tecnologias e produtos, materiais e energias substituídas, verificou-se que a hierarquia de gestão de resíduos, em termos globais, se manteve em 2011 para a maior parte das categorias analisadas, com base nas condições médias verificadas nesse ano, ou seja, com maior benefício em termos agregados da recauchutagem, seguida da reciclagem e posteriormente da valorização energética. A exceção ocorreu na reutilização de pneus (meio-piso e outras formas de reutilização), que por questões distintas acabam por apresentar um desempenho ambiental inferior.

No entanto, as conclusões extraídas com base nas condições verificadas em 2011 não são passíveis de extrapolação para anos futuros, dado que, por um lado, existem alguns factores associados ao balanço ambiental das tecnologias que são centrais para os resultados obtidos e, por outro lado, o intervalo de confiança dos resultados obtidos para algumas das tecnologias são relativamente alargados.

De facto constatou-se que as várias operações de valorização induzem benefícios ambientais, embora a sua magnitude e características dependam de cada tecnologia e dos produtos que são evitados. Por exemplo, verifica-se que os resultados da reciclagem são bastante dependentes dos destinos dados ao granulado de borracha, que é o principal produto desta actividade de valorização de PU, e do material que é substituído. A influência das aplicações finais dos pneus reciclados é de tal forma elevada que existem situações onde valorização energética acarreta mais benefícios ambientais do que a reciclagem.

Por exemplo, a utilização do granulado de borracha em picadeiros gera apenas entre 5% e 24% dos benefícios da aplicação que apresenta maior benefício ambiental (utilização do granulado de borracha na indústria de isolamento/borracha) conforme a categoria de impacte em consideração.

Neste contexto, verificou-se que o balanço ambiental de algumas operações depende fortemente de questões de mercado, que estão fora do âmbito e controlo da Valorpneu. É o caso já referido da reciclagem, cujo mix de aplicações do granulado de borracha varia de ano para ano, exclusivamente de acordo com as condições de mercado existentes a nível nacional e internacional existentes à data.

Desta forma conclui-se que mais relevante do que existirem metas de valorização específicas por tecnologia é garantir que os produtos dessa valorização possam ser efectivamente utilizados, sobretudo em aplicações com maior valor acrescentado em termos ambientais.

Ao nível económico avaliou-se o enquadramento dos operadores inseridos no sistema e calculou-se o impacte económico do SGPU na economia nacional, contabilizando-se os benefícios directos, indirectos e induzidos gerados e, igualmente, os custos de substituição de materiais e energia, os custos com o pagamento do Ecovalor pelos consumidores e ainda os hipotéticos custos de tratamento e eliminação dos PU.

Para o efeito foram utilizadas várias ferramentas, sendo que a contribuição directa do SGPU para a economia nacional foi estimada sobretudo com base em dados económicos/financeiros dos vários parceiros do sistema. No caso do cálculo dos impactes indirectos e induzidos, bem como para a contabilização de outros efeitos económicos, recorreu-se à modelação do SGPU com base na metodologia de Análise de Entradas-Saídas (AES) (também denominada por Análise *Input-Output* - AIO).

Concluiu-se que SGPU apresenta um contributo positivo para o desenvolvimento económico de Portugal, fundamentando a sua existência também em termos económicos. De facto, e por exemplo, verificou-se que o impacte económico total efectivo do SGPU em 2011 ascendeu a 78,0 M€, sendo que deste valor 40,0 M€ dizem respeito a impactes directos, 11,5 M€ a impactes indirectos e 26,5 M€ a impactes induzidos. Considerando apenas o rendimento resultante do efeito directo e indirecto do SGPU, os impactes totais brutos do SGPU seriam de 51,5 M€. Analisando-se o impacte líquido na economia nacional por cada Euro pago pelos produtores para financiamento do SGPU através do Ecovalor, verificou-se que este era de 1,27 Euros.

Contraopondo à actual configuração do SGPU um cenário hipotético alternativo que seria a não existência de SGPU, ou seja, comparando os efeitos económicos totais efectivos do SGPU aos efeitos que adviriam com a potencial consequência de libertação de meios financeiros que poderiam ser utilizados em outras actividades (Ecovalor), com a dinamização económica pelo consumo de materiais substitutos e igualmente com a necessidade de tratar e eliminar os PU, o impacte do SGPU continua a ser bastante positivo. De facto, o impacte total líquido de VAB estimado neste contexto é de 65,8 M€ ou de 41,6 M€ caso não se considere os efeitos induzidos.

Outro aspecto avaliado foi o efeito sobre a balança comercial do país. Neste aspecto verificou-se igualmente o positivo efeito do SGPU, dado que permite que se aproveitem recursos endógenos que são os PU, evitando-se em termos líquidos a importação de matérias-primas e energia. Neste contexto, em termos líquidos estima-se que o SGPU tenha permitido evitar importações no valor de 33,8 M€ ou 44,6 M€ em 2011, conforme se considerem ou não efeitos induzidos.

Por outro lado, verificou-se igualmente que as actividades de valorização de PU situam-se entre os sectores económicos que geram maior impacte unitário na economia nacional. É o caso da reciclagem que se situa no top 20% dos sectores económicos nacionais em termos de criação de riqueza, tanto ao nível dos impactes directos, como dos indirectos e induzidos.

Finalmente, de referir que os recauchutadores são responsáveis pela maior parte da actividade económica da gestão de PU no SGPU, tendo os rendimentos desta actividade representado 59,0 M€ nesse ano. O financiamento da Valorpneu para a gestão dos PU representou apenas 11,2 % do total dos

rendimentos provenientes da gestão e valorização dos PU pelas empresas parceiras da Valorpneu no SGPU, que ascenderam a 74,4 M€ no total.

Finalmente, **a nível social** tipificaram-se os empregos associados aos operadores aderentes ao SGPU e estimaram-se os empregos directos, indirectos e induzidos associados à gestão de PU, bem como a criação líquida de emprego tendo em consideração o efeito gerado pela substituição de materiais e energia, o pagamento do Ecovalor e tratamento e eliminação hipotética dos PU num cenário alternativo de gestão dos mesmos.

Para o efeito, a caracterização dos empregos nas empresas do SGPU e o cálculo do impacte directo da gestão de PU foi realizada com base em várias ferramentas e fontes de informação, sendo de destacar as informações específicas recolhidas junto dos parceiros do SGPU através dos inquéritos, da análise dos relatórios e contas das empresas e da base de dados “Quadros de Pessoal” do INE. A contabilização dos impactes indirectos e induzidos do SGPU, e a contabilização de outros efeitos económicos foram efectuados com base na metodologia de AES, à semelhança do realizado aquando da avaliação económica.

Concluiu-se que o balanço social do SGPU é igualmente bastante positivo ao nível da criação de emprego. Verificou-se que o impacte social total efectivo do SGPU ao nível do emprego em 2011 ascendeu a 1.983 empregos, sendo que deste valor 970 dizem respeito a impactes directos, 315 a impactes indirectos e 698 a impactes induzidos. Considerando apenas os empregos resultantes do efeito directo e indirecto do SGPU, os impactes totais brutos do SGPU seriam de 1.285 empregos. Por outro lado, o impacte total líquido ao nível do emprego estimou-se em 1.671 empregos ou 1.033 empregos, caso se considere ou não os efeitos induzidos.

Adicionalmente, constatou-se que a dimensão das empresas do SGPU é, em média, superior às empresas dos mesmos sectores de actividade e à média nacional e que a força de trabalho das empresas do SGPU apresenta em média maior idade e maior remuneração que as empresas dos mesmos sectores de actividade e as restantes empresas nacionais, e é, igualmente em média, mais masculina e apresenta um menor grau de escolaridade que as restantes empresas a nível nacional.

Neste contexto, tendo em conta os resultados obtidos, conclui-se claramente que a gestão de PU no quadro do SGPU enquadra-se por excelência no conceito da Economia Verde, dado que potencia uma gestão mais eficiente dos recursos naturais, contribuindo para a redução dos impactes ambientais da extracção de novos recursos e para a disponibilidade de recursos essenciais às nossas economias, criando ao mesmo tempo oportunidades de negócio e valor acrescentado e promovendo a criação de emprego.

Outros números do SGPU

INDICADORES AMBIENTAIS

- *O CO₂-eq evitado pela gestão de 1 t de PU em 2011 equivaleu a:*
 - *5,3 árvores a sequestrar carbono durante 30 anos;*
 - *consumo de energia de 1,7 agregados familiares durante um ano;*
- *O CO₂-eq evitado pela gestão do total de PU em 2011 equivaleu a:*
 - *19.980 voltas à Terra em avião;*
 - *0,21% das emissões de GEE em Portugal para esse ano;*
- *A gestão total de PU em 2011 permitiu evitar um consumo de energia equivalente a:*
 - *108,9 toneladas equivalentes de petróleo;*
 - *9,7 milhões de computadores em funcionamento durante um ano;*

INDICADORES ECONÓMICOS

- *as empresas do SGPU em 2011 representaram 0,01% das empresas não financeiras em Portugal;*
- *os rendimentos associados à gestão de PU representaram 0,025% do valor bruto de produção nacional em 2010 (último ano disponível);*
- *o impacte total líquido da actividade do SGPU representou 0,04% do VAB nacional em 2010 (último ano disponível);*
- *o impacte total líquido da actividade do SGPU representou uma poupança de 0,05% do valor das importações nacionais em 2010 (último ano disponível);*

INDICADORES SOCIAIS

- *o emprego associado à gestão de PU em 2011 representou 5,5% do emprego das actividades de gestão de resíduos em Portugal;*
- *em cada dez trabalhadores de empresas SGPU, 2,3 são mulheres;*
- *o impacte total líquido no emprego gerado pela actividade do SGPU representou 0,04% do total de trabalhadores por conta de outrem em 2011;*

INDICADORES ECO-EFICIÊNCIA

- *Por cada M€ de rendimento directo obtido com a gestão de PU no quadro do SGPU:*
 - *é gerado um total líquido de 0,79 M€ de VAB e de 20 empregos;*
 - *evitando ao mesmo tempo 0,53 M€ de importações, 1.761 t CO₂ – eq e de 54,6 TJ de energia.*
- *Cada M€ de Ecovalor investido no SGPU em 2011 contribuiu para a criação de:*
 - *1,27 M€ de VAB*
 - *20,5 empregos directos relacionados com a gestão de pneus usados*
 - *27,4 empregos líquidos na globalidade da economia nacional*
- *Cada trabalhador do SGPU gera em média:*
 - *um rendimento de 86,0 mil euros*
 - *um VAB de 41,2 mil euros*

1 INTRODUÇÃO

1.1 ÂMBITO E OBJECTIVOS

O conceito de “Economia Verde” (*Green Economy*), definida pela UNEP (2011) como a economia que contribui para “a melhoria do bem-estar humano e da equidade social, em conjugação com a redução significativa dos riscos ambientais e escassez ecológicas”, é um elemento central da actual agenda política internacional em matéria de desenvolvimento sustentável. O último relatório da Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável (UNCSD, 2012) atesta essa importância, ao considerar a Economia Verde como uma das mais importantes ferramentas disponíveis para alcançar esse objectivo.

Numa Economia Verde, o crescimento da riqueza e do emprego deve ser impulsionado pelo investimento público e privado, mas num enquadramento tal que permita uma redução das emissões de gases com efeito de estufa e da poluição, a melhoria da eficiência energética e de utilização de recursos e que previna a perda de biodiversidade e serviços associados (Figura 1).

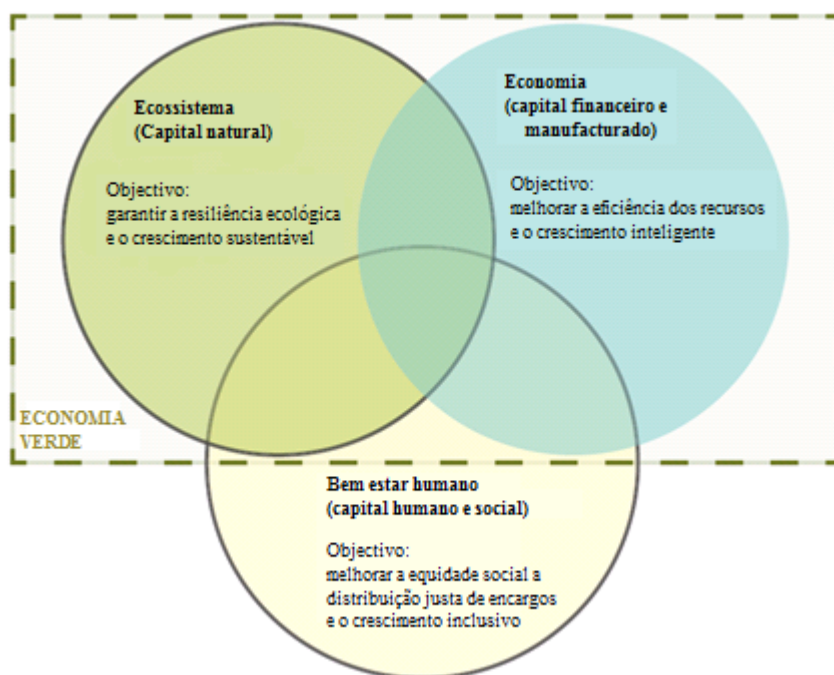


Figura 1 – A inserção da economia verde nos três pilares do desenvolvimento sustentável

Fonte: Adaptado de EEA (2011a)

Em termos gerais, segundo a Agência Europeia do Ambiente (AEA), as actividades de gestão de resíduos contribuem para a “Economia Verde” por potenciarem uma gestão mais eficiente dos recursos naturais, reduzindo os impactos ambientais da extracção de novos recursos e assegurando a disponibilidade de materiais essenciais às nossas economias (EEA, 2011a).

Paralelamente, estas actividades, por se constituírem como oportunidades de negócio, mobilizam a afectação de volumes de investimento e de outros recursos que alavancam a criação de emprego. É neste contexto que, por exemplo, a reciclagem representa uma forma chave de implementar a Estratégia Europeia 2020, sobretudo naquela que é a sua iniciativa principal: a de mudança para uma economia eficiente no uso de recursos e de baixa intensidade carbónica (EEA, 2011a).

À partida, a Valorpneu, e o sistema que gere, pode-se enquadrar por excelência no conceito da Economia Verde, devido aos potenciais contributos directos e indirectos da gestão e valorização de pneus usados (PU) para o crescimento económico, promoção do emprego e redução do impacte ambiental gerado pelo Homem.

Neste contexto, a Valorpneu lançou um projecto de investigação intitulado “Balanço Ambiental, Económico e Social da Gestão de Pneus Usados em Portugal”, com o **objectivo de avaliar e quantificar os impactes ambientais, económicos e sociais (emprego) associados ao Sistema de Gestão de Pneus Usados (SGPU)**.

Para a execução do projecto foi escolhido o ano de 2011, dado ser o mais recente em termos de estatísticas fechadas e por representar, de forma aproximada, os anos em que o SGPU operou, uma vez que não existiram grandes oscilações de ano para ano em termos da rede, tecnologias, e quantidades proporcionais de encaminhamento para os diferentes destinos.

O projecto foi desenvolvido pela 3Drivers – Engenharia, Inovação e Ambiente, Lda. em colaboração com o Instituto Superior Técnico (IST) e o **presente documento** constitui o relatório final do projecto e nele **apresentam-se os principais resultados obtidos a nível ambiental, económico e social**.

Ao nível ambiental avaliaram-se os impactes e os benefícios que advêm da gestão de PU, por exemplo em termos de emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) ou do consumo acumulado de energia e analisaram-se comparativamente as várias tecnologias de reutilização, recauchutagem, reciclagem e valorização energética.

Ao nível económico avaliou-se o enquadramento económico dos operadores inseridos no sistema e calculou-se o impacte económico do SGPU na economia nacional contabilizando-se os benefícios directos, indirectos e induzidos gerados e, igualmente, os custos de substituição de materiais e energia, os custos com o pagamento do Ecovalor pelos consumidores e ainda os hipotéticos custos de tratamento e eliminação dos PU.

Finalmente, **a nível social** tipificaram-se os empregos associados aos operadores aderentes ao SGPU e estimaram-se os empregos directos, indirectos e induzidos associados à gestão de PU, bem como a criação líquida de emprego tendo em consideração o efeito gerado pela substituição de materiais e energia, o pagamento do Ecovalor e tratamento e eliminação hipotética dos PU num cenário alternativo de gestão dos mesmos.

Finalmente, de referir que para cada uma das vertentes analisadas efectuou-se uma comparação dos resultados obtidos face a cenários alternativos de gestão do SGPU relacionados com as metas de gestão a que a Valorpneu se encontra sujeita, nomeadamente o cenário que reflecte a proposta da Valorpneu para a gestão do SGPU no seu próximo período de licenciamento.

De seguida apresenta-se a metodologia geral seguida para concretizar os objectivos propostos e posteriormente apresenta-se a organização do relatório.

1.2 METODOLOGIA DE BASE

A metodologia utilizada no projecto incluiu o desenvolvimento de quatro fases encadeadas, cuja abordagem é resumida de seguida.

FASE 1 – CARACTERIZAÇÃO DA GESTÃO DE PNEUS USADOS

Nesta fase sistematizou-se e caracterizou-se a cadeia de valor da Valorpneu, no contexto das entidades associadas ao SGPU e dos fluxos mássicos, energéticos e financeiros existentes entre essas entidades, de modo a permitir a posterior análise ambiental, económica e social a efectuar pela equipa de projecto. Nesse sentido, avaliou-se as empresas que integram a cadeia de valor do SGPU, com base nos seguintes aspectos:

- Tipo de intervenção na cadeia de valor (recolha, transporte, fragmentação, recauchutagem, reciclagem, valorização energética);
- Fluxos económicos directos com a Valorpneu, por tipo de operador;
- Fluxos de PU processados, por tipo de operador e pneu usado;
- Fluxos energéticos, quando disponíveis (e.g. logística);
- Informações complementares relacionadas com a actividade (composições materiais, consumos específicos, factores emissão, etc.).

Para o efeito, tendo em conta os dados base fornecidos pela Valorpneu relativamente às suas empresas parceiras, procedeu-se à sua avaliação, complementando a informação obtida com a realização de inquéritos específicos aos parceiros da Valorpneu no SGPU e ainda com a informação existente em bases de dados de natureza vária, para além de outras fontes de informação, descritas mais à frente neste documento.

FASE 2 – ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA SOBRE O CONTRIBUTO AMBIENTAL, ECONÓMICO E SOCIAL DA GESTÃO DE PNEUS USADOS

O estudo de *benchmarking* foi constituído pela análise de relatórios e estudos do domínio público e da avaliação de informação bibliográfica existente em bases de dados científicas relativos aos impactes associados à gestão de PU, nas suas vertentes ambientais, económicas e sociais. Neste contexto, foram analisadas cerca de 100 publicações, entre artigos científicos, relatórios técnicos, documentos legais, informação técnica sobre tecnologias de gestão de PU e outros.

Uma primeira abordagem a esta temática revelou dois aspectos importantes: em primeiro lugar, a escassez de referências no que diz respeito a análises integradas do desempenho de sistemas de gestão de PU, tal como a que se realizou no âmbito deste projecto. Em segundo lugar, as referências existentes, sobretudo nas áreas económica e social, estão associadas ao sector da gestão de resíduos em termos globais, pelo que foi necessário diferenciar os contributos da gestão de resíduos, em geral, dos da gestão de PU, em particular.

Finalmente, de referir que nesta fase centrou-se a análise ao nível dos impactes gerais da cadeia de valor relacionada com a gestão de PU. Assim sendo, os dados de *benchmarking* específicos relacionados com processos unitários e tecnologias de valorização, como por exemplo, os consumos energéticos, as eficiências de operação e o número de trabalhadores afectos à gestão destes resíduos, foram compilados/analizados aquando da avaliação do impacte da cadeia de valor do SGPU (Fase 3), por forma a colmatar lacunas de informação existentes e permitir a comparação com resultados obtidos durante a execução do projecto (e.g. dados obtidos pela realização dos inquéritos na Fase 1).

FASE 3 – AVALIAÇÃO DO BALANÇO AMBIENTAL, ECONÓMICO E SOCIAL DO SGPU

Na terceira fase do projecto, foi efectuada a avaliação dos impactes e benefícios ambientais, económicos e sociais, directos e indirectos do SGPU em Portugal. Esta avaliação abrangeu a totalidade das operações realizadas, por exemplo, desde que os PU são recolhidos até ao momento que os produtos e materiais resultantes são efectivamente reaproveitados, evitando o consumo de produtos, materiais e energia alternativos.

A informação de base utilizada nas análises em questão foi obtida através de quatro tipos de fontes:

- 1) Relatórios de contas: foram analisados cerca de 36 relatórios de contas de operadores, de onde foi retirada, na maioria dos casos, informação de cariz económico e social;
- 2) Relatórios e outra informação Valorpneu: foram analisados cerca de 43 relatórios sobre características das operações dos pontos de recolha, cedidos pela Valorpneu. De igual modo, a Valorpneu também forneceu informação detalhada sobre indicadores macro de desempenho do SGPU (e.g. quantitativos geridos por tipo de operador, financiamento Valorpneu por tipologia de operador, etc.);
- 3) Inquéritos efectuados a operadores do SGPU: foram elaborados inquéritos para obtenção de informação ambiental, económica e social específica à operação das várias tipologias de empresas do SGPU nacional. Para o efeito, a Valorpneu definiu uma amostra composta por 17 empresas, para as quais foi feito um primeiro contacto telefónico pela Valorpneu, seguido de contacto telefónico e envio do inquérito pela 3Drivers. Foi feito o seguimento do preenchimento do inquérito nas três semanas seguintes, através de e-mail e contacto telefónico com os vários pontos de contacto das empresas. Dos 17 inquéritos efectuados foram devolvidos 7 inquéritos, cujos dados foram utilizados nas análises, directamente e indirectamente, quando necessário, na elaboração de estimativas. Adicionalmente, as intervenções telefónicas a algumas das empresas incluídas na amostra permitiram obter alguma informação adicional que não constava dos inquéritos efectuados e que serviram para complementar a análise.
- 4) Sítios de internet: nos casos em que não foi possível obter informação pelas vias enunciadas anteriormente, recorreu-se à pesquisa em sítios de internet de informação corporativa (e.g. eInforma, código postal.net, etc.) e publicações electrónicas sobre rankings empresariais (e.g. Revista Exame – Ranking das 100 melhores empresas Portuguesas 2011, Ranking das 100 melhores empresas para trabalhar 2011, etc.).

No caso da avaliação dos impactes e benefícios ambientais da valorização dos PU, recorreu-se à metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) fazendo-se uso de um *software* de modelação dedicado, o SimaPro na sua versão 7.3. A descrição detalhada dos dados e das opções metodológicas seguidas pode ser consultada no Anexo I.

No que respeita à avaliação económica, foram utilizadas várias ferramentas, sendo que a contribuição directa do SGPU para a economia nacional foi estimada sobretudo com base em dados económicos/financeiros dos vários parceiros do sistema e no caso do cálculo dos impactes indirectos e induzidos, bem como para a contabilização de outros efeitos económicos, recorreu-se à modelação do SGPU com base na metodologia de Análise de Entradas-Saídas (AES) (também denominada por Análise Input-Output - AIO), que se apresenta em detalhe no capítulo 5.

Finalmente, o efeito directo sobre o emprego foi estimado igualmente com base em várias ferramentas e fontes de informação, sendo de destacar as informações específicas recolhidas junto dos parceiros do SGPU através dos inquéritos e da análise dos relatórios e contas das empresas. A contabilização dos impactes indirectos e induzidos do SGPU, e a contabilização de outros efeitos económicos foram efectuados com base na metodologia de AES, à semelhança do realizado aquando da avaliação económica.

FASE 4 – INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS E PRODUÇÃO DE ELEMENTOS DE COMUNICAÇÃO

Tendo por base os resultados obtidos nas três vertentes analisadas procedeu-se posteriormente à sua interpretação e análise de modo integrado. Pretendeu-se com esta análise obter inferências acerca da contribuição do SGPU para a economia verde e como essa contribuição pode melhorar, considerando as actuais políticas de gestão de PU. De igual modo, e de modo a tornar mais tangíveis os resultados obtidos, foram produzidos elementos de comunicação mais facilmente assimiláveis para consumidores, entidades estatais e entidades parceiras e aderentes do SGPU.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

A organização do presente documento, que constitui o relatório principal do projecto “Balanço Ambiental, Económico e Social da Gestão de Pneus Usados em Portugal” promovido pela Valorpneu, deriva e segue a metodologia de base seguida no estudo, sendo que para além do presente capítulo introdutório, o presente documento encontra-se organizado em oito capítulos principais, complementados por documentos anexos:

1. **Capítulo 1:** Introdução, onde se apresentam o âmbito e os objectivos do relatório, a metodologia de base seguida no estudo e organização do documento;
2. **Capítulo 2:** Caracterização da gestão de PU, onde se descreve a situação actual em termos da gestão de PU na Europa e em Portugal, com particular atenção para o SGPU e o papel da Valorpneu;
3. **Capítulo 3:** Análise bibliográfica sobre o contributo ambiental, económico e social da gestão de PU, onde se apresentam alguns estudos e resultados relacionados com sistemas, tecnologias de valorização e outros aspectos da gestão de PU;

4. **Capítulo 4:** Avaliação ambiental do SGPU, onde se apresentam os principais contributos ambientais do sistema, bem como a metodologia seguida na avaliação;
5. **Capítulo 5:** Avaliação económica do SGPU, onde se apresentam os principais contributos económicos associados ao sistema, bem como a metodologia seguida na avaliação;
6. **Capítulo 6:** Avaliação social do SGPU, onde se apresentam os principais contributos sociais do sistema, bem como a metodologia seguida na avaliação;
7. **Capítulo 7** – Conclusões finais, onde são apresentadas as principais conclusões do projecto;
8. **Capítulo 8** – “Referências”, onde se identificam os documentos citados no presente relatório, bem como os documentos associados aos dados utilizados na avaliação ambiental, económica e social realizada.
9. **Anexos** – Onde se apresenta informação metodológica detalhada, que se considerou ser acessória ao texto principal do relatório.

2 CARACTERIZAÇÃO DA GESTÃO DE PNEUS USADOS

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente capítulo possui dois objectivos principais:

- 1) Providenciar um enquadramento sobre a produção e gestão de PU a nível Europeu;
- 2) Caracterizar o SGPU em Portugal e a sua entidade gestora, a Valorpneu;

Pretende-se assim, com este capítulo, estabelecer as condições iniciais e fronteira da avaliação do balanço ambiental, económico e social do SGPU a ser apresentado posteriormente neste documento, tendo em conta o ano de referência que é o ano de 2011.

2.2 A GESTÃO DE PNEUS USADOS NA EUROPA

2.2.1 O contexto Europeu de gestão de resíduos

Actualmente, segundo as estimativas do Eurostat para 2010, estima-se que sejam produzidos na União Europeia¹ (UE) 2,5 mil milhões de toneladas de resíduos (Eurostat, 2013a), equivalentes a 5 t/hab.ano, sendo que a maior parte são resíduos minerais resultantes das indústrias de extracção de recursos naturais e resíduos de construção e demolição. Em Portugal, a capitação de produção de resíduos é menor que a média Europeia, sendo que, em 2010, ascendeu a 3,6 t/hab.ano (Eurostat, 2013a).

A nível europeu tem-se vindo a assistir a uma mudança importante e relevante a nível da gestão de resíduos. Em comparação com o passado, os resíduos são cada vez mais valorizados, fruto das políticas europeias e nacionais, como por exemplo, as que estabeleceram metas e instrumentos para a reciclagem e valorização de resíduos ou as taxas de deposição em aterro. Outro aspecto que contribuiu para a evolução foram os aumentos dos preços das matérias-primas e da energia, que potenciam a reciclagem e valorização dos resíduos em detrimento da sua eliminação (EEA, 2010).

De modo a capturar o potencial de recursos associados aos resíduos e a reduzir os impactes ambientais da gestão de resíduos na Europa, a UE introduziu o conceito da hierarquia da gestão de resíduos e definiu como estratégia transformar-se numa sociedade de reciclagem (EEA, 2012a). A promoção da reciclagem foi concretizada em diversas iniciativas legislativas específicas, como ilustrado na tabela seguinte.

¹ Neste caso, UE27

Tabela 1 – Principais metas e objectivos existentes na legislação europeia referente a resíduos

	Ano	Objectivo de recolha	Taxa de recolha	Objectivos de reciclagem
Veículos em fim de vida	2006	100%	85%	80% incluindo reutilização
	2015	100%	95%	85% incluindo reutilização
REEE	2006	Min. 4kg por habitante por ano	70-80% dependendo da categoria de REEE	50-80% incluindo reutilização, dependendo da categoria de REEE
	2016 (proposto)	65% do colocado no mercado ou 85% dos resíduos gerados		
Resíduos de Embalagens	2008		60%	55% dos quais 50% metal, 60% vidro, papel/cartão, 22,5% plásticos e 15% madeiras.
Pilhas e acumuladores	2009			100% das baterias recolhidas
	2011			65% para baterias de chumbo-ácido; 75% para níquel-cádmio e 50% para outras
	2012	25%		
	2016	45%		
Papel, metal, vidro e plástico de origem doméstica e outros resíduos domésticos semelhantes.	2015	Separar a recolha para pelo menos o papel, metal e os vidros e plásticos.		
	2020			50%
Construção e demolição	2020		Reutilização, reciclagem ou recuperação de 70% (em peso) dos resíduos não perigosos	
Resíduos municipais biodegradáveis	2006 - 2010	Redução para 75% do valor de referência de 1995 no envio para aterro.		
	2009 - 2013	Redução para 50% do valor de referência de 1995 no envio para aterro.		
	2016 - 2020	Redução para 35% do valor de referência de 1995 no envio para aterro.		
Pneus usados	2006	Eliminação dos aterros		

Como se pode constatar pela tabela anterior, ao longo do tempo, as metas vão-se tornando cada vez mais exigentes, no sentido de encorajar o mercado – de desenvolvimento de tecnologias e produtos assentes na gestão, tratamento e utilização de resíduos como matérias-primas – a transformar-se e evoluir.

No caso específico dos PU, foram gerados na UE cerca de 3,168 milhões de toneladas em 2011 (ETRMA, 2012), o que representa cerca de 0,14 % dos resíduos totais gerados. A percentagem pode não ser muito significativa no contexto geral dos resíduos produzidos, mas a sua gestão não é de menor importância. Por um lado, os PU podem dar origem a produtos secundários relevantes que substituem recursos primários. Por outro lado, advém consequências relevantes da sua gestão inadequada.

Neste contexto, a nível europeu foram introduzidas algumas disposições relacionadas com a gestão de PU, sendo no entanto o âmbito de actuação sobretudo efectuado a nível ambiental.

De facto, a UE introduziu a proibição da eliminação de PU em aterros, de PU inteiros a partir de 2003 e fragmentados a partir de 2006, com a Directiva Aterro (99/31/EC). A principal motivação centrou-se em querer impor aos Estados Membros algum investimento no desenvolvimento de alternativas à

deposição em aterro (EEA, 2003). Este cenário incluía os pneus recuperados de veículos em fim de vida (VFV), cuja directiva (2000/53/EC) estabelece que os pneus devem ser removidos com vista a se proceder à sua reciclagem, recauchutagem ou valorização energética, sem no entanto especificar como este objectivo deve ser cumprido. Estas directivas, combinadas com as metas estabelecidas pela directiva de incineração de resíduos (2000/76/EC), significava que, a partir de 2008, as capacidades para a reciclagem e valorização de PU deveriam ser dobradas.

Esta abordagem permitiu que fossem os próprios Estados Membros a desenvolver as suas próprias estratégias políticas e instrumentos associados. Neste contexto, foram desenvolvidos cerca de 3 modelos (ver Figura 2) para regular e melhorar a supervisão da gestão de PU (Sienkiewicz *et al.*, 2012):

- 1) *Modelo de Responsabilidade Alargada do Produtor*, (mais popular na UE e presente em Portugal através da Valorpneu) em que a gestão dos PU é da responsabilidade do produtor e importador de pneus. Tal mecanismo obriga legalmente estas entidades a organizar a recolha de PU e assegurar os níveis de valorização exigidos pelos Estados Membros;
- 2) *Sistema de taxas*, em que se impõe aos produtores e vendedores uma taxa de deposição a adicionar ao preço de cada pneu vendido e que é paga ao Estado. A gestão de PU fica assim a cargo de operadores de gestão de resíduos, sendo que essa operação é financiada pelo Estado;
- 3) *Mercado livre*, que assume a rentabilidade da valorização e reciclagem de pneus pelo que as empresas competem ao nível da sua gestão.



Figura 2 – Sistemas de gestão de pneus usados na Europa

Fonte: ETRMA (2013)

No caso de Portugal, foi publicado o Decreto-Lei n.º 111/2001, de 6 de Abril, que estabelece os princípios e as normas aplicáveis à gestão de pneus e PU, tendo como objectivos a prevenção da

produção destes resíduos, a recauchutagem, a reciclagem e outras formas de valorização, em consonância com a hierarquia de gestão de resíduos estabelecida a nível Europeu. É neste contexto que foi criada, em 2002, a Valorpneu (ver Capítulo 2.3.1).

A Directiva 2008/98/EC sobre resíduos trouxe outro mecanismo importante: o estatuto de fim de resíduo. No Artigo 6º é descrito que deverão ser considerados critérios específicos para a aplicação deste estatuto, nomeadamente para o caso dos pneus. O cumprimento destes critérios pretende garantir um nível elevado de protecção ambiental associado ao benefício económico de acesso a matérias-primas secundárias mais baratas e reduzindo o desperdício. Segundo a ETRMA a aplicação do estatuto de fim de resíduo aos PU criaria um valor acrescentado estimado de 1 bilião de euros ao longo da próxima década (ETRMA, 2012a).

Como os PU podem ter várias utilizações, e.g. material em construção civil, combustível para cimenteiras ou como material de enchimento na produção de betuminosos, o *Joint Research Center* (JRC) – laboratório responsável pela produção dos critérios de fim de resíduo, considera que não pode existir apenas um conjunto de critérios para este caso específico (JRC-IPTS, 2010).

Neste contexto, a última reunião da ETRMA, que ocorreu em Novembro de 2012, realçou a importância da necessidade de acelerar o estabelecimento destes critérios, bem como as normas para os materiais obtidos a partir de PU e os aspectos associados ao *Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de substâncias Químicas* (REACH) associados aos materiais obtidos por valorização (ETRMA, 2012b).

2.2.2 Produção

Antes de apresentar os valores associados à produção de PU, é importante esclarecer algumas definições utilizadas, bem como conhecer os principais componentes associados ao resíduo em questão.

Um pneu é tipicamente composto por três tipos de componentes: borracha (de origem natural e/ou sintética, com aditivos) que reveste o piso, o interior e as laterais do pneu, telas têxteis para reforço e flexibilidade e malha de aço que garante o seu reforço estrutural (Figura 3).

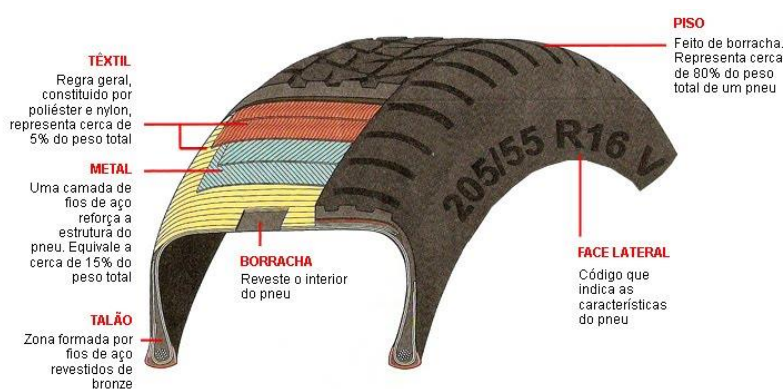


Figura 3 – Principais componentes de um pneu

Consideram-se PU quaisquer pneus de que o respectivo detentor se desfaça ou tenha a intenção ou a obrigação de se desfazer e que constituam resíduos na acepção da alínea ee) do artigo 3.º do Decreto-

Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho. A tabela seguinte apresenta a composição típica associada a um pneu novo e a composição estimada de um PU.

Tabela 2 – Composição material de pneus novos e pneus usados (%)

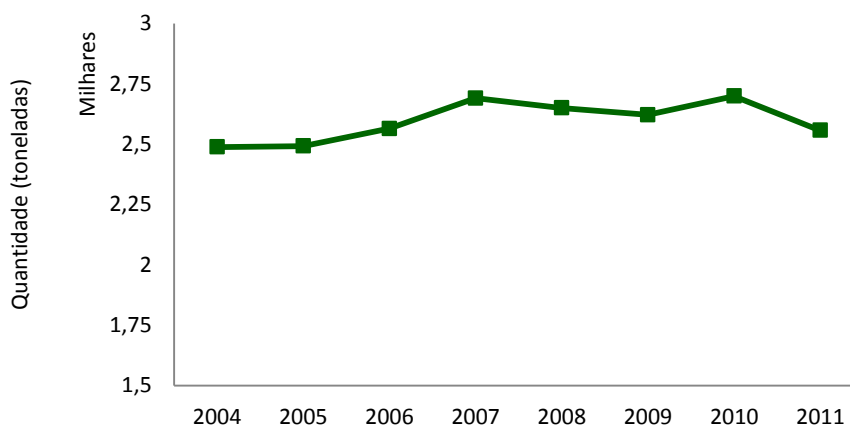
Material	Composição de pneus novos (%)	Composição estimada de PU (%)
Borracha sintética	25	22
Borracha natural	17	15
Negro de fumo	19	15,5
Sílica	10	9
Enxofre	1,3	1,5
Óxido de zinco	1,6	1,2
Óleos aromáticos	6	3,8
Malha de aço	11,4	18
Malhas têxteis	4,7	14
Outros	4	-

Fonte: JRC-IPTS (2010)

Posteriormente, os PU podem ser encaminhados para recauchutagem ou reutilização, em que o PU é objecto de processo industrial de acordo com as especificações técnicas aplicáveis, com vista à sua reutilização, sendo de novo colocado no mercado. Neste caso, o pneu recauchutado é designado como PR.

Finalmente, consideram-se pneus em fim de vida (PFV), todos os PU que, não estando aptos para ser reutilizados e/ou recauchutados, são encaminhados para um destino adequado (reciclagem ou valorização energética).²

De acordo com a ETRMA, a geração de PU na UE em 2011 foi cerca de 3,1 milhões de toneladas, 19% dos quais foram encaminhados para reutilização, exportação ou recauchutagem, sendo os restantes 81% considerados efectivamente como PFV (Figura 4). Este valor representa cerca de 0,14% do total de resíduos gerados na UE (Eurostat,2013a), um valor que se mantém relativamente estacionário desde 2006.



² Neste relatório o termo PU é aplicado de modo a abranger todos os pneus usados, quer estes venham a ser encaminhados para recauchutagem ou valorização. Os termos PR e PFV são aplicados para designar, especificamente, pneus recauchutados ou pneus encaminhados para valorização (e que, portanto, não estariam em condições para serem recauchutados).

Figura 4 – Evolução da geração de pneus em fim de vida na UE

Fonte: ETRMA (2012c)

Em termos médios, em 2011, a capitação na UE27 de PU rondava os 6,29 kg/hab.ano e a capitação de PFV rondava os 5,07 kg/hab.ano (ETRMA, 2012c) (Figura 5). Considerando os dados fornecidos pelo Eurostat, é possível verificar que estes resultados acentuam a tendência de decréscimo, face a anos anteriores, que pode estar associado ao abrandamento na venda de automóveis em território Europeu (Euractiv, 2013).

**Figura 5 – Evolução da capitação de pneus em fim de vida na UE**

Fonte: Eurostat(2013); 2011 – ETRMA (2012c)

No entanto, a produção de PFV *per capita* varia bastante entre os Estados Membros, desde 10 kg/hab.ano na Finlândia até aos 3 kg/hab.ano na Bulgária, Holanda e Roménia. Em Portugal, a produção de PU em 2011 situava-se nas 90.000 toneladas, a de PR em 17.000 toneladas e a de PFV em 72.000 toneladas (ETRMA, 2012c) – o que se traduz na produção de 7 kg/hab.ano de PFV.

2.2.3 Gestão

De acordo com as estatísticas da ETRMA (2012c) desde 1996 mais de 24 milhões de toneladas de PU foram valorizados sob a forma energética ou material. Na UE, em 2011, apenas 4,8% dos PU produzidos foram depositados em aterro, sendo que 37,6% foram valorizados energeticamente, 38,3% reciclados, 9,2% recauchutados e 10,1% exportados ou reutilizados (ETRMA, 2012d). A Figura 6 apresenta a evolução dos principais destinos associados à gestão de PU na Europa.

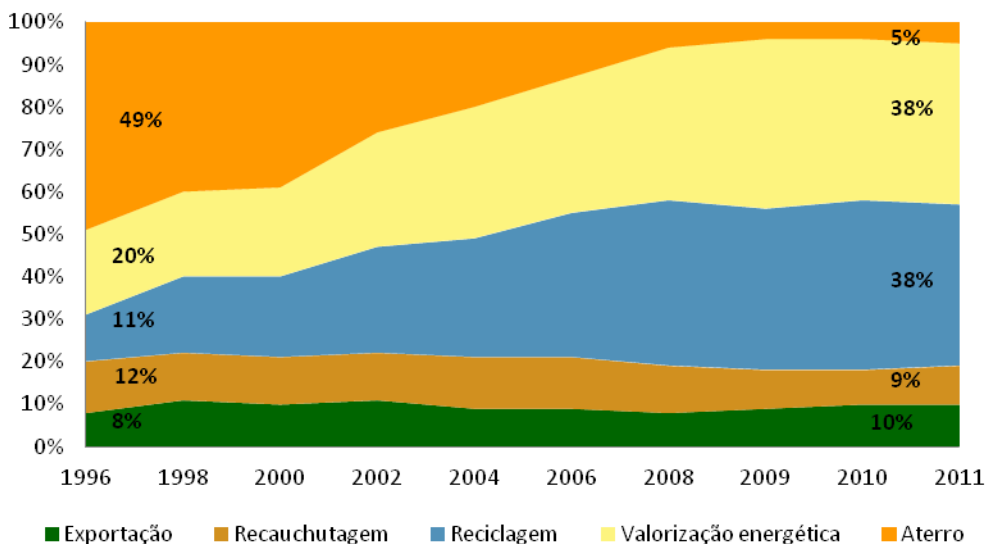


Figura 6 – Evolução da gestão de pneus usados na UE

Fonte: ETRMA (2012d)

A taxa de reciclagem nos Estados Membros varia igualmente de forma considerável. Por exemplo, em 2011, a Dinamarca, a Finlândia e a Eslováquia apresentaram taxas de reciclagem acima dos 90%, enquanto a República Checa, a Itália e a Roménia apresentaram taxas de reciclagem abaixo dos 30%. Em Portugal, a taxa de reciclagem medida de forma equivalente foi de 52,2%.

Actualmente, existem várias tecnologias associadas à reciclagem e valorização de PFV que possibilitam a extracção dos materiais constituintes dos pneus ou a utilização do poder calorífico dos materiais para a produção de energia. As principais tecnologias são sumarizadas em seguida.

2.2.3.1 Recauchutagem

A recauchutagem é uma “operação pela qual um pneu já utilizado, após cumprir o seu ciclo de vida para o qual foi projectado e concebido, é reconstruído de modo a permitir a sua utilização para o mesmo fim para que foi concebido” (Decreto-Lei n.º 111/2011).

O processo de recauchutagem consiste essencialmente na realização das seguintes operações:

1. Inspeção inicial.
2. Grosagem.
3. Reparação da estrutura.
4. Aplicação dos novos materiais na área do piso.
5. Vulcanização.
6. Inspeção final.

A inspeção inicial envolve a análise do pneu usado para aferir a capacidade técnica para ser sujeito à operação de recauchutagem. Para esse efeito são utilizados meios visuais e equipamentos especializados, como sejam a xerografia (essencialmente em pneus pesados).

Na grosagem, o piso remanescente do pneu a ser sujeito a recauchutagem é removido por raspagem, sendo-lhe conferidos os parâmetros geométricos pretendidos e a textura adequada para receber os novos materiais.

De seguida, caso no processo de inspecção inicial se tenham detectado furos ou outros problemas na estrutura do pneu, mas que não são impeditivos do processo de recauchutagem, estes são reparados.

Posteriormente segue-se a fase de aplicação dos novos materiais que irão constituir o piso do pneu, que poderão variar entre:

- **Piso perfilado**, extrudido diretamente ou não (porção de material extrudido aplicado sobre a carcaça para obtenção do perfil desejado);
- **Tira orbital** (tira de material extrudido diretamente sobre a carcaça e aplicada por enrolamento até obtenção do perfil desejado);
- **Piso pré-vulcanizado** (piso previamente moldado e vulcanizado que será ligado à carcaça por meio de uma camada adesiva de borracha de ligação).

Segue-se a vulcanização dos materiais do novo piso aplicado ou dos materiais ligantes do piso pré-vulcanizado, operação na qual as propriedades físicas dos compostos de borracha aplicados são modificadas.

Os processos de recauchutagem existentes são os seguintes:

- **Talão - Talão (molde integral)** - Substituição do piso e renovação da parede lateral, incluindo toda ou parte da zona baixa do pneu. Neste processo, a carcaça, após preparada, é revestida por borracha não vulcanizada e as paredes laterais são igualmente cobertas por uma camada para um melhor acabamento lateral. Após correcta aplicação dos novos materiais é dada uma forma ao piso e às paredes laterais através da inserção da carcaça num molde onde é vulcanizada a borracha;
- **Recauchutagem simples (molde não integral)** - Substituição do piso, recobrimo o material novo igualmente uma parte da parede lateral. Neste processo é aplicada borracha ao longo de toda a zona de piso do pneu, dando-se forma ao piso num molde, onde ocorre a vulcanização da borracha;
- **Rechapagem (pré-vulcanizado)** - Substituição do piso. Neste processo, após preparação é aplicada à carcaça uma camada de borracha de ligação, sobre a qual assentará um piso já moldado (pré-vulcanizado).

Finalmente, é realizada a inspecção final do pneu recauchutado de modo a garantir que apenas os pneus recauchutados que cumprem as normas e especificações do Recauchutador e da indústria são encaminhados para os circuitos comerciais de venda de pneus recauchutados.

À semelhança dos pneus novos, os pneus recauchutados são homologados através de elevados padrões de exigência. O sistema de homologação das unidades de recauchutagem visa credibilizar o sector de recauchutagem estabelecendo regras comuns e promovendo a melhoria e qualidade do processo.

Segundo Sienkiewicz *et al.* (2012) a recauchutagem apenas requer cerca de 30% da energia e 25% das matérias-primas necessárias para produzir novos pneus, sendo por isso economicamente e ambientalmente interessante. Adicionalmente, possui o benefício de ser um processo com poucos

resíduos, sendo o único subproduto a borracha virgem que pode ainda ser utilizada para produção de compósitos poliméricos ou aplicações na indústria de construção.

2.2.3.2 Valorização energética

A valorização energética é uma forma simples de valorização de PFV ou outros produtos derivados de borracha. A aplicação de PFV como combustível insere-se na denominação genérica de CDR – Combustíveis Derivados de Resíduos, sendo que internacionalmente é utilizada a denominação *Tyre Derived Fuel* (TDF).

Os PFV possuem um poder calorífico entre 26-30 MJ/kg (Aliapur, 2011), o que torna este material competitivo face a outros tipos de combustíveis derivados de resíduos primários. Neste contexto, a indústria cimenteira é um dos maiores consumidores deste tipo de material, sendo que as temperaturas elevadas atingidas nos fornos (>1200°C) asseguram a combustão dos componentes do PFV, restando elementos minerais incombustíveis na matriz do clínquer.

Já no que diz respeito a emissões decorrentes da co-incineração de PFV existem algumas referências na literatura, tal como indica Rahman *et al.* (2012), que apresentam resultados contraditórios sobretudo no que diz respeito às emissões de SO₂, NO_x, metais, dioxinas e furanos. Já no que respeita às emissões de CO, a maioria dos casos aponta para um aumento, em média, de 35% destas emissões face à combustão de carvão (Rahman *et al.*, 2012). De igual modo, as emissões de HCl e Zinco também são normalmente mais elevadas.

Além das cimenteiras, os PFV são também utilizados como combustível na produção de vapor, energia eléctrica, papel, cal e aço, uma vez que, segundo Sienkiewicz *et al.* (2012), a co-combustão de carvão com granulado de borracha melhora a eficiência térmica de caldeiras e fornos e os gases e partículas emitidos não excedem os limites permitidos.

2.2.3.3 Reciclagem mecânica

A reciclagem mecânica de PFV envolve a obtenção de um granulado de borracha através da moagem mecânica e granulação através de trituradores, moinhos, granuladoras de facas e laminadoras com rolamentos cortantes. Estas máquinas são configuradas numa linha de processamento que permite a repetição da moagem dos resíduos até alcançar a granulometria necessária.

Com esta tecnologia, o granulado pode chegar aos 0,3 mm de tamanho, sendo caracterizado por uma superfície bastante irregular. Tipicamente, estas linhas de processamento possuem tecnologias acopladas (e.g. electroimanes) que permitem a separação das fibras têxteis e aço fragmentado.

2.2.3.4 Reciclagem criogénica

A reciclagem criogénica envolve a utilização de azoto líquido para arrefecer os PFV previamente fragmentados, a uma temperatura abaixo da transição vítrea da borracha natural presente nos pneus. Entre os -60°C e -100°C, a borracha torna-se bastante frágil e é assim facilmente processada em moinhos de martelos, transformando-se num granulado fino que pode ir até aos 75 µm (Liang e Hao, 2000; Sharma *et al.*, 2000; Sienkiewicz *et al.*, 2012). Neste caso, a superfície do granulado é bastante lisa, com extremidades cortantes.

Apesar de se obter um material com boa qualidade, o grau de humidade é igualmente maior (12-15% em massa), o que pode condicionar a sua utilização no fabrico de produtos, caso não seja sujeita a secagem prévia. No entanto, a principal desvantagem deste método é o custo associado ao azoto líquido (por exemplo, Sharma *et al.*, (2000) refere em média, um consumo específico de 0,9 kg de azoto por kg de borracha a tratar), o que, à partida, o pode tornar economicamente menos competitivo que o processamento mecânico.

2.2.3.5 Outras tecnologias

Existem outras tecnologias actualmente a serem utilizadas na Europa, mas que não se encontram muito difundidas, como por exemplo a pirólise, a moagem húmida ou o corte por jacto de água. Tal deve-se sobretudo por uma de duas razões: 1) o seu custo ainda é muito elevado, quando comparado com outras opções disponíveis; 2) os benefícios gerados não são suficientes para suprir os impactes decorrentes da utilização dessa tecnologia.

A pirólise, por exemplo, baseia-se na decomposição dos elastómeros contidos na borracha, através do aquecimento dos PFV a 400-700°C na ausência de oxigénio, em câmaras com atmosfera controlada em gás neutro (sobretudo azoto) (Rodriguez *et al.*, 2001; Berrueco *et al.*, 2005). Gera uma série de compostos químicos comercializáveis, que podem ser utilizados nas indústrias do ferro, aço, energia ou petroquímicas. Actualmente, esta tecnologia tem associado custos elevados e o preço dos produtos resultantes não é competitivo face às opções existentes no mercado (Rodriguez *et al.*, 2001; Berrueco *et al.*, 2005).

A moagem húmida é uma variante relativamente tradicional à moagem mecânica, no sentido em que é moída uma solução de granulado em suspensão aquosa. Para tal são utilizados equipamentos de moagem que esmagam o granulado, sendo que a água permite o arrefecimento automático das mós e do material processado. Com este processo pode-se obter dimensões de granulado entre os 10-20 µm, com elevada superfície específica.

O corte por jacto de água foi desenvolvido para a reciclagem de PFV oriundos de veículos pesados. É utilizado um jacto de água a alta velocidade, com uma pressão acima de 2000 bares, que desfia a borracha dos pneus. A principal vantagem é ser um método preciso, sendo capaz de separar a borracha formada pela membrana que rodeia a malha de aço do pneu do material de borracha a partir do qual foram feitas as bandas de rodagem e as paredes do mesmo (Sienkiewicz *et al.* 2012).

2.2.3.6 Aplicações

No que diz respeito à reciclagem de PFV, os mesmos podem ser reutilizados/reciclados inteiros em aplicações específicas, ou o granulado derivado pode ser integrado em outros produtos. Existem aplicações que utilizam o PFV inteiro, na sua forma original, sem aplicar nenhum tipo de processamento, por exemplo, como barreiras protectoras em estradas e auto-estradas ou para protecção de deslizamentos de terras. No caso do chip de pneu, as suas propriedades isolantes, gravidade específica baixa, e resistência a vários factores ambientais torna este material adequado para substrato de estradas, isolamento térmico de edifícios e enchimento de estruturas como túneis, passagens subterrâneas ou muros de retenção (Hazarika *et al.*, 2010).

O granulado ou pó de borracha pode ser utilizado como *filler* de pisos desportivos sintéticos (Gomes *et al.*, 2010), em substituição de outras borrachas, mas igualmente na composição e misturas de asfalto. Neste caso, a incorporação de granulado melhora a qualidade da superfície do asfalto, torna-o termicamente mais estável e resistente à deterioração, bem como melhora a sua elasticidade e reduz o ruído associado ao tráfego automóvel (Xiao and Amirkhanian, 2010; Sienkiewicz *et al.* 2012).

Este material pode também ser incorporado no cimento, alterando as propriedades do mesmo no que diz respeito à resistência à tracção, isolamento térmico e acústico, e resistência a cargas dinâmicas (Bravo e Brito, 2012; Meshgin *et al.*, 2012).

2.3 A GESTÃO DE PNEUS USADOS EM PORTUGAL

2.3.1 O SGPU

Em Portugal, a gestão de PU encontra-se sujeita ao princípio da responsabilidade alargada do produtor (RAP), sendo que os produtores e importadores de pneus são obrigados a organizar e gerir um sistema integrado de PU com vista ao cumprimento dos objectivos de gestão definidos em legislação nacional, nomeadamente no que concerne a metas de recolha, reutilização e recauchutagem e reciclagem de PU.

Para dar resposta aos requisitos legais, os produtores na acepção do Decreto-Lei n.º 111/2001 de 6 de Abril, que aplicou o princípio da RAP à gestão de PU no nosso país, organizaram-se através da ACAP com outras associações do sector dos pneus e criaram a 27 de Fevereiro de 2002 a Valorpneu – Sociedade de Gestão de Pneus Lda., que é uma sociedade por quotas e sem fins lucrativos, licenciada em Outubro de 2012 para gerir o SGPU.

O SGPU é um sistema articulado de processos e responsabilidades que visa o correcto encaminhamento dos PFV, promovendo a recolha, separação, retoma e sua valorização. Este sistema é financiado pela cobrança de um Ecovalor, discriminado na factura aquando da venda de pneus.

No SGPU, os Pontos de Recolha da rede são locais de armazenamento temporário de PU, os quais funcionam como um “reservatório” a montante dos valorizadores. Estes operadores são a primeira face visível do SGPU e aceitam livres de encargos quaisquer tipos de pneus provenientes dos detentores (distribuidores, particulares, oficinas, etc.). Os Recicladores e Valorizadores Energéticos fecham o ciclo do SGPU, recebendo os PFV provenientes dos Pontos de Recolha e processando-os em granulado de borracha (recicladores) ou transformando-os em energia (valorizadores energéticos), dando-lhes assim um destino adequado. O transporte dos PFV desde os Pontos de Recolha até aos Valorizadores é controlado e financiado pela Valorpneu (Figura 7).

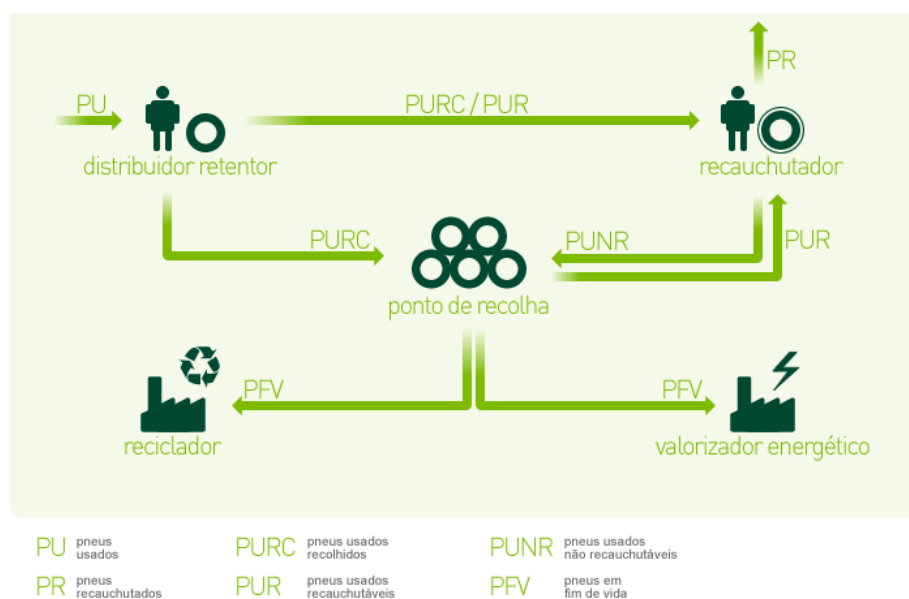


Figura 7 – O SGPU

Fonte: Valorpneu (2013)

Deste modo, o SGPU contempla não só actividades que são subsidiadas total ou parcialmente pela Valorpneu (e.g. valor de contrapartida de 25 €/t pago aos pontos de recolha pelo serviço de armazenamento temporário e expedição) e que estão sobre o seu controlo directo, mas igualmente as actividades que funcionam numa lógica de mercado pura, como a recauchutagem ou a venda de pneus para reutilização (pneus meio-piso). Nestes últimos casos, a Valorpneu apenas monitoriza e controla essas actividades no quadro das responsabilidades atribuídas pelo Estado Português. Este é também o caso da venda dos produtos obtidos com a reciclagem (granulado de borracha, aço e têxtil).

Como referido, o sistema é financiado com recurso a um Ecovalor por cada pneu colocado no mercado nacional, que é aprovado pelo Estado Português (Tabela 3).

Tabela 3 – Ecovalores praticados (2011)

Código	Categoria	€/pneu
T	Ligeiro de passageiro/Turismo	1,00
4X4	4X4 "on/off road"	1,99
C	Comercial	1,57
P	Pesado	7,81
A1	Agrícola (diversos)	2,55
A2	Agrícola (rodas motoras)	9,47
E1	Industrial (8" a 15")	2,74
E2	Maciço (<= 15")	4,10
G1	Engenharia Civil (<24") e Maciços (16" a 23")	8,91
G2	Engenharia Civil (>=24") e Maciços (>=24")	36,54
M1	Moto (> 50 cc.)	0,67
M2	Moto (até 50 cc.)	0,23
F	Aeronaves	1,00
B	Bicicletas	0,07

Fonte: Valorpneu (2012)

Em 2011, o volume de negócios da Valorpneu foi de 9.081.006 €, sendo os gastos operacionais de 8.310.268 €, que serviram para financiar as actividades de armazenamento temporário em pontos de recolha, transporte, fragmentação, reciclagem e valorização energética.

2.3.2 Produção de pneus usados

Em 2011, foram introduzidas no mercado nacional por produtores aderentes ao SGPU um total de 7.048.377 unidades de pneus novos e em 2ª mão, o que correspondeu a um peso de 72.785 toneladas (Tabela 4). Estes valores traduzem uma diminuição acentuada dos pneus colocados no mercado em relação ao ano anterior, de -13,0% em termos de unidades e -12,6% em peso. Tal comportamento deveu-se a uma forte retracção tanto do mercado de pneus de substituição, como do mercado de pneus que equipam veículos novos e principalmente devido à evolução negativa que ocorreu a nível das categorias ligeiros de passageiros, comerciais e pesados (Valorpneu, 2012).

Tabela 4 – Pneus novos colocados no mercado no âmbito do SGPU (2011)

Código	Categoria	Pneus novos (unid.)	Pneus novos (t)
T	Ligeiro de passageiro/Turismo	4.392.262	36.317
4x4	4x4 "on/off road"	244.799	3.573
C	Comercial	587.980	7.449
P	Pesado	270.977	16.497
A1	Agrícola (diversos)	74.841	1.581
A2	Agrícola (rodas motoras)	38.947	2.965
E1	Industrial (8" a 15")	22.274	322
E2	Maciço (<=15")	21.695	546
G1	Eng. Civil e Maciços (<24")	2.265	141
G2	Eng. Civil e Maciços (>=24")	4.829	1.393
M1	Moto (>50cc.)	158.161	824
M2	Moto (até 50cc.)	399.695	671
F	Aeronaves	1.216	10
B	Bicicletas	828.436	497
	Total	7.048.377	72.785

Fonte: Valorpneu (2012)

Em relação aos PU gerados, em 2011 estima-se que 7,21 milhões de unidades tenham sido geradas no âmbito do SGPU, correspondente a 78.881 toneladas (Tabela 5). Destas, 53 kt dizem respeito a pneus oriundos da substituição por pneus novos, 17,1 kt a pneus provenientes da substituição por PR e 15,5 kt a pneus oriundos de PFV. Dos quantitativos referidos 6,7 kt foram exportados (Valorpneu, 2012).

Tabela 5 – Pneus usados gerados no âmbito do SGPU (2011)

Código	Categoria	PU (unid.)	PU (t)
T	Ligeiro de passageiro/Turismo	4.458.915	32.283
4x4	4x4 "on/off road"	223.187	2.848
C	Comercial	561.540	6.233
P	Pesado	551.664	29.481
A1	Agrícola (diversos)	70.808	1.309
A2	Agrícola (rodas motoras)	35.233	2.345
E1	Industrial (8" a 15")	24.281	308
E2	Maciço (<=15")	18.289	276
G1	Eng. Civil e Maciços (<24")	4.596	250
G2	Eng. Civil e Maciços (>=24")	7.846	1.962
M1	Moto (>50cc.)	138.599	632
M2	Moto (até 50cc.)	380.995	560
F	Aeronaves	1.040	8
B	Bicicletas	733.283	389
	Total	7.210.276	78.881

Fonte: Valorpneu (2012)

O fluxo de PU gerados em 2011 acompanhou a evolução que ocorreu a nível dos pneus colocados no mercado, tendo-se verificado um decréscimo de -10,8% no número de unidades de PU gerados e de -11,4% em peso. A diminuição deveu-se principalmente ao comportamento das categorias de ligeiros de passageiros, comerciais e pesados e aos pneus oriundos da substituição por pneus novos, sendo que, no caso dos pneus gerados na substituição por recauchutados, a retracção foi menor (Valorpneu, 2012).

A diferença entre a quantidade de pneus colocados no mercado e a quantidade de PU gerados estimados diz respeito em grande parte aos PR, que são reutilizados várias vezes ao longo do seu ciclo de vida e pelo facto dos pneus terem um tempo de vida médio superior a 1 ano.

Na Figura 8 pode-se observar a evolução destes quantitativos, desde o início do seu funcionamento, em 2003, bem como a evolução da valorização dos PU gerados antes de 2003 no Continente e de 2006 nas regiões autónomas (ano em que se iniciou o sistema nos Açores e na Madeira), e que foram geridas em anos subsequentes (existências) (Valorpneu, 2012).

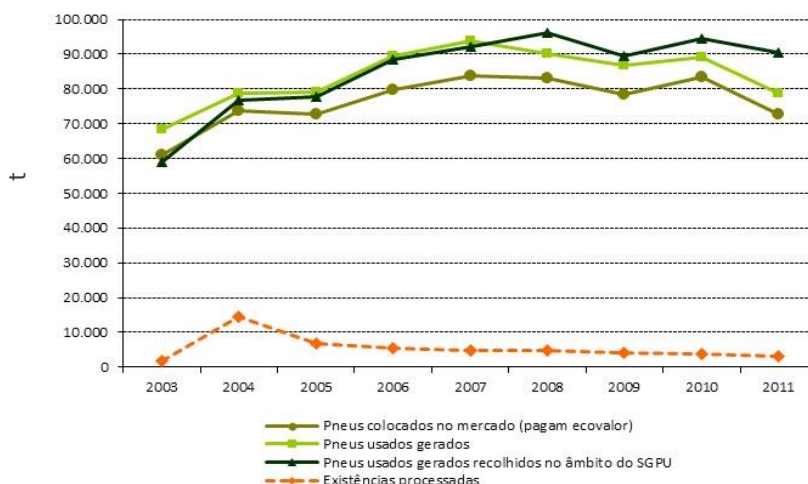


Figura 8 – Evolução da quantidade de pneus colocados no mercado e pneus usados gerados no âmbito do SGPU (t)

2.3.3 Recolha, tratamento e valorização de pneus usados

Um PU adquire o estatuto de resíduo na aceção da alínea ee) do Artigo 3º, do DL 178/2006 com a redacção introduzida pelo DL 73/2011. Deste modo, as origens destes resíduos centram-se sobretudo nos distribuidores onde são vendidos pneus novos ou recauchutados de substituição (troca de “velho” por “novo”), mas igualmente num conjunto de outras actividades, como por exemplo nos centros de abate de VFV.

Em 2011, no âmbito do SGPU e centrado a análise das entidades que encaminharam PU para os pontos de recolha da Valorpneu, verificou-se que o seu número ascendeu a 4.932. Estas entidades encaminharam para a rede de pontos de recolha da Valorpneu, constituída por 40 locais no Continente e 9 nas Regiões Autónomas, um total de 74,7 kt de PU (Valorpneu, 2012).

Considerando os pneus que foram processados em actividades em que a Valorpneu não tem intervenção financeira e operacional (e.g. recauchutadores), em 2011 foi processado um total de aproximadamente 93,4 kt, um valor semelhante ao verificado em 2009 (Valorpneu, 2012).

Neste contexto, a taxa de recolha verificada no SGPU foi de 114,6%, o que significa que a Valorpneu recolheu e tratou pneus provenientes do mercado paralelo e que estão fora da legalidade (não contribuem financeiramente para o SGPU). Esta situação agravou-se em 2011 face ao ano transacto, o que poderá ser eventualmente explicado com a situação económica do país, que leva a que alguns agentes económicos prefiram actuar no mercado paralelo para daí obter vantagens competitivas, com graves consequências económicas não só para o Estado Português, mas igualmente para o SGPU (Valorpneu, 2012).

Tabela 6 – Resultados da Valorpneu (2011)

Resultados da Valorpneu	2011 (ton)	Varição 11/10 (ton)	Varição 11/10 (%)	Média anual 1ª licença
Pneus colocados no mercado:				
No âmbito do SGPU (pagam Ecovalor)	72.785	-10.509	-12,6%	75.653
PU gerados:				
No âmbito do SGPU	78.881	-10.177	-11,4%	83.292
Tratamento dos PU gerados:				
Enviados para recauchutagem	17.071	-1.036	-5,7%	21.636
Enviados para reutilização	563	13	2,4%	1.110
Enviados para reciclagem	47.595	-2.361	-4,7%	39.529
Enviados para valorização energética	25.144	-615	-2,4%	18.367
Enviados para aterro	-	-	-	1.140
Total de pneus usados gerados	90.373	-4.000	-4,2%	81.782
Tratamento das existências:				
Enviadas para reutilização	900	900	-	9
Enviadas para valorização energética	2.094	-1.549	-42,5%	6.159
Enviadas para aterro	-	-	-	210
Total de existências tratadas	2.994	-649	-17,82%	6.378
Total de pneus tratados:				
Usados gerados + existências	93.367	-4.649	-4,7%	88.160

Resultados da Valorpneu	2011(%)	Meta 09/13 (%)	Δ em relação à meta
Taxa de recolha	114,6%	96%	+18,6 pp
Taxa de Prep. p/ Reut. + Recauchutagem	22,4%	27%	-4,6 pp
Taxa de reciclagem	81,9%	69%	+ 12,9 pp

Nota: Taxas de recolha, preparação para reutilização e recauchutagem e reciclagem calculadas com base nas fórmulas de cálculo constantes da licença da Valorpneu.

Os PFV recolhidos nos pontos de recolha foram transportados para valorização final através da rede de transportadores da Valorpneu, nomeadamente para reciclagem (47,6 kt distribuídos por 3 recicladores) e valorização energética (25,1 kt distribuídas por 4 valorizadores energéticos). A estes há que adicionar os PU que foram sujeitos a operações fora da esfera de intervenção financeira e operacional da Valorpneu, nomeadamente a recauchutagem (17,1 kt distribuídos por 30 recauchutadores) e a reutilização (0,6 kt).

Finalmente, de referir que a Valorpneu, que é das mais antigas entidades gestoras de PU a operar na Europa, continua a apresentar níveis de desempenho elevados em relação à média das suas congéneres europeias. Em termos de recauchutagem, Portugal apresenta mais do dobro da taxa média de recauchutagem dos países europeus, sendo igualmente um dos países que mais recicla os seus PFV.

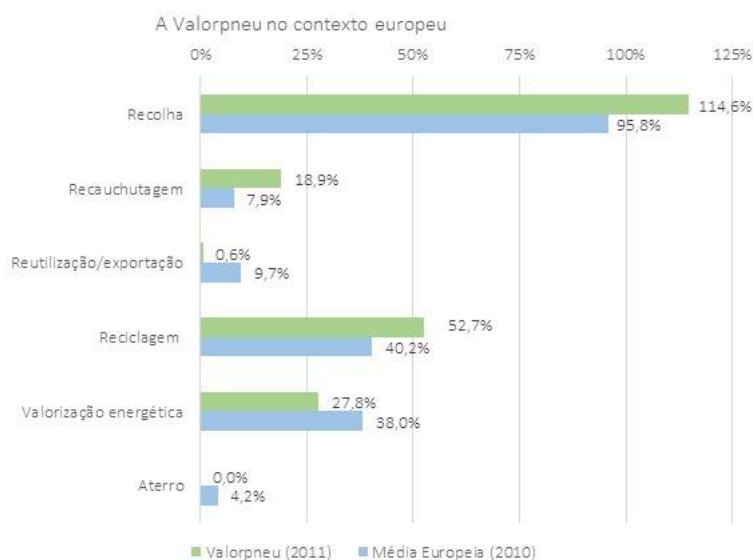


Figura 9 – Comparação entre os resultados de gestão da Valorpneu e os resultados médios europeus

Fonte: Com base em dados da Valorpneu e da ETRMA. Valores de valorização calculados com base no total de pneus geridos nesse ano (Valorpneu, 2012; ETRMA, 2012c)

2.3.4 Perspectivas para a próxima licença

A Valorpneu, à data da elaboração do presente relatório, encontrava-se num processo de revisão da sua licença enquanto entidade gestora do sistema integrado de pneus usados. Neste contexto, a Valorpneu entregou à tutela um caderno de encargos onde apresenta a sua proposta de gestão do SGPU para os próximos anos (Valorpneu, 2013b).

Um dos aspectos apresentados é a estimativa de evolução dos pneus colocados no mercado e da geração de pneus usados, bem como dos destinos previsíveis para os pneus usados recolhidos no âmbito do sistema, tendo em consideração as condições de mercado perspectivadas para os próximos anos, nomeadamente no contexto dos condicionalismos impostos pela actual crise económica.

Desta forma, a perspectiva de resultados do SGPU para os próximos anos é apresentada na tabela seguinte.

Tabela 7 - Estimativa de resultados do SGPU entre 2014 e 2018

Resultados VALORPNEU		Quantidades (kg)				
		2014	2015	2016	2017	2018
A	Pneus colocados no mercado (pagam Ecovalor)	58.507.829	59.385.447	60.454.385	61.784.381	63.143.638
B	Pneus usados gerados	61.364.972	62.285.446	63.406.584	64.801.529	66.227.163
C	Pneus usados gerados recauchutados	11.413.885	10.090.242	9.891.427	10.109.039	10.331.437
D	Pneus usados preparados para reutilização	600.000	600.000	600.000	600.000	600.000
E	Pneus usados gerados reciclados	27.199.963	28.480.196	30.227.336	31.930.266	32.640.916
F	Pneus usados gerados valorizados energeticamente	34.424.118	35.572.097	35.369.138	35.122.530	35.900.242
G	Pneus usados gerados recolhidos no âmbito do SGPU	73.637.966	74.742.536	76.087.901	77.761.835	79.472.596
H	Quantidade total processada no âmbito do SGPU	73.637.966	74.742.536	76.087.901	77.761.835	79.472.596
I	Objectivo de pneus usados a recolher	58.910.373	59.794.029	60.870.321	62.209.468	63.578.076

Cálculo das taxas para aferição dos objectivos	Resultados obtidos						
	Fórmula de Cálculo	Objectivo Proposto	2014	2015	2016	2017	2018
Taxa de Recolha no SGPU	(G/B)	96%	120%	120%	120%	120%	120%
Taxa de Valorização no SGPU	(H/G)	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Taxa de Reciclagem	(D/I)	50%*	46,2%	47,6%	49,7%	51,3%	51,3%

* Objectivo proposto alcançar a partir de 2017, inclusive.

Fonte: Valorpneu (2013b).

Os resultados previstos assentam nomeadamente nos seguintes pressupostos:

- A Valorpneu propõe manter como objectivo recolher pelo menos 96% dos pneus usados gerados no âmbito do SGPU. No entanto, a Valorpneu optou por manter uma percentagem de recolha de 120% para o período 2014 a 2018, mais consentânea com o fluxo de pneus usados anualmente gerados no país, numa perspectiva de aproximação das quantidades de pneus colocados no mercado declaradas à Valorpneu às quantidades que efectivamente surgem anualmente para recolha e tratamento.

- Considerando a recauchutagem e preparação para reutilização como destino privilegiado de encaminhamento de pneus usados no âmbito do SGPU, a quantidade estimada de encaminhamento para estes destinos no período 2014 a 2018 representa uma perspectiva optimista, tendo em conta as condicionantes deste mercado (ver Valorpneu, 2013b), bem como as acções da Valorpneu no sentido de promover a recauchutagem.
- É previsto que, tal como tem sucedido, a Valorpneu continue no período de 2014 a 2018 a valorizar 100% dos pneus usados gerados.
- Tendo em conta os obstáculos provenientes da recessão do mercado dos produtos derivados da reciclagem de pneus, aliados à crise económica que o país atravessa, as quantidades estimadas a encaminhar para este destino sofreram um ajustamento em baixa face a 2011, prevendo-se que venham a recuperar e a atingir uma taxa superior a 50% do objectivo previsto para a recolha, a partir de 2017 (ver Valorpneu, 2013b).

3 ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA SOBRE O CONTRIBUTO AMBIENTAL, ECONÓMICO E SOCIAL DA GESTÃO DE PNEUS USADOS

3.1 FONTES DE INFORMAÇÃO

A análise efectuada no âmbito deste projecto implicou o levantamento de bibliografia de carácter científico e técnico sobre avaliação “triple-bottom-line” (ambiental, social e económica) de sistemas de gestão de PU.

Esta análise recorreu, por exemplo, à consulta de publicações de carácter científico na área da gestão de PU, mas também a publicações de carácter institucional relacionadas com sistemas de gestão de PU e de resíduos em geral (e.g. Agência Europeia do Ambiente, Instituto Nacional de Estatística, etc.)

Como resultados gerais, é possível dizer que não se encontrou estudos que analisem de forma integrada o balanço ambiental, económico e social de sistemas de gestão de PU em economias locais, regionais ou nacionais.

Existem alguns documentos que abordam questões económicas, ambientais e sociais ligadas à promoção de mercados de materiais reciclados (OCDE, 2006) ou estudos de validação técnica, económica e ambiental de políticas/soluções de gestão de PU (Ahmed *et al.*, 1996; Mathews, 2006; JRC-IPTS, 2010; Connor *et al.*, 2013).

A vertente ambiental é, sem dúvida, a área mais explorada no que respeita à avaliação dos impactes e benefícios da gestão de PU. A maior parte da literatura recolhida diz respeito a estudos de ACV de opções de gestão de PU (e.g. reciclagem vs. valorização energética), tecnologias de reciclagem (e.g. reciclagem criogénica vs. reciclagem mecânica) ou produtos que incorporam resíduos derivados de PFV (e.g. betuminosos asfálticos com e sem integração de granulado de borracha).

No que diz respeito à vertente económica, os estudos existentes estão sobretudo limitados a análises do mercado de PU ou aplicações derivadas (e.g. recauchutagem, aplicações de granulado de borracha, etc.). Estes estudos são, na sua maioria, conduzidos para associações internacionais como a ETRMA (2012a, 2012c) ou a OCDE (2006).

Finalmente, **o balanço social associado à gestão de PU é apenas abordado superficialmente em alguns estudos de mercado** (e.g. OCDE, 2006) ou na avaliação de políticas e estratégias de gestão de resíduos em termos gerais (e.g. Mathews, 2006; Connor *et al.*, 2013).

3.2 CONTRIBUTOS AMBIENTAIS

As economias são construídas em torno da utilização e transformação de recursos naturais renováveis (e.g. madeira, papel, etc.) e não renováveis (e.g. combustíveis, minerais, etc.). No último século, as melhorias do nosso padrão de vida foram alicerçadas no aumento do consumo de recursos naturais

(aumento num factor de 8 (EEA, 2012a)), sobretudo os não renováveis (Figura 10). De igual modo, este aumento significou um aumento da produção de resíduos, com consequências ambientais.

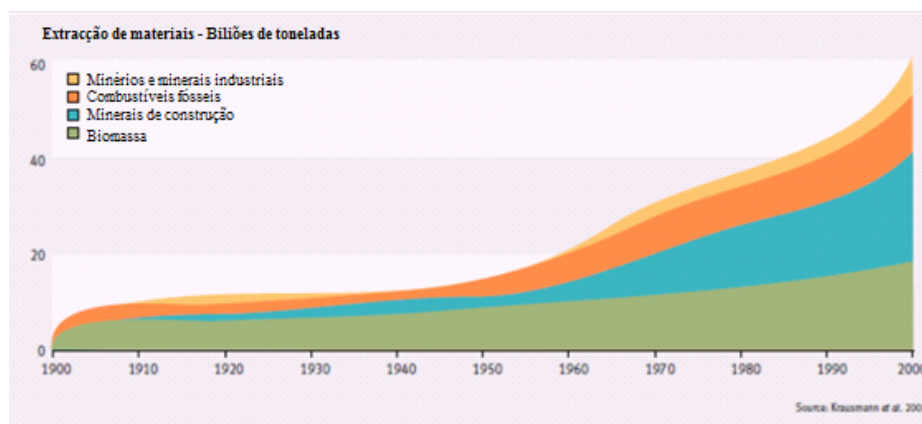


Figura 10 – Extracção de materiais ao nível global (10^9 toneladas/ano)

Fonte: Com base em UNEP (2012b) e Kausmann *et al.* (2009).

Os problemas ambientais relacionados com os resíduos não estão directamente associados à sua produção *per se*, apesar de esta ser uma medida importante da eficiência com que a economia usa os seus recursos e produz bens e produtos úteis (Ribeiro, 2008). As questões mais relevantes surgem quando os resíduos não são reaproveitados (perda de recursos) e a sua gestão não é realizada de forma adequada, originando impactes ambientais (Ribeiro, 2008).

De facto, os resíduos são um recurso potencial quando são reutilizados, reciclados ou valorizados; quando eliminados, constituem uma perda de recursos (EEA, 2012a). Na Figura 11 apresenta-se a inter-relação entre o uso de recursos naturais e a produção de resíduos numa economia, segundo uma perspectiva de Análise do Fluxo de Materiais (AFM)³.

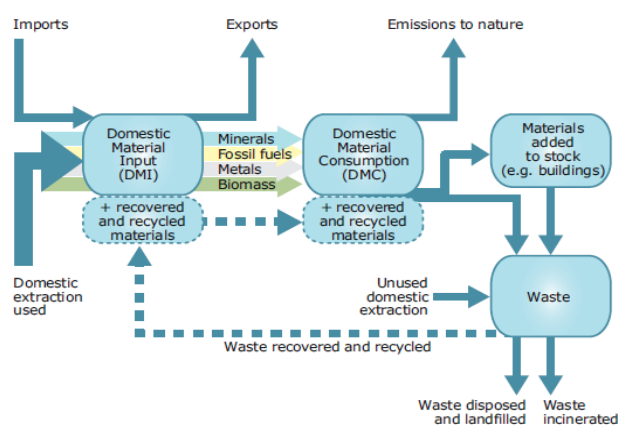


Figura 11 – Ligações existentes entre o uso de recursos naturais e a produção de resíduos numa economia

Fonte: EEA (2012a).

³ *Material Flow Analysis (MFA)*, em inglês, é uma ferramenta que tem como a unidade de análise a economia de um país ou região, analisando o seu metabolismo pelo estudo das entradas, saídas e o comportamento do stock de materiais (Ribeiro, 2008).

Actualmente, a sociedade contemporânea é ainda ineficiente na forma como usa os seus recursos: uma grande quantidade de resíduos é ainda produzida, bem como emissões para a atmosfera e água, e apenas uma parte dos produtos e materiais utilizados são reintroduzidas no sistema económico (Ribeiro, 2008).

Neste contexto, torna-se importante compreender de que modo os actuais sistemas de gestão de resíduos contribuem para melhorar a eficiência na utilização de recursos, de que modo podem vir a ser melhorados e que lições podem ser extraídas para outras áreas da sociedade.

No caso específico de sistemas de gestão de PU, a avaliação ambiental destes sistemas é abordada em alguns estudos prospectivos (e.g. Ahmed *et al.*, 1996; ICF, 2005; OCDE, 2005; Mathews, 2006; Connors *et al.*, 2013), centrando-se sobretudo em comparações de desempenho baseados em ACV e em duas temáticas complementares⁴:

1. Comparação de tecnologias de valorização, e.g. reciclagem mecânica, co-incineração, etc.;
2. Comparação das aplicações dos produtos derivados dos PFV, e.g. utilização de granulado de borracha na construção de pavimentos de segurança, uso como combustíveis, etc.;

Neste contexto, e apesar de serem referidos alguns sistemas de gestão de PU específicos, como o sistema Francês (Clauzade, 2010), Sueco (Rafique, 2012) ou Espanhol (Uruburu *et al.*, 2013), apenas é analisada uma fracção do mesmo, pelo que não é possível captar a totalidade do impacte/benefício ambiental originado por esses sistemas.

Seguidamente são apresentadas as principais conclusões associadas à análise bibliográfica efectuada e como contraponto aos resultados alcançados, são igualmente indicadas as principais consequências associadas a uma gestão deficiente de PU.

Estudos que se direccionam a aspectos específicos relacionados com a deposição, tratamento ou uso dos PU (e.g. estudos de ruído de asfaltos produzidos com misturas betuminosas com borracha (MBB) (Cao, 2007), estudos de lixiviação de pavimentos fabricados a partir de materiais derivados de PU (Vallette, 2012), etc.) dado estarem fora do âmbito de análise do projecto, não são analisados no presente capítulo.

3.2.1 Comparação de tecnologias de valorização

Tal como descrito anteriormente, existe uma grande variedade de literatura científica associada à avaliação de ciclo de vida de opções de gestão/tecnologias de PU.

A primeira conclusão é que a grande maioria dos estudos centra-se na comparação entre os impactes/benefícios associados ao processamento de PFV para reciclagem vs. encaminhamento para valorização energética ou co-incineração.

A segunda diz respeito ao facto de muitos estudos replicarem dados associados a algumas referências chave, encontrando-se as mesmas discriminadas na tabela seguinte. A mais relevante diz respeito à análise levada a cabo por Corti e Lombardi (2004) e que possui, no total, cerca de 40 citações. Neste

⁴ A recauchutagem está incluída em ACV nos comparativos de aplicações de materiais derivados de PU, pelo que neste subcapítulo são analisadas tecnologias associadas ao processamento de PFV

contexto, optou-se por focar a análise bibliográfica nestas mesmas referências, uma vez que o valor acrescentado associado a uma análise detalhada da restante bibliografia não seria significativo.

A terceira conclusão é que as fronteiras dos estudos de ACV das tecnologias de processamento não encapsulam uniformemente e de um modo integrado os benefícios associados a cada tecnologia, o que implica que as conclusões retiradas devam ser usadas com cuidado. Por exemplo, quando é analisada a valorização energética ou a co-incineração, a maioria dos autores apresentados na tabela seguinte tem em consideração a substituição de combustíveis fósseis na sua avaliação, ao passo que as tecnologias de reciclagem são avaliadas sem ter em consideração os benefícios a jusante do processo que estão associados à substituição de materiais pelo granulado produzido.

Na Tabela 8 apresenta-se uma análise das principais referências analisadas, segundo uma grelha de análise interna que reflecte o mérito ambiental de cada solução tendo em consideração as tecnologias e os indicadores avaliados por cada um dos autores (de 1 = melhor opção até 5 = pior opção). É igualmente providenciado o contexto (região, país) onde essas opções foram consideradas.

Tabela 8 – Grelha de análise ambiental de tecnologias de processamento

Ano	Referência	País	Considera produtos evitados?	Extracção de óleo	Desvulcanização	Valorização energética			Reciclagem		
						Dedicada	Co-incineração	Pirólise	Mecânica ultrasons	Mecânica convencional	Criogénica
2006	Silvestraviciute e Karaliunaite	Lituânia	Combustível na VE				1	2	4	5	3
2004	Corti e Lombardi	Itália	Combustível na VE, Materiais de enchimento na Reciclagem			2	1			3	4
2010	Li et al	China	Para todas as tecnologias, substituição directa de matérias-primas (e.g. SBR, SBS, ferro, diesel, negro de fumo)	4	3			1		2	
2012	Korinek et al	República Checa	Combustível na VE, inclui transporte e produção do pneu				3	1		2	

Nota: Os estudos referidos incluem várias categorias de impacto.

Dos documentos referidos, pode-se inferir que existe uma preferência pelas tecnologias de valorização energética, em termos agregados, face às tecnologias de reciclagem. No entanto, **não é possível comparar os resultados directamente entre si, devido a estes apresentarem âmbitos e objectivos distintos, o que têm influência nos resultados obtidos.**

Por exemplo, os contextos regionais são diferentes (e.g. o mix de electricidade varia), e existem algumas actividades que são excluídas de um estudo mas incluídos em outros (e.g. transporte). Mas o facto mais relevante é que alguns estudos não consideram os benefícios gerados pela substituição de produtos (e.g. granulado de borracha), ou, quando o fazem, o mix associado a esses produtos evitados é distinto.

Por exemplo, o balanço ambiental apresentado por Corti e Lombardi (2004) relativo às emissões de GEE apresenta como a tecnologia mais favorável a combustão de PFV para produção de electricidade em detrimento da co-incineração e reciclagem (Figura 12).

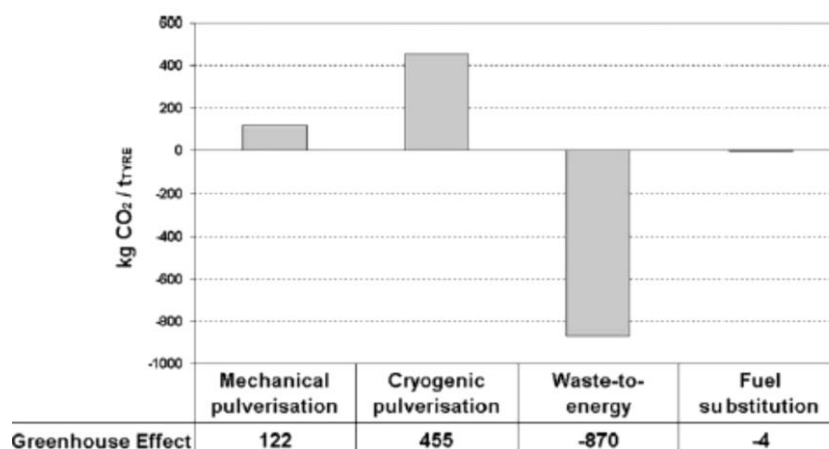


Figura 12 – Comparação do efeito de emissão de GEE para quatro tecnologias de tratamento de pneus usados

Fonte: Corti e Lombardi (2004)

Os resultados apresentados por Corti e Lombardi (2004) são bastante influenciados pelas escolhas metodológicas. Por exemplo, ao nível das tecnologias de valorização energética, a análise é realizada comparando o efeito marginal de utilizar o combustível base e utilizar o combustível base com uma determinada fracção de PFV.

Segundo os autores, no caso da incineração dedicada, os resultados reflectem os impactes evitados de produzir electricidade de combustíveis tradicionais, embora não se consiga identificar o mix e características das emissões evitadas ou como estes resultados foram obtidos.

No caso da co-incineração, o efeito analisado apenas teve em consideração as diferenças marginais medidas pela combustão de combustíveis para algumas substâncias. Por outro lado, no caso das emissões de dióxido de carbono, no artigo não se identificam emissões diferenciadas entre os dois tipos de combustíveis analisados (carvão e PFV), pelo que infere-se igualmente que os autores não tiveram em conta, por exemplo, o facto de parte do dióxido proveniente da queima de PFV ter origem biogénica (devido à borracha natural) e como tal, dever ser considerado de forma diferente para efeitos de avaliação de impacte.

Nos casos das duas tecnologias de reciclagem consideradas, pela leitura do documento infere-se que os únicos impactes evitados que foram considerados foram a reciclagem do aço obtido dos PFV, não tendo em atenção aos usos e benefícios potenciais do granulado de borracha produzido, que é o principal produto da operação.

Outro exemplo é Li *et al.* (2010), que analisou 4 soluções de encaminhamento de PU na China, nomeadamente a pirólise, a reciclagem mecânica, a reciclagem mecânica seguida de um processo de desvulcanização e a extracção de óleos. Os autores verificaram que para cada uma das opções, os resultados obtidos são bastante dependentes de dois factores. O primeiro tem a ver com os impactes indirectos relacionados com a electricidade consumida nos processos de valorização. O segundo tem a ver com os produtos evitados, que para além do ferro recuperado, inclui igualmente o SBR, o SBS, o

negro de fumo e o diesel, consoante os processos em causa, com rácios de substituição que variam igualmente com cada material (Figura 13).

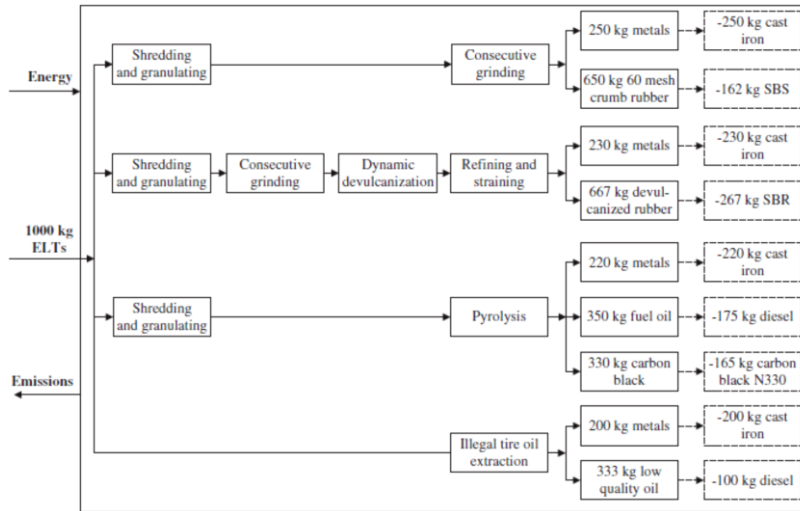
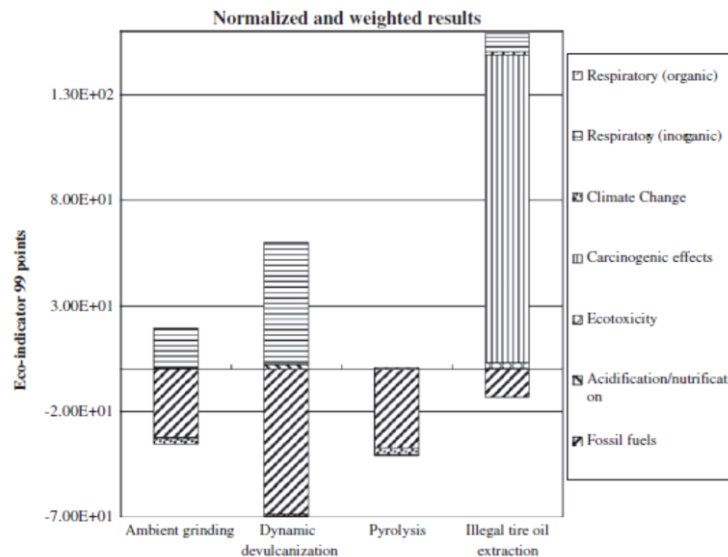


Figura 13 – Fronteiras da ACV de quatro tecnologias de tratamento de PFV na China

Fonte: Li *et al.* (2010)

A ordem de mérito das tecnologias varia consoante as categorias de impacto consideradas. Por exemplo, em termos das alterações climáticas é referido que a tecnologia com melhor desempenho é a reciclagem mecânica, sendo que os autores procederam igualmente à normalização dos resultados e sua ponderação através do método Eco-indicador 99, onde com base nestes resultados é apresentada uma preferência pela pirólise (Figura 14).



Nota: valores negativos indicam benefício ambiental

Figura 14 – Comparação dos impactes totais para quatro tecnologias de tratamento de pneus em fim de vida na China

Fonte: Li *et al.* (2010)

Tal resultado é bastante influenciado pelas categorias de emissão atmosférica de substâncias inorgânicas, nomeadamente das partículas, dos SO_x e dos NO_x, que têm origem nas centrais térmicas que produzem a electricidade consumida nos vários processos e que na China são altamente poluentes devido ao tipo de combustível e tecnologia envolvida. Deste modo, considerando ainda que os autores normalizaram os valores com base no nível de emissões médias na Europa⁵, não é de estranhar a relevância desta categoria para os impactes normalizados e ponderados. Por outro lado, em termos dos impactes evitados, assume especial relevância o consumo de combustíveis fósseis que são substituídos no fabrico dos vários materiais (e.g. SBR, diesel, etc.).

Deste modo, a análise realizada permitiu verificar que quando se pretende comparar as várias tecnologias de valorização de PFV, as condições de contexto onde essa análise é realizada são bastantes importantes, bem como a contabilização ou não dos produtos evitados, que variam consoante a tecnologia e os mercados onde estão inseridos os valorizadores.

Desta forma, tendo isto presente, muitos estudos são mais específicos e comparam directamente as aplicações dadas aos PFV, com base nas condições verificadas em cada país. Alguns destes estudos apresentam-se de seguida.

3.2.2 Comparação das aplicações dos produtos derivados dos pneus usados

A avaliação ambiental e comparação de aplicações de materiais derivados de PFV é a temática que surge com maior frequência na bibliografia consultada. Neste caso, existem igualmente algumas referências chave, as quais se encontram identificadas na Tabela 9. Nota-se que existe uma grande predominância de estudos levados a cabo pela indústria de reciclagem (e.g. Genan) ou por instituições públicas ou privadas (e.g. Aliapur, Autoridade de Gestão de Resíduos do Canadá).

A análise bibliográfica seguiu a mesma metodologia apresentada no subcapítulo anterior: uma vez identificadas as principais referências, verificaram-se os resultados alcançados para a avaliação ambiental de cada tipologia de aplicação de PU ou materiais derivados de PFV e atribui-se um ranking mediante esse desempenho em termos agregados.

Tal como pode ser observado na tabela seguinte, a aplicação de granulado na construção de pisos desportivos (relva artificial) é considerada a opção com melhor desempenho ambiental, face às restantes opções em quatro dos estudos apresentados. As posições intermédias são mais variáveis, mas oscilam sobretudo entre a valorização energética por co-incineração, em linha com os resultados alcançados no subcapítulo anterior, e a substituição de borrachas (SBR, LPDE ou HDPE) na indústria de materiais moldáveis.

⁵ Devido a não existirem factores de normalização para a China.

Tabela 9 – Grelha de análise ambiental de aplicações de pneus usados e materiais derivados de pneus em fim de vida

Ano	Referência	Região	Aplicações								
			P. recauchutados	MBB (Asfalto)	Produção de electricidade	Co-incineração (cimento)	Ind. Borracha	Pavimentos /Barreiras	Sistemas de drenagem	Pisos desportivos (relvados)	Piso hipismo
2009/2010	Genan	EU/EUA		2		3		4	5	1	
2010	Hallberg	EU		5	4	2			3	1	
2010	Clauzade et al	EU			4	3	2		5	1	4
2010	Haines et al	Canadá		1*	4	5	3	2			
2011	Fiksel et al	EUA	4	5	4	2	3			1	

* Diz respeito a aplicação em telhas de asfalto (coberturas em edifícios e casas)

No entanto, no caso específico dos MBB, as avaliações tipicamente não entram em linha de conta com o desempenho das estradas com este tipo de materiais, face às soluções convencionais. Tipicamente, o tempo de vida útil é superior, exigindo por isso menos manutenção e, apesar de para o mesmo volume ser necessário uma maior quantidade de betume para a produção do asfalto com borracha, a camada necessária na colocação em estrada é tipicamente menos espessa que no asfalto normal (Cao, 2007; Moreno *et al.*, 2012).

No caso do estudo da GENAN, o produto evitado para a construção da estrada foi modelado como sendo borracha sintética (SBS), sendo que com base neste pressuposto e para as condições locais onde a análise foi realizada (EUA), os resultados comparativos entre a produção de MBB e a co-incineração de resíduos é apresentada na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultados GENAN para comparação entre aplicação de granulado de pneu em asfalto modificado e co-incineração (por tonelada de pneus usados)

Categorias de impacte	Co-incineração	Reciclagem Asfalto
Potencial aquecimento global (kg CO ₂ -eq)	-501	-1487
Combustíveis fósseis (GJ)	-34,2	-56,6
Ferro (kg)	-143	-178
Potencial de acidificação (H+ moles eq)	-277	-825
Eutrofização (kg N eq)	-277	-825
Smog (kg NO _x eq)	-1,52	-6,39
Efeitos respiratórios (kg PM2.5 eq)	-1,04	-1,71

Nota: resultados para abordagem "attributional", curto/médio prazo. Valores negativos indicam benefício ambiental.

Fonte: GENAN (2010)

Como se pode constatar, neste caso os benefícios associados à utilização de granulado de borracha em asfalto em relação à produção de asfalto com borracha virgem são superiores aos benefícios alcançados pela substituição de combustíveis fósseis na produção de cimento.

A análise bibliográfica efectuada permite assim extrair conclusões importantes:

- 1) A grande maioria das aplicações de granulado de PFV gera benefícios ambientais;
- 2) A análise é bastante influenciada por algumas questões de contexto. É o caso das fontes da electricidade consumida e o mix de produtos evitados tendo presente cada aplicação;
- 3) A avaliação ambiental deve ser abordada de modo integrado, por exemplo, as tecnologias não devem ser avaliadas independentemente das potenciais aplicações e as conclusões devem ser limitadas ao sistema em análise;
- 4) Os resultados devem ser acompanhados com a indicação dos principais pressupostos e escolhas metodológicas realizadas (e.g. eficiência do processo (e.g. granulados), quais os produtos evitados, rácios de substituição de produtos, etc.);
- 5) A totalidade dos benefícios reais gerados está dependente do escoamento efectivo dos PU ou materiais derivados para as aplicações em questão (ou seja, de haver mercado para esses materiais).

3.2.3 Outras questões ambientais ligadas à gestão dos pneus usados

Para além dos estudos de ACV vocacionados para a avaliação comparativa de tecnologias de valorização e de aplicações dos produtos derivados de PU, encontram-se na bibliografia uma menção a outros aspectos ambientais específicos, os quais se referem sucintamente em seguida.

Riscos ambientais

Segundo um estudo elaborado pelo WBCSD (WBCSD, 2008), são descartados, por ano em média, um pneu per capita nos países industrializados. À medida que a população aumenta, e as sociedades se industrializam, o número de pneus produzidos irá provavelmente aumentar a nível global. Especialistas prevêem que em 2015 serão consumidos cerca de 3 biliões de pneus para automóveis ligeiros e para bicicleta, o que levará a uma produção de PU do mesmo montante (Rubber World Magazine, 2012).

A acumulação de PU e uma gestão imprópria dos mesmos conduz a uma série de problemas ambientais e de risco para a saúde humana. Estes problemas são exacerbados pela composição e design resiliente dos pneus, dificultando a decomposição da matéria natural (borracha) e o “break-down” da matéria sintética, a não ser pelo recurso a meios mecânicos.

A Tabela 11 resume alguns dos principais riscos associados a esta matéria.

Tabela 11 – Riscos ambientais associados a uma gestão danosa de pneus usados

Risco	Descrição
Pragas	As pilhas de pneus são um habitat preferencial para o aparecimento de insectos e roedores, devido à acumulação de água no seu interior. Esta situação é tanto mais grave em países tropicais, onde estes animais são portadores de doenças graves como o dengue ou encefalite.
Focos de incêndio	Quando grandes quantidades de pneus são depositados de modo não controlado, existe um risco de incêndio latente. O seu baixo índice de ignição e elevado poder calorífico torna este tipo de fogos difíceis de extinguir. Este tipo de incêndios geram emissões de grandes quantidades de calor e gases tóxicos, e o lixiviado oleoso resultante é altamente inflamável e pode contaminar águas superficiais, lençóis freáticos e o solo com chumbo, arsénico e outras toxinas. A matéria particulada e outros componentes lançados para a atmosfera causa também sérios riscos ambientais e de saúde, uma vez que estes materiais possuem um elevado tempo de residência, gerando várias complicações a nível pulmonar e de outros órgãos internos, além de alergias graves.
Paisagem	A deposição não controlada de pneus nas imediações de áreas residenciais, estradas, áreas industriais e ambientes naturais geram efeitos adversos ao nível da saúde ambiental e humana, mas também representam um impacto importante na paisagem. Embora esse impacto não gere efeitos directos na saúde, podem gerar impactes económicos significativos, afastando moradores e indústrias, ou mesmo reduzindo o valor imobiliário.
Lixiviação de toxinas	A presença de pneus em aterros pode levar à acumulação de gases (e.g. metano), que por sua vez podem causar estragos na estrutura e protecção do aterro. Esses estragos podem conduzir à lixiviação de toxinas presentes no material em degradação para fora da barreira do aterro.

Fonte: Baseado em Connor *et al.* (2013)

Óleos aromáticos e outros contaminantes

Um pneu tem presente na sua constituição cerca de 15-20% de óleos minerais que actuam como extensores, flexibilizando a borracha. As composições podem variar, mas estes óleos – denominados óleos aromáticos (OA), podem conter compostos à base de hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA), que são carcinogénicos e, por isso, representam um risco ambiental (Sadiktsis *et al.* 2012). Estes HPA podem representar entre 1,5% a 6% da composição total de um pneu (Sadiktsis *et al.* 2012).

A 1 de Janeiro de 2010 o uso de óleos aromáticos contendo HPA para a produção de pneus foram banidos do espaço europeu, de acordo com a entrada 50, Anexo XVII do regulamento REACH (2005/69/EC). De acordo com o estudo efectuado pela ETRMA em 2011 (ETRMA, 2011), dos 184 testes efectuados em 110 pneus produzidos sob 45 diferentes marcas e que eram comercializados em território Europeu, apenas 10% dos mesmos não cumpriam com o regulamento REACH. De igual modo, todos os pneus pertencentes a essa amostra tinham sido importados, nomeadamente de países Asiáticos que não estão ao abrigo deste regulamento.

Existem alguns estudos que alertam para os riscos, associados à presença de HPA, na utilização de materiais derivados de PFV em produtos como relvados sintéticos ou pisos desportivos. Por exemplo, Vallette (2012) realizou um estudo nos EUA (que não está ao abrigo do REACH), em que chama a atenção para a lixiviação de HPA e de zinco a partir de pisos feitos com materiais derivados de PFV, e que são instalados em parques infantis. As recomendações, para este caso, são dirigidas aos produtores de granulado, que devem proceder a análises químicas de modo a conhecerem os níveis de contaminantes presentes e devem obter uma certificação para o produto, e aos consumidores finais, que devem manter a utilização destes pisos limitada a áreas exteriores.

No entanto, existem também alguns estudos que relativizam estes riscos. Por exemplo, o trabalho levado a cabo por Ruffino *et al.* (2013), fez um estudo comparativo sobre o risco carcinogénico associado a vários tipos de relvados sintéticos produzidos com borrachas derivadas de PFV, termoplástico produzido especificamente para estes produtos e relvados naturais. Os resultados alcançados permitiram verificar que o risco carcinogénico cumulativo dos relvados sintéticos era de 10^{-6} , quando o risco cumulativo máximo permitido por lei italiana é de 10^{-5} . Adicionalmente, os autores concluíram que o tráfego automóvel em Turim (região onde foi conduzido o estudo) gerava valores de risco com uma ordem de magnitude maior do que o risco associado a jogar futebol num relvado sintético.

Assim, tendo em conta o controlo actual que é efectuado sobre os produtos colocados no mercado Europeu, existe uma pressão cada vez maior para que os produtores de pneus, Europeus ou não, entrem em conformidade com o que é exigido pelo regulamento. Deste modo, e tendo em conta o tempo médio de vida dos pneus, a situação a médio prazo deverá evoluir no sentido destes teores diminuir consideravelmente, pelo que é expectável que os teores de HPA actualmente existentes no granulado produzido se situem em valores conformes com os regulamentos vigentes.

Esta é também a posição da ETRMA que, no seu documento sobre o estatuto de fim de resíduo para materiais derivados de PFV, indicou que é esperado um impacte positivo devido aos critérios de qualidade impostos a estes produtos e a profissionalização do sector através de auditorias de qualidade (ETRMA, 2012e).

Assim, e no âmbito do presente relatório, não foi considerada a análise destes componentes no estudo de avaliação ambiental do SGPU, devido, por um lado, à não existência de dados disponíveis para todas as opções de valorização analisadas e, por outro, pelo facto de se tratar de uma evolução em *phasing out* rápida de componentes proibidos, pelo que se assumiu que a sua relevância é pouco significativa.

3.3 CONTRIBUTOS ECONÓMICOS

A análise bibliográfica elaborada sobre o balanço económico da gestão de PU revelou que:

- 1) Existem poucos estudos focados na contribuição económica de sistemas de gestão ou tecnologias de valorização de PU;
- 2) Quando existem, a maior parte foca-se em estratégias de promoção do mercado de materiais recicláveis e produtos fabricados a partir de PU.

Neste sentido, tendo em consideração as informações que foi possível compilar, de seguida apresentam-se algumas considerações relacionadas com os aspectos que influenciam a oferta e a procura de produtos derivados de PU, a inserção económica do SGPU e seus operadores no âmbito das empresas que prestam serviços de ambiente, em geral, e de gestão de resíduos em particular, e ainda informações avulsas sobre custos e rendimentos relacionados com a gestão de PU e com as suas tecnologias de base.

3.3.1 Aspectos que influenciam a oferta e procura de produtos derivados de pneus usados

O mercado de materiais derivados de PU é influenciado pela procura de borracha virgem para a produção de pneus (novos ou recauchutados) e outros produtos de borracha (e.g. enchimentos, materiais de construção, etc.) (ETRAM, 2012c).

As estatísticas compiladas pela ETRMA referentes ao ano de 2011 demonstram que existe um crescimento progressivo da procura destes materiais primários desde 2009 na UE, o que influencia igualmente a procura de material derivado de PU (ETRMA, 2012) (ver Figura 15).

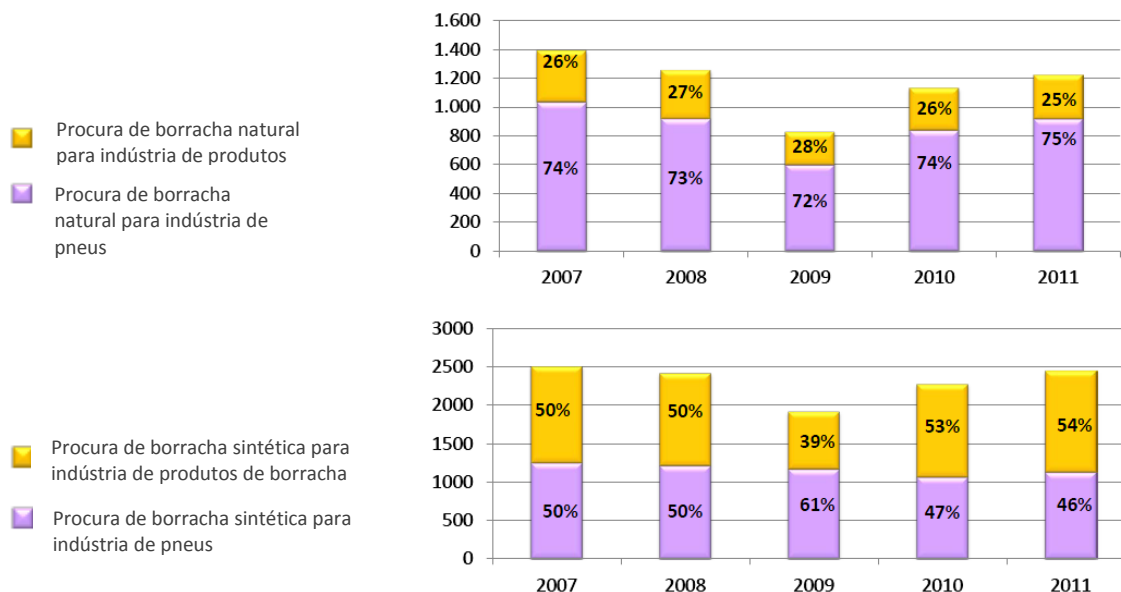


Figura 15 – Procura de borracha na UE (1000 toneladas)

Fonte: ETRMA (2012c)

De facto, os dados extraídos da base de dados COMEXT para as exportações/importações da UE27 para PU, PR e granulado de borracha (a partir de PFV) apresentam uma tendência de crescimento, acompanhando a mesma evolução do consumo de borracha natural e sintética (Figura 16, Figura 17, Figura 18).

Os dados extraídos do COMEXT dizem respeito às importações e exportações, internas e externas à UE-27, dos produtos com o código: 62592 – Pneus recauchutados; 62593 – Pneus usados; 23222 – resíduos, desperdícios e resíduos de borracha não endurecida em pó ou granulado (COMEXT, 2013).

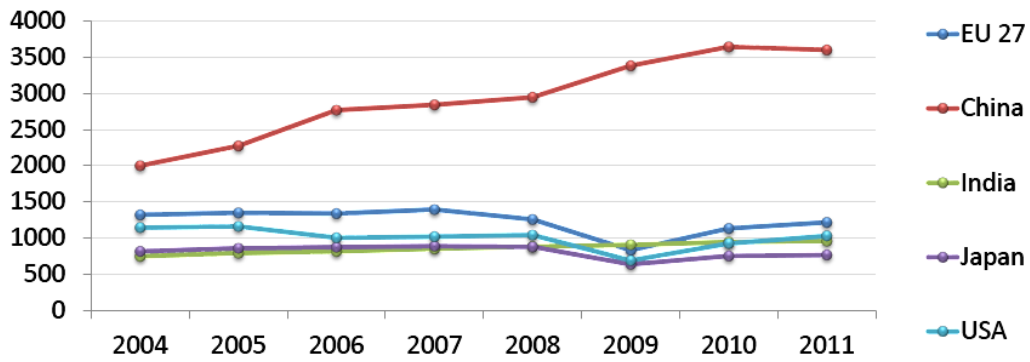


Figura 16 – Consumo de borracha natural (1000 toneladas)

Fonte: ETRMA (2012c)

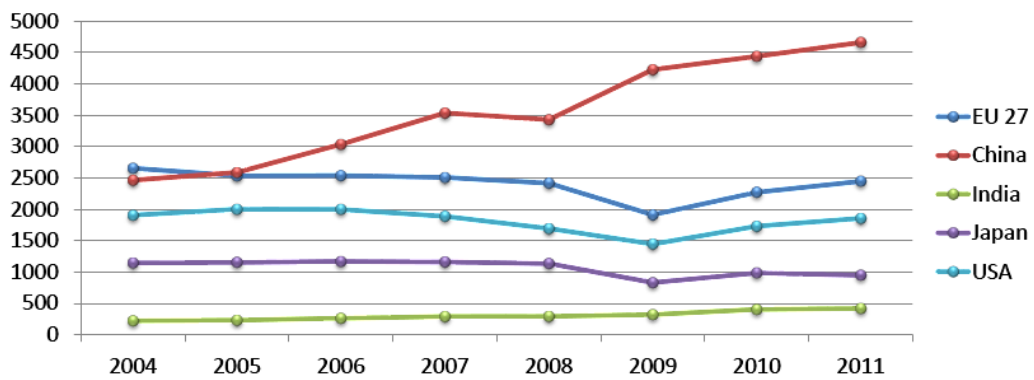


Figura 17 – Consumo de borracha sintética (1000 toneladas)

Fonte: ETRMA, 2012c

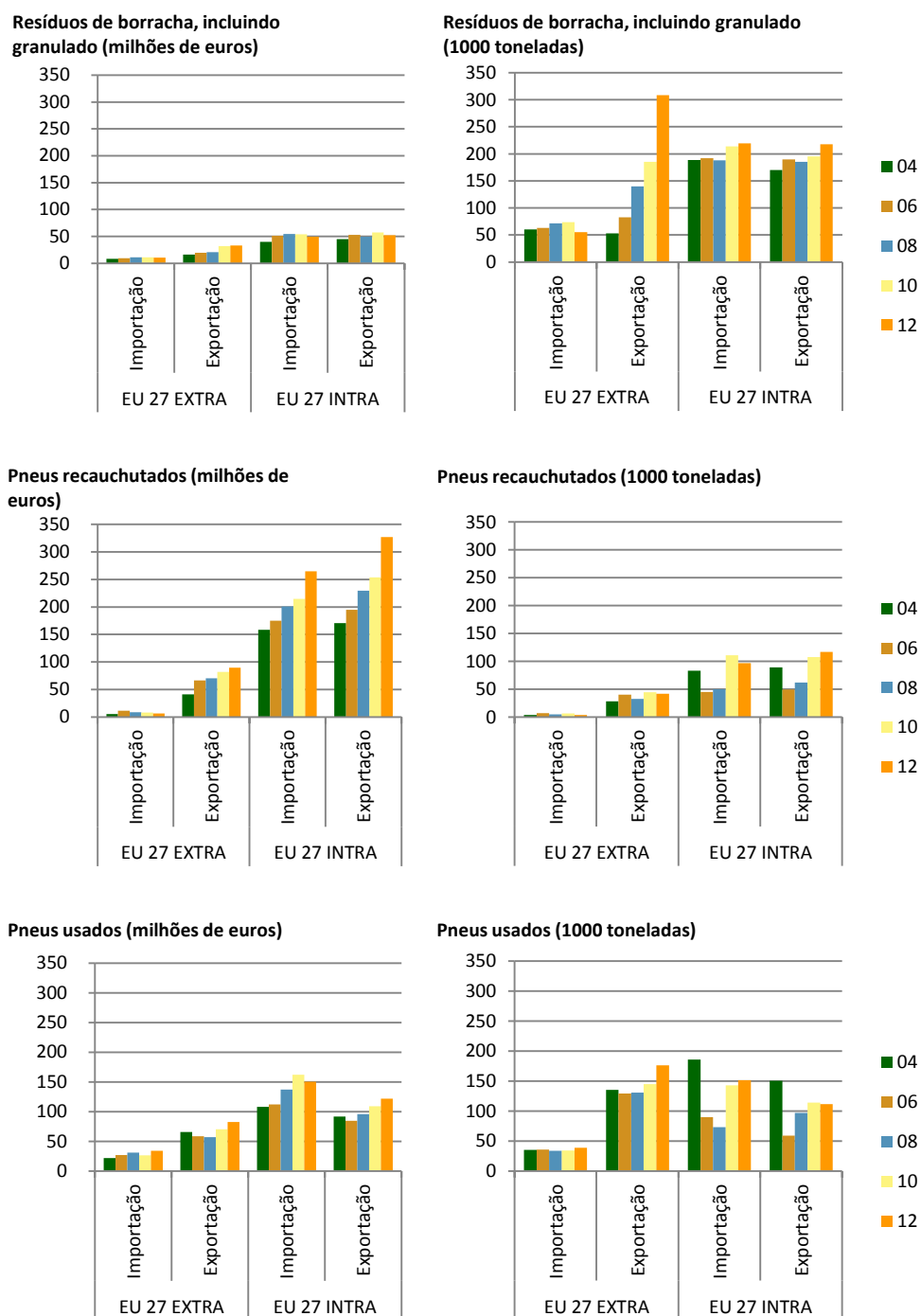


Figura 18 – Evolução das importações e exportações UE 27 de granulado, pneus recauchutados e pneus usados (anual – 2004 a 2012)

Fonte: COMEXT (2013)

Note-se que os quantitativos associados à exportação de granulado de borracha e PU para fora da UE 27 aumentaram significativamente, acompanhando o aumento de consumo de borracha na China. Já no caso dos PR, a exportação para fora da UE 27 tem-se mantido estável, ao passo que entre países da UE-27 aumentou significativamente.

A configuração actual do mercado de PU e de PFV na Europa foi já referida previamente neste relatório (ver capítulo 2.2.4). De acordo com os dados obtidos, a valorização energética e reciclagem material são as opções usadas para 80% dos PU produzidos na UE a 27. No entanto, a ETRMA também fornece dados que permitem extrair informação sobre os principais segmentos de mercado para materiais derivados de PFV, em 2010 (Figura 19).

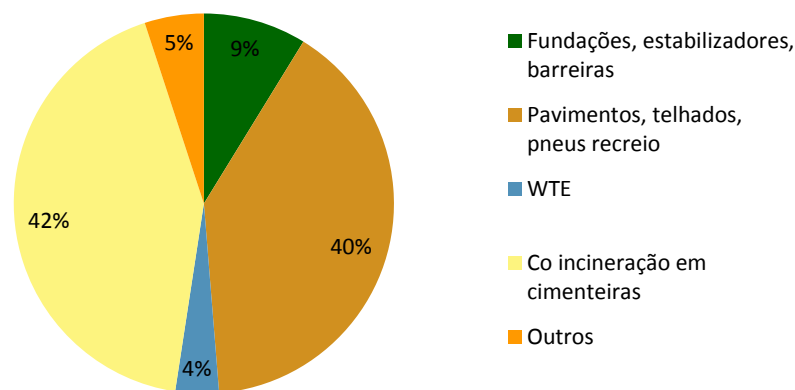


Figura 19 – Principais segmentos de mercado para materiais derivados de pneus em fim de vida (2010)

Fonte: ETRMA (2012c)

De acordo com o estudo do *Institute for Environmental Studies* (IES) (Rosendorfová *et al.*, 1998), os principais mecanismos de dinamização do sector, à data, centravam-se nos preços de mercado das comodidades (borracha), o custo de transporte e a disponibilidade de tecnologias de processamento. As principais aplicações à data do estudo eram sobretudo a recauchutagem, a reutilização e a combustão de PFV.

Um estudo mais recente, da OCDE (2006), já refere outros incentivos de dinamização de mercado, como aqueles dados por instrumentos políticos, e.g. implementação do princípio da responsabilidade alargada do produtor, *public procurement*, impedimento da deposição de pneus em aterro, e pela crescente internalização dos custos ambientais associados ao ciclo de vida dos produtos.

No entanto, existem falhas e barreiras que restringem o mercado para determinados materiais. Tal é o caso igualmente da gestão de PU. As percepções sobre a qualidade dos materiais e a falta de informação existente sobre aplicações e produtos são exemplos e acabam por prejudicar a sua comercialização e aceitação por parte do mercado (OECD, 2006).

3.3.2 Estrutura empresarial e volume de negócios do sector dos pneus usados

A revisão bibliográfica efectuada não permitiu identificar nenhum estudo que abordasse especificamente a estrutura empresarial ou o volume de negócios associado às empresas que operam no âmbito de sistemas de gestão de PU.

Neste sentido e de modo a enquadrar o sector, de seguida apresentam-se alguns dados agregados do INE relativos às empresas que operam no mercado do ambiente em Portugal, em geral e dos resíduos em particular.

No nosso país existiam em 2011 cerca de 1.216 empresas dedicadas à gestão de resíduos e 347 empresas ligadas à produção de materiais e produtos reciclados (INE, 2012). Estas empresas representavam respectivamente 67% e 48% do total de empresas ligadas à gestão da poluição⁶ e gestão de recursos⁷.

No caso específico de empresas cuja actividade económica é similar a empresas presentes no SGPU⁸, foram caracterizadas pelo INE cerca de 1.184 empresas, tendo o seu volume de negócios em 2011 ascendido a 2.185 M€. No entanto, se isolarmos a contribuição associada apenas à actividade ambiental, o volume de negócios baixa para 2.130 M€.

Tabela 12 – Empresas e volume de negócios associado à gestão de resíduos, incluindo gestão de pneus usados (2011)

6 Actividades de prevenção, medição, redução, eliminação, correcção dos efeitos da poluição e de qualquer outro dano ao ambiente, nomeadamente à atmosfera, solos, rios assim como problemas associados à gestão dos resíduos, poluição sonora e ameaças aos ecossistemas. Notas: Excluem-se medidas tomadas por razões de higiene e segurança dos locais de trabalho ou as que visam o aumento da eficiência (por exemplo a redução de matérias-primas) ou rentabilidade da produção e melhoria da qualidade dos produtos e/ou serviços (INE, 2011).

7 Gestão de recursos de modo sustentável como a conservação de recursos naturais que estão sujeitos a esgotamento pelo consumo humano, visando a limitação ou minimização do seu uso. Notas: Refere-se ao aproveitamento da energia renovável, poupança de energia, gestão da água potável, entre outras actividades (INE, 2011).

8 Consideraram-se as seguintes CAE (CAEs associadas a operadores do SGPU): CAE 22112 – Reconstrução de pneus; CAE 38112 – Recolha de outros resíduos não perigosos; CAE 38212 – Tratamento e eliminação de outros resíduos não perigosos; CAE 38311 - Desmantelamento de veículos automóveis, em fim de vida; CAE 38312 - Desmantelamento de equipamentos eléctricos e electrónicos, em fim de vida; CAE 38321 - Valorização de resíduos metálicos; CAE 38322 – Valorização de resíduos não metálicos; CAE 39000 - Descontaminação e actividades similares; CAE 46771 - Comércio por grosso de sucatas e de desperdícios metálicos; CAE 46772 - Comércio por grosso de desperdícios têxteis, de cartão e papéis velhos.

2011

Atividades Económicas (CAE-Rev.3)	Empresas (N.º)		VFN (10 ³ EUR)			
	Total *	VFN ambiental >=50%	Total *	Ambiental		
				Total	Polição	Recursos
Total	1 894	1 786	5 778 545	5 401 954	2 903 406	2 498 549
Atividades Centrais de Ambiente	1 579	1 522	3 952 531	3 870 274	2 497 082	1 373 192
22112 - Reconstrução de pneus	19	11	64 962	39 565	17 554	22 011
36001 - Captação e tratamento de água	60	59	505 795	504 929	125 704	379 225
36002 - Distribuição de água	61	60	787 219	770 965	265 445	505 520
37001 - Recolha e drenagem de águas residuais	15	15	27 507	27 407	26 387	1 020
37002 - Tratamento de águas residuais	25	25	196 923	195 680	161 129	34 551
38111 - Recolha de resíduos inertes	19	18	14 476	13 363	10 637	2 726
38112 - Recolha de outros resíduos não perigosos	140	138	292 623	288 153	266 830	21 323
38120 - Recolha de resíduos perigosos	8	7	20 788	20 621	20 405	216
38211 - Tratamento e eliminação de resíduos inertes	...	...	...	...	...	...
38212 - Tratamento e eliminação de outros resíduos não perigosos	57	57	365 782	362 546	277 021	85 525
38220 - Tratamento e eliminação de resíduos perigosos	15	14	125 352	120 422	74 444	45 978
38311 - Desmantelamento de veículos automóveis, em fim de vida	38	33	21 246	19 422	18 611	811
38312 - Desmantelamento de equipamentos elétricos e eletrónicos, em fim de vida	...	...	...	...	...	...
38313 - Desmantelamento de outros equipamentos e bens, em fim de vida	6	6	3 904	3 904	2 527	1 377
38321 - Valorização de resíduos metálicos	87	86	649 510	645 469	556 785	88 684
38322 - Valorização de resíduos não metálicos	159	149	215 770	207 999	81 112	126 886
39000 - Descontaminação e atividades similares	13	12	2 627	2 373	2 349	23
46771 - Comércio por grosso de sucatas e de desperdícios metálicos	540	530	483 297	476 290	455 873	20 417
46772 - Comércio por grosso de desperdícios têxteis, de cartão e papéis velhos	131	127	88 740	88 321	64 204	24 116
46773 - Comércio por grosso de desperdícios de materiais, n.e.	86	84	42 215	41 564	29 931	11 633
81292 - Limpeza e esvaziamento de sarjetas	92	83	37 494	35 059	33 934	1 125
Outras atividades	315	264	1 826 014	1 531 680	406 323	1 125 357

* com resposta e com atividade ambiental.

Fonte: INE (2012)

É importante ressaltar dois aspectos:

- 1) a gestão de PU representa apenas uma fracção deste volume de negócios e;
- 2) estes valores podem sofrer algum enviesamento, uma vez que os dados apresentados pelo INE dizem respeito apenas a uma fracção do universo de empresas com actividade ambiental, além de que a actividade económica que exercem poderá não corresponder directamente ao código de actividade discriminado.

Por exemplo, no caso da CAE 22112 – Reconstrução de Pneus, esta surge com um universo de apenas 19 empresas, sendo que existem muitas empresas de recauchutagem que estão registadas com CAE 45320 – Comércio a retalho de peças e acessórios para veículos automóveis ou com CAE 45200 – Manutenção e reparação de veículos automóveis.

Tendo em conta o segundo ponto referido anteriormente, optou-se deste modo por compilar, para referência, informação complementar sobre o volume de negócios das empresas que operam no fabrico de artigos de borracha e matérias plásticas (CAE 22) e recolha, tratamento e eliminação de resíduos e valorização de materiais (CAE 38) em 2011 (INE, 2013). No primeiro caso, o volume de negócios ascendeu aos 3.510 milhões de euros, e no segundo caso, 1.843 milhões de euros.

3.3.3 Custos e rendimentos relacionados com a gestão de pneus usados

No que diz respeito a custos e rendimentos associados à gestão de PU, constatou-se pela revisão bibliográfica efectuada que são escassos os estudos que enquadraram ou avaliam as diversas actividades de gestão associadas. Os poucos estudos encontrados são antigos e focam-se na análise custo-benefício de tecnologias de processamento e tratamento de PU.

Por exemplo, o estudo de 1998 do IES (Rosendorfova *et al.*, 1998) analisou as opções de gestão existentes à data para o tratamento de PU e materiais derivados na Europa, de modo a estabelecer um ranking baseado na sua viabilidade económica.

Considerando-se o desempenho médio da indústria na Europa Ocidental nessa altura, os autores compararam a viabilidade financeira da recauchutagem, reciclagem mecânica e criogénica, desvulcanização, pirólise e incineração em fornos de cimento. Os resultados líquidos foram calculados subtraindo o total dos custos dos rendimentos obtidos por cada operação. No entanto, não foram consideradas externalidades ambientais, excepto aquelas que são actualmente incorporadas nos custos das opções alternativas de gestão de resíduos.

No estudo mencionado, a opção de recauchutagem surge com melhor desempenho do ponto de vista económico, existindo uma diferença substancial entre o custo-benefício desta opção, quando comparada com as restantes (Figura 20). Os benefícios da reciclagem mecânica, co-incineração em cimenteiras e desvulcanização não variam substancialmente, sendo que o seu rendimento situa-se entre os 115-118 €/tonelada de PU.

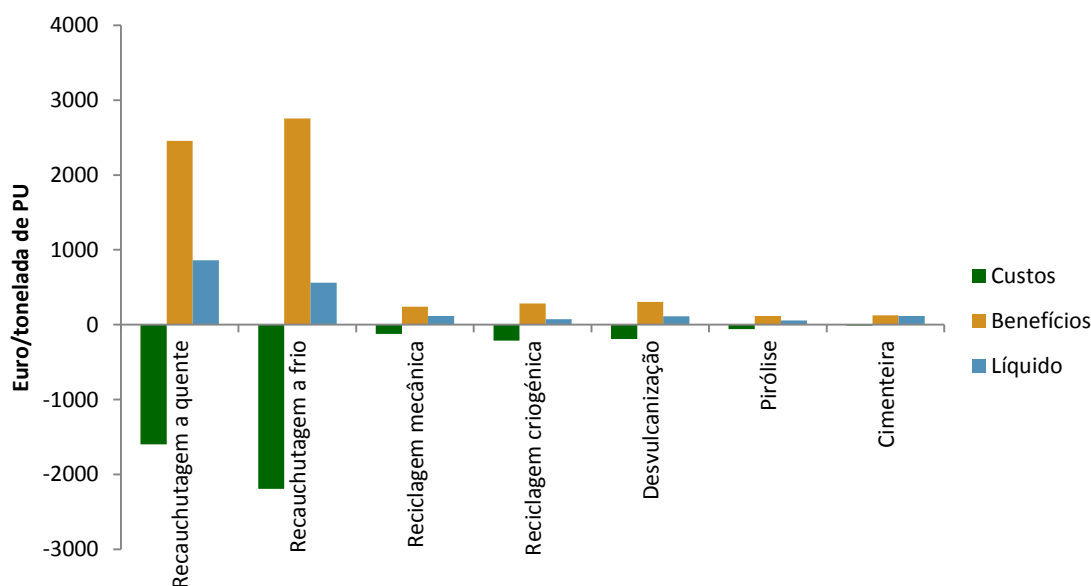


Figura 20 – Alocação dos custos e benefícios financeiros por opção tecnológica

Fonte: Rosendorfova *et al.*, 1998

No que diz respeito à decomposição dos custos, na recauchutagem dominam os custos com os materiais necessários ao processo (e.g. compra de borracha virgem ou de piso pré-moldado), enquanto os custos na reciclagem são dominados por gastos com pessoal. Já a desvulcanização e a pirólise possuem custos de energia semelhantes e superiores às opções anteriores. No caso da co-incineração os gastos estão sobretudo associadas a custos de capital, isto é, modificações associadas ao processo (Figura 21).

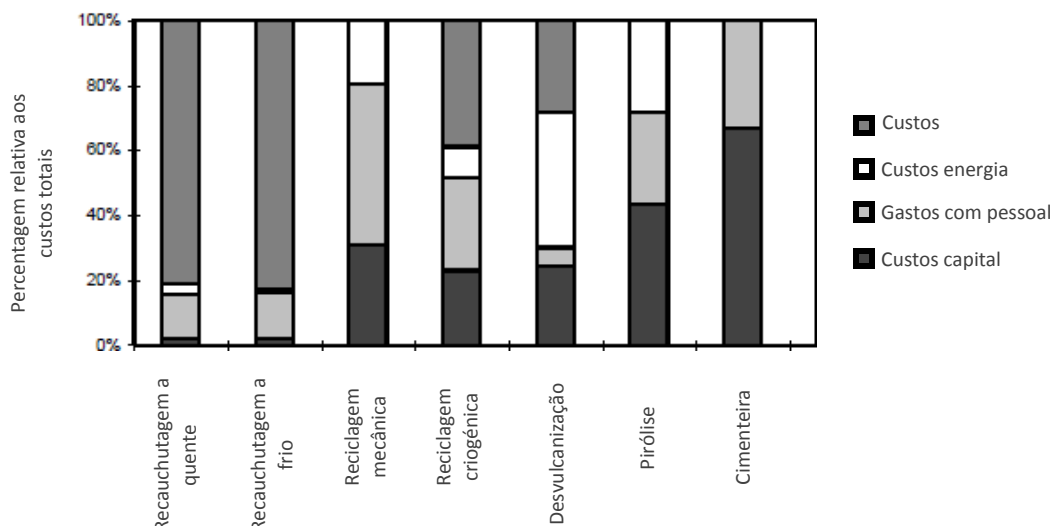


Figura 21 – Composição relativa dos custos financeiros associados a cada opção tecnológica

Fonte: Rosendorfova *et al.*, 1998

Já na decomposição dos rendimentos, verifica-se que a grande maioria é dominada pela venda directa do produto principal – e.g. pneus recauchutados, granulado de borracha, borracha secundária, venda de combustível e energia. A venda de sub-produtos está associada ao ferro que pode ser recuperado, na reciclagem e na pirólise (Figura 22).

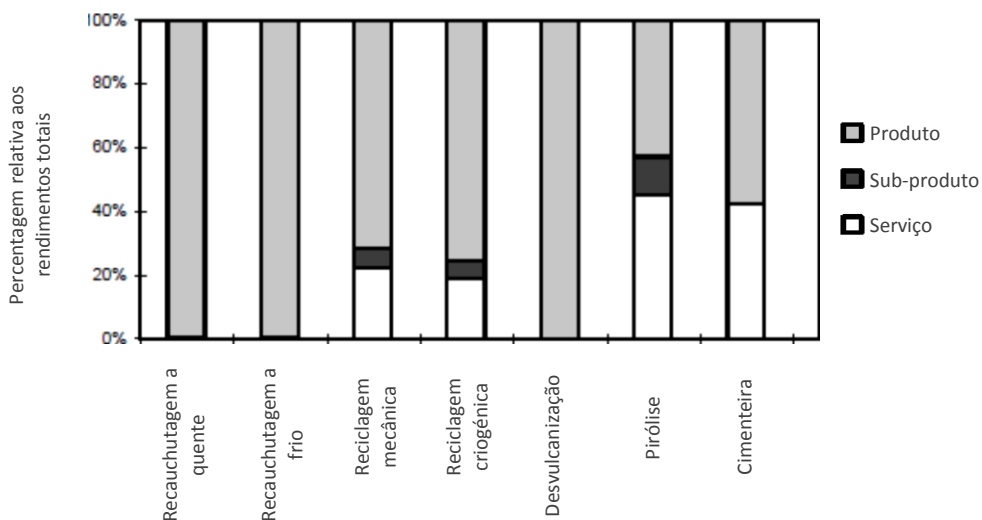


Figura 22 – Composição relativa dos benefícios financeiros associados a cada opção tecnológica

Fonte: Rosendorfova *et al.*, 1998

Finalmente, de realçar igualmente o estudo da OCDE (2006) sobre como melhorar o mercado de recicláveis, que efectuou igualmente um levantamento bibliográfico sobre o impacte económico das opções de tecnologias de processamento de PU.

As principais conclusões sugerem que a recauchutagem era praticada abaixo do seu nível de optimização económica e a valorização energética apresentava uma tendência natural de expansão dado aos baixos custos associados. Já a reciclagem surgia como uma opção mais incerta, devido essencialmente a um mercado volátil, margens de lucro baixas, custos de manutenção elevados, a não substituição de borracha primária e poucos esforços associados a políticas de apoio à reciclagem.

Actualmente, e tal como foi demonstrado em capítulos anteriores, algumas destas barreiras foram já ultrapassadas ou mitigadas (e.g. implementação da responsabilidade alargada do produtor).

No entanto, conclui-se que existem barreiras que ainda são significativas para estas opções, como seja a variedade de opções de integração do granulado de borracha em produtos e a procura associada às mesmas (OECD, 2006).

3.4 CONTRIBUTOS SOCIAIS

Um dos principais desafios actualmente para os decisores políticos que pretendem transformar a suas economias é a criação de emprego significativo. De acordo com a Organização Mundial do Trabalho (OMT), a nível mundial serão necessários 600 milhões de novos postos de trabalho nos próximos 10 anos de modo a sustentar o crescimento e manter a coesão social (ILO, 2012).

A transição para uma Economia Verde requer o investimento em capital humano e social através de políticas adequadas de emprego. Neste contexto, a necessária transformação das economias dos vários países no sentido da Economia Verde cria um grande potencial para a criação de novos empregos (UNEP, 2012a).

As oportunidades de criação líquida de emprego no âmbito da Economia Verde derivam da criação de novos mercados e do facto das cadeias de valor nos sectores verdes serem muitas vezes mais longas e diversificadas que nos sectores convencionais, como é o caso das energias renováveis vs. energia fóssil. Tal origina a criação de empregos indirectos a jusante e a montante e igualmente efeitos induzidos através do aumento da procura (UNEP, 2012a).

Por forma a avaliar resultados relativos à criação de emprego e seus perfis que estão associados à gestão de PU, efectuou-se uma análise bibliográfica sobre este aspecto.

De forma análoga à análise dos efeitos económicos de sistemas de gestão de PU, a informação que é possível extrair da revisão bibliográfica efectuada referente aos contributos sociais (emprego) destes sistemas é praticamente inexistente.

Neste sentido, tendo em consideração as informações que foi possível compilar, de seguida apresentam-se algumas considerações relacionadas com a inserção dos operadores do SGPU no âmbito das empresas que prestam serviços de ambiente em geral, e de gestão de resíduos, em particular. Posteriormente, apresentam-se algumas referências aos impactes sociais no contexto da implementação de sistemas de gestão de PU em países em desenvolvimento.

3.4.1 Emprego

A nível nacional, com base em dados do INE relativos a Portugal, em 2011 existiam cerca de 17.676⁹ empregos ligados a actividades de gestão de resíduos, o que representava 41% do total dos empregos na área do ambiente das entidades produtoras de bens e serviços de ambiente (43.571 pessoas). A maior parte dos empregos na área da gestão de resíduos encontra-se relacionada com os CAE 38112 - Recolha de outros resíduos não perigosos, 38212 - Tratamento e eliminação de outros resíduos não perigosos e 38322 - Valorização de resíduos não metálicos (Figura 23).

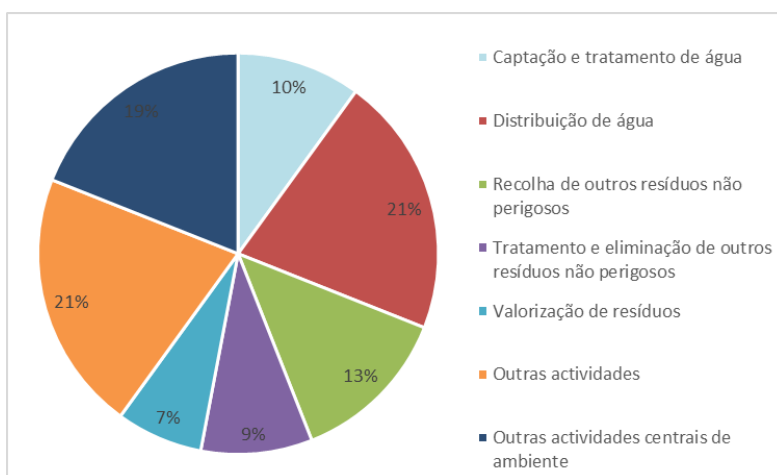


Figura 23 – Pessoal ao serviço em ambiente por principal actividade económica (2011)

Fonte: INE (2012)

A nível nacional, a maior parte das pessoas afectas à gestão de resíduos eram operários (67%), seguidas de administrativos (11%), encarregados (10%), quadros (7%) e finalmente dirigentes (5%). A fracção de pessoas afectas a funções de operação é superior na gestão de resíduos relativamente a outras funções de ambiente, como se ilustra na figura seguinte.

⁹ Considerando os CAE de actividade centrais do ambiente: 22112 - Reconstrução de pneus, 38111 - Recolha de resíduos inertes, 38112 - Recolha de outros resíduos não perigosos, 38120 - Recolha de resíduos perigosos, 38211 - Tratamento e eliminação de resíduos inertes, 38212 - Tratamento e eliminação de outros resíduos não perigosos, 38220 - Tratamento e eliminação de resíduos perigosos, 38311 - Desmantelamento de veículos automóveis, em fim de vida, 38312 - Desmantelamento de equipamentos eléctricos e electrónicos, em fim de vida, 38313 - Desmantelamento de outros equipamentos e bens, em fim de vida, 38321 - Valorização de resíduos metálicos, 38322 - Valorização de resíduos não metálicos, 39000 - Descontaminação e actividades similares, 46771 - Comércio por grosso de sucatas e de desperdícios metálicos, 46772 - Comércio por grosso de desperdícios têxteis, de cartão e papéis velhos e 46773 - Comércio por grosso de desperdícios de materiais, n.e.

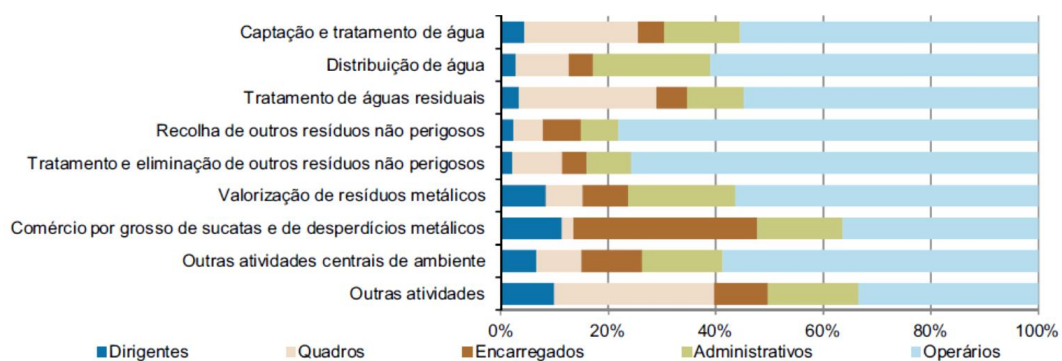


Figura 24 – Pessoal ao serviço em funções de ambiente por nível profissional e actividade económica (2011)

Fonte: INE, 2012

Por outro lado, a força de trabalho é maioritariamente constituída por Homens (80%). Apenas a nível dos quadros e administrativos é que existe uma situação relativamente equilibrada em termos de género, sendo que a nível de encarregados e operários a proporção de homens para cada mulher é de 6,4 Homens/Mulher. Na tabela seguinte apresenta-se a quantidade de Pessoas ao serviço nas entidades produtoras de bens e serviços de ambiente por actividade económica, segundo o sexo e nível profissional.

Tabela 13 – Pessoas ao serviço nas entidades produtoras de bens e serviços de ambiente por actividade económica, segundo o sexo e nível profissional (2011)

Atividades Económicas (CAE-Rev.3)	Total *	Com funções na área do ambiente											
		Total	Dirigentes		Quadros		Encarregados		Administrativo		Operários		
			H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	
Total	43 571	31 120	1 087	380	1 968	1 759	2 253	302	2 068	2 448	16 354	2 501	
Atividades centrais de ambiente	34 466	28 086	852	315	1 458	1 366	1 986	265	1 828	2 177	15 441	2 398	
22112 - Reconstrução de pneus	604	373	15	4	10	3	20	0	34	21	251	15	
36001 - Captação e tratamento de água	4 327	2 649	91	24	281	279	116	14	159	215	1 348	122	
36002 - Distribuição de água	8 995	7 050	124	73	321	375	277	32	682	857	3 931	378	
37001 - Recolha e drenagem de águas residuais	176	160	13	4	25	25	17	1	20	15	40	0	
37002 - Tratamento de águas residuais	1 481	1 372	32	13	187	165	46	32	62	83	605	147	
38111 - Recolha de resíduos inertes	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
38112 - Recolha de outros resíduos não perigosos	5 511	5 069	90	28	145	132	333	27	185	171	3 509	449	
38120 - Recolha de resíduos perigosos	145	100	3	1	5	4	6	2	42	11	25	1	
38211 - Tratamento e eliminação de resíduos inertes	27	20	2	1	1	1	4	1	4	1	5	0	
38212 - Tratamento e eliminação de outros resíduos não perigosos	4 024	3 909	57	23	183	184	159	18	164	161	2 520	440	
38220 - Tratamento e eliminação de resíduos perigosos	1 428	1 212	16	6	46	49	68	6	49	129	682	161	
38311 - Desmantelamento de veículos automóveis, em fim de vida	239	212	18	2	7	4	27	1	24	26	102	1	
38312 - Desmantelamento de equipamentos elétricos e eletrónicos, em fim de vida	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
38313 - Desmantelamento de outros equipamentos e bens, em fim de vida	30	19	1	0	0	0	5	0	0	4	8	1	
38321 - Valorização de resíduos metálicos	1 240	1 038	65	22	27	44	87	1	109	98	562	23	
38322 - Valorização de resíduos não metálicos	1 898	1 487	87	28	149	46	126	25	86	121	640	179	
39000 - Descontaminação e atividades similares	67	63	5	3	6	1	10	3	1	1	13	20	
46771 - Comércio por grosso de sucatas e de desperdícios metálicos	1 571	1 373	122	34	23	6	420	51	116	102	468	31	
46772 - Comércio por grosso de desperdícios têxteis, de cartão e papéis velhos	620	566	43	17	8	7	92	21	40	58	164	116	
46773 - Comércio por grosso de desperdícios de materiais, n.e.	272	233	22	8	2	6	70	11	18	17	58	21	
81292 - Limpeza e esvaziamento de sarjetas	1 467	934	35	19	24	22	81	17	25	49	420	242	
Outras atividades	9 105	3 034	235	65	510	393	267	37	240	271	913	103	

Fonte: INE (2012)

No caso específico do conjunto de actividades que surgem no universo do SGPU, a tabela seguinte resume os principais dados de emprego associados à mesma.

Tabela 14 – Pessoas ao serviço em entidades produtoras de bens e serviços de ambiente associadas ao SGPU, por actividade económica, segundo o sexo e nível profissional (2011)

	Total *	Com funções na área do ambiente										
		Total	Dirigentes		Quadros		Encarregados		Administrativos		Operários	
			H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
Reconstrução de pneus	604	373	15	4	10	3	20	0	34	21	251	15
Recolha de outros resíduos não perigosos	5.511	5.069	90	28	145	132	333	27	185	171	3.509	449
Tratamento e eliminação de outros resíduos não perigosos	4.024	3.909	57	23	183	184	159	18	164	161	2.520	440
Valorização de resíduos não metálicos	1.898	1.487	87	28	149	46	126	25	86	121	640	179
TOTAL	12.037	10.838	249	83	487	365	638	70	469	474	6.920	1.083

Fonte: INE (2012)

O mesmo padrão observado para a totalidade das actividades produtoras de bens e serviços de ambiente mantém-se para este caso. No caso específico das actividades de reconstrução de pneus (CAE 22112), e tendo em conta o universo de empresas que efectivamente responderam ao inquérito do INE (19), 373 dos 604 trabalhadores tinham funções na área do ambiente. Os trabalhadores centram-se nas funções de operários e administrativos, sendo que 89% dos trabalhadores são Homens.

3.4.2 Outros efeitos

A análise bibliográfica de literatura internacional sobre gestão de PU, no que diz respeito ao impacte social, revelou muito pouca investigação efectuada nesse sentido.

Neste contexto, o trabalho levado a cabo por Connor *et al.* (2013) para a Agência Tailandesa de Desenvolvimento é a referência com uma abordagem mais consistente aos efeitos sociais resultantes da implementação de sistemas de gestão de PU.

Resumidamente, os autores referem que programas deste tipo geram tipicamente reacções mistas, sobretudo associadas aos tratamentos e aplicações dados aos PU, apesar de todas as opções terem vantagens e desvantagens associadas. Estas reacções estão tipicamente associadas às noções pré-concebidas do público sobre os métodos de gestão de PU, sobre os quais pode não existir informação suficiente.

No estudo desenvolvido por estes autores, a recauchutagem, a reciclagem e aplicação na construção civil e parques infantis encontrou, de um modo geral, uma boa aceitação por parte do público. A boa aceitação da recauchutagem está associada aos benefícios ambientais e económicos: menos materiais, menos resíduos e um nível de segurança equivalente a um pneu novo. Já a boa aceitação da aplicação de granulado na construção civil está muito ligada aos projectos de parques infantis, devido à interacção directa do produto com o público em geral, e a aplicação em estradas, devido ao melhor desempenho e redução de custos de manutenção a médio prazo para entidades de gestão públicas.

No entanto, a valorização energética já recolhe reacções polarizadoras, devido à falta de informação e controlo sobre a qualidade técnica da operação em questão, gerando desconfiança e uma maior percepção de riscos por parte da população.

Outras questões importantes referidas pelos autores, no que diz respeito ao impacte social, dizem respeito, por exemplo à disseminação de informação incorrecta sobre tecnologias e produtos que, uma vez estabelecida entre o público, é difícil ser retractada. As diferentes opiniões sobre as melhores tecnologias a serem aplicadas podem também originar uma maior divisão da opinião pública (e.g. reciclagem vs valorização energética).

Outro factor importante para o sucesso deste tipo de sistemas de gestão está relacionado com a capacidade de envolver todos os grupos de interesse. Embora a implementação do princípio da responsabilidade alargada do produtor promova já esse tipo de interacção, a envolvência do consumidor final no sistema é ainda incipiente em muitas situações. Por exemplo, a localização de uma instalação de tratamento de PU pode ser causa para o desencadeamento de efeitos “Not In My Back Yard” (NIMBY), efeitos esses que podem ser colmatados promovendo a discussão com as comunidades e a sua participação no desenvolvimento do sistema e das políticas enquadradoras.

(página intencionalmente deixada em branco)

4 AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO SGPU

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os objectivos principais da avaliação ambiental realizada ao SGPU são os seguintes:

1. Produzir informação sobre o balanço ambiental da gestão de PU.
2. Comparar diferentes operações/tecnologias de valorização.
3. Comparar o desempenho ambiental do sistema face a diferentes cenários de gestão.

Uma vez que se pretendeu avaliar o balanço ambiental da gestão de PU, **consideraram-se não só os impactes associados à recolha, transporte, reciclagem, valorização energética, recauchutagem e reutilização** dos referidos resíduos, **mas igualmente os impactes ambientais evitados através da substituição de materiais primários por materiais secundários e energia obtidos dos processos de valorização** (*avoided impacts*).

4.2 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA SEGUIDA

Para a avaliação ambiental do SGPU fez-se uso da metodologia de ACV (*Life Cycle Assessment – LCA*), em inglês). Esta consiste na compilação e avaliação das entradas e saídas e dos potenciais impactes ambientais de um produto através do seu ciclo de vida (ISO 14040:2006).

A ACV, que é baseada na 1ª e 2ª leis da termodinâmica (Ferrão, 1998) tem como objectivos, entre outros, fornecer um quadro de interações de uma actividade com o ambiente, contribuir para o entendimento da natureza interdependente e global das consequências ambientais das actividades humanas e providenciar aos agentes decisores informações que identifiquem oportunidades de eco-eficiência (EEA, 1997; Daniels e Moore, 2002).

A ACV permite igualmente ajudar indivíduos, empresas, indústrias e governos a subirem na complexa curva de aprendizagem relativamente aos impactes ambientais de produtos e serviços. Esta ferramenta viabiliza assim uma mudança na cultura empresarial, permitindo pensar e encarar sistemas, processos e produtos em termos do seu ciclo de vida (*life-cycle thinking*) e alterar algumas ideias enraizadas e muitas vezes erradas, no senso comum do público acerca do desempenho ambiental de produtos e serviços (Allenby, 1999; Heiskanen, 2000).

A metodologia de ACV inclui quatro fases principais, que se inter-relacionam entre si (ISO 14040:2006).

- 1) Definição do objectivo e do âmbito da análise;
- 2) Inventário dos processos envolvidos no ciclo de vida analisado, com enumeração das entradas e saídas do sistema;
- 3) Avaliação dos impactes ambientais associados às entradas e saídas do sistema;
- 4) Interpretação dos resultados das fases de inventário e avaliação, tendo em consideração os objectivos do estudo.

No caso concreto da avaliação da gestão de resíduos é necessário considerar algumas particularidades desta actividade, uma vez que o objecto em análise não é um produto como na ACV tradicional, mas apenas a fase de fim de vida associada a um determinado tipo de resíduo (produto em fim de vida ou cabaz de produtos em fim de vida) (Conssoni *et al.*, 2005):

- A Unidade Funcional é definida à entrada do sistema considerado (unidades de massa a serem tratadas) e não à saída do sistema em análise, como numa ACV tradicional para um determinado produto (neste caso a unidade funcional é, por exemplo, uma unidade de massa do produto considerado);
- A sequência dos processos a analisar começa quando os materiais/produtos se convertem em resíduos e termina quando os resíduos são colocados e inertizados em aterro, e saem do sistema económico em emissões para o ambiente (e.g. emissões atmosféricas e aquosas) ou quando entram novamente no ciclo de vida de outros produtos através da reciclagem;
- Ao invés de avaliar os efeitos das alterações nos processos de produção, o objectivo da ACV é comparar diferentes estratégias de gestão de resíduos.

Entre a informação que é necessário compilar para avaliação da gestão de resíduos conta-se, por exemplo (Ribeiro, 2008):

- As características e quantidades de resíduos a tratar em cada cenário (e.g. caracterização material, fracção de carbono biogénico e não biogénico, etc.);
- As características técnicas de cada processo unitário relativo à gestão de resíduos (e.g. eficiências, consumos energéticos, consumo de materiais, produtos e subprodutos produzidos e seus destinos, etc.);
- As emissões associadas a cada processo unitário (e.g. emissões atmosféricas directas do processo (CO₂, CH₄, etc.));
- As características da logística utilizada (e.g. tipos de transporte utilizados, distâncias percorridas, quantidades de combustíveis consumidos, etc.).

O estudo de ACV realizado ao SGPU teve por base os requisitos das normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, publicadas em 2006, e cuja versão portuguesa é a norma ISO 14040, datada de 2008 (NP EN ISO 14040:2008, 2008).

Por outro lado, em 2010 foi publicado o documento: “The International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – First edition”, pelo *Institute for Environment and Sustainability* (IES) do *Joint Research Centre* (JRC) da Comissão Europeia, com o objectivo de estabelecer a melhor prática em termos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e a base para assegurar a qualidade e consistência de dados, métodos e avaliações de ciclo de vida (JRC/IES, 2010). O *ILCD Handbook* segue as normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, completando-as nos aspectos em que estas normas são mais genéricas e podem dar origem a diferentes interpretações e, deste modo, colocar em causa a consistência e a qualidade dos estudos de ACV. Nesse sentido, procurou-se seguir este referencial, bem como as disposições constantes num documento posterior do JRC, direccionado para a realização de ACV no sector da gestão de resíduos “Supporting Environmentally Sound Decisions for Waste Management” (JRC, 2011).

Deste modo, por forma a respeitar os requisitos constantes nos documentos acima referidos, em anexo apresentam-se os vários elementos metodológicos associados à avaliação realizada de forma mais

detalhada, sendo que de seguida apresentam-se as principais escolhas metodológicas efectuadas, bem como os principais pressupostos e limitações da avaliação realizada.

Tendo em conta os seus objectivos e âmbito definidos, a **Unidade Funcional** seleccionada para a avaliação foi **1 tonelada de PU geridos no âmbito do SGPU em 2011**, o que pressupõe o cabaz de categorias estimado (Tabela 15) e os destinos de encaminhamento dos PU geridos nesse ano (ver Tabela 16).

Tabela 15 – Estimativa do cabaz de categorias geridas no âmbito do SGPU

Código da categoria	Categoria	% do fluxo normal
T	Ligeiro de passageiro/Turismo	40,9%
4x4	4x4 "on/off road"	3,6%
C	Comercial	7,9%
P	Pesado	37,4%
A1	Agrícola (diversos)	1,7%
A2	Agrícola (rodas motoras)	3,0%
E1	Industrial (8" a 15")	0,4%
E2	Maciço (<=15")	0,3%
G1	Eng. Civil e Maciços (<24")	0,3%
G2	Eng. Civil e Maciços (>=24")	2,5%
M1	Moto (>50cc.)	0,8%
M2	Moto (até 50cc.)	0,7%
F	Aeronaves	0,0%
B	Bicicletas	0,5%
	Total	100%

Nota: Com base nas estimativas dos PU gerados em 2011 cuja responsabilidade legal de gestão é da Valorpneu tendo em consideração os pneus que entram no mercado e que contribuíram financeiramente para o SGPU através do Ecovalor.

Tabela 16 – Destinos dos pneus usados geridos (toneladas de pneus usados, 2011)

	PU geridos em 2011 (t)	% de pneus geridos
Fluxo normal		
Pneus usados preparados para reutilização	563	0,6%
Pneus usados recauchutados	17.071	18,3%
Pneus usados reciclados	47.595	51,0%
Pneus usados valorizados energeticamente	25.144	26,9%
<i>Quantidade processada do fluxo normal</i>	<i>90.373</i>	<i>96,8%</i>
+		
Existências de anos anteriores		
Pneus usados preparados para reutilização	900	1,0%
Pneus usados recauchutados	0	0,0%
Pneus usados reciclados	0	0,0%
Pneus usados valorizados energeticamente	2.094	2,2%
<i>Quantidade processada de existências</i>	<i>2.994</i>	<i>3,2%</i>
Quantidade total processada no âmbito do SGPU	93.367	100,0%

Consideraram-se no âmbito da análise os PU cuja responsabilidade de gestão advenha dos pneus introduzidos no mercado e que tenha sido transmitida para a Valorpneu (através do Ecovalor), independentemente da Valorpneu ter sido responsável financeiramente por essa gestão. Desta forma, consideram-se incluídos no âmbito da Unidade Funcional, por exemplo, os PU que foram recauchutados ou reutilizados, sem que tenha havido uma intervenção financeira e operacional da Valorpneu nesse sentido.

Adicionalmente, **considerou-se ainda no âmbito da análise os PU que foram efectivamente geridos em 2011, o que significa que se considerou os impactes e os benefícios dos PU geridos no SGPU em acréscimo à responsabilidade legal de gestão da Valorpneu**, dado ter-se considerado deste modo os PU geridos que resultaram de pneus que não pagaram Ecovalor. Esta fracção é ainda significativa, dado que a taxa de recolha da Valorpneu em 2011 ascendeu a 114% (ver Capítulo 2.2.3).

O modelo de ciclo de vida para o cálculo dos impactes e benefícios ambientais directos e indirectos associados ao SGPU é **fundamentalmente do tipo “attributional model”** ou seja, o modelo é desenvolvido de acordo com os processos unitários existentes.

Deste modo, tendo por base o contexto de decisão do presente estudo de ACV, cuja classificação de acordo com a metodologia do ILCD Handbook (JRC/IES, 2010) é **“C – Accounting/Monitoring”**, as regras para subdivisão de processos e multifuncionalidade utilizadas são preferencialmente procedimentos de substituição via expansão do sistema, mas independentes da quantidade absoluta das co-funções não requeridas que serão substituídas¹⁰.

Os dados de base utilizados para a modelação do sistema em análise foram, sempre que possível e em primeira análise, fornecidos pela Valorpneu e seus operadores, sendo específicos do SGPU. No entanto, por forma a colmatar lacunas de informação a nível da caracterização dos processos unitários e igualmente, dos produtos e materiais evitados pela valorização dos PFV, utilizaram-se igualmente dados bibliográficos de origem variada, com especial enfoque em publicações científicas e técnicas e em bases de dados de ACV, nomeadamente a Ecoinvent 2.2 e a ELCD 2.0.

Por outro lado, tendo em consideração o âmbito e os objectivos do estudo e dado que no SGPU participam mais de 80 entidades distintas responsáveis pelas várias operações de gestão, **optou-se por caracterizar os processos unitários mais importantes recorrendo-se a valores médios para as entradas e saídas dessas operações** de acordo com a realidade nacional, ao invés de modelar especificamente e individualmente as operações realizadas por cada uma das entidades parceiras do SGPU, excepto no caso em que tal se demonstrou relevante, como por exemplo, na distinção das tecnologias de reciclagem (mecânica vs. criogénica).

Neste contexto, a modelação foi realizada tendo por base os seguintes processos unitários principais:

- Recolha;
- Armazenamento temporário nos pontos de recolha;
- Transporte para valorização;
- Fragmentação;
- Reutilização;
- Recauchutagem;
- Reciclagem;
- Valorização energética;

Na figura seguinte apresenta-se um diagrama do SGPU, bem como as fronteiras da análise considerada.

¹⁰ Regras semelhantes aos de estudos classificados como “A - Micro-level decision support”.

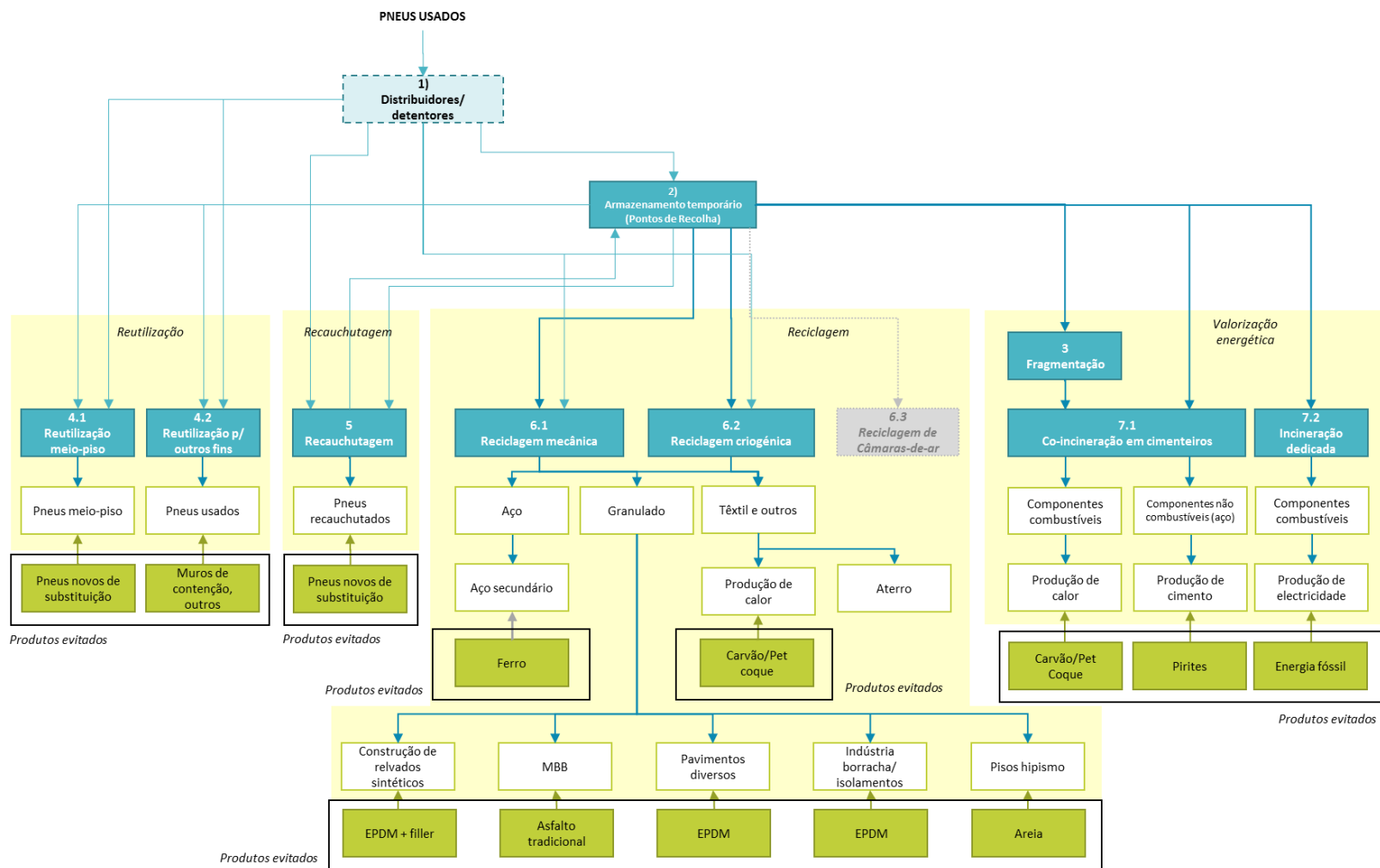


Figura 25 – Modelo do SGPU utilizado na ACV efectuada

Notas: Azul: principais processos unitários de foreground; Verde: produtos evitados; Cinzento: processos não incluídos na análise.

Na figura anterior mostram-se ainda os produtos e materiais que são evitados pela valorização dos PU. Este é um aspecto importante da avaliação realizada, sendo que na Tabela 17 discriminam-se os produtos evitados em cada operação/tecnologia, bem como os rácios de substituição considerados.

Tabela 17 – Produtos, materiais e energia que são evitados pela valorização dos pneus usados

Operação/tecnologia	Aplicação	Produto baseado em PU	Rácio de substituição para um serviço equivalente e mesmo tempo de vida	Fonte e observações
Reutilização (meio piso)	Veículos	1 t de pneus usados	0,2 t pneus novos de substituição equivalentes	3Drivers (2013). Com base no valor médio do tempo de vida referido em relação a um pneu novo (20%)
Reutilização (outros fins)	Barreiras	1 t de pneus usados	1,95 t de blocos de betão e 0,3 t de blocos de polietileno	Clauzade <i>et al.</i> (2010). Considerou-se consumos semelhantes às bacias de retenção
Recauchutagem	Veículos	1 t de pneus usados	0,875 t pneus novos de substituição equivalentes	Sloan School of Management (2010). Com base no valor médio do tempo de vida referido em relação a um pneu novo (87,5%)
Reciclagem	Relvados sintéticos	1 t de granulado de borracha	0,83 t de EPDM virgem + 3,3 t de carbonato de cálcio (chalk)	Clauzade <i>et al.</i> (2010) Considerando a eficiência de produção de granulado nacional
	Misturas betuminosas com borracha (MBB)	1 t de granulado de borracha de PU + 40,6 t de gravilha + 16,9 t de areia + 4 t de betume, etc.	42,2 t de gravilha + 46,9 t de areia + 4,7 t de betume, etc.	Chiu <i>et al.</i> (2008)
	Pavimentos diversos de segurança	1 t de granulado de borracha	1,20 t de granulado de EPDM	Pneugreen (2013)
	Isolamento/borracha	1 t de granulado de borracha	1,22 t de granulado de EPDM	Haines <i>et al.</i> (2010)
	Pisos de hipismo	1 t de granulado de borracha	77 t de areia	Clauzade <i>et al.</i> (2010) Considerando a eficiência de produção de granulado nacional.
	Aço secundário	1 t de aço	0,84 t de pig iron	3Drivers (2013).
	Produção de energia	1 t de têxtil	2,86 GJ de carvão	Ecoinvent 2.2
Valorização energética em cimenteiras	Produção de energia	1 t de pneus usados	0,652 t de coque de petróleo e 0,239 de carvão	3Drivers (2013). Tendo em consideração as características dos pneus usados valorizados e as centrais onde se realizou a valorização energética
	Valorização material (co-processamento)	1 t de aço	2,14 t de pirite	3Drivers (2013)
Valorização energética dedicada	Produção de electricidade	1 t de pneus usados	1.913 kWh	3Drivers (2013). Tendo em consideração as características dos pneus usados valorizados e pressupondo um rendimento eléctrico de 23% para a unidade, semelhante a uma unidade de biomassa.
	Valorização material	1 t de escórias ferrosas	0,67 t de pig iron	3Drivers (2013).

Deste modo, é de realçar que os impactes evitados no âmbito do SGPU variam consoante as operações/tecnologia a que os PU são sujeitos, bem como com outras questões de mercado. Por

exemplo, o granulado de borracha, principal produto da reciclagem de PU, pode ter vários tipos de aplicação. Em 2011, o mix de aplicações para este material foi o seguinte:

Tabela 18 – Mix de aplicações do granulado de borracha (2011)

Tipo de aplicação	Importância relativa em massa (%)
Relvados sintéticos	47,3%
Misturas betuminosas com borracha (MBB)	0,5%
Pavimentos diversos de segurança	37,9%
Isolamento/borracha	14,2%
Pisos de hipismo	0,1%
Total	100%

Fonte: Valorpneu (2012)

No que respeita à avaliação de impactes, analisaram-se os impactes directos e indirectos do SGPU recorrendo-se preferencialmente a cinco categorias de impacte ambiental, nomeadamente:

- Alterações climáticas;
- Acidificação;
- Eutrofização terrestre;
- Eutrofização marinha;
- Consumo de energia cumulativa.

A avaliação do impacte para as primeiras quatro categorias referidas foi realizada com base nos factores de caracterização estabelecidos no método *ILCD 2011 Midpoint, versão 1.01* (de Setembro de 2012), do *Joint Reseach Center* da Comissão Europeia e que denotam, segundo esta entidade, o melhor conhecimento científico actual acerca de cada uma das categorias de impacte.

Adicionalmente, para análise específica do balanço energético associado a cada subsistema e cenário utilizou-se o método *Cumulative Energy Demand, v. 1.08* (de 2010), que permite avaliar os diversos tipos de energia consumida (e.g. energia renovável proveniente de biomassa, energia não renovável fóssil, etc.). Este método foi publicado pelo *Swiss Centre for LCI* no âmbito da base de dados *Ecoinvent v.2.0* e expandido pela PRe Netherlands para incluir outras matérias-primas existentes no *Software Simapro 7.3*.

Para ambos os métodos utilizados, consideram-se os valores médios e globais de caracterização obtidos, não se tendo procedido à normalização ou ponderação de categorias de impacte ambiental.

Após a avaliação do ciclo de vida do SGPU procedeu-se à interpretação dos resultados obtidos, o que envolveu o controlo de integralidade para verificar se os principais processos foram incluídos na análise, e o controlo de coerência, para verificar se os pressupostos e outras decisões metodológicas foram aplicados de forma consistente e tendo em consideração os âmbitos e objectivos definidos.

Finalmente **foram identificadas as questões ambientais principais do sistema em análise** (origens dos impactes e benefícios, etc.) **e foi efectuada uma análise de incerteza para verificar a influência que os dados e pressupostos utilizados podem ter nos resultados obtidos. De igual modo, foi realizada uma análise de sensibilidade a parâmetros específicos para avaliar a sensibilidade do modelo a diferentes configurações do SGPU.**

Neste contexto, verificou-se que as principais limitações do estudo, para além das inerentes à própria metodologia, são:

- Alguns dos dados utilizados para caracterizar os processos de *foreground* foram obtidos da bibliografia, devido às lacunas de dados existentes. Para minimizar esta limitação utilizaram-se preferencialmente dados publicados em jornais com *peer review* e sempre que possível, consideram-se cenários conservativos;
- Os dados e resultados ambientais para alguns dos produtos evitados são relativamente escassos, o que limitou o nível de detalhe da análise (e.g. número de categorias) e influenciou igualmente o nível de confiança dos resultados em alguns casos particulares. É o caso dos impactes do fabrico de um pneu novo e igualmente do fabrico de estradas recorrendo a MBB e a soluções convencionais;
- A avaliação assentou em 5 categorias de impacte, que foi as que se consideraram mais relevantes tendo em conta o âmbito e objectivos do estudo, pelo que não se avaliou a totalidade dos aspectos ambientais associados à gestão de PU, como por exemplo questões ligadas ao ruído, lixiviação de metais dos produtos fabricados à base de granulado de borracha, etc.;
- Não se consideraram os efeitos que potenciais contaminantes dos PU podem ter a nível da valorização dos mesmos, estando apenas de alguma forma este aspecto considerado a nível das eficiências de valorização consideradas (e.g. reciclagem).

No entanto, após a avaliação realizada e nomeadamente tendo em consideração os resultados das análises de sensibilidade e de incerteza efectuadas, considera-se que as **limitações enunciadas não colocam em causa a validade do estudo face às aplicações pretendidas, apenas significam que os seus resultados devem ser enquadrados no âmbito dos objectivos definidos.**

Deste modo, a comparação com outros estudos mais específicos, com uma vertente mais vertical (e.g. desempenho ambiental de uma fábrica de reciclagem específica, etc.) ou a generalização dos resultados para outras situações fora dos objectivos formulados deve ser realizada com a devida parcimónia e ressalva.

Em anexo ao presente documento apresenta-se de forma detalhada a metodologia e os dados de base utilizados na avaliação, sendo que de seguida apresentam-se os seus resultados principais.

4.3 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO

4.3.1 Balanço ambiental do SGPU

Os impactes e benefícios ambientais envolvidos na gestão dos PU são apresentados na Tabela 19, tendo como referência o ano de 2011. Os resultados apresentados incluem as emissões directas e indirectas decorrentes do funcionamento do sistema, ou seja, incluem por exemplo, as emissões directas resultantes do transporte de PU, bem como as emissões indirectas decorrentes do consumo de electricidade nas várias operações de gestão. Foram igualmente contabilizados os benefícios ambientais decorrentes da reutilização ou valorização dos PU, fruto do efeito de substituição de outros produtos e materiais.

Tabela 19 – Balanço ambiental do SGPU (por toneladas de pneus usados geridos, 2011)

Categoria de impacte	Unidade	Balanço total (valor médio)	Intervalo conf. (>2,5%)	Intervalo conf. (<97,5%)
Alterações climáticas	kg CO ₂ -eq	-1.575	-1.401	-1.804
Acidificação	mol H+ eq	-10,3	-9,5	-11,9
Eutrofização terrestre	molc N eq	-13,6	-10,6	-16,8
Eutrofização marinha	kg N eq	-1,1	-0,9	-1,5
Consumo acumulado de energia	MJ	-48.836	-45.059	-54.495

Nota: Valores negativos denotam um benefício ambiental líquido.

Da análise realizada, verifica-se que, no global e para as 5 categorias de impacte apresentadas, a gestão dos PU no SGPU apresenta um benefício ambiental significativo, ou seja, os impactes gerados pelas diversas actividades de recolha, armazenamento, transporte, fragmentação, reutilização, recauchutagem, reciclagem e valorização energética, são contrabalançados pelos impactes evitados devido à recuperação de produtos, materiais e energia nos processos de reutilização e recauchutagem, reciclagem e valorização energética.

Por exemplo, por tonelada de PU gerido em 2011 estima-se que tenha sido evitada a emissão de 1.575 kg CO₂-eq de GEE e o consumo de 48,8 GJ de energia. Tal é equivalente à emissão de GEE de 1,7 agregados familiares durante um ano, ou ao sequestro de carbono efectuado por 5,3 pinheiros ao longo de 30 anos ou à energia contida em 1,17 toneladas equivalentes de petróleo, respectivamente.

Analisando o ano como um todo, em que foram geridos 93.367 t de PU, verifica-se que as quantidades evitadas de emissões de GEE e de energia consumida ascenderam a 147 kt CO₂-eq de GEE e 4.560 TJ, respectivamente, o que é equivalente a 0,21% das emissões de GEE verificadas em Portugal nesse ano, ao peso de 1176 baleias azuis e ao consumo de 0,48% do consumo nacional de energia primária (ver Tabela 20).

De realçar que o balanço referido tem em conta os impactes directos e indirectos e que parte significativa dos impactes e dos benefícios ambientais são realizados fora de Portugal. É o caso da recauchutagem, que evita a importação de pneus, cujo fabrico provocou emissões e impactes nos locais onde as fábricas de pneus estão implantadas.

Tabela 20 – Balanço ambiental do SGPU (total de pneus usados geridos, 2011)

Categoria de impacte	Unidade	Balanço total (valor médio)	Intervalo conf. (>2,5%)	Intervalo conf. (<97,5%)
Alterações climáticas	kt CO ₂ -eq	-147,0	-130,8	-168,4
Acidificação	Mmol H+ eq	-1,0	-0,9	-1,1
Eutrofização terrestre	Mmolc N eq	-1,3	-1,0	-1,6
Eutrofização marinha	t N eq	-107	-84	-137
Consumo acumulado de energia	TJ	-4.560	-4.207	-5.088

Nota: Valores negativos denotam um benefício ambiental líquido.

A maior contribuição para o desempenho total do sistema adveio da actividade de reciclagem, que por exemplo, representou 54% do benefício total do SGPU no que concerne ao consumo acumulado de energia (ver Tabela 21).

Tal resultado reflecte, entre outros factores, o facto de ter sido sujeito a esta operação uma quantidade significativa de PU em 2011 (47.595 t de PU, ou seja 51% do total de pneus geridos). No presente relatório, no Capítulo 4.3.2. detalha-se melhor esta questão aquando da comparação unitária das várias tecnologias de valorização de PU.

Tabela 21 – Contribuição de diversas operações para o balanço ambiental do SGPU (valores médios por tonelada de pneus usados geridos, 2011)

Categoria de impacte	Unidade	Recolha	Armazenagem em ponto de recolha	Transporte	Fragmentação	Reutilização	Recauchutagem	Reciclagem	Valorização energética	Balanço total
Alterações climáticas	kg CO ₂ -eq	18	1	14	2	-8	-515	-741	-344	-1.575
Acidificação	mol H+ eq	0,08	0,01	0,08	0,01	-0,04	-3,84	-4,16	-2,49	-10,3
Eutrofização terrestre	molc N eq	0,36	0,04	0,32	0,02	-0,08	-5,38	-6,69	-2,16	-13,6
Eutrofização marinha	kg N eq	0,03	0,00	0,03	0,00	-0,01	-0,49	-0,53	-0,18	-1,1
Consumo acumulado de energia	MJ	253	13	196	46	-218	-10.115	-26.535	-12.477	-48.836

Nota: Valores negativos denotam um benefício ambiental líquido.

De realçar igualmente que o maior benefício gerado diz respeito aos pneus que passaram logisticamente pela rede de pontos de recolha da Valorpneu, tendo por exemplo, no caso da categoria das alterações climáticas, passado por esta rede 68,5% do benefício total gerado a jusante (ver Figura 26).

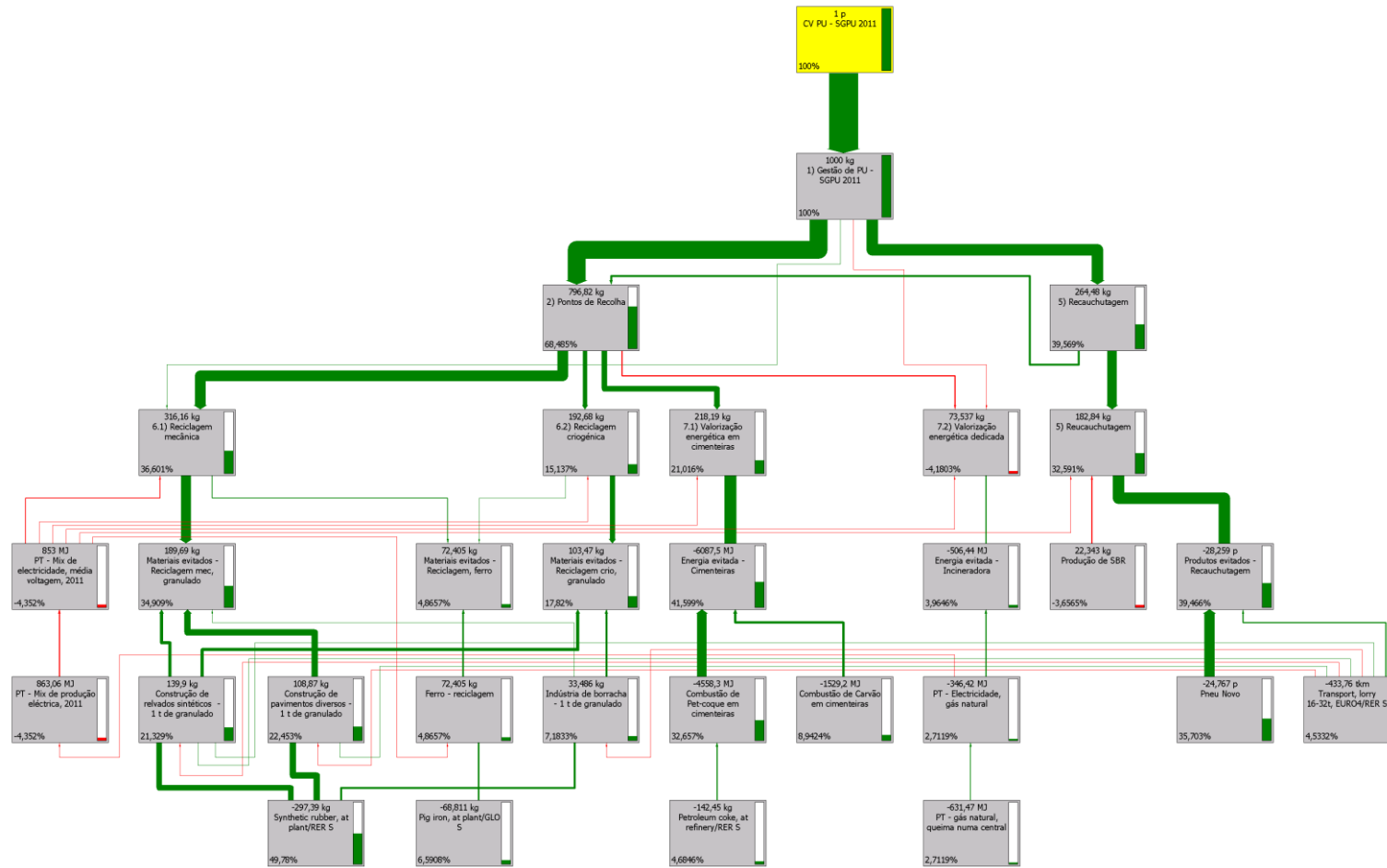


Figura 26 – Árvore do ciclo de vida relativa à categoria de alterações climáticas

Nota: Resultados de caracterização, por t de PU gerido em 2011, com cut-off de 2,5%.

Por outro lado, constata-se que **os benefícios induzidos com a substituição de produtos e materiais alternativos são bastante superiores aos impactes gerados pelas diversas actividades de gestão dos PU**. Por exemplo, no que respeita à emissão de substâncias acidificantes, os benefícios gerados são 5x superiores aos impactes gerados (ver Tabela 22).

Tabela 22 – Contribuição de diferentes fases para o balanço ambiental do SGPU (por tonelada de pneus usados geridos, 2011)

Categoria de impacte	Unidade	Preparação dos PU	Reutilização, recauchutagem e valorização dos PU	Produtos, materiais e energia evitados	Balanço total
Alterações climáticas	kg CO ₂ .eq	34	678	-2.287	-1.575
Acidificação	mol H+ eq	0,2	2,4	-12,9	-10,3
Eutrofização terrestre	molc N eq	0,7	9,9	-24,2	-13,6
Eutrofização marinha	kg N eq	0,1	0,9	-2,1	-1,1
Consumo acumulado de energia	MJ	508	5.387	-54.731	-48.836

Adicionalmente, verifica-se que **os impactes gerados nas próprias operações de reutilização, recauchutagem e valorização são bastante superiores aos impactes gerados nas actividades relacionadas com a recolha, armazenamento, transporte e fragmentação dos PU** (fase de preparação de PU), que constituem a logística associada ao SGPU (ver igualmente Figura 27). Este resultado está de acordo com outros resultados presentes na literatura, de que Clauzade *et al.* (2010) é exemplo.

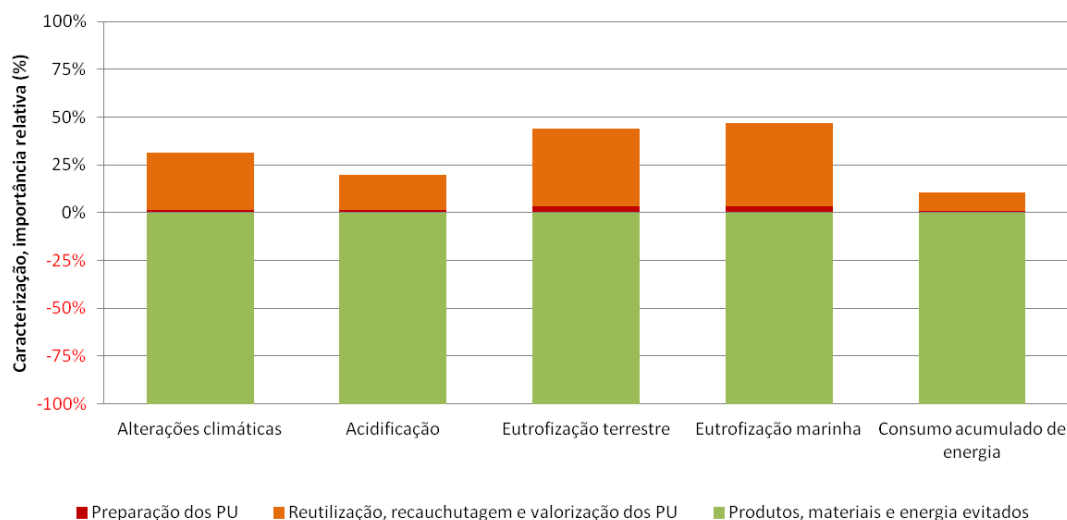


Figura 27 – Contribuição de diferentes fases para o balanço ambiental do SGPU (por tonelada de pneu usado gerido, valores relativos, 2011)

A nível dos materiais e substâncias responsáveis pelos impactes ambientais gerados pela gestão de PU, verifica-se que estes decorrem do consumo de um conjunto alargado de substâncias e variam bastante de categoria para categoria de impacte.

No entanto, é possível salientar algumas das principais fontes geradoras de impacte ambiental em 2011:

- As emissões directas de CO₂ e outros gases de combustão (e.g. NO_x, SO_x) resultantes da valorização energética dos PFV, dada esta operação ter carácter destrutivo e transformar

quimicamente os elementos constitutivos dos pneus que são mobilizados em grande parte para a atmosfera;

- O carvão e gás natural utilizados na produção de electricidade consumida indirectamente nos processos de reciclagem e recauchutagem, que geram emissões de CO₂ e outras substâncias, como os NO_x e os SO_x;
- Os materiais consumidos na operação de recauchutagem (borracha sintética e negro de fumo);
- O azoto líquido consumido no processo de reciclagem criogénica, que é um processo intensivo em energia;

A nível dos impactes evitados, as principais origens dizem respeito à substituição de:

- Pneus novos (pela actividade de recauchutagem);
- Borracha sintética, nomeadamente EPDM (pela actividade de reciclagem, que dá origem a granulado de borracha);
- Pet-coque e carvão (pela actividade de valorização energética);

4.3.2 Comparação directa de diferentes operações/tecnologias de valorização

Na Figura 28 apresenta-se a comparação directa relativa aos benefícios ambientais de várias operações de reutilização e valorização de pneus no SGPU em 2011, tendo por base as condições verificadas nesse ano, com especial relevância para o mix de materiais e produtos evitados e especialmente as aplicações do granulado de borracha.

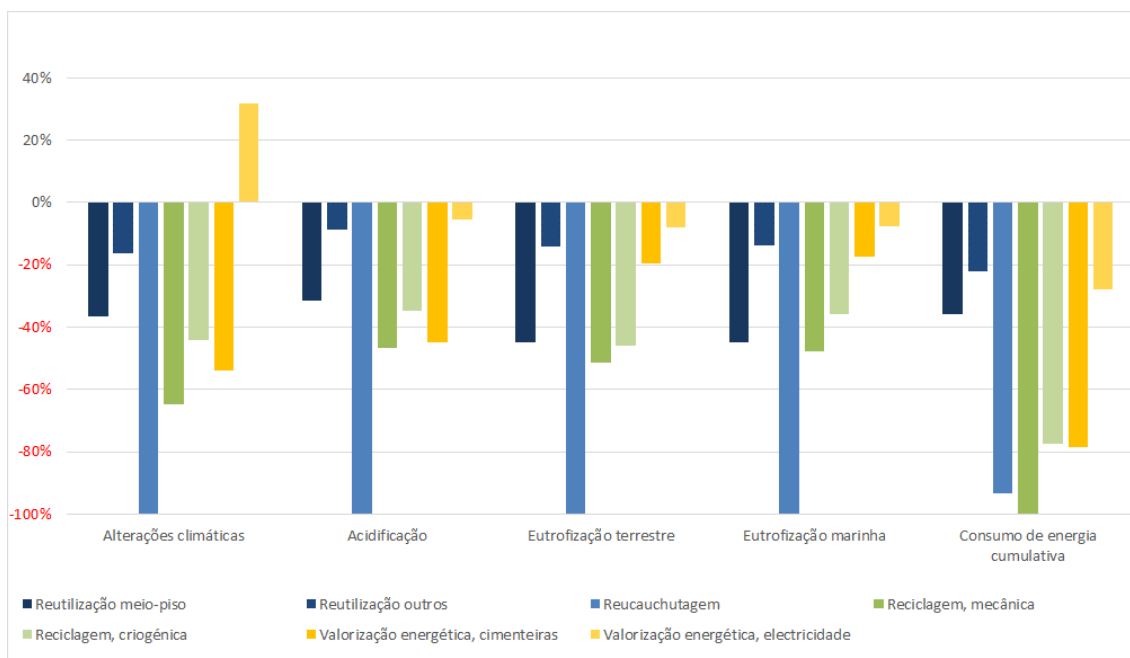


Figura 28 – Comparação directa do benefício ambiental de várias tecnologias de reutilização e valorização de pneus usados no SGPU (valores médios, por tonelada de pneus usados processados por tecnologia, 2011)

Neles pode-se verificar que **a hierarquia de gestão de resíduos, em termos globais, se manteve em 2011 para a maior parte das categorias analisadas**, com base nas condições médias verificadas nesse ano, com as seguintes excepções:

- 1) **operações de reutilização meio-piso e outros**, que na maior parte das categorias de impacte aparecem num nível hierárquico inferior à recauchutagem, reciclagem e valorização energética em cimenteiras, e;
- 2) **reciclagem criogénica**, que em algumas categorias de impacte ambiental é suplantada pela valorização energética em cimenteiras.

No caso da reutilização meio-piso, estamos em presença da reutilização de pneus com piso já bastante desgastado, que não sofrem praticamente nenhuma operação de reparação/reconstituição, pelo que a extensão do tempo de vida alcançada é bastante diminuta (considera-se 20% do tempo de vida dos pneus novos). No caso da reutilização por outras formas, tendo em consideração a classificação efectuada, estamos em presença do uso dos pneus para aplicações de segurança (e.g. construção de autódromos e campos de tiro) e sobretudo de construção civil (e.g. estabilização de taludes, muros de contenção, portos marítimos), cujos produtos/materiais substituídos acabam por ser menos “nobres”.

Finalmente, no caso da reciclagem criogénica, o resultado é fruto não só do mix de aplicações do granulado que se verificou em 2011, mas igualmente devido ao facto de estarmos em presença de uma tecnologia consumidora de azoto líquido, o que penaliza o seu desempenho ambiental unitário em categorias específicas, devido aos impactes indirectos associados ao seu consumo.

No entanto, as conclusões extraídas com base nas condições verificadas em 2011 não são passíveis de extrapolação para anos futuros, dado que, por um lado, quando se analisa mais detalhadamente o resultado do balanço ambiental de cada tecnologia conclui-se **que existem alguns factores que acabam por ser fulcrais para os resultados obtidos e**, por outro, **o intervalo de confiança dos resultados obtidos para algumas das tecnologias são relativamente alargados**.

No que concerne aos factores que são fulcrais para o balanço ambiental de cada tecnologia, estes são os seguintes:

- Reutilização meio-piso: a extensão do tempo de vida dos pneus alcançada face a um pneu equivalente novo;
- Recauchutagem: a extensão do tempo de vida obtida pela recauchutagem dos PU face a um pneu novo equivalente;
- Reciclagem mecânica e criogénica: aplicações do granulado de borracha, destinos do têxtil e rendimento do granulado produzido;
- Valorização energética em cimenteiras: tipo de energia substituída (e.g. pet-coque vs. carvão);
- Valorização energética para produção de electricidade (e.g. rendimento energético da instalação e tecnologia/mix de tecnologias de produção electricidade produzidas).

Como se pode constatar, **estes factores podem variar de ano para ano, devido sobretudo a aspectos que estão fora da esfera de controlo da Valorpneu**. Um exemplo é a extensão do tempo de vida que se consegue obter nos pneus meio-piso. Com base na experiência histórica, verifica-se que em alturas de contracção económica, os PU que chegam aos pontos de recolha da Valorpneu encontram-se já bastante desgastados, com o piso utilizado até ao limite, o que condiciona não só a quantidade, mas igualmente a qualidade destes pneus para serem reaproveitados, mesmo em mercados menos exigentes (Valorpneu 2012b).

Outro exemplo prende-se com a produção de electricidade pela combustão dos PFV. Não só o resultado ambiental depende das características intrínsecas das centrais onde esse aproveitamento é realizado (e.g. rendimento eléctrico, rendimento energético total, etc.), mas sobretudo da estrutura e organização do sistema eléctrico onde essa electricidade é vendida.

No caso concreto da modelação realizada, tendo em consideração as características do sistema electroprodutor português (SEN), em que existe uma ordem de despacho para a entrada das diferentes fontes energéticas, considerou-se que a tecnologia de produção de electricidade que era substituída pela electricidade produzida a partir dos pneus era a tecnologia de gás natural de ciclo combinado, que tem uma prioridade superior às outras fontes fósseis (sendo que as fontes renováveis são despachadas primeiro).

Deste modo, uma vez que esta fonte apresenta uma intensidade carbónica menor que a combustão dos PFV, devido sobretudo ao rendimento eléctrico mais elevado (superior a 50%), contrapondo os impactes e os benefícios gerados com a combustão dos PFV verifica-se que o resultado ambiental é negativo na categoria de alterações climáticas, mesmo tendo em atenção que os pneus contêm uma fracção de carbono biogénico relevante.

Mas o factor mais importante e que condiciona a ordem hierárquica das operações de gestão de resíduos acaba por ser o mix de aplicações do granulado de borracha que é o produto principal do processo de reciclagem dos PFV e, que varia de ano para ano devido às condições de mercado subjacente.

Na Figura 29 apresenta-se o benefício ambiental médio relativo de cada aplicação do granulado de borracha e ainda o balanço ambiental médio estimado em 2011 tendo em conta o mix de aplicações do granulado desse ano.

Nela constata-se que o desempenho ambiental varia significativamente consoante o tipo de aplicação e pode ainda inferir-se que o mix de aplicações do ano de 2011 integrou uma fracção significativa de aplicações com maior benefício ambiental.

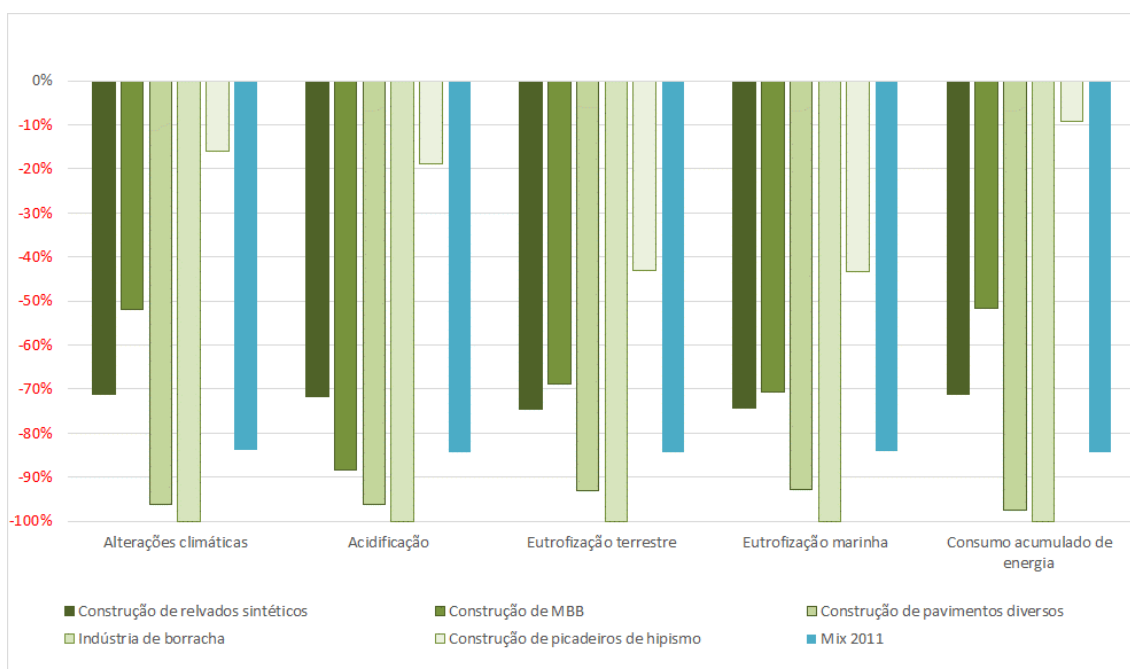


Figura 29 – Comparação relativa directa do benefício ambiental das várias aplicações de granulado (por tonelada de granulado valorizado)

Desta forma, o balanço ambiental da reciclagem (que contempla ainda a valorização do ferro e têxtil, quando aplicável) é profundamente afectado pelo destino que é dado ao granulado de borracha que, como foi referido, é condicionado unicamente por questões de mercado que fogem ao controlo da Valorpneu.

Esta variação é de tal forma que, por exemplo, consoante a aplicação do granulado, a ordem de mérito da reciclagem face à valorização energética pode variar. É o caso, por exemplo, da utilização do granulado de borracha para a construção de picadeiros ou o fabrico de MBB em algumas categorias de impacte ambiental.

De referir igualmente que os resultados da valorização energética variam consoante o tipo de operação em questão, não sendo indiferente os PFV serem valorizados numa cimenteira ou numa incineradora dedicada para produção de electricidade, como se mostra na figura seguinte.

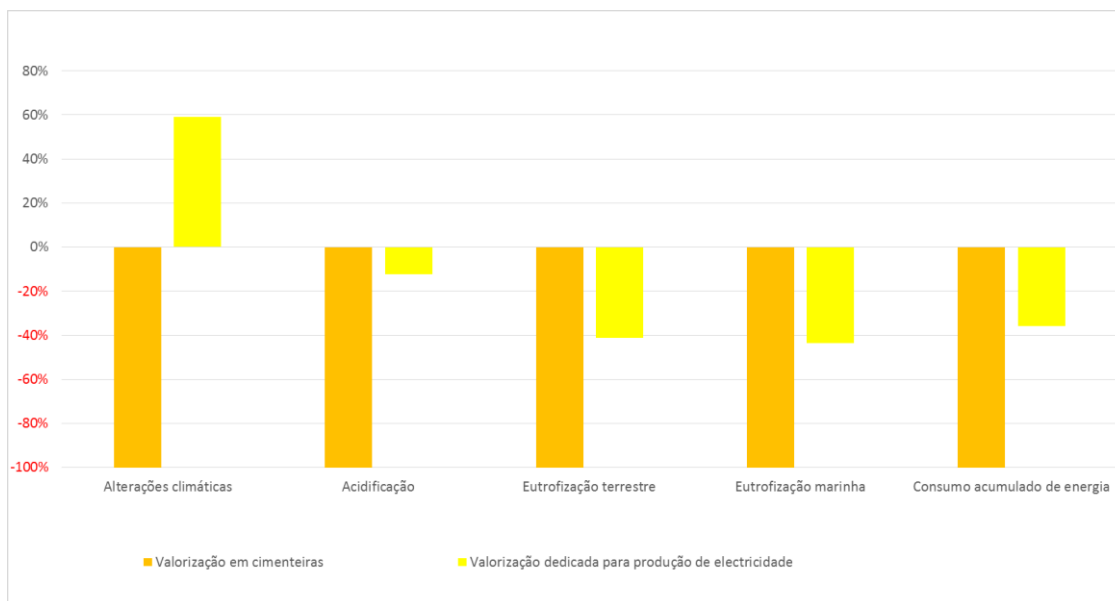


Figura 30 - Comparação relativa do benefício ambiental das duas formas de valorização energética de PFV (por tonelada de granulado valorizado)

Neste contexto, a título de exemplo, na Figura 31 mostra-se uma comparação das diversas operações de reutilização e valorização de PU, para a categoria de alterações climáticas, desagregando-se a operação de reciclagem em vários cenários que têm em conta a aplicação dada ao granulado de borracha. Nesse gráfico apresenta-se igualmente o intervalo de confiança de 95% fruto da análise de incerteza realizada aos parâmetros do modelo.



Figura 31 – Comparação directa e análise de incerteza do benefício ambiental de várias operações de reutilização e valorização de pneus usados e aplicações do granulado de borracha no SGPU para a categoria de alterações climáticas (por tonelada de pneus usados processados em cada operação, 2011)

Da análise da figura pode-se realçar alguns aspectos. O primeiro aspecto está relacionado com o posicionamento da opção “relvados sintéticos” face a opções de reciclagem como “pavimentos diversos”, o que contrasta com resultados apresentados na análise bibliográfica (ver Tabela 9). A explicação para o valor ser distinto pode residir em dois factores. O primeiro factor é o contexto da análise ser distinto, por exemplo, o mix energético dos países em análise ser diferente. O segundo factor é que o material substituído na produção de pavimentos é também diferente. Enquanto no caso português foi considerada a substituição de EPDM na produção de pavimentos, de acordo com informações prestadas por um fabricante português, (Pneugreen, 2013) nos casos da bibliografia o material substituído é o Poliuretano (PUR), o que gera benefícios ambientais distintos (ver e.g. Clauzade *et al.*, 2010).

O segundo aspecto está relacionado com o intervalo de confiança associado ao benefício ambiental das várias tecnologias, que em alguns casos é relativamente alargado. É o caso da valorização energética, em que o limite referente ao maior benefício (2.280 kg CO₂-eq/t PFV gerido) é superior ao limite das aplicações com melhor desempenho do granulado de borracha (e.g. indústria de borracha, 2.090 kg CO₂-eq/t PFV gerido).

Tal encontra-se relacionado com a incerteza associada com a relação do mix de combustível substituído efectivamente em 2011 (pet-coque/carvão), que se reflecte bastante nos resultados desta categoria dado que o pet-coque apresenta emissões específicas superiores às do carvão (ver anexo), pelo que quanto maior a fracção deste combustível que é substituído, maior é o impacte evitado pela valorização energética dos pneus.

De qualquer forma, tendo em consideração a incerteza do modelo e comparando os resultados entre a operação de reciclagem em termos agregados, considerando as duas tecnologias existentes e os vários destinos dos granulados de borracha verificados em 2011, e a operação de valorização energética em cimenteiras, verifica-se que para as condições estimadas de mercado nesse ano, a reciclagem acaba por apresentar resultados mais favoráveis em quatro das cinco categorias de impacte consideradas, embora no caso das alterações climáticas, 45% das simulações efectuadas apresentaram a valorização energética como operação preferencial (ver Figura 32).

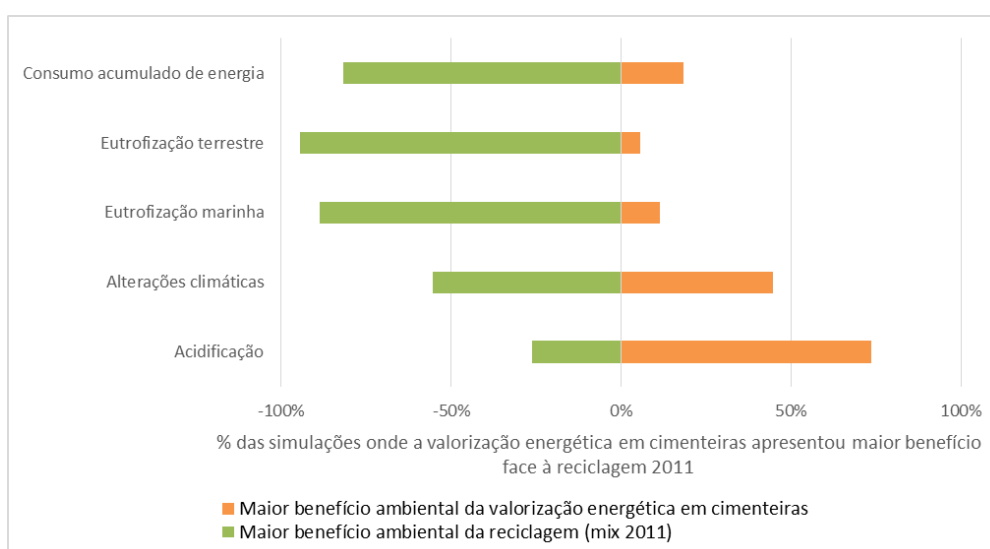


Figura 32 – Resultados da simulação de Monte Carlo, ordem de mérito ambiental directo entre a reciclagem (mix 2011) e a valorização energética em cimenteiras

No caso concreto da utilização do granulado de borracha para o fabrico de MBB, o intervalo de confiança a 95% é igualmente bastante alargado, dado que o resultado ambiental é fortemente dependente de questões ligadas à construção das estradas utilizando estas misturas (e.g. design, aplicação, tipo de utilização), questões essas que se reflectem em última análise no tempo de vida desses pavimentos face aos pavimentos convencionais e nas suas necessidades de manutenção.

Finalmente, de realçar o facto de que os pneus usados e quando comparados com outros materiais, apresentam uma poupança de energia e de emissões de GEE bastante consideráveis. Na tabela seguinte apresenta-se esta comparação, tendo em atenção o mix de tecnologias e aplicações para o granulado de borracha, produto que é o principal responsável pelo benefício obtido com a reciclagem dos pneus usados.

Tabela 23 – Poupança de emissões de GEE e consumo de energia pela reciclagem de vários materiais

Tipo de material	Poupança de energia (%)	Poupança de emissão de gases de efeito de estufa (kg CO ₂ -eq/t material reciclado)
Alumínio	90-95	95
Ferrosos	74	63
Têxteis	N.D.	60
Aço	62-74	1.512
Cobre	35-85	N.D.
Chumbo	60-65	N.D.
Papel	40	177
Zinco	60	41(HDPE)
Plástico	80-90	30
Vidro	20	N.D.
Pneus usados (borracha, aço e têxtil)	94	1608

Fontes: Para todos os materiais, excepto pneus usados, com base em resultados dos estudos Ecorys (2009); JRC-IPTS (2010); Para os pneus usados, valores os pneus usados reflectem os resultados médio do presente estudo para o mix de reciclagem de 2011 (tecnologias e aplicações granulado) e os contributos dos vários materiais constituintes dos pneus.

4.3.3 Desempenho do SGPU face a diferentes cenários de gestão

Na análise ambiental realizada ao SGPU, efectuou-se ainda uma análise de sensibilidade dos resultados ambientais do sistema face a cenários alternativos de gestão, relacionados com as metas de gestão a que a Valorpneu se encontra sujeita.

Nesse sentido, mantendo-se as condições de base do modelo construído (mix de produtos e materiais evitados, características tecnológicas, etc.), efectuaram-se duas análises distintas:

- Comparação Baseline 2011 vs. cenários extremos de reciclagem e valorização, onde se analisou qual seria o resultado ambiental do SGPU se os PFV fossem todos reciclados ou todos valorizados energeticamente, mantendo-se os níveis de reutilização e recauchutagem verificados em 2011;

- Comparação Baseline 2011 vs. Baseline 2017, onde se analisou o efeito das propostas da Valorpneu para o novo período de licença, que resultam das perspectivas de mercado dos pneus novos e PU para os próximos anos e que integram os efeitos verificados e previsíveis do actual nível de actividade económica. Este cenário pressupõe um decréscimo do nível de recauchutagem e reciclagem, para além de uma diminuição das quantidades absolutas de PU a gerir.

Por outro lado, apesar de que para a elaboração do estudo ter-se considerado o ano de 2011 como referência, por ser o ano mais recente em termos de estatísticas fechadas e ser representativo da operação do SGPU, para categorias de impacto seleccionadas efectuou-se uma análise de sensibilidade ao balanço ambiental do sistema considerando pequenas oscilações que ocorreram de ano para ano na sua gestão, nomeadamente em termos das quantidades de PU geridas e nos destinos desses pneus.

Os resultados da análise realizada são identificados de seguida.

4.3.3.1 Comparação Baseline 2011 com cenários extremos de reciclagem e valorização

Na Figura 33 apresenta-se a comparação relativa de cenários extremos de reciclagem e valorização face aos resultados do SGPU em 2011.

No primeiro cenário, “2011 – Reciclagem”, considerou-se que os pneus que em 2011 foram alvo de valorização energética seriam reciclados segundo o mesmo mix de tecnologias e de aplicações de granulado que se verificou nesse ano.

No segundo cenário, “2011 – Valorização energética”, considerou-se que os pneus que foram reciclados em 2011 seriam todos valorizados energeticamente em cimenteiras, com o mesmo mix de combustíveis substituídos considerados.

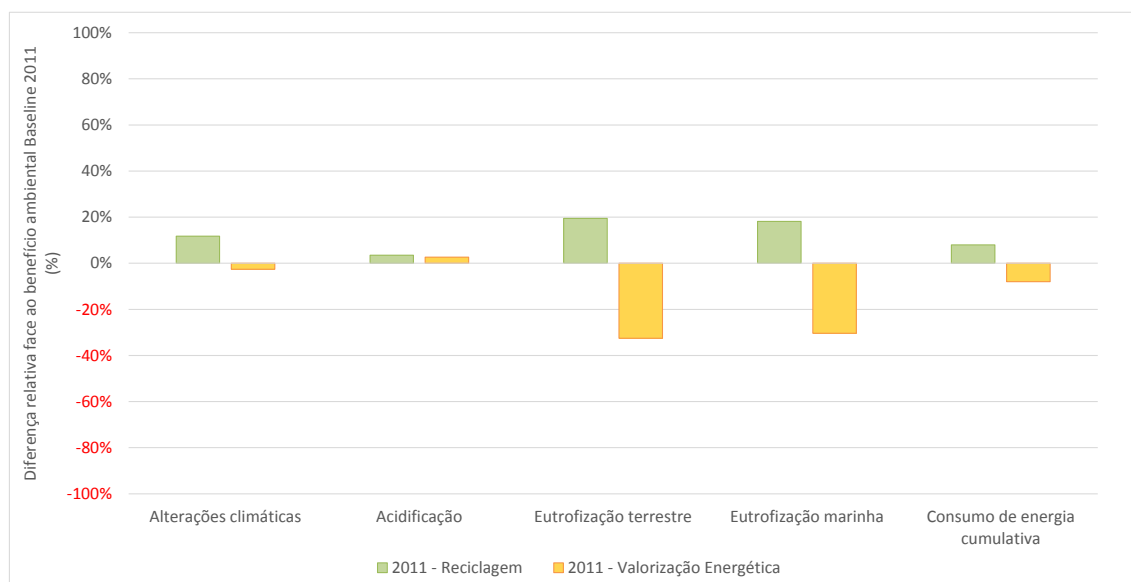


Figura 33 – Comparação relativa de cenários extremos de reciclagem e valorização face aos resultados do SGPU (por tonelada de pneus usados geridos, 2011)

Deste modo, a garantir-se o total escoamento do granulado e restantes materiais do processo de reciclagem, o cenário de reciclagem apresentaria maiores benefícios ambientais, embora este acréscimo seja relativamente reduzido face ao desempenho ambiental que se verificou na prática em 2011, especialmente nas categorias alterações climáticas, acidificação e no consumo acumulado de energia.

De forma semelhante, verifica-se que, caso os pneus reciclados fossem valorizados energeticamente em cimenteiras, a diminuição da performance ambiental do sistema seria relativamente diminuta, excepto nas categorias de eutrofização. Por exemplo, a nível das alterações climáticas, a redução seria apenas de 3%.

4.3.3.2 Comparação Baseline 2011 vs. Baseline 2017

Na Figura 34 apresenta-se a comparação relativa do cenário que reflecte a proposta da Valorpneu para a gestão do SGPU no próximo período de licença, tendo por base o ano 2017 e que consta no caderno de encargos entregue pela Valorpneu à APA para efeitos de renovação da sua licença (ver capítulo 2.3.4 e Valorpneu, 2013b).

Pela análise dos resultados, verifica-se que a diminuição do benefício ambiental, por tonelada de PU gerido não é significativo, especialmente em algumas categorias, como sejam as alterações climáticas (-13%) e a acidificação (-9%). De realçar que este cenário foi construído tendo em consideração as perspectivas de mercado dos pneus novos e PU para os próximos anos, que integram os efeitos verificados e previsíveis do actual nível de actividade económica.

Deste modo, pressupõe um decréscimo do nível de recauchutagem e reciclagem dos PU em relação ao nível actual, devido a questões relacionadas com a capacidade de escoamento dos produtos destas operações face aos sectores de actividade em que os produtos são usados (e.g. construção civil e transporte de mercadorias e passageiros) e igualmente ao aumento de competitividade de produtos alternativos (e.g. pneus novos de 3ª e 4ª linha) (ver estudo Valorpneu (2012b) e Valorpneu (2013b)).

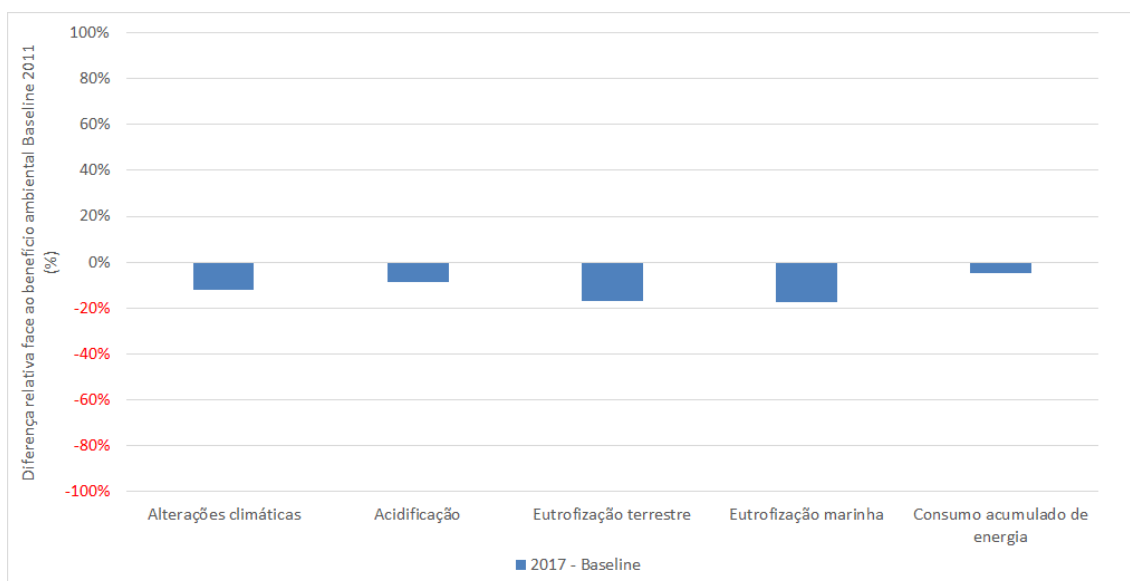


Figura 34 – Comparação relativa do cenário de gestão em 2017 face aos resultados do SGPU de 2011

Para além da alteração das taxas de recauchutagem e reciclagem subjacentes ao cenário do SGPU em 2017, se tivermos em conta a diminuição expectável do mercado dos PU face a 2011, que reflecte a situação económica nacional actual e perspectivada para o futuro próximo, verifica-se que, em termos absolutos, o benefício ambiental do SGPU por ano diminuirá, por exemplo, 27% face a 2011 na categoria alterações climáticas, estimando-se que se situe aproximadamente em 108 kt de CO₂eq em 2017.

4.3.3.3 Comparação Baseline 2011 com resultados estimados para outros anos

Para a elaboração do estudo considerou-se o ano de 2011 como referência, dado que este é o ano mais recente em termos de estatísticas fechadas e representa de forma aproximada os 10 anos em que o SGPU operou. Apesar deste facto, efectuou-se uma análise de sensibilidade ao balanço ambiental do sistema para categorias de impacte seleccionadas com base em factores de emissão/consumo, tendo em consideração as pequenas oscilações que ocorreram de ano para ano na gestão do SGPU, nomeadamente em termos das quantidades de PU geridas e destinos desses pneus e dos seus produtos resultantes.

Nesse sentido, o resultado ambiental para a categoria de alterações climáticas é apresentado na Figura 35. Verifica-se que para esta categoria a diferença entre o balanço médio do ano de 2011 e a média estimada para os 10 primeiros anos de funcionamento do SGPU é apenas de 1%.

De igual forma, ao longo de 10 anos, o balanço ambiental estimado para esta categoria apenas oscilou, respectivamente, entre -1.832 e -1.334 kg CO₂ eq/t PU, ou seja, entre -16% e +15% face ao valor de 2011, tendo a média de 10 anos se situado em -1.558 kg CO₂ eq/t PU gerido.

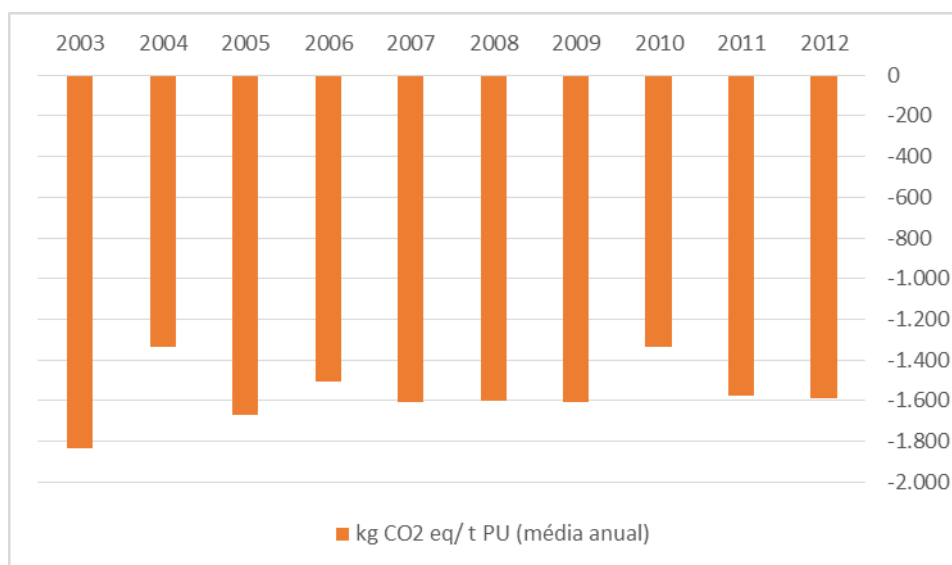


Figura 35 – Balanço ambiental estimado para a categoria de alterações climáticas nos 10 primeiros anos de funcionamento do SGPU (kg CO₂ eq/t PU (média anual))

Se tivermos em conta o total de pneus geridos em cada ano, os valores oscilaram um pouco mais devido às diferenças das quantidades de PU geridas em cada ano, embora a variação não seja muito acentuada. Neste contexto, o balanço médio anual estimado para os 10 anos de funcionamento do SGPU situou-se em -139 kt CO₂ eq/ano, ou seja uma diferença de 5% face a 2011. O menor desempenho estimado nesta categoria foi de -112 kt CO₂-eq/ano e o mais elevado de -162 kt CO₂ eq/ano, ou seja, em qualquer dos anos o resultado ambiental do SGPU foi bastante elevado, estimando-se que desde o início do funcionamento do SGPU as emissões evitadas de GEE tenham ascendido a cerca de 1,4 Mt CO₂ eq.

As conclusões extraídas para a categoria de alterações climáticas mantêm-se de forma análoga para outras categorias. Por exemplo, em termos do consumo acumulado de energia, a média anual por t de PU gerida estimada para os 10 anos de funcionamento do SGPU é 5% menor do que o valor verificado em 2011, enquanto que se tivermos em conta a totalidade dos PU geridos em cada ano, este valor é de apenas 9%.

4.4 CONCLUSÕES PRINCIPAIS

Tendo por base a avaliação ambiental realizada ao SGPU e os resultados obtidos a nível da análise de incerteza e sensibilidade, podem-se retirar as seguintes conclusões principais considerando as categorias de impacte avaliadas:

O balanço ambiental do SGPU é bastante positivo

Tal significa que os benefícios induzidos pela valorização dos PU são superiores aos impactes gerados. Por exemplo, por tonelada de PU gerido em 2011 estima-se que tenha sido evitada a emissão de 1.575 kg CO₂-eq de GEE e o consumo de 48,8 GJ de energia. Tal é equivalente à emissão doméstica de GEE de 1,7 agregados familiares durante um ano ou 1,17 toneladas equivalentes de petróleo, respectivamente.

Analisando o ano como um todo, em que foram geridos 93.367 t de PU, verifica-se que as quantidades evitadas de emissões de GEE e de energia consumida ascenderam a 147 kt CO₂-eq de GEE e 4.560 TJ, respectivamente, o que é equivalente a 0,21% das emissões de GEE verificadas em Portugal nesse ano, à emissão doméstica de 158 mil agregados familiares ou seja, ao peso de 1.176 baleias azuis e ao consumo de 0,48% do consumo nacional de energia primária.

Se tivermos em conta os 10 anos de funcionamento do SGPU, por exemplo, o balanço médio anual de GEE é de -139 kt CO₂-eq, estimando-se que desde o início do funcionamento do SGPU as emissões evitadas de GEE tenham ascendido a cerca de 1,4 Mt CO₂-eq.

De realçar que o balanço referido tem em conta os impactes directos e indirectos e que parte significativa dos impactes e dos benefícios ambientais são realizados fora de Portugal. É o caso da recauchutagem, que evita a importação de pneus, cujo fabrico provocou emissões e impactes nos locais onde as fábricas de pneus estão implantadas.

A fase de preparação dos pneus para valorização é pouco relevante

As actividades logísticas relacionadas com a preparação dos PU para serem reutilizados, recauchutados e valorizados, nomeadamente a recolha, o armazenamento, o transporte e a fragmentação dos PU são pouco relevantes quando comparados com os impactes gerados e benefícios induzidos pelas actividades de reutilização, recauchutagem e valorização dos pneus. Por exemplo, as actividades de preparação de PU apenas representam cerca de 5% dos impactes totais gerados no SGPU na categoria alterações climáticas.

A hierarquia de gestão de resíduos, em termos globais, manteve-se em 2011 para a maior parte das categorias analisadas

Considerando o mix de tecnologias e produtos, materiais e energias substituídas, verificou-se que a hierarquia de gestão de resíduos, em termos globais, se manteve em 2011 para a maior parte das categorias analisadas, com base nas condições médias verificadas nesse ano, ou seja, com maior benefício em termos agregados da recauchutagem, seguida da reciclagem e posteriormente da valorização energética. A excepção ocorreu na reutilização de pneus (meio-piso e outras formas de reutilização), que por questões distintas acabam por apresentar um desempenho ambiental inferior.

No entanto, as conclusões extraídas com base nas condições verificadas em 2011 não são passíveis de extrapolação para anos futuros, dado que, por um lado, quando se analisa mais detalhadamente o resultado do balanço ambiental de cada tecnologia conclui-se que existem alguns factores que acabam por ser fulcrais para os resultados obtidos (e.g. destinos do granulado de borracha) e, por outro, o intervalo de confiança dos resultados obtidos para algumas das tecnologias são relativamente alargados.

As várias operações de valorização induzem benefícios ambientais, embora a sua magnitude e características dependam de cada tecnologia e dos produtos que são evitados

Como referido, verificou-se que em termos agregados a hierarquia de gestão de resíduos se manteve em 2011, mas no entanto comprovou-se que esta é bastante dependente do mix de tecnologias e aplicações dadas aos produtos resultantes dos PU.

Ao nível das tecnologias, por exemplo, verifica-se que a reciclagem criogénica é penalizada face à reciclagem mecânica, bem como a valorização energética dedicada cujo fim é a produção de electricidade é penalizada face à valorização energética em cimenteiras, sendo neste caso um dos factores explicativos a actual estrutura do SEN.

Ao nível dos produtos e materiais evitados, verifica-se que os resultados da reciclagem são bastante dependentes dos destinos dados ao granulado de borracha, que é o principal produto desta actividade de valorização. Por exemplo, os benefícios da utilização dos granulados de borracha em picadeiros são apenas entre 5% a 24% dos benefícios da aplicação que apresenta maior benefício ambiental, a utilização do granulado na indústria de isolamento/borracha.

O balanço ambiental de algumas operações depende fortemente de questões de mercado que estão fora do âmbito e controlo da Valorpneu

É o caso por exemplo da reciclagem, cujo balanço ambiental depende fortemente dos destinos dados ao granulado de borracha e, concomitantemente, dos produtos que são evitados pela sua utilização. O mix de aplicações varia de ano para ano, exclusivamente de acordo com as condições de mercado existentes a nível nacional e internacional existentes à data.

Mais relevante do que existirem metas de valorização é garantir que os produtos dessa valorização possam ser efectivamente utilizados, sobretudo em aplicações com maior valor acrescentado em termos ambientais

Os objectivos de gestão relacionados com os PU influenciam o balanço ambiental do SGPU. No entanto, como se verificou pela análise realizada, é mais importante garantir que existe mercado para os produtos da valorização dos pneus e que estes sejam efectivamente utilizados, sobretudo em aplicações com maior valor acrescentado em termos ambientais e sem criar distorções de mercado, do que garantir à partida a oferta de uma determinada fracção de PU para uma dada operação.

Nesse sentido, deve-se reforçar a importância das políticas e medidas de “market pull” face às políticas e medidas de “market push”, de que os objectivos de gestão de PU são um exemplo.

(página intencionalmente deixada em branco)

5 AVALIAÇÃO ECONÓMICA DO SGPU

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os objectivos principais da avaliação económica realizada ao SGPU são os seguintes:

- Caracterizar o perfil económico das empresas do SGPU e da gestão de PU em termos macro;
- Avaliar o balanço económico do SGPU em termos de VAB e importações;
- Analisar o desempenho do SGPU em termos de VAB e importações face a diferentes cenários de gestão.

Neste contexto, de seguida apresenta a descrição metodológica seguida com vista ao cumprimento dos objectivos definidos, sendo que posteriormente apresentam-se os resultados obtidos bem como as conclusões principais que podem ser extraídas da avaliação realizada.

5.2 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA SEGUIDA

Para a realização da avaliação recorreu-se a diferentes metodologias consoante o objectivo em questão, sendo de destacar a metodologia de entradas-saídas. Nos próximos parágrafos detalha-se a abordagem metodológica seguida.

Caracterização do perfil económico das empresas do SGPU e da gestão de pneus usados em termos macro

Por forma a caracterizar o perfil das empresas do SGPU recorreu-se a várias fontes de dados. Em primeiro lugar, utilizaram-se os relatórios e contas das empresas relativos a 2011, que foram fornecidos pelas próprias empresas ou pela Valorpneu. Estes dados foram complementados com informação directa prestada pelos operadores do SGPU através do inquérito específico realizado à sua actividade, bem como por informações bibliográficas obtidas, por exemplo, junto do INE ou de sítios de Internet especializados em informação corporativa.

Tendo por base a informação recolhida, procedeu-se à sua análise por forma a estimar a estrutura de gastos e rendimentos que os diversos tipos de empresas do SGPU têm com a gestão dos PU, isolando assim esta actividade das demais prestadas pelas empresas e que aparecem reflectidas nos seus indicadores macro, como por exemplo, os existentes nas demonstrações financeiras, nomeadamente na demonstração de resultados e no balanço.

Avaliação do balanço económico do SGPU

Modelo desenvolvido

Para a avaliação do balanço económico do SGPU recorreu-se fundamentalmente à metodologia de análise de entradas-saídas, desenvolvida em 1930 por Wassily Leontief e que é uma técnica económica que permite quantificar os impactos indirectos que a procura dum bem ou serviço gera ao longo duma cadeia de produção (Miller and Blair, 2009). A ideia-chave desta análise é que cada um dos ramos de actividade tem uma receita de produção fixa que pode ser descrita por um vector de coeficientes técnicos: e.g. para reciclar criogenicamente uma tonelada de PFV é necessária uma certa quantidade de electricidade, azoto e outras matérias-primas e essa tonelada de PFV gera também uma quantidade fixa de granulado e ferro.

Se considerarmos que a economia está dividida em n ramos de actividade, cada uma gerando um único produto, é possível descrever o conjunto dos coeficientes técnicos numa matriz \mathbf{A} cuja entrada na posição $(i; j)$ indica a quantidade de recurso i necessário para produzir uma unidade de produto j .

Se estivermos interessados numa variável como as importações, podemos definir um vector \mathbf{d} que indica as importações necessárias por unidade de produto de cada ramo de actividade. Neste contexto, é possível calcular o impacto directo sobre as importações gerado por um vector de procura \mathbf{y} como $\mathbf{d}'\mathbf{y}$, onde os vectores estão todos em formato coluna e $'$ representa a matriz transposta.

O impacto *indirecto* de primeira ordem são as importações geradas noutros sectores pelo fornecimento de bens e serviços ao sector de interesse. Por exemplo, a reciclagem de PFV requer electricidade, e o fornecimento desta electricidade gera importações de electricidade em outros países, nomeadamente de Espanha. Os efeitos indirectos de primeira ordem calculam-se como $\mathbf{d}'\mathbf{A}\mathbf{y}$.

O impacto *indirecto de ordem k* é calculado como $\mathbf{d}'\mathbf{A}^{k+1}\mathbf{y}$. Por exemplo, no caso da reciclagem de pneus, esta requer electricidade que por sua vez requer carvão, cuja extracção gera também importações.

O soma do impacto directo e dos impactos indirectos até n ordem é calculada como $\mathbf{d}'\mathbf{L}\mathbf{y}$, onde \mathbf{L} é a matriz inversa de Leontief, definida como:

$$\mathbf{L} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = (\mathbf{I} + \mathbf{A} + \mathbf{A}^2 + \dots)$$

, onde \mathbf{I} é por sua vez a matriz identidade.

De acordo com modelo de Leontief, partindo dum vector de procura final, \mathbf{y} , o impacto económico gerado pela procura final é \mathbf{b} , calculada através de:

$$\mathbf{b} = \text{diag}(\mathbf{d})(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y},$$

onde \mathbf{I} é a matriz identidade e diag representa a matriz diagonal; \mathbf{A} é matriz de coeficientes técnicos, cuja entrada a_{ij} indica a quantidade de recurso i necessário para produzir uma unidade de j ; e \mathbf{d} é o vector de *impactes directos*, cuja entrada d_i indica o impacto socioeconómico necessário para gerar uma unidade de i .

No caso do SGPU, é necessário considerar um sistema com cinco classes: produtos do resto da economia; sectores do resto da economia; PU; SGPU e famílias. A matriz \mathbf{A} e os vectores \mathbf{d} e \mathbf{y} têm a estrutura descrita na figura seguinte.

A	Produto	Sector	Pneus	SGPU	Famílias	y
Produto		B		G	J	C
Sector	A					
Pneus		E			K	D
SGPU			F			N
Famílias		H		I		
d		L		M		

Figura 36 – Estrutura da matriz de coeficientes técnicos, do vector de impactes socioeconómicos e do vector de procura final

Para além de impactes directos e indirectos é possível calcular impactes induzidos como aqueles que resultam da procura final gerada pelo rendimento auferido pelos trabalhadores do sector em questão. No caso da reciclagem de pneus, este sector emprega trabalhadores a quem paga salários. Estes salários são utilizados para fazer aquisições como vestuário, alimentação, alojamento, etc.

Neste contexto, de modo a quantificar o balanço económico do SGPU, consideraram-se como variáveis económicas o valor acrescentado bruto (VAB, medido em milhões de euros) e as importações (medidas também em milhões de euros, considerando **o ano 2011 como referência**).

Para cada uma das variáveis consideradas foram analisados os impactes do SGPU no seu conjunto e das suas duas fileiras de valorização principais: reciclagem e valorização energética (PFV) por um lado e recauchutagem por outro (PU passíveis de serem recauchutados).

Os impactes considerados foram os seguintes:

- *Directos*: Impacte resultante das actividades do SGPU;
- *Indirectos*: Impacte resultante das aquisições de bens e serviços do SGPU a outros ramos de actividade;
- *Induzidos*: Impacte resultante da despesa efectuada pelos consumidores finais com o rendimento resultante dos diversos efeitos anteriormente mencionados.
- *Substituição*: Impacte hipotético resultante das actividades de sectores que supririam a procura dos produtos do SGPU caso este não existisse;
- *Custo de oportunidade*: Impacte hipotético resultante da despesa feita pelos consumidores finais com o rendimento disponível da diferença entre o ecovalor pago e o custo do tratamento alternativo.
- *Tratamento*: Impacte hipotético resultante das actividades necessárias para tratar os PU caso o SGPU não existisse.

Os três primeiros dizem respeito ao impacte efectivo do SGPU na economia nacional tendo em consideração a sua actual configuração.

Os impactes directos são traduzidos pelos fluxos físicos e financeiros que ocorrem entre consumidores, produtores de pneus e o SGPU: os consumidores adquirem pneus aos produtores, pagam o Ecovalor e por sua vez esse Ecovalor é gerido pela Valorpneu para financiar a gestão de fim de vida dos PU, através da aquisição de serviços de recolha, reciclagem, etc. Os impactes indirectos ocorrem quando essas empresas têm de adquirir matérias-primas a fornecedores. Tanto o SGPU como os seus fornecedores, para além de bens intermédios, adquirem factores primários e assim geram valor acrescentado e emprego (respectivamente, directo e indirecto). Parte deste valor acrescentado é rendimento das famílias que depois é gasto por estas, gerando efeitos induzidos nos produtores de bens e serviços.

Os três últimos efeitos mencionados anteriormente dizem respeito a uma cenarização realizada no pressuposto que o SGPU não existiria.

O não pagamento de um Ecovalor significaria mais dinheiro disponível para que os consumidores gastassem em bens e serviços (custos de oportunidade). Por outro lado, os actuais compradores de produtos do SGPU (e.g. granulado) teriam de satisfazer a sua procura junto de outros fornecedores (efeito de substituição) e os próprios PU teriam que ser tratados e eliminados.

Neste contexto, os conjuntos de impactes podem ser articulados de modo a produzir quatro tipos de indicadores de impactes globais:

- Indicadores de impacte total
 - **IBS: Total bruto sem efeitos induzidos** = Directos + Indirectos.
 - **IBC: Total bruto com efeitos induzidos** = IBS + Induzidos (directos + indirectos).
- Indicadores de impacte líquido
 - **ILS: Total líquido sem efeitos induzidos** = IBS - Substituição - Tratamento ± Oportunidade.
 - **ILC: Total líquido com efeitos induzidos** = ILS + Induzidos (directos + indirectos - substituição - tratamento).

Uma vez que os efeitos induzidos possuem um maior grau de incerteza associado, os valores globais com e sem estes efeitos podem ser entendidos como uma baliza inferior e superior para o real impacte global do SGPU.

Finalmente, os impactes totais, brutos e líquidos, indicam dois aspectos distintos sobre o papel do SGPU na economia. O impacte total bruto descreve o impacte efectivo do SGPU, enquanto o impacte líquido descreve um contraste entre a realidade actual e uma realidade alternativa, sem SGPU.

Dados de base

Para o desenvolvimento do modelo para o cálculo dos impactes totais brutos e líquidos, o SGPU foi caracterizado em termos físicos e monetários a partir de informação disponibilizada pela Valorpneu (e.g. relatórios de contas), inquéritos a uma amostra de operadores (ver Anexo II) e informação obtida a partir de outras fontes (e.g. sítios institucionais de informação corporativa, rankings empresariais, etc.) (ver igualmente descrição relativa à caracterização do perfil económico das empresas do SGPU e da gestão de PU em termos macro).

Nos casos em que a informação era insuficiente, foram elaboradas algumas extrapolações a partir dos dados existentes de quantidade de PU processados e/ou vendas totais.

Os CAE utilizados para caracterizar as empresas SGPU são os que constam na seguinte tabela, tendo em conta os códigos em vigor (Rev3, de 2007 a 2008) (Tabela 24).

Tabela 24 – Classes de CAE Rev 3. de empresas presentes no SGPU (CAE de 4 dígitos)

Classes CAE Rev.3 (2007 a 2008)	Descrição da actividade económica
2211	Fabricação de pneus e câmaras-de-ar; reconstrução de pneus
2351	Fabricação de cimento
3299	Outras indústrias transformadoras, n.e.
3811	Recolha de resíduos não perigosos
3821	Tratamento e eliminação de resíduos não perigosos
3832	Valorização de resíduos seleccionados
3831	Valorização de resíduos seleccionados
3900	Descontaminação e actividades similares
4511	Comércio de veículos automóveis ligeiros
4531	Comércio por grosso de peças e acessórios para veículos automóveis
4532	Comércio a retalho de peças e acessórios para veículos automóveis
4671	Comércio por grosso de combustíveis sólidos, líquidos, gasosos e produtos derivados
4677	Comércio por grosso de desperdícios e sucata
4778	Comércio a retalho de outros produtos novos, em estabelecimentos especializados
4939	Outros transportes terrestres de passageiros, n.e
4941	Transporte rodoviário de mercadorias
9411	Actividades de organizações económicas e patronais

Toda a caracterização foi efectuada para o ano de 2011, utilizando um formato consistente com o Sistema de Contas Nacionais 2008 (UN, 2010). Por outro lado, o SGPU foi dividido em sete sectores:

- Valorpneu: Esta empresa é a gestora do sistema e tem por função coligir informação e mediar a colecta do Ecovalor quando necessário, remunerando ou subsidiando os restantes intervenientes do sistema;
- Pontos de Recolha: Entidades a quem são entregues os PU pelos produtores/detentores;
- Transportadores: Operam o transporte entre os pontos de recolha e os destinos finais;
- Recicladores: Empresas que recebem os PFV e produzem granulado;
- Fragmentadores: Entidades que efectuam uma operação intermédia a alguns pneus antes da valorização energética;
- Valorizadores energéticos: Co-incineração dos PU em fornos de cimenteira ou outros;
- Recauchutadores: Empresas que transformam PU em pneus recauchutados que voltam a ser utilizados.

Os fluxos relativos à reutilização meio-piso, reutilização por outras formas e reciclagem de câmaras-de-ar foram excluídos da análise devido sua diminuta relevância económica.

Os sectores apresentados, para além de transferências físicas (PU) e monetárias (remuneração e subsídios) entre si, também efectuam transacções com o resto da economia.

O SGPU faz aquisições de bens e serviços à economia nacional e ao estrangeiro e fornece também bens e serviços ao estrangeiro. Esses bens e serviços foram identificados ao nível do CAE com 5 dígitos.

O SGPU gera valor acrescentado bruto, que por sua vez tem várias componentes: impostos e subsídios, depreciação, salários e rendimento misto. Estas duas últimas categorias compõem o rendimento disponível para as famílias gerado pelo SGPU.

Para o cálculo dos efeitos de substituição assumiu-se que só os produtos vendidos domesticamente substituem procura nacional e por sua vez só a fracção de procura nacional satisfeita domesticamente foi considerada.

A economia nacional foi descrita utilizando o sistema integrado DPP2008, realizado pelo Departamento de Prospectiva e Planeamento (Dias e Domingos, 2011), que descreve a economia portuguesa com um detalhe de $n_o = 125$ ramos de actividade económica e $n_c = 431$ classes de produtos.

Para efeitos de apresentação de resultados, quando aplicável, os impactes na economia nacional são apresentados usando uma agregação máxima de 37 ramos de actividade. Por outro lado, no capítulo 5.3.1 mostram-se os resultados da desagregação dos rendimentos e despesas estimadas com a gestão de PU no âmbito do SGPU e que foram usadas com base das contas agregadas dos subsectores do SGPU (pontos de recolha, recicladores, etc.).

Análise do desempenho do SGPU face a diferentes cenários de gestão

Para a análise do desempenho do SGPU face a diferentes cenários de gestão, utilizou-se igualmente a metodologia de entradas-saídas, conforme descrita anteriormente. De igual forma ao efectuado na análise ambiental, para esse efeito foram considerados três cenários, para além do cenário Baseline 2011. Os dois primeiros têm igualmente como referência ao ano de 2011, e simulam situações onde os pneus reciclados e valorizados energeticamente no cenário de baseline são destinados na sua totalidade a apenas um desses dois destinos.

O último cenário alternativo considerado é a previsão da Valorpneu para o ano de 2017 e contempla variações tanto no volume de pneus processados como no pagamento efectuado pela Valorpneu aos diferentes agentes do SGPU.

De referir que o Ecovalor necessário para financiar o sistema nos diferentes cenários foi obtido pela diferença entre os rendimentos (Ecovalor e outros rendimentos pouco significativos) e as despesas estimadas da Valorpneu, e no caso do cenário 2017, os coeficientes técnicos das despesas dos sectores do SGPU foram ajustados de forma proporcional para garantir um equilíbrio entre rendimentos e despesas.

A tabela seguinte descreve os volumes de PU processados e os pagamentos contemplados nos diferentes cenários.

Tabela 25 – Massa de pneu usados processados e pagamentos contemplados no âmbito do SGPU, por destino e cenário

Destino / Cenário	Baseline 2011	2011 Reciclagem	2011 Valorização energética	2017 Baseline
Massa (1000 t): total	93.4	93.4	93.4	77.8
<i>Recauchutagem</i>	17.1	17.1	17.1	10.1
<i>Reciclagem</i>	47.6	74.8	0	31.9
<i>Valorização energética</i>	27.2	0	74.8	35.1
Pagamento (1000 euros)				
<i>Ecovalor</i>	9.655	11.043	7.226	8.455
<i>Recolha e fragmentação</i>	2.302	1.870	3.055	2.302
<i>Transporte</i>	1.899	1.899	1.899	1.899
<i>Reciclagem</i>	3.518	5.532	0	2.472
<i>Valorização energética</i>	624	0	1.715	356

Identificada a metodologia usada para avaliar o impacto económico do SGPU, de seguida apresenta-se uma tipificação dos operadores aderentes ao SGPU, estimativas dos rendimentos e gastos incorridos com a gestão de PU, bem como as estimativas dos impactes totais e líquidos associados à gestão de PU ao nível do VAB e das importações e uma análise de diferentes cenários de configuração do SGPU segundo estes descritores.

5.3 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO

5.3.1 Caracterização económica das empresas do SGPU

5.3.1.1 Perfil das empresas

Número de empresas

Considerando os dados via Valorpneu no que diz respeito às empresas associadas ao SGPU, e contrapondo com os dados disponíveis via INE constata-se que as empresas do SGPU, em número de 85 em 2011, representaram, 0,2% das empresas com CAE semelhantes e 0,01% das empresas não financeiras em Portugal.

Tabela 26 – Número de empresas SGPU e não SGPU

	2011
SGPU	85
não SGPU (CAE de actividades presentes no SGPU)	38.192
não SGPU (todos)	1.112.000

Nota: valores SGPU obtidos pela consulta de informação Valorpneu. Valores não SGPU obtidos através do INE, extracção de n.º de empresas a operar em território nacional para os códigos de actividade indicados na Tabela 37.

Volume de vendas

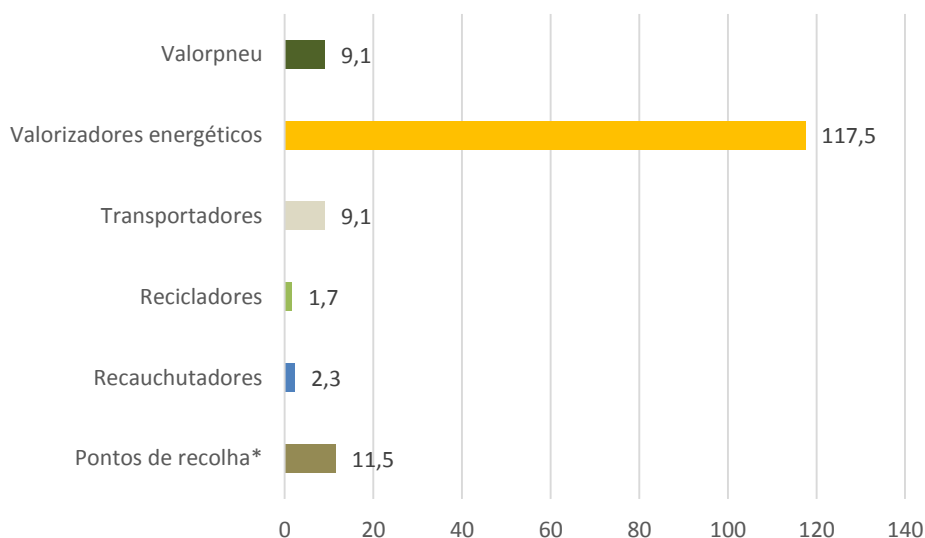
O volume total de vendas das empresas SGPU em 2011 situou-se na ordem dos 1.103 milhões de euros. Este valor representa cerca de 0,34% do valor bruto de produção nacional registado em 2010¹¹ (PORDATA, 2013).

Em termos financeiros, o indicador usado aponta para que as empresas associadas ao SGPU, comparativamente com as suas empresas congéneres, apresentam níveis de facturação bastante superiores (ver Tabela 27). Tal deve-se ao facto de que, entre outros aspectos, existirem valorizadores energéticos e pontos de recolha de elevada dimensão, como se pode constatar da desagregação apresentada na Figura 37).

Tabela 27 – Volume de vendas médio de empresas SGPU e não SGPU (milhões de euros)

	Volume médio de vendas (M€)
SGPU	13,10
não SGPU (CAE de actividades presentes no SGPU)	0,95
não SGPU (todos)	0,31

Nota: Dados para o SGPU estimados a partir de dados Valorpneu, relatórios e contas, informação recolhida em sítios de internet de informação corporativa. Dados não SGPU (CAE actividades semelhantes) retirados do INE para os CAE referidos na Tabela 24. Dados não SGPU (Todos) obtidos a partir do INE



Nota: * inclui fragmentador

Figura 37 – Volume de vendas médio por tipologia de operador do SGPU (milhões de euros)

Capital social

O valor médio do capital social das empresas do SGPU em 2011 situou-se nos 6,1 milhões de euros. Relativamente ao último ano disponível de dados de empresas não SGPU (2009) temos que, à semelhança do volume de vendas, o valor médio do capital social das empresas inseridas no SGPU

¹¹ Último ano disponível, valor rectificado

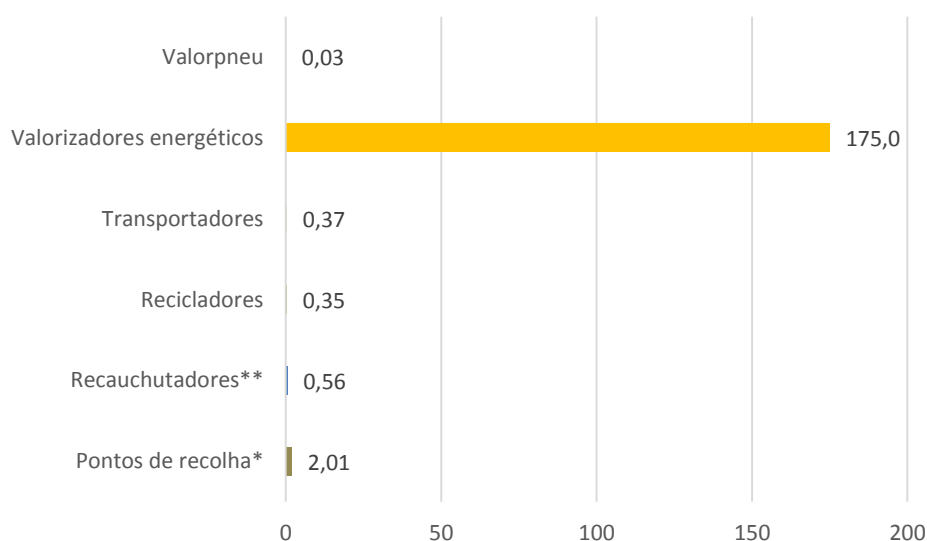
apresenta valores consideravelmente mais elevados, quando comparado com empresas com actividades semelhantes ou não SGPU, como se identifica na tabela seguinte.

Tabela 28 – Valor médio do capital social de empresas SGPU e não SGPU (milhões de euros)

	Capital social (M€)
SGPU	6,1
não SGPU (CAE de actividades presentes no SGPU)	0,21
não SGPU (todos)	0,46

Notas: valores SGPU estimativa de valor médio de capital social para empresas do SGPU em 2011; valores não SGPU, estimativa de valor médio de capital social para o último ano conhecido - 2009.

Analisando o desempenho no âmbito da tipologia de operadores, temos que os valorizadores Energéticos e os Pontos de Recolha possuem valores médios de capital social superiores a todos os restantes operadores do SGPU (Figura 38).



Notas: * Inclui fragmentação e pontos de recolha com transporte; ** Inclui recauchutador que é também valorizador energético.

Figura 38 – Capital social médio por tipologia de operador SGPU (milhões de euros)

No que diz respeito ao **capital social privado**, as empresas estudadas apresentam tipicamente elevadas participações privadas no capital inicial, sendo que os transportadores e os recicladores se destacam por uma percentagem média mais baixa (Figura 39).

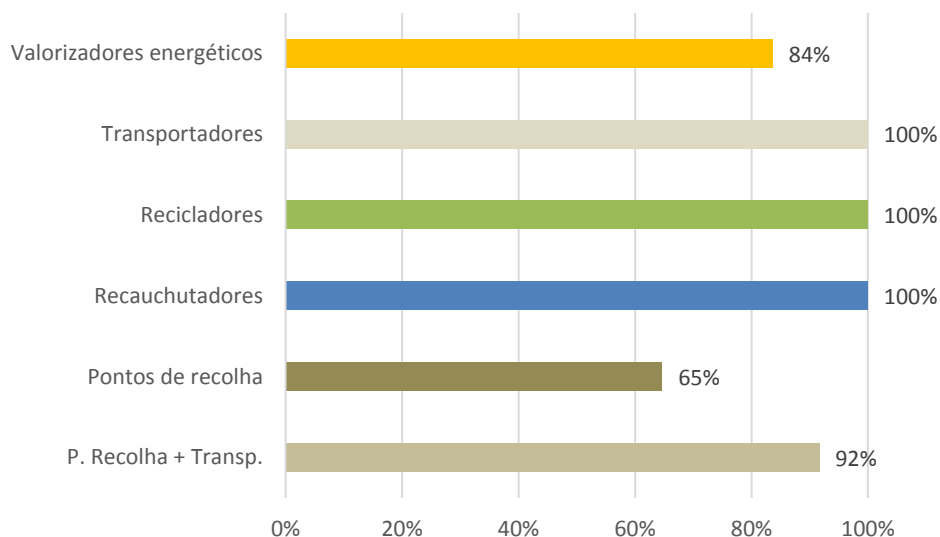


Figura 39 – Percentagem de capital social privado por tipologia de operador SGPU (%)

Já no caso do **capital social estrangeiro**, os valorizadores energéticos destacam-se igualmente dos demais operadores. Tal facto deve-se sobretudo ao carácter multinacional das cimenteiras, sendo que se estima que em média 16% do capital social seja detido por estrangeiros. Os restantes operadores são inteiramente nacionais, ou apresentam percentagens de capital social estrangeiro próximas de zero.

Estabelecimentos

Relativamente aos estabelecimentos, a análise da base de dados do INE permitiu aferir que as empresas SGPU possuem em média cerca do dobro dos estabelecimentos das empresas não SGPU (Tabela 29).

Tabela 29 – Número médio de estabelecimentos de empresas SGPU e não SGPU

	Estabelecimentos (n.º)
SGPU	2,3
não SGPU (CAE de actividades presentes no SGPU)	1,2
não SGPU (todos)	1,2

Notas: valores do último ano conhecido - 2009.

No que diz respeito à tipologia de operadores, os valorizadores energéticos destacam-se dos demais. Também os recauchutadores e os pontos de recolha apresentam um número médio de estabelecimentos acima das empresas não SGPU. O número de recauchutadores apresentados reflecte o facto de algumas empresas de recauchutagem serem igualmente distribuidores de pneus e como tal terem locais de venda destes produtos.

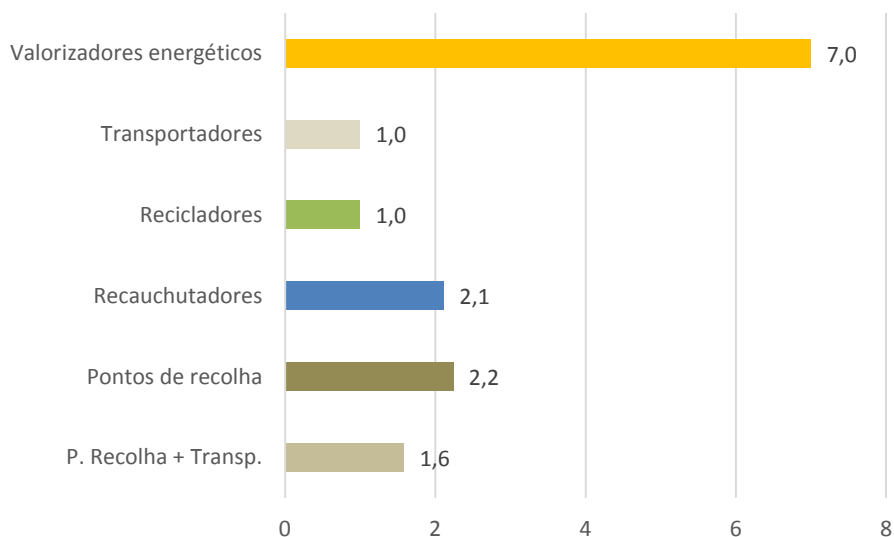


Figura 40 – Número médio de estabelecimentos por tipologia de operador do SGPU

Intensidade tecnológica

A base de dados consultada também permitiu adquirir informação sobre a relação entre a intensidade tecnológica de algumas empresas do SGPU, de acordo com a classificação sugerida pela OCDE e a sua função no âmbito do sistema. No entanto, não foi possível obter dados para os recicladores associados ao SGPU.

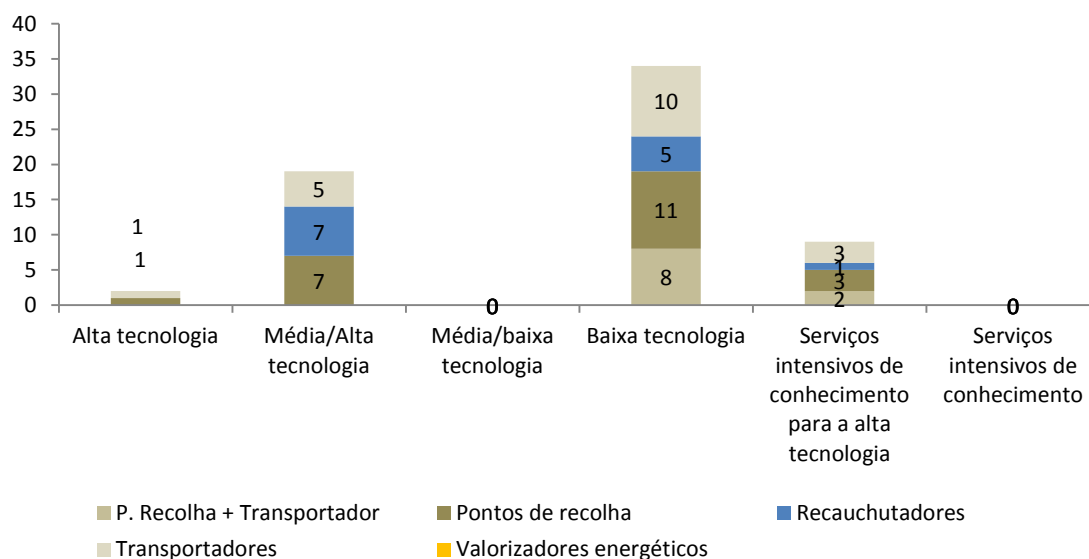


Figura 41 – Intensidade tecnológica (Indústria) e de Conhecimento (Serviços) das empresas do SGPU

Tendo em conta o número de empresas que forneceu informação, a grande maioria destas situa-se no enquadramento de sectores de “Baixa tecnologia”. No entanto, e por contraste, existe também um número significativo de empresas que se situam nos sectores de média/alta tecnologia e fornecem serviços intensivos de conhecimento. Neste contexto, é possível afirmar que as empresas do SGPU possuem uma intensidade tecnológica e de conhecimento diversificada.

De referir no entanto, que há semelhança de indicadores apresentados anteriormente, estes resultados não podem ser interpretados como sendo devido apenas às actividades associadas ao SGPU. Por exemplo, a grande maioria dos pontos de recolha executa funções variadas, relacionadas com gestão de resíduos e saneamento, pelo que a sua posição relativamente a este indicador pode estar relacionada com essas funções e não apenas com a sua actividade no âmbito do SGPU.

Nesse sentido, de seguida apresenta-se uma análise específica sobre a actividade de gestão de PU no quadro das empresas que integram o SGPU.

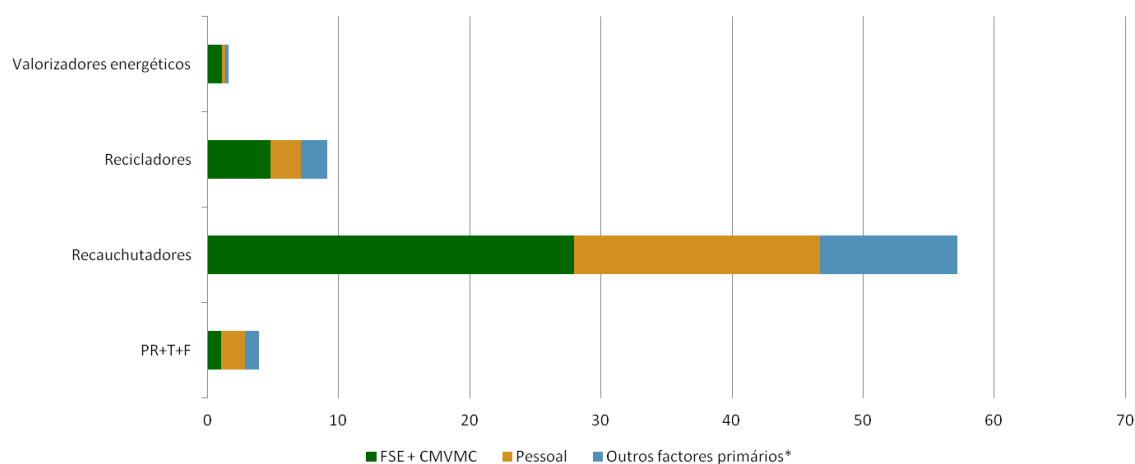
5.3.1.2 Estrutura de gastos e rendimentos associadas à gestão de pneus usados

Estrutura de gastos

A estrutura de gastos e rendimentos associada à gestão de PU foi estimada através da análise dos dados das demonstrações financeiras das várias empresas que fazem parte do SGPU e em dados fornecidos pela Valorpneu, pelos próprios operadores ou ainda retirados dos seus sítios de internet.

Nos casos em que não foi possível obter dados, optou-se por efectuar estimativas baseadas na informação económica de outros operadores SGPU com igual actividade e informação de mercado associada ao preço de matérias-primas (e.g. azoto) e serviços.

A figura seguinte apresenta a distribuição estimada dos gastos com a gestão de PU no âmbito do SGPU em 2011, de forma agregada, para cada tipologia de operador do sistema.



Legenda:

- PR+T+F = Pontos de recolha + Transportadores + Fragmentação.
- FSE = Fornecimento de Serviços Externos.
- CMVMC = Custo das mercadorias vendidas e matérias consumidas.

Nota: * Outros factores primários incluem depreciações, imparidades, impostos, resultados líquidos, juros suportados, amortizações e outros gastos e perdas.

Figura 42 – Estrutura de gastos das empresas do SGPU com a actividade de gestão de PU (milhões de euros, 2011)

Como se pode verificar, a recauchutagem possui um nível absoluto de gastos com a gestão de PU bastante superior à das restantes actividades. Tal deve-se sobretudo à aquisição de borracha primária para reconstruir os pisos dos pneus.

No caso dos recicladores, o FSE e o CMVMC são igualmente a maior componente de gastos, ao contrário do que se passa com os pontos de recolha e transportadores, onde os gastos com pessoal dominam as restantes.

Se analisarmos em termos agregados o FSE e o CMVMC, verifica-se que os cinco maiores componentes estão sobretudo ligados à aquisição de matérias-primas, energia e serviços de aluguer e de conservação e reparação.

Tabela 30 – Principais componentes da estrutura de gastos do SGPU em 2011

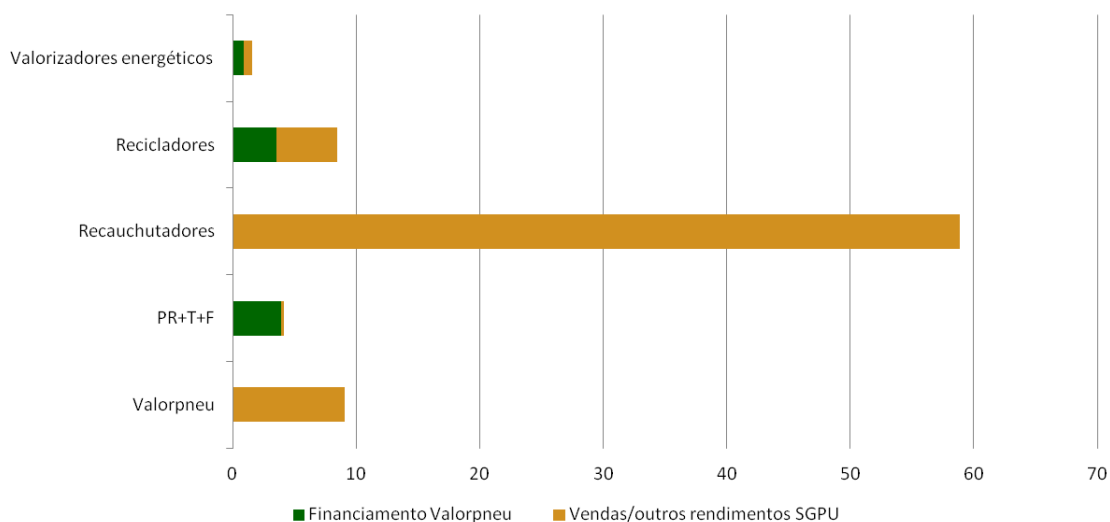
	Gastos (M€)
Borracha	16,0
Rendas e alugueres	3,4
Combustível	3,3
Conservação e reparação	3,0
Electricidade	2,5

Estrutura de rendimentos

Em termos do total de rendimentos associados à gestão de PU (inclui Valorpneu) estes estimam-se que se tenham situado em 83,5 M€, o que representa cerca de 7% das vendas totais destas empresas e 0,025% do valor bruto de produção nacional, em 2010 (PORDATA, 2013). Se excluirmos a Valorpneu, os rendimentos das restantes empresas do SGPU com a gestão de PU ascenderam a 74,4 M€.

No caso específico do enquadramento dos rendimentos “SGPU” no sector de ambiente nacional, estes representam cerca de 1,4% das vendas totais das entidades produtoras de bens e serviços de ambiente (INE, 2012).

A figura seguinte apresenta a estrutura de receitas, de forma agregada, para cada tipologia de operação do SGPU.



Legenda:

- PR+T+F= Pontos de recolha + Transportadores + Fragmentação

Figura 43 – Estrutura de rendimentos das empresas do SGPU com a actividade de gestão de PU (milhões de euros, 2011)

Como se pode verificar, os rendimentos dos operadores do SGPU estão sobretudo associados aos rendimentos directos obtidos com os produtos e materiais produzidos nos processos de recauchutagem e valorização de PU e não ao incentivo atribuído pela Valorpneu (8,3 M€), que representa cerca de 11,2% dos rendimentos obtidos com a gestão de PU no quadro do SGPU, excluindo a Valorpneu.

Por exemplo, a nível da recauchutagem, estimam-se em 59 M€ os rendimentos com a venda dos pneus recauchutados e a nível da reciclagem, que a venda de granulado de borracha tenha ascendido a cerca de 4 M€ e de aço a 0,95 M€ em 2011.

Em termos do impacte por tipologia de operadores, verifica-se que o impacte maior se regista a nível do conjunto dos pontos de recolha, transportadores e fragmentador, em que o financiamento Valorpneu nos rendimentos totais SGPU são praticamente 100%. Seguem-se os valorizadores energéticos e os recicladores.

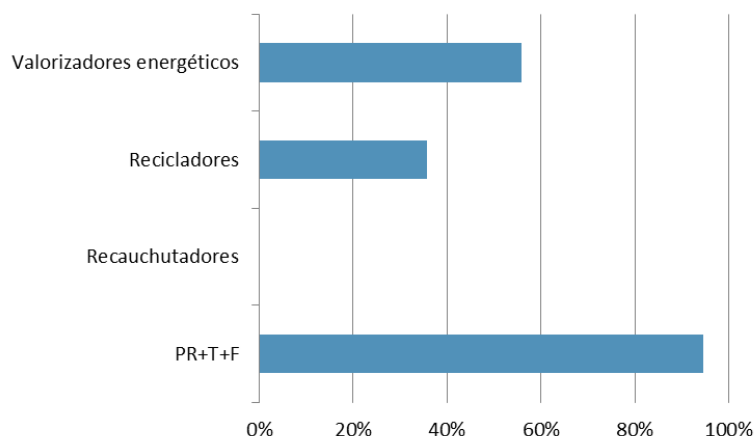


Figura 44 – Impacte do financiamento Valorpneu em percentagem dos rendimentos totais estimados com a gestão de PU (2011)

5.3.2 Balanço económico do SGPU

5.3.2.1 Impactes totais brutos

Os impactes totais brutos do SGPU traduzem o efeito efectivo do sistema na economia nacional e contemplam os:

- Impactes directos resultantes das actividades do SGPU;
- Impactes indirectos resultantes das aquisições de bens e serviços do SGPU a outros ramos de actividades;
- Impactes induzidos resultantes da despesa feita pelos consumidores finais com o rendimento resultante dos diversos efeitos anteriormente mencionados.

Neste contexto, a modelação realizada ao SGPU permitiu avaliar os impactes totais do sistema na economia nacional em 78,0 M€ para o ano de 2011, sendo que deste valor 40,0 M€ dizem respeito a impactes directos, 11,5 M€ a impactes indirectos e 26,5 M€ a impactes induzidos, conforme se ilustra na Tabela 31. Consta-se portanto que os impactes directos são dominantes, tendo aproximadamente a mesma dimensão que os impactes indirectos e induzidos.

Tabela 31 – Impactes totais do SGPU ao nível do VAB (milhões de euros, 2011)

Impacte	Baseline 2011	dos quais provenientes das actividades:	
		financiadas pela Valorpneu	Recauchutagem
Directos	40,0	9,1	30,9
Indirectos	11,5	4,5	7,0
Induzidos efectivos	26,5	6,5	20,0
Total Bruto (IBC)	78,0	20,2	57,8
Total Bruto (IBS)	51,5	13,6	37,9

Se não considerarmos o efeito induzido, i.e., a actividade económica promovida pela despesa realizada pelos consumidores finais que é efectuada com o rendimento resultante do efeito directo e indirecto do SGPU, os impactes totais brutos do SGPU são de 51,5 M€.

De realçar que dos impactes totais do SGPU, 26% dizem respeito a actividades que são financiadas pela Valorpneu total ou parcialmente, tal como é o caso do armazenamento temporário em pontos de recolha, do transporte, da reciclagem e da valorização energética, sendo que o restante diz respeito à actividade de recauchutagem, que não é controlada financeiramente e operacionalmente pela Valorpneu.

A nível das importações, de referir que se estima que o SGPU gere directamente 16,7 M€ de importações, sendo o seu impacte bruto total considerando os efeitos indirectos e induzidos de 32,8 M€. À semelhança do VAB o maior contributo advém da recauchutagem (ver Tabela 32)

Tabela 32 – Impactes totais do SGPU ao nível das importações (milhões de euros, 2011)

Impacte	Baseline 2011	Dos quais provenientes das actividades:	
		Financiadas pela Valorpneu	Recauchutagem
Directos	16,7	0,8	15,8
Indirectos	4,3	1,9	2,5
Induzidos efectivos	11,8	2,9	8,9
Total Bruto (IBC)	32,8	5,6	27,2
Total Bruto (IBS)	21,0	2,7	18,3

5.3.2.2 Impactes totais líquidos

Os impactes líquidos do SGPU traduzem uma cenarização onde se confrontam os impactes totais efectivos do sistema tendo em consideração a sua configuração actual com o cenário hipotético de não existência de SGPU, sendo os PU tratados e eliminados, os produtos dos pneus substituídos por produtos concorrentes e as prestações financeiras pagas à Valorpneu (Ecovalor) usadas para outros fins.

Neste sentido, aos impactes totais do SGPU (directos, indirectos e induzidos) há que somar esses efeitos que tipicamente actuam em sinal contrário e que são mais concretamente:

- O efeito de substituição: impacte hipotético resultante das actividades de sectores que supririam a procura dos produtos do SGPU caso este não existisse;
- Custo de oportunidade: impacte hipotético resultante da despesa feita pelos consumidores finais com o rendimento disponível da diferença entre o subsídio ou remuneração efectiva do SGPU e o custo do tratamento alternativo.
- O efeito do tratamento: impacte hipotético resultante das actividades necessárias para tratar e eliminar os PU caso o SGPU não existisse.

Neste contexto, verifica-se que os efeitos mencionados em termos agregados originam que o impacte líquido do SGPU fosse de 65,8 M€ em 2011 considerando os efeitos induzidos e de 41,6 M€ se não considerarmos estes efeitos, conforme se refere na Tabela 33 e que não são muito diferentes dos impactes totais do sistema (ver por exemplo Figura 45).

Tal significa portanto que o SGPU apresenta sempre um contributo positivo para o desenvolvimento económico de Portugal, e fundamentando a sua existência também em termos económicos. De facto, e por exemplo, o impacto líquido na economia nacional por cada Euro pago pelos produtores para financiamento do SGPU através do Ecovalor é de 1,27 Euros.

Tabela 33 – Impactes totais líquidos ao nível do VAB do SGPU (milhões de euros, 2011)

Impacte	Baseline 2011	Dos quais provenientes das actividades:	
		Financiadas pela Valorpneu	Recauchutagem
Directos	40,0	9,1	30,9
Indirectos	11,5	4,5	7,0
Induzidos efectivos	26,5	6,5	20,0
Substituição	-3,6	-1,2	-2,4
Tratamento	-1,4	-1,2	-0,3
Induzidos alternativos	-2,3	-1,1	-1,2
Oportunidade	-4,9	-5,2	0,3
Total Líquido (ILC)	65,8	11,5	54,3
Total Líquido (ILS)	41,6	6,0	35,5

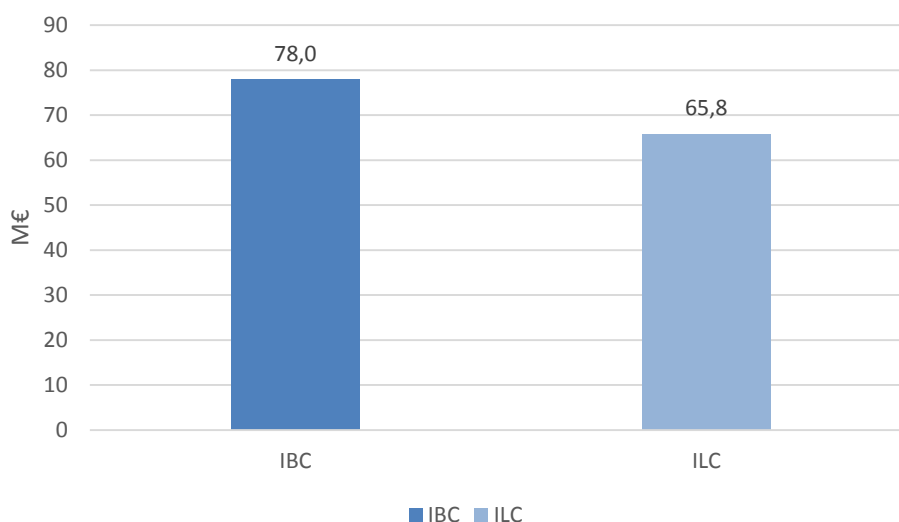


Figura 45 – Comparação entre os impactes totais brutos e os impactes totais líquidos do SGPU ao nível do VAB (milhões de euros, 2011)

Outra forma de analisar os impactes é focar a atenção a nível sectorial, para verificar como se propagam os efeitos do SGPU no resto da economia, ou seja, descontando os efeitos directos gerados no próprio SGPU. Nesse sentido na Figura 46 apresenta-se os impactes unitários do Ecovalor para sectores de actividade seleccionados.

Verifica-se que quando se consideram os impactes a nível sectorial, existe uma diferença significativa de comportamento dos vários tipos de impacte. Os impactes de carácter tecnológico (directo, indirecto, substituição, tratamento) são fortemente heterogéneos (e.g. há um forte efeito de substituição de importações de produtos de borracha, efeito indirecto no sector de venda e reparações de automóveis ou efeito de tratamento no sector da construção). Pelo contrário, para um dado sector, os impactes de

carácter comportamental (induzidos efectivos, alternativo e de oportunidade) tendem a cancelar-se. Na figura são apresentados os vários impactes de forma discriminada, sendo igualmente possível distinguir igualmente os impactes brutos (IBS e IBC).

Neste contexto, se considerarmos os impactes líquidos do SGPU com os efeitos de substituição (ILS) verifica-se que o financiamento do SGPU através do Ecovalor gera efeitos positivos líquidos nos sectores de electricidade (Secção CAE D), comércio e reparação de veículos automóveis (G), transporte (H) e serviços (MC). Por exemplo, por cada euro de financiamento do sistema através do Ecovalor são gerados 6 cêntimos de VAB líquido no sector eléctrico.

Já o impacte líquido estimado para o sector de gestão de resíduos remanescente ao SGPU (E) é negativo, o que se explica pelo facto de se estar a valorizar os PU através de reciclagem, recauchutagem e valorização energética, evitando outras formas de tratamento alternativo (e.g. eliminação em aterro) que a ocorrerem também dinamizariam a economia, embora de forma mais reduzida.

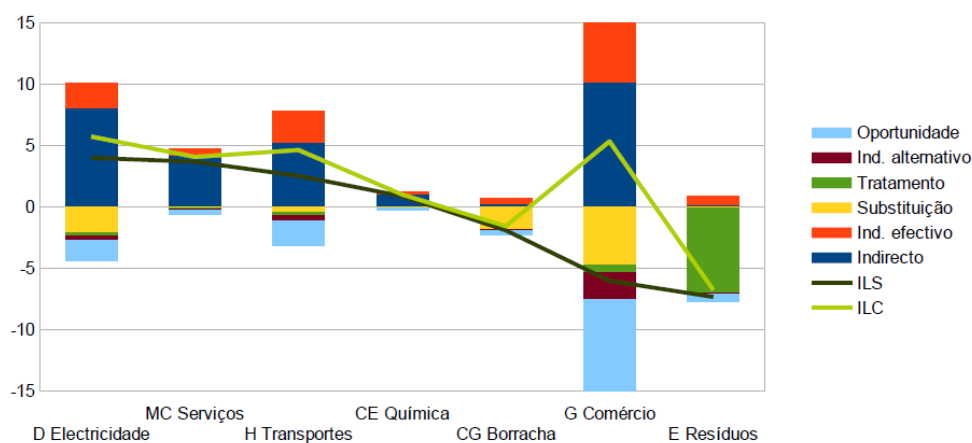


Figura 46 – Impactes sectoriais sobre o VAB (cêntimos de Euro de VAB gerado por € de Ecovalor)

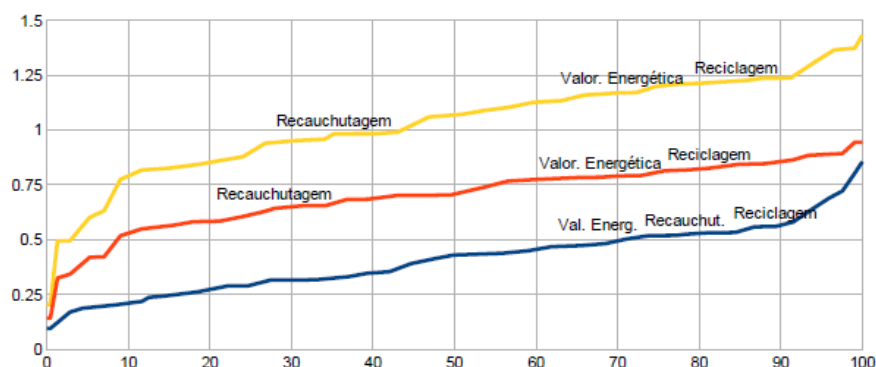
Por outro lado, realizando-se uma comparação intersectorial, onde se compara o coeficiente unitário¹² das diferentes fileiras do SGPU com o resto dos sectores da economia, verifica-se relativamente ao VAB que nos três efeitos de impacte bruto¹³, as actividades de valorização de PU situam-se entre os sectores económicos que geram maior impacte na economia nacional.

Por exemplo, no caso da reciclagem, o impacte desta actividade nas três métricas (directos, indirectos e induzidos) é superior a 80% dos sectores económicos nacionais. A excepção diz respeito à recauchutagem, que apresenta comparativamente um forte impacte directo (80%) mas menores impactes indirectos e induzidos. No caso dos impactes indirectos este resultado estará provavelmente

¹² O coeficiente unitário é definido como o impacte (directo, indirecto e induzido) gerado por uma unidade de rendimentos do sector. No caso das fileiras de reciclagem e de valorização energética os rendimentos incluem tanto o financiamento obtido através da taxa Ecovalor como os rendimentos obtidas através da venda de produtos reciclados e energia.

¹³ Seria inviável construir um cenário alternativo para cada sector, pelo que nesta comparação consideram-se os impactes efectivos.

ligado às importações de borracha para o processo de recauchutagem, gerando efeitos económicos fora de Portugal (ver Figura 47).



(b) Impacto sobre o Valor Acrescentado Bruto (euro por euro).

— Impactos directos — Impactos indirectos — Impactos induzidos

Nota: em abcissas, percentagem e produto interno bruto (PIB) que é gerado por ramos de actividade cujo coeficiente unitário é inferior a um dado valor de coeficiente unitário

Figura 47 – Comparação intersectorial do coeficiente unitário das diferentes fileiras do SGPU

Olhando desta vez para as importações, verifica-se que o SGPU, devido sobretudo aos efeitos de substituição, apresenta igualmente um contributo relevante para a economia nacional, dado que evita em termos líquido o consumo de importações (ver Tabela 34).

Tal como seria de esperar, o facto de estarmos a aproveitar recursos endógenos que são os PU para fabricar produtos e materiais secundários acaba por ter como consequência o evitar do consumo de outros produtos, muitos deles importados, o que se reflecte na balança de pagamentos do país. O efeito de substituição estimado neste contexto é de 62,4 M€.

Deste modo, considerando os restantes efeitos, nomeadamente os efeitos de substituição e de tratamento e o custo de oportunidade, estima-se que em 2011 o SGPU tenha permitido evitar entre 34 M€ e 45 M€, em termos líquidos, de importações face a um cenário onde os PU não seriam aproveitados.

Tabela 34 – Impactes totais líquidos do SGPU ao nível das importações (milhões de euros)

Impacte	Baseline 2011	Dos quais provenientes das actividades:	
		Financiadas pela Valorpneu	Recauchutagem
Directos	16,7	0,8	15,8
Indirectos	4,3	1,9	2,5
Induzidos efectivos	11,8	2,9	8,9
Substituição	-62,4	-6,0	-56,4
Tratamento	-0,9	-0,8	-0,2
Induzidos alternativos	-1,0	-0,5	-0,5
Oportunidade	-2,2	-2,3	0,1
Total Líquido (ILC)	-33,8	-4,0	-29,8

Total Líquido (ILS)	-44,6	-6,4	-38,2
---------------------	-------	------	-------

5.3.3 Desempenho do SGPU face a diferentes cenários de gestão

Quando se consideram os vários cenários alternativos (100% reciclagem, 100 % valorização energética e a previsão para 2017), observa-se que o contributo total continua a ser positivo, conforme se mostra na Tabela 35 e Figura 48, sendo que este efeito é superior no cenário de 100% reciclagem, no pressuposto que todos os produtos dos recicladores poderiam ser colocados no mercado e menor no cenário de 2017, sobretudo devido à redução em termos absolutos da previsão do volume de pneus processados (-17%) e de pneus recauchutados (-41%).

Tabela 35 – Impactes totais líquidos ao nível do VAB do SGPU para vários cenários (milhões de euros)

Impacte	Baseline 2011	2011 - Reciclagem	2011 - Valorização energética	2017 - Baseline
Total Bruto (IBC)	78,0	82,8	69,5	50,7
Total Bruto (IBS)	51,5	54,8	45,7	33,5
Total Líquido (ILC)	65,8	70,0	58,5	41,3
Total Líquido (ILS)	41,6	44,3	36,9	25,7

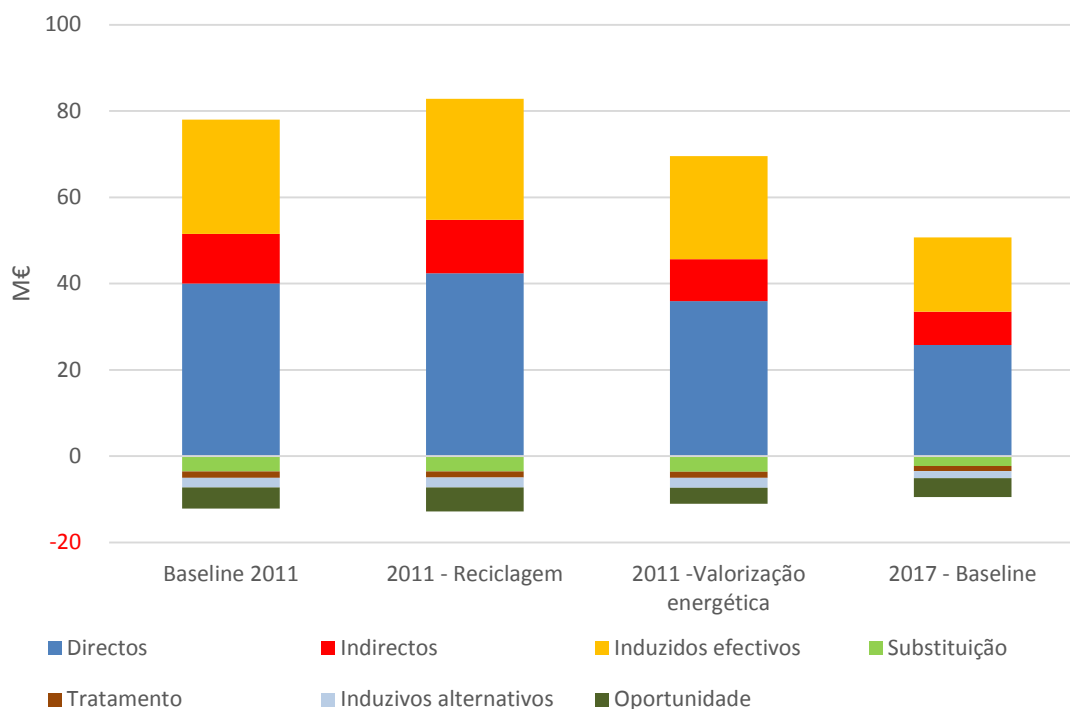
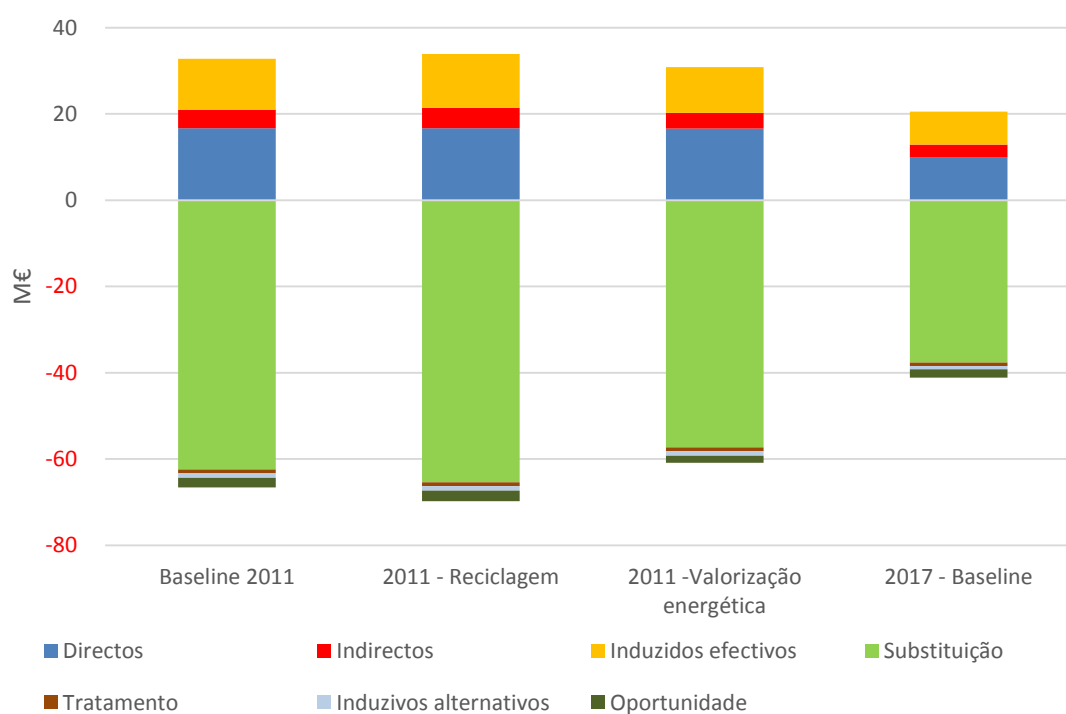


Figura 48 – Contributos dos diversos efeitos para os impactes de cada cenário ao nível do VAB (milhões de euros)

O panorama em termos de importações é o inverso, sendo que os impactes líquidos do SGPU é menor no cenário de reciclagem e maior no cenário Baseline 2017, sendo que o maior contributo deve-se ao efeito de substituição (ver Tabela 36 e Figura 49).

Tabela 36 - Impactes totais líquidos ao nível das importações para vários cenários (milhões de euros)

Impacte	Baseline 2011	2011 - Reciclagem	2011 - Valorização energética	2017 - Baseline
Total Bruto (IBC)	32,8	33,9	30,8	20,5
Total Bruto (IBS)	21,0	21,4	20,2	12,9
Total Líquido (ILC)	-33,8	-35,9	-30,1	-20,6
Total Líquido (ILS)	-44,6	-47,4	-39,6	-27,5

**Figura 49 - Contributos dos diversos efeitos para os impactes de cada cenário ao nível das importações (milhões de euros)**

5.4 CONCLUSÕES PRINCIPAIS

Tendo por base a avaliação económica realizada ao SGPU podem-se retirar as seguintes conclusões principais:

O SGPU apresenta um contributo positivo para o desenvolvimento económico de Portugal

Para a variável de impacto económico (VAB), calculou-se o impacto directo (no próprio SGPU), indirecto (estímulo provocado pela aquisição de bens e serviços), e induzido (estímulo provocado

pelo consumo dos trabalhadores do sector). A soma destes três componentes define os impactes totais do sector.

Verificou-se que o impacte económico total efectivo do SGPU em 2011 ascendeu a 78,0 M€, sendo que deste valor 40,0 M€ dizem respeito a impactes directos, 11,5 M€ a impactes indirectos e 26,5 M€ a impactes induzidos. Considerando apenas o rendimento resultante do efeito directo e indirecto do SGPU, os impactes totais brutos do SGPU seriam de 51,5 M€. Analisando-se o impacte líquido na economia nacional por cada Euro pago pelos produtores para financiamento do SGPU através do Ecovalor, verificou-se que este era de 1,27 Euros.

Contrapondo a actual configuração do SGPU um cenário hipotético alternativo que seria a não existência de SGPU, ou seja, comparando os efeitos económicos totais efectivos do SGPU aos efeitos que adviriam com a potencial consequência de libertação de meios financeiros que poderiam ser utilizados em outras actividades (Ecovalor), com a dinamização económica pelo consumo de materiais substitutos e igualmente com a necessidade de tratar e eliminar os PU, o impacte do SGPU continua a ser bastante positivo. De facto, o impacte total líquido de VAB estimado neste contexto é de 65,8 M€ ou de 41,6 M€ caso não se considere os efeitos induzidos.

O SGPU tem um efeito positivo ao nível da balança de pagamentos

Pelo facto de se aproveitarem recursos endógenos que são os PU, evita-se em termos líquidos a importação de matérias-primas e energia. Neste contexto, em termos líquidos estima-se que o SGPU tenha permitido evitar importações no valor de 33,8 M€ ou 44,6 M€ em 2011, conforme se considerem ou não efeitos induzidos.

As actividades de valorização de PU situam-se entre os sectores económicos que geram maior impacte na economia nacional

Relativamente ao VAB, nos três efeitos de impacte bruto verificou-se que normalmente as actividades de valorização de PU situam-se entre os sectores económicos que geram maior impacte na economia nacional. É o caso da reciclagem se que situa no top 20% dos sectores económicos nacionais em termos de criação de riqueza, tanto ao nível dos impactes directos, indirectos ou induzidos.

O nível de actividade económico ligado à gestão dos PU é elevado

O total de rendimentos estimados com a gestão de PU calcula-se que se tenha situado em 83,5 M€ em 2011, o que representa cerca de 0,025% do valor bruto de produção nacional. Neste aspecto, os recauchutadores são responsáveis pela maior parte da actividade económica da gestão de PU no SGPU, tendo representado 59,0 M€ em 2011.

De referir igualmente que o nível de financiamento da Valorpneu para a gestão dos PU representou apenas 11,1% do total dos rendimentos dos operadores do SGPU com a gestão e valorização dos PU, se excluirmos a Valorpneu.

A dimensão das empresas do SGPU é em média superior às empresas dos mesmos sectores de actividade e à média nacional

Em 2011, estima-se que as empresas do SGPU tenham apresentado um valor médio de rendimentos de 13,1 M€, uma ordem de grandeza superior às médias das empresas dos mesmos sectores de actividade nacional.

Tal reflecte o facto de integraram o SGPU empresas industriais de grande porte, como as cimenteiras, bem como empresas de gestão de resíduos que abrangem outros tipos de resíduos, como os RU, os REEE, resíduos ferrosos, etc. e como tal possuem um nível de actividade assinalável. A dimensão é igualmente visível a nível do capital social das empresas, que é igualmente bastante elevado em termos médios.

(página intencionalmente deixada em branco)

6 AVALIAÇÃO SOCIAL DO SGPU

6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No âmbito do presente trabalho, os objectivos em termos de avaliação social do SGPU são os seguintes:

- Caracterizar o perfil de emprego das empresas do SGPU.
- Avaliar o balanço social do SGPU em termos de emprego.
- Analisar o desempenho do SGPU em termos de emprego face a diferentes cenários de gestão.

Neste contexto, de seguida apresenta-se a descrição metodológica seguida com vista ao cumprimento dos objectivos definidos, sendo que posteriormente apresentam-se os resultados obtidos bem como as conclusões principais que podem ser extraídas da avaliação realizada.

6.2 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA SEGUIDA

Para a realização da análise recorreu-se a diferentes metodologias, consoante o objectivo em questão, sendo a abordagem metodológica detalhada de seguida.

Caracterização do perfil de emprego das empresas do SGPU

Em primeiro lugar, por forma a caracterizar o perfil de emprego das empresas do SGPU recorreu-se preferencialmente à base de dados do INE “Quadros de Pessoal”, que é direccionada fundamentalmente para a caracterização do mercado de trabalho, mas que detém igualmente diversos dados económicos. Esta base de dados apresenta vários anos para análise, sendo o mais recente o ano de 2009.

A análise foi igualmente complementada com dados facultados pela Valorpneu e pelas próprias empresas do SGPU relativas ao ano 2011, através dos inquéritos realizados e dos seus relatórios e contas, e por uma recolha de dados em sítios de Internet especializados em informação corporativa, tendo sido dada particular relevância aos seguintes descritores: código de actividade económica (CAE), ano de início de actividade e freguesia onde se localiza a sede social da empresa. De igual modo, e sempre que se justificou, a análise foi igualmente complementada com outro tipo de informação recolhida junto do INE.

De referir que ao nível da caracterização, por questões de segredo estatístico, optou-se por não discriminar a informação relativa ao único fragmentador que opera no âmbito do SGPU. Por outro lado, dado que algumas empresas demonstraram exercer mais do que uma função no sistema, como é o caso dos pontos de recolha, em que algumas empresas actuam igualmente como transportadores, foi necessário criar uma categoria adicional para estas empresas.

É importante referir que os dados apresentados têm em conta a amostra das empresas de cujos valores foi possível apurar. Em termos globais, os valores apresentados dizem respeito a informações pelo menos de 81% das empresas associadas à Valorpneu.

Por outro lado, usaram-se dois grupos de comparação com os dados apurados relativos ao SGPU, como referência para analisar em termos relativos as características das empresas do sistema. Assim, estas empresas foram comparadas, por um lado, a todas as outras não associadas ao SGPU sem qualquer constrangimento e, por outro lado, comparadas a todas empresas não associadas ao SGPU, mas cuja actividade económica coincidissem com os principais sectores económicos da lista de empresas Valorpneu (identificados através do CAE). Os CAE utilizados para caracterizar as empresas SGPU são os que constam na seguinte tabela, tendo em conta a terceira Revisão dos Códigos de Actividade Económica (Tabela 37).

Tabela 37 – Códigos de Actividade Económica utilizados na caracterização de empresas inseridas no SGPU

CAE Rev.3	#	Descrição da actividade económica
22111	1	Fabricação de pneus e câmaras-de-ar
22112	18	Reconstrução de pneus
23510	2	Fabricação de cimento
32996	1	Outras indústrias transformadoras, n.e.
38112	10	Recolha de outros resíduos não perigosos
38212	13	Tratamento e eliminação de outros resíduos não perigosos
38211	1	Tratamento e eliminação de resíduos inertes
38212	1	Tratamento e eliminação de outros resíduos não perigosos
38321	11	Valorização de resíduos metálicos
38322	4	Valorização de resíduos não metálicos
39000	2	Descontaminação e actividades similares
45110	1	Comércio de veículos automóveis ligeiros
45310	2	Comércio por grosso de peças e acessórios para veículos automóveis
45320	5	Comércio a retalho de peças e acessórios para veículos automóveis
46711	1	Comércio por grosso de produtos petrolíferos
46771	2	Comércio por grosso de sucatas e de desperdícios metálicos
46772	2	Comércio por grosso de desperdícios têxteis, de cartão e papéis velhos
47784	1	Comércio a retalho de outros produtos novos, em estabelecimentos especializados, n.e
49391	2	Transporte interurbano em autocarros
49410	5	Transporte rodoviário de mercadorias
94110	1	Actividades de organizações económicas e patronais

Balanço do SGPU

Muitas das empresas do sistema executam outras actividades que extravasam a gestão dos PU, como por exemplo, os SMAUT, que efectuem a gestão dos resíduos urbanos, ou os Recauchutadores, que podem também comercializar pneus novos. Neste contexto, em primeiro lugar procurou-se estimar o número de empregos directos que estão associados à gestão dos PU nas várias empresas do SGPU. Para efectuar esta estimativa utilizaram-se métodos directos e indirectos.

No caso dos métodos directos, por exemplo, foram elaborados inquéritos (ver Anexo II) com o intuito de obter informação ambiental, económica e social específica de cada operador, e assim refinar a análise presente neste relatório. De modo a poder abranger a variedade existente entre operadores do SGPU foi seleccionada uma amostra de empresas entre pontos de recolha, pontos de recolha com transporte, transportadores, recauchutadores, recicladores e valorizadores energéticos. No caso específico dos pontos de recolha, a equipa de trabalho teve o cuidado de seleccionar empresas que se dedicavam em exclusivo à gestão de PU e outras com uma maior variedade de actividades.

No caso dos métodos indirectos, por exemplo, foram utilizados os dados da Valorpneu relativos às vendas efectuadas por cada operador, mediante a sua actividade no SGPU (e.g. recolha, transporte, reciclagem, etc.). Esse valor, quando combinado com o número de trabalhadores totais e as vendas totais da empresa, permitiu estimar um número de trabalhadores dedicados a actividades do SGPU, à falta de melhor informação.

A estimativa para o número total de empregos relacionados com a gestão dos PU é apenas indicativa, dado o nível de incerteza associado aos dados e pressupostos utilizados. No entanto, de referir que a incerteza ao nível da reciclagem ou da recauchutagem¹⁴ é bastante menor, por exemplo, que a incerteza a nível da recolha ou do transporte destes resíduos, uma vez que a grande maioria dos trabalhadores de reciclagem de PFV e de recauchutagem de PU estão 100% alocados à gestão desses resíduos.

Deste modo, o resultado global obtido para o n.º de trabalhadores associados às actividades de gestão consideradas permite no entanto fornecer uma indicação macro do nível de emprego directo associado ao SGPU.

Por outro lado, para além da avaliação dos empregos directos associados à gestão dos PU, avaliou-se igualmente o impacto indirecto e induzido na economia, bem como estimou-se a criação líquida de emprego que deriva da gestão dos PU. Para tal recorreu-se à metodologia de AES utilizada para contabilização do impacto económico do SGPU, utilizando como variável explicativa o número de empregos a tempo completo (medido em ETCs).

Desempenho do SGPU face a diferentes cenários de gestão

Para avaliação do desempenho do SGPU face a cenários de gestão alternativo recorreu-se igualmente à metodologia de AES para cenarização do impacto do SGPU tendo em conta diferentes configurações.

Neste contexto, de seguida apresenta-se uma tipificação dos empregos associados aos operadores aderentes ao SGPU e as estimativas dos empregos directos, indirectos e induzidos associados à gestão de PU. É também apresentada a criação líquida de emprego tendo em consideração o efeito gerado pela substituição de materiais e energia, pelo pagamento do Ecovalor e pelo tratamento e eliminação alternativos dos PU e ainda uma análise de diferentes cenários de configuração do SGPU.

6.3 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO

6.3.1 Caracterização do perfil de emprego das empresas do SGPU

Número de trabalhadores

De acordo com a análise realizada, estimou-se que em 2011 o número de trabalhadores das empresas do SGPU era de 5.274. De referir que este número contempla trabalhadores afectos totalmente ou parcialmente à gestão de PU, mas igualmente e sobretudo em muitos casos a trabalhadores dedicados a outras funções ligadas ou não à área do ambiente e dos resíduos. Comparativamente ao total de

¹⁴ À excepção dos trabalhadores afectos à actividade comercial

empregos presentes em empresas com actividades na área do ambiente (INE, 2012), as empresas do SGPU representam cerca de 12% dessa força de trabalho.

A maior parte dos empregos encontram-se relacionados com as empresas que prestam serviços de armazenamento temporário no sistema (pontos de recolha), seguidos dos recauchutadores e transportadores (ver Tabela 38).

Tabela 38 – Número de empregos das empresas do SGPU (2011)

Operadores	Trabalhadores (total)
Pontos de recolha e fragmentador	2.299
Recauchutagem	1.266
Reciclagem	97
Transportador	1.001
Valorização Energética	605
Valorpneu	6
TOTAL	5.274

No que respeita à dimensão das empresas, considerando o parâmetro “número médio de trabalhadores por empresa”, pode concluir-se que as empresas associadas ao SGPU são em termos médios maiores do que as suas congéneres não associadas à gestão de PU (i.e., dos mesmos sectores de actividade económica, CAE) como se pode verificar pela análise da Tabela 39.

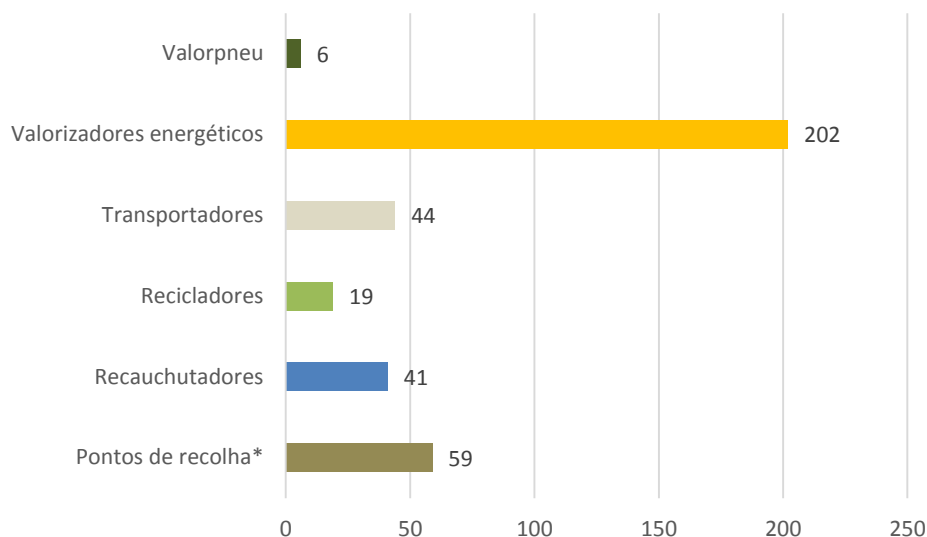
Tabela 39 – Dimensão média das empresas SGPU e não SGPU (2011)

	Nº médio de trabalhadores/empresa
SGPU	52
não SGPU (CAE de actividades presentes no SGPU)	4
não SGPU (total nacional)	3

Nota: Dados para o SGPU estimados a partir de dados Valorpneu, relatórios e contas das empresas, informação recolhida em sítios de internet especializados em informação corporativa, rankings de desempenho empresarial. Dados não SGPU (CAE actividades semelhantes) retirados do INE para os CAE (22,23,32,38,39,45,46,47,49,94). Dados não SGPU (total nacional) obtidos a partir do INE

Na Figura 50 apresentam-se os valores de dimensão média das empresas incluídas no SGPU, discriminados por tipo de empresa. Neste contexto, o número médio de trabalhadores associado às empresas que executam funções de valorização energética no SGPU acaba por “dominar” a amostra, uma vez que se tratam sobretudo de cimenteiras de grandes dimensões.

Retirando o efeito da valorização energética, constata-se que são as empresas que executam as actividades de recolha que possuem um maior número médio de trabalhadores, o que é também expectável, dado que a grande maioria são SMAUT ou empresas de gestão de resíduos que abrangem outros tipos de resíduos, como os RU, os REEE, etc. e como tal possuem uma força de trabalho assinalável.



Nota: * Inclui fragmentador

Figura 50 – Tamanho médio das empresas (número médio de trabalhadores)

Género

No que diz respeito ao género dos trabalhadores, as empresas inseridas no SGPU possuem uma maior discrepância que as empresas não SGPU, dado que empregam apenas 23% trabalhadores do género feminino face a empresas não SGPU, que apresentam uma força de trabalho mais repartida.

De facto tal resultado não é de estranhar. Estamos em presença de empresas ligadas à gestão de resíduos ou outras actividades industriais/logísticas, que envolvem a manipulação de maquinaria pesada e esforço físico elevado, pelo que tendem a ser dominadas pelo género masculino.

Aliás, o valor estimado para a gestão de PU é semelhante ao estimado para a gestão de resíduos como um todo, que segundo o INE em 2011 se estima em apenas 20% de mulheres na força de trabalho destas empresas (INE, 2012).

Tabela 40 – Rácio de mulheres na força de trabalho de operadores SGPU (2009)

	Rácio de mulheres na força de trabalho
SGPU	0,23
não SGPU (CAE de actividades presentes no SGPU)	0,22
não SGPU (todos)	0,46

Notas: valores do último ano conhecido - 2009.

Detalhando os dados ao nível do tipo de operador, verifica-se que os pontos de recolha apresentam uma maior percentagem de trabalhadores do género feminino, seguido dos recauchutadores, sendo menores nos recicladores e transportadores, embora a gama de variação seja relativamente estreita.

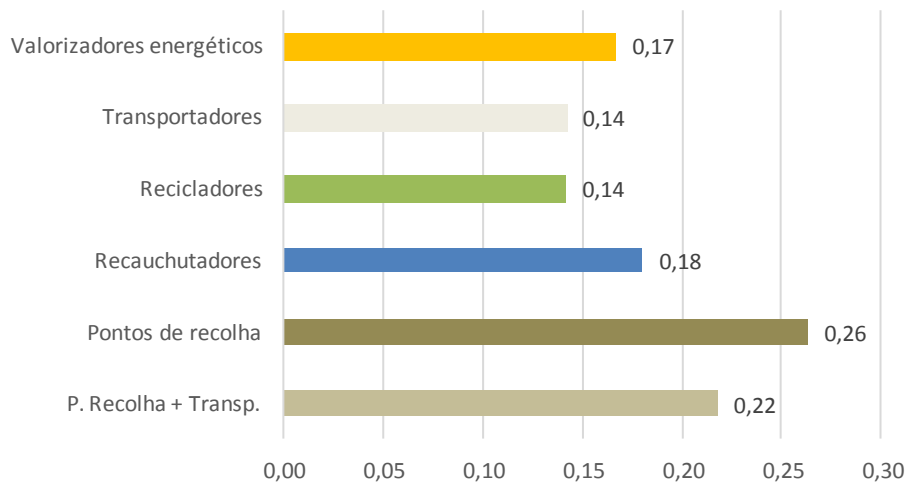


Figura 51 – Género dos trabalhadores por tipologia de operador SGPU (rácio de mulheres)

Idade

A média de idades dos trabalhadores das empresas SGPU encontra-se aproximadamente em linha com as idades registadas para as empresas não SGPU, tendo-se situado nos 41 anos.

Tabela 41 – Idade dos trabalhadores em empresas SGPU e não SGPU (2009)

	Idade (anos)
SGPU	41
não SGPU (CAE de actividades presentes no SGPU)	40
não SGPU (todos)	39

Notas: valores do último ano conhecido - 2009.

Já no caso da análise por tipologia de operador, as empresas cujo pessoal tem uma média de idades mais elevada são os valorizadores energéticos, enquanto do outro lado do espectro encontram-se os recicladores e os pontos de recolha/transportadores.

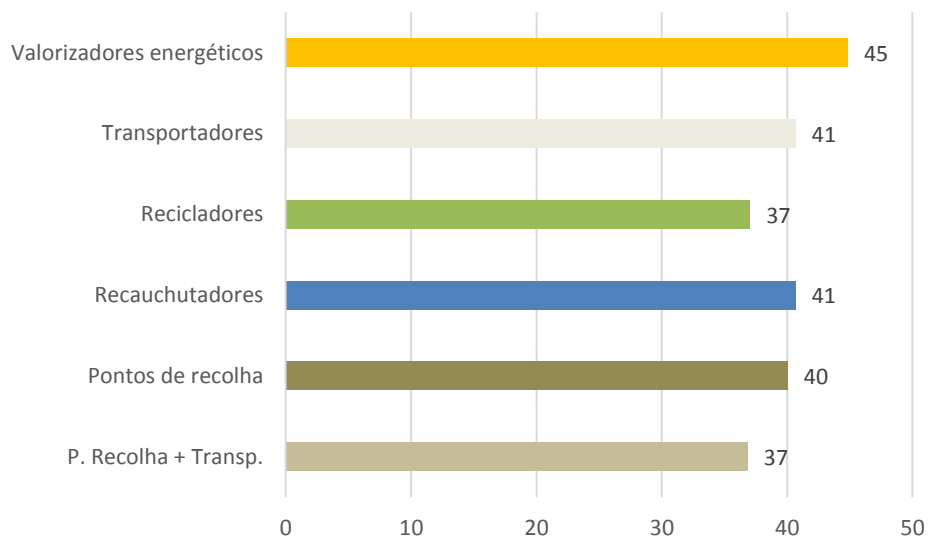


Figura 52 – Idade dos trabalhadores por tipologia de operador SGPU (anos)

Remuneração

Um dos aspectos a destacar na comparação dos perfis dos trabalhadores das empresas SGPU com as empresas não SGPU prende-se com as remunerações dos trabalhadores, que são mais elevadas no primeiro caso (Tabela 42).

Um dos factores que poderá ajudar a explicar este resultado relaciona-se com o facto de a força de trabalho nas empresas do SGPU ter em média uma antiguidade maior em comparação com as empresas não SGPU.

Tabela 42 – Salário em empresas SGPU e não SGPU (euro por hora, 2009)

	Salário (€/h)
SGPU	6,43
não SGPU (CAE de actividades presentes no SGPU)	5,52
não SGPU (todos)	5,82

Notas: valores do último ano conhecido - 2009.

Analisando as diferenças entre as tipologias de operador SGPU, os dados obtidos permitem estabelecer que são os valorizadores energéticos que apresentam salários médios mais elevados, seguidos dos recicladores e pontos de recolha.

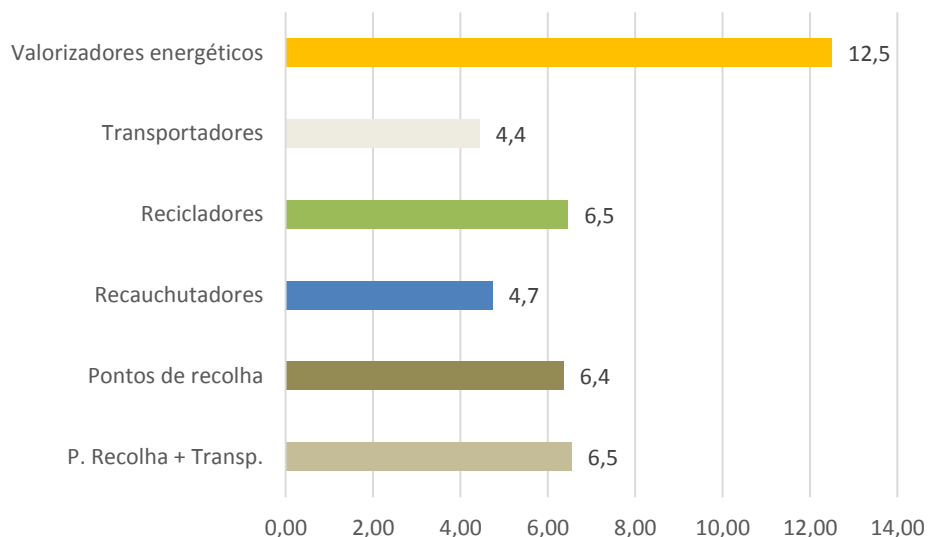


Figura 53 – Salário dos trabalhadores por tipologia de operador do SGPU (euros por hora)

Trabalhadores estrangeiros

Em termos da origem da força de trabalho, verifica-se que o valor médio das empresas do SGPU encontra-se em linha com as restantes empresas nacionais, tendo-se estimado que apenas 5% dos trabalhadores tem origem estrangeira.

Tabela 43 – Nacionalidade dos trabalhadores em empresas SGPU e não SGPU (2009)

	Rácio de trabalhadores nacionais
SGPU	0,95
não SGPU (CAE de actividades presentes no SGPU)	0,95
não SGPU (todos)	0,95

Notas: valores do último ano conhecido - 2009.

No caso da análise por tipologia, verifica-se que existem mais trabalhadores estrangeiros nos recicladores que nas restantes empresas do SGPU, conforme se ilustra na Figura 54.

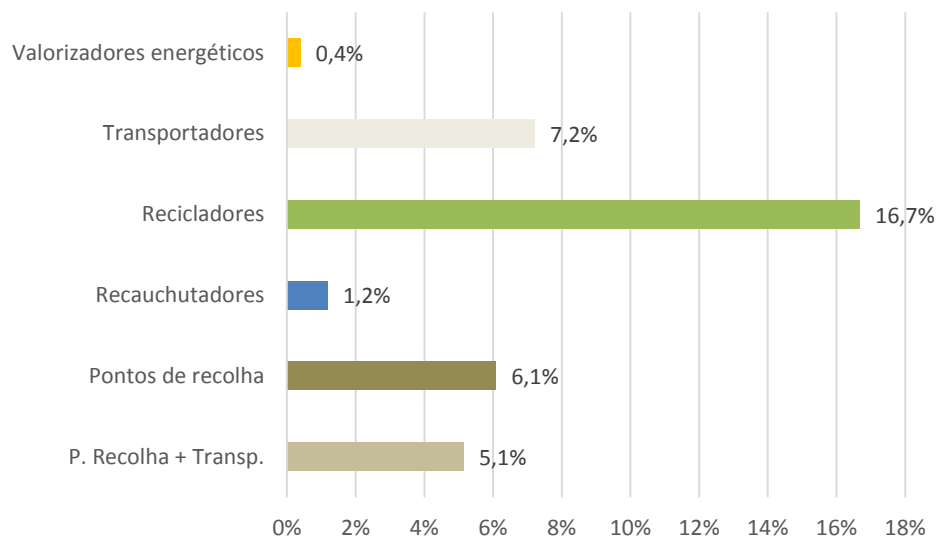


Figura 54 – Valor médio de trabalhadores estrangeiros por tipologia de operador SGPU (%)

Educação

No período analisado, o número médio de anos de escolaridade dos trabalhadores das empresas inseridas no SGPU acompanha os valores das empresas não SGPU, tendo-se situado em 8,5 anos.

Tabela 44 – Habilitações literárias em empresas SGPU e não SGPU (valor médio do número de anos de escolaridade, 2009)

	Nº de anos de escolaridade
SGPU	8,5
não SGPU (CAE de actividades presentes no SGPU)	8,5
não SGPU (todos)	9,2

Notas: valores do último ano conhecido - 2009.

Relativamente à tipologia de operadores, verifica-se que no ano de 2009, o número médio de anos de escolaridade era mais elevado nos valorizadores energéticos, ao passo que era mais baixo nos transportadores.

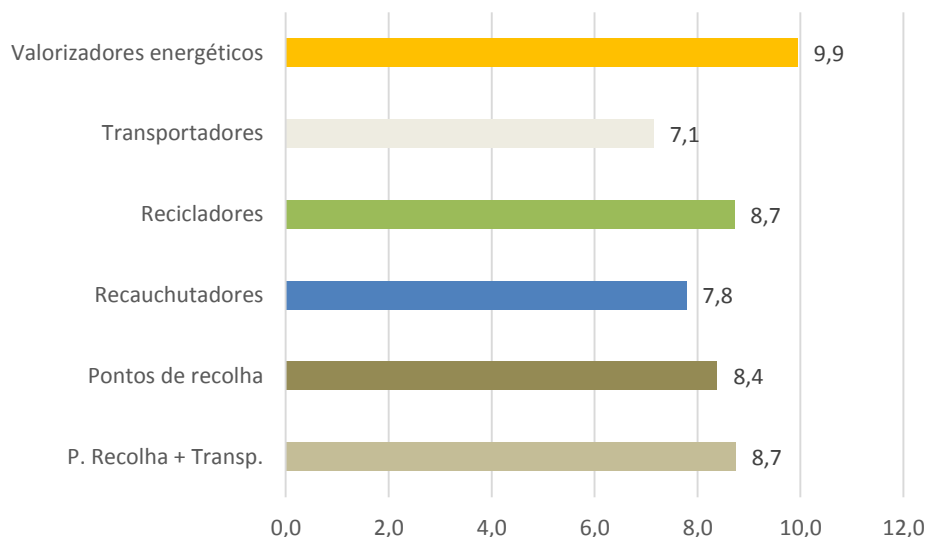


Figura 55 – Nível médio de habilitações literárias dos trabalhadores por tipologia de operador do SGPU (n.º de anos de escolaridade)

Hierarquia

Na Tabela 45 apresenta-se o nível hierárquico médio dos trabalhadores, indicador esse que permite dar uma ideia breve sobre a estrutura organizacional das empresas e a estruturação das carreiras dos trabalhadores. Um nível médio superior corresponde a um valor mais elevado.

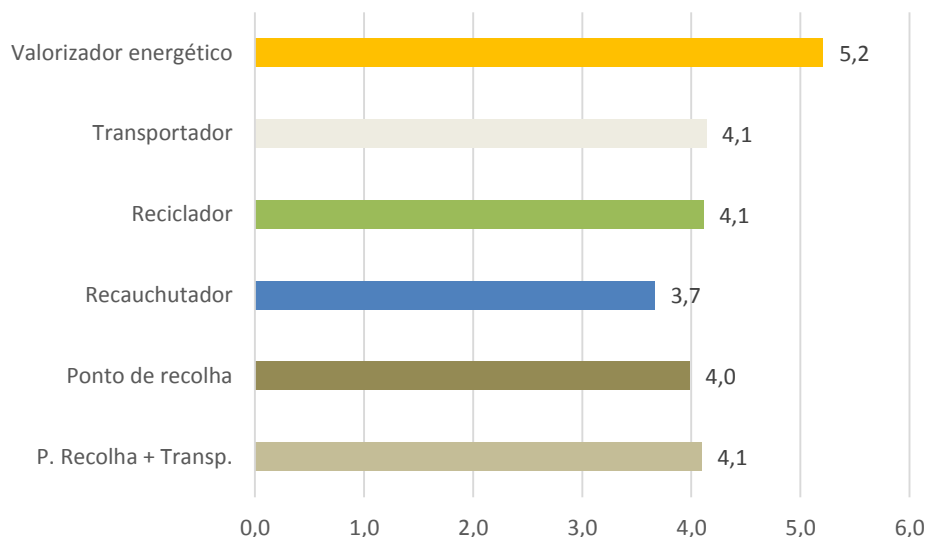
Tabela 45 – Nível de hierarquia médio em empresas SGPU e não SGPU (2009)

	Nível de hierarquia médio
SGPU	4,7
não SGPU (CAE de actividades presentes no SGPU)	4,4
não SGPU (todos)	4,3

Nota: valores do último ano conhecido - 2009.

Legenda: 1- Praticantes e aprendizes | 2-Profissionais não qualificados | 3 – Profissionais Semiquualificados | 4-Profissionais Qualificados | 5-Profissionais Altamente Qualificados | 6-Encarregados, Contramestres, Mestres, Chefes de equipa | 7-Quadros médios | 8-Quadros superiores

No caso da análise detalhada por tipologia de operador, os valorizadores energéticos destacam-se por possuírem um nível hierárquico médio superior a outras empresas, SGPU e não SGPU. Os restantes operadores apresentam valores semelhantes à média, sendo que os valores inferiores são dominados pelos recauchutadores.



Legenda: 1- Praticantes e aprendizes | 2-Profissionais não qualificados | 3 – Profissionais Semiquualificados | 4-Profissionais Qualificados | 5-Profissionais Altamente Qualificados | 6-Encarregados, Contramestres, Mestres, Chefes de equipa | 7-Quadros médios | 8-Quadros superiores

Figura 56 – Nível hierárquico médio dos trabalhadores SPGU por tipologia de operador SGPU

6.3.2 Balanço social do SGPU

6.3.2.1 Empregos directos associados à gestão de pneus usados

Na Tabela 46 apresentam-se as estimativas relativas aos empregos directamente relacionados com o SGPU em 2011, desagregados por tipo de entidade e operação. Como pode verificar-se, estima-se que o nível de emprego directo relacionado com a gestão de PU das empresas parceiras do SGPU ascenda a 970 postos de trabalho, o que significa 18,4% do total de empregos das empresas do SGPU.

Tabela 46 – Estimativa do número de empregos directos associados à gestão de pneus usados do SGPU (2011)

Operadores	Trabalhadores (total)	Trabalhadores (SGPU)
Pontos de recolha e fragmentador	2.299	55
Recauchutagem	1.266	784
Reciclagem	97	97
Transportador	1.001	21
Valorização energética	605	7
Valorpneu	6	6
TOTAL	5.274	970

É importante referir que os dados acima apresentados representam, na sua maioria, estimativas que foram efectuadas segundo as seguintes condições:

- Nº de trabalhadores totais: dados de relatórios de contas para 2011 e dados de inquérito efectuados pela 3Drivers. Quando não foi disponibilizado, foram consultados sítios de internet de informação corporativa e publicações de rankings empresariais (100 melhores ou maiores empresas em Portugal, e.g. Revista Exame);

- Trabalhadores SGPU de Pontos de recolha e fragmentador: dados de inquérito, quando disponibilizados pelas empresas. Quando não foi disponibilizado, estimou-se o número de trabalhadores com base nos rendimentos provenientes da Valorpneu e dos PU, vendas totais e número de trabalhadores totais. Aplicou-se, a estes valores, um factor de correcção baseado nas respostas ao inquérito de pontos de recolha que apenas gerem PU;
- Trabalhadores SGPU de recauchutadores: dados de relatórios de contas para 2011, quando disponibilizados, tendo em conta as actividades desenvolvidas pelo recauchutador (e.g. recauchutagem, comercial). Quando os dados não estavam disponíveis, foi realizada uma estimativa baseada na representatividade, na força de trabalho total, das “Pessoas ao serviço em empresas com código de actividade 22112 – Reconstrução de Pneus, com funções na área do ambiente”, disponibilizada pelas estatísticas do ambiente do INE (2012);
- Trabalhadores SGPU de recicladores: dados de relatórios de contas para 2011;
- Trabalhadores SGPU de valorizadores energéticos: dados de relatórios de contas para 2011. Quando não disponibilizado foram utilizados dados presenciais associados a visitas efectuadas a valorizadores SGPU realizadas pela 3Drivers.

6.3.2.2 Impactes totais brutos

Os impactes totais brutos do SGPU traduzem o efeito efectivo do sistema na economia nacional tendo em atenção a presente situação e contemplam não só os impactes directos, mas igualmente ou impactes indirectos e induzidos.

Neste contexto, a modelação realizada ao SGPU permitiu avaliar os impactes totais em 1.983 empregos, sendo que deste valor 970 dizem respeito a impactes directos, 315 a impactes indirectos (sobretudo dos sectores dos transportes, serviços e comércio e reparação de veículos automóveis) e 698 a impactes induzidos, conforme se ilustra na Tabela 47.

Constata-se portanto que os impactes directos são dominantes, tendo aproximadamente a mesma dimensão que os impactes indirectos e induzidos.

Tabela 47 – Impactes totais brutos do SGPU ao nível do emprego (número de empregos)

Impacte	Baseline 2011	<i>Dos quais provenientes das actividades:</i>	
		<i>Financiadas pela Valorpneu</i>	<i>Recauchutagem</i>
Directos	970	186	784
Indirectos	315	117	198
Induzidos efectivos	698	172	526
Total Bruto (IBC)	1.983	475	1.508
Total Bruto (IBS)	1.285	303	982

Se não considerarmos o efeito induzido, i.e., o emprego gerado pela despesa realizada pelos consumidores finais que é efectuada com o rendimento resultante do efeito directo e indirecto do SGPU, os impactes totais brutos do SGPU são de 1.285 empregos.

De realçar que dos impactes totais do SGPU, 24% dizem respeito a actividades que são financiadas pela Valorpneu total ou parcialmente, como é o caso da reciclagem e do armazenamento dos PU, sendo que o restante diz respeito à actividade de recauchutagem.

6.3.2.3 Impactes totais líquidos

Como referido anteriormente aquando da avaliação económica, os impactes líquidos do SGPU traduzem uma cenarização onde se confrontam os impactes totais efectivos do sistema tendo em consideração a sua configuração actual com o cenário hipotético de não existência de SGPU, sendo os PU tratados de forma alternativa, os produtos dos pneus substituídos por produtos concorrentes e as prestações financeiras pagas à Valorpneu (Ecovalor) usadas para outros fins.

Neste sentido, aos impactes totais do SGPU (directos, indirectos e induzidos) há que somar esses efeitos que tipicamente actuam em sinal contrário, nomeadamente o efeito de substituição, o custo de oportunidade e o efeito do tratamento.

Neste contexto, verifica-se que os efeitos mencionados em termos agregados originam que o impacte líquido do SGPU seja de 1.671 empregos considerando os efeitos induzidos e de 1.033 empregos se não considerarmos estes efeitos, conforme se refere na Tabela 48 e que não são muito diferentes dos impactes totais do sistema (ver por exemplo Figura 57).

Tal significa portanto que o SGPU apresenta sempre um contributo positivo para o desenvolvimento económico de Portugal, fundamentando a sua existência igualmente em termos sociais na sua vertente de emprego.

Tabela 48 – Impactes totais líquidos ao nível do emprego (número de empregos)

Impacte	Baseline 2011	Dos quais provenientes das actividades:	
		Financiadas pela Valorpneu	Recauchutagem
Directos	970	186	784
Indirectos	315	117	198
Induzidos efectivos	698	172	526
Substituição	-81	-27	-54
Tratamento	-41	-33	-8
Induzidos alternativos	-60	-28	-32
Oportunidade	-130	-138	8
Totais (ILC)	1.671	249	1.424
Totais (ILS)	1.033	105	929

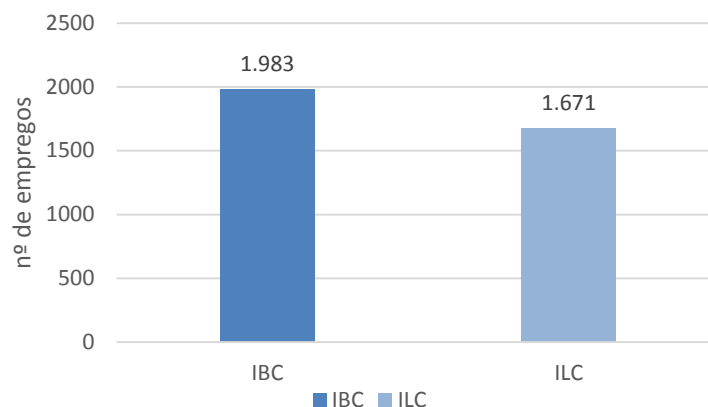


Figura 57 – Comparação entre os impactes totais brutos e os impactes totais líquidos (ambos com efeitos induzidos) do SGPU ao nível do emprego (número de empregos, 2011)

6.3.3 Desempenho do SGPU face a diferentes cenários de gestão

Quando se consideram os vários cenários alternativos (100% reciclagem, 100 % valorização energética e a previsão para 2017), observa-se que o contributo total do SGPU continua a ser bastante positivo, sendo que este efeito é superior no cenário de 100% reciclagem em 2011, no pressuposto que todos os produtos dos recicladores poderiam ser colocados no mercado e menor no cenário Baseline de 2017, sobretudo devido à redução expectável em termos absolutos do volume de pneus processados, incluindo dos pneus recauchutados (ver Tabela 49 e Figura 58).

Tabela 49 – Impactes totais brutos e líquidos ao nível do emprego do SGPU consoante o cenário em análise (número de empregos)

Impacte	Baseline 2011	2011 - Reciclagem	2011 - Valorização energética	2017 - Baseline
Total Bruto (IBC)	1.983	2.105	1.771	1.283
Total Bruto (IBS)	1.285	1.367	1.144	830
Total Líquido (ILC)	1.671	1.771	1.495	1.039
Total Líquido (ILS)	1.033	1.094	928	628

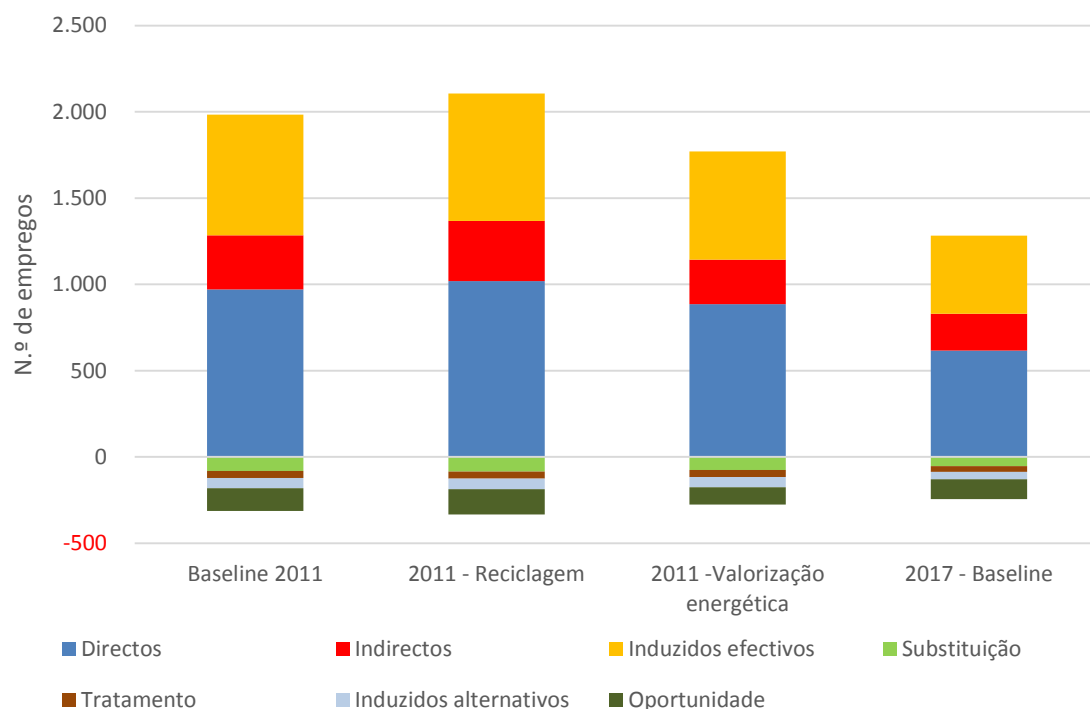


Figura 58 – Contributos dos diversos efeitos para os impactes de cada cenário ao nível do emprego (n.º de empregos)

6.4 CONCLUSÕES PRINCIPAIS

Tendo por base a avaliação social ao nível do emprego que foi realizada ao SGPU podem-se retirar as seguintes conclusões principais:

O balanço social do SGPU é bastante positivo ao nível da criação de empregos

Para a variável de impacte social (n.º de empregos), calculou-se o impacte directo (no próprio SGPU), indirecto (estímulo provocado pela aquisição de bens e serviços), e induzido (estímulo provocado pelo consumo dos trabalhadores do sector). A soma destes três componentes define os impactes totais do sector.

Verificou-se que o impacte social total efectivo do SGPU ao nível do emprego em 2011 ascendeu a 1.983 empregos, sendo que deste valor 970 dizem respeito a impactes directos, 315 a impactes indirectos e 698 a impactes induzidos. Considerando apenas os empregos resultantes do efeito directo e indirecto do SGPU, os impactes totais brutos do SGPU seriam de 1.285 empregos. Por outro lado, o impacte total líquido ao nível do emprego estimou-se em 1.671 empregos ou 1.033 empregos, caso se considere ou não os efeitos induzidos.

A dimensão das empresas do SGPU é em média superior às empresas dos mesmos sectores de actividade e à média nacional

Em 2011, estima-se que as empresas do SGPU empregavam 5.274 trabalhadores, sendo o seu número médio de 52 trabalhadores/empresa, valor bastante superior às médias das empresas dos mesmos sectores de actividade e nacional. Tal reflecte o facto de integrarem o SGPU empresas industriais de grande porte, como as cimenteiras, bem como empresas de gestão de resíduos que abrangem outros tipos de resíduos, como os RU, os REEE, etc. e como tal possuem uma força de trabalho elevada.

A força de trabalho das empresas do SGPU apresenta em média maior idade e maior remuneração que as empresas dos mesmos sectores de actividade e as restantes empresas nacionais

A idade média dos trabalhadores das empresas do SGPU era de 41 anos, valor esse que superior em 1 e 2 anos, respectivamente, em relação às empresas dos mesmos sectores de actividade e as restantes empresas nacionais. Em termos de remuneração, o valor médio dos salários era de 6,43€/h, respectivamente 16% e 10% mais elevado que empresas dos mesmos sectores de actividade e as restantes empresas nacionais, embora a disparidade de salários seja bastante acentuada consoante o tipo de operador do SGPU, variando o valor médio entre 4,5 €/h nos transportadores e 12,5 €/h nos valorizadores energéticos.

A força de trabalho das empresas do SGPU é em média mais masculina e apresenta um menor grau de escolaridade que as restantes empresas a nível nacional

A nível de educação, o n.º médio de anos de escolaridade dos trabalhadores das empresas do SGPU ascende a 8,5 anos, sendo portanto inferior em 0,7 anos à média nacional. Por outro lado, em termos de género, as mulheres representam apenas 23% dos trabalhadores das empresas do SGPU, valor que é metade da média nacional.

7 CONCLUSÕES FINAIS

No presente trabalho, avaliaram-se e quantificaram-se os **impactes ambientais, económicos e sociais (emprego) associados ao Sistema de Gestão de Pneus Usados (SGPU)**.

Para a execução do projecto foi escolhido o ano de 2011, dado ser o mais recente em termos de estatísticas fechadas e por representar de forma aproximada os anos em que o SGPU operou, não tendo existido grandes oscilações de ano para ano em termos da rede, tecnologias, destino de aplicações e quantidades proporcionais de encaminhamento para os diferentes destinos.

Ao nível ambiental avaliam-se os impactes e os benefícios directos e indirectos que advêm da gestão de PU, por exemplo em termos de emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) ou do consumo acumulado de energia e analisam-se comparativamente as várias tecnologias de reutilização, recauchutagem, reciclagem e valorização energética.

Da avaliação realizada constatou-se que o balanço ambiental do SGPU é bastante positivo, para as categorias de impacte ambiental estudadas. Tal significa que os benefícios induzidos pela valorização dos PU são superiores aos impactes gerados. Por exemplo, por tonelada de PU gerido em 2011 estima-se que tenha sido evitada a emissão de 1.575 kg CO₂-eq de GEE e o consumo de 48,8 GJ de energia. Tal é equivalente à emissão doméstica de GEE de 1,7 agregados familiares durante um ano ou à energia contida em 1,17 toneladas equivalentes de petróleo, respectivamente.

Analisando o ano como um todo, em que foram geridos 93.367 t de PU, verifica-se que a quantidade evitada de emissões de GEE e de energia consumida ascenderam a 147 kt CO₂-eq de GEE e a 4.560 TJ, respectivamente, o que é equivalente a 0,21% das emissões de GEE verificadas em Portugal nesse ano, ao peso de 1.176 baleias azuis e a 0,48% do consumo nacional de energia primária.

Se tivermos em conta os 10 anos de funcionamento do SGPU, por exemplo, o balanço médio anual de GEE é de -139 kt CO₂-eq, estimando-se que desde o início do funcionamento do SGPU as emissões evitadas de GEE tenham ascendido a cerca de 1,4 Mt CO₂-eq. Por outro lado, considerando o mix de tecnologias e produtos, materiais e energias substituídas, verificou-se que a hierarquia de gestão de resíduos, em termos globais, se manteve em 2011 para a maior parte das categorias analisadas, com base nas condições médias verificadas nesse ano, ou seja, com maior benefício em termos agregados da recauchutagem, seguida da reciclagem e posteriormente da valorização energética. A excepção ocorreu na reutilização de pneus (meio-piso e outras formas de reutilização), que por questões distintas acabam por apresentar um desempenho ambiental inferior.

No entanto, as conclusões extraídas com base nas condições verificadas em 2011 não são passíveis de extrapolação para anos futuros, dado que, por um lado, quando se analisa mais detalhadamente o resultado do balanço ambiental de cada tecnologia conclui-se que existem alguns factores que acabam por ser fulcrais para os resultados obtidos e, por outro, o intervalo de confiança dos resultados obtidos para algumas das tecnologias são relativamente alargados.

De facto constatou-se que as várias operações de valorização induzem benefícios ambientais, embora a sua magnitude e características dependam de cada tecnologia e dos produtos que são evitados. Por exemplo, ao nível dos produtos evitados verifica-se que os resultados da reciclagem são bastante dependentes dos destinos dados ao granulado de borracha, que é o principal produto desta actividade de valorização de PU. A influência das aplicações finais dos pneus reciclados é de tal forma elevada que existem situações onde valorização energética acarreta mais benefícios ambientais do que a reciclagem.

Neste contexto, verificou-se que o balanço ambiental de algumas operações depende fortemente de questões de mercado que estão fora do âmbito e controlo da Valorpneu. É o caso já referido da reciclagem, cujo mix de aplicações do granulado de borracha varia de ano para ano, exclusivamente de acordo com as condições de mercado existentes a nível nacional e internacional existentes à data.

Desta forma conclui-se que mais relevante do que existirem metas de valorização específicas por tecnologia é garantir que os produtos dessa valorização possam ser efectivamente utilizados, sobretudo em aplicações com maior valor acrescentado em termos ambientais.

Ao nível económico avaliou-se o enquadramento económico dos operadores inseridos no sistema e calculou-se o impacte económico do SGPU na economia nacional contabilizando-se os benefícios directos, indirectos e induzidos gerados e, igualmente, os custos de substituição de materiais e energia, os custos com o pagamento do Ecovalor pelos consumidores e ainda os hipotéticos custos de tratamento e eliminação dos PU.

Concluiu-se que SGPU apresenta um contributo positivo para o desenvolvimento económico de Portugal, fundamentando a sua existência também em termos económicos. De facto, e por exemplo, verificou-se que o impacte económico total efectivo do SGPU em 2011 ascendeu a 78,0 M€, sendo que deste valor 40,0 M€ dizem respeito a impactes directos, 11,5 M€ a impactes indirectos e 26,5 M€ a impactes induzidos. Considerando apenas o rendimento resultante do efeito directo e indirecto do SGPU, os impactes totais brutos do SGPU seriam de 51,5 M€. Analisando-se o impacte líquido na economia nacional por cada Euro pago pelos produtores para financiamento do SGPU através do Ecovalor, verificou-se que este era de 1,27 Euros.

Contrapondo a actual configuração do SGPU um cenário hipotético alternativo que seria a não existência de SGPU, ou seja, comparando os efeitos económicos totais efectivos do SGPU aos efeitos que adviriam com a potencial consequência de libertação de meios financeiros que poderiam ser utilizados em outras actividades (Ecovalor), com a dinamização económica pelo consumo de materiais substitutos e igualmente com a necessidade de tratar e eliminar os PU, o impacte do SGPU continua a ser bastante positivo. De facto, o impacte total líquido de VAB estimado neste contexto é de 65,8 M€ ou de 41,6 M€ caso não se considere os efeitos induzidos.

Outro aspecto avaliado foi o efeito sobre a balança comercial do país. Neste aspecto verificou-se igualmente o efeito positivo do SGPU, dado que permite que se aproveitem recursos endógenos que são os PU, evitando-se em termos líquidos a importação de matérias-primas e energia. Neste contexto, em termos líquidos estima-se que o SGPU tenha permitido evitar importações no valor de 33,8 M€ ou 44,6 M€ em 2011, conforme se considerem ou não efeitos induzidos.

Por outro lado, verificou-se igualmente que as actividades de valorização de PU situam-se entre os sectores económicos que geram maior impacto unitário na economia nacional. É o caso da reciclagem que situa-se no top 20% dos sectores económicos nacionais em termos de criação de riqueza, tanto ao nível dos impactes directos, como dos indirectos e induzidos.

Finalmente, de referir que os recauchutadores são responsáveis pela maior parte da actividade económica da gestão de PU no SGPU, tendo os rendimentos desta actividade representado 59,0 M€ nesse ano. O financiamento da Valorpneu para a gestão dos PU representou apenas 11,2% do total dos rendimentos provenientes da gestão e valorização dos PU pelas empresas parceiras da Valorpneu, que ascenderam a 74,4 M€ no total.

Finalmente, **a nível social** tipificaram-se os empregos associados aos operadores aderentes ao SGPU e estimaram-se os empregos directos, indirectos e induzidos associados à gestão de PU, bem como a criação líquida de emprego tendo em consideração o efeito gerado pela substituição de materiais e energia, o pagamento do Ecovalor e tratamento e eliminação hipotética dos PU num cenário alternativo de gestão dos mesmos.

Concluiu-se que o balanço social do SGPU é igualmente bastante positivo ao nível da criação de emprego. Verificou-se que o impacto social total efectivo do SGPU ao nível do emprego em 2011 ascendeu a 1.983 empregos, sendo que deste valor 970 dizem respeito a impactes directos, 315 a impactes indirectos e 698 a impactes induzidos. Considerando apenas os empregos resultantes do efeito directo e indirecto do SGPU, os impactes totais brutos do SGPU seriam de 1.285 empregos. Por outro lado, o impacto total líquido ao nível do emprego estimou-se em 1.671 empregos ou 1.033 empregos, caso se considere ou não os efeitos induzidos.

Adicionalmente, constatou-se que a dimensão das empresas do SGPU é em média superior às empresas dos mesmos sectores de actividade e à média nacional e que a força de trabalho das empresas do SGPU apresenta em média maior idade e maior remuneração que as empresas dos mesmos sectores de actividade e as restantes empresas nacionais, e é, igualmente em média, mais masculina e apresenta um menor grau de escolaridade que as restantes empresas a nível nacional.

Neste contexto, tendo em conta os resultados obtidos, conclui-se claramente que a gestão de PU no quadro do SGPU enquadra-se por excelência no conceito da Economia Verde, dado que potencia uma gestão mais eficiente dos recursos naturais, contribuindo para a redução dos impactes ambientais da extracção de novos recursos e para a disponibilidade de recursos essenciais às nossas economias, criando ao mesmo tempo oportunidades de negócio e valor acrescentado e promovendo a criação de emprego.

(página intencionalmente deixada em branco)

8 REFERÊNCIAS

- 3Drivers (2013). Avaliação dos produtos evitados pela valorização de pneus usados no SGPU, documento interno, Lisboa.
- Ahmed, R., van de Klundert, A., & Lardinois, I. (1996). RUBBER WASTE Options for Small-scale Resource Recovery Urban Solid Waste Series 3. Tool Publications and Waste. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/rubber-waste.pdf?referer=www.clickfind.com.au> (Acesso: Setembro 2013)
- Allenby, B. (1999). Industrial ecology: policy framework and implementation, Upper Saddle River, Prentice Hall, NJ.
- Berruoco, C., Esperanza, E., Mastral, F.J., Ceamanos, J., Garcia-Bacaicoa, P. (2005), Pyrolysis of waste tyres in an atmospheric static-bed batch reactor: Analysis of the gases obtained. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 74: 245–253.
- Bravo, M., de Brito, J. (2012), Concrete made with used tyre aggregate: durability-related performance, *Journal of Cleaner Production*, Volume 25: 42-50
- Cao, W. (2007). Study on properties of recycled tire rubber modified asphalt mixtures using dry process. *Construction and Building Materials*, 21(5), 1011-1015.
- Chiu C-T, Hsu, T-H, Yang, W-F (2008). Life cycle assessment on using recycled materials for rehabilitating asphalt pavements, *Resources, Conservation and Recycling* 52 (2008) 545–556, doi:10.1016/j.resconrec.2007.07.001
- Clauzade, C., Osset, P., Hugrel, C., Chappert, A., Durande, M., Palluan, M. (2010). Life cycle assessment of nine recovery methods for end-of-life tyres, *Int J Life Cycle Assess* (2010) 15:883–892, DOI 10.1007/s11367-010-0224-z
- COMEXT (2013), EU Trade Since 1988 by SITC. Brussels: Eurostat. Disponível em: <http://epp.Eurostat.ec.europa.eu/newxtweb/mainxtnet.do> (Acesso: Setembro 2013)
- Connor, K., Cortesa, S., Issagaliyeva, S., Meunier, A., Bijaisoradat, O., Kongkatigumjorn, N., Wattanavit, K. (2013). Developing a Sustainable Waste Tire Management Strategy for Thailand. Worcester, Massachusetts: Worcester Polytechnic Institute.
- Consonni, S., Giugliano, M. e M. Grosso (2005). Alternative strategies for energy recovery from municipal solid waste. Part A: mass and energy balances, *Waste Management*, 25 (2) 123–135.
- Corti, A., Lombardi, L. (2004). End life tyres: Alternative final disposal processes compared by LCA. *Energy*, 29(12), 2089-2108.
- Daniels, P. e S. Moore (2002). Approaches for Quantifying the Metabolism of Physical Economies: Part I: Methodological Overview, *Journal of Industrial Ecology* 5(4) 69-93.
- Dias, A.M. and Domingos, E. (2011) Sistemas integrados de matrizes input-output para portugal, 2008. Documento de Trabalho 7/2011, Departamento de Prospectiva e Planeamento e Relações Internacionais, Lisboa, Portugal.

ECORYS (2009). Study on the Competitiveness of the EU eco-industry. Brussels: ECORYS Research and Consulting.

EEA (1997). Life Cycle Assessment (LCA), A guide to approaches, experiences and information sources. Environmental Issues Series No. 6, European Environment Agency, Copenhagen.

EEA (2003), Waste from vehicles (number and treatment of used tyres), European Environmental Agency, Copenhagen. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/waste-from-road-vehicles/waste-from-road-vehicles-tyres-eu> (Acesso: Setembro 2013);

EEA (2010). The European environment — state and outlook 2010 (SOER 2010), Material Resources and Waste, European Environmental Agency, Copenhagen, ISBN 978-92-9213-155-5, doi:10.2800/58607

EEA (2011a). Earnings, jobs and innovation: the role of recycling in a green economy, EEA Report No 8/2011, European Environmental Agency, Copenhagen, ISSN 1725-9177.

EEA (2012a). Environmental Indicator Report 2012, Ecosystem Resilience and Resource Efficiency in a Green Economy in Europe, European Environmental Agency, Copenhagen, ISBN 978-92-9213-315-3, doi:10.2800/4874, 2012.

ETRMA (2011), PAH Rich Oil Restriction. Brussels: European Tyre & Rubber Manufacturers' Association. Disponível em: <http://www.etrma.org/activities/chemicals/reach/pah-rich-oil-restriction-2> (Acesso: Setembro 2013)

ETRMA (2012a), ETRMA Annual Report 2011/2012. Brussels: European Tyre & Rubber Manufacturers' Association. Disponível em: http://www.etrma.org/uploads/Modules/Documentsmanager/etrma-annual-report-2012_8_def.pdf (Acesso: Setembro 2013);

ETRMA (2012b), Standardization, end-of-waste criteria and REACH for ELT-derived products: top priorities for the ELT Forum in 2013. Press release. Brussels: European Tyre & Rubber Manufacturers' Association. Disponível em: http://www.etrma.org/uploads/Modules/Newsroom/2012-11-30_press-release_elt-forum.pdf (Acesso: Setembro 2013);

ETRMA (2012c), Statistics: Edition 2012. Brussels: European Tyre & Rubber Manufacturers' Association. Disponível em: <http://www.etrma.org/uploads/Modules/Documentsmanager/20121119-etrma-statistics-2012.pdf> (Acesso: Setembro 2013);

ETRMA (2012d) Used Tyres Recovery 2011 – Table. Brussels: European Tyre and Rubber Manufacturers Association. Disponível: http://www.etrma.org/uploads/Modules/Documentsmanager/2012-11-30_ut-recovery-2011---table-for-press-release_final_all-countries-incl-uk.pdf (Acesso: Setembro 2013);

ETRMA (2012e) Technical Report on End of Waste Criteria for granulates, powder and chips obtained further to the processing of the rubber fraction from tyres. Final version. Internal document.

Euractive (2013). ACEA: 2013 will “probably be worst year for car sales”. Publicado online: 15 de Abril de 2013. Disponível em: <http://www.euractiv.com/transport/acea-2013-probably-worst-year-ca-news-519094> (Acesso: Setembro 2013);

Eurostat (2013a), Generation of Waste. Disponível em: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasgen&lang=en (Acesso: Setembro 2013)

Ferrão, P. (1998). Introdução à gestão ambiental: a avaliação do ciclo de vida de produtos, Coleção Ensino da Ciência e da Tecnologia, IST Press, Lisboa.

Fiksel, J., Bakshi, B. R., Baral, A., Guerra, E., & DeQuervain, B. (2011). Comparative life cycle assessment of beneficial applications for scrap tires. *Clean technologies and environmental policy*, 13(1), 19-35.

GENAN (2009a). Comparative life cycle assessment of two options for waste tyre treatment: material recycling vs. co-incineration in cement kilns. Viborg: Genan Business & Development A/S

GENAN (2009b). Comparative life cycle assessment of two options for waste tyre treatment: material recycling vs. civil engineering applications. Viborg: Genan Business & Development A/S

GENAN (2010) Comparative life cycle assessment of two options for waste scrap tire treatment: material recycling vs. tire-derived fuel combustion. Viborg: Genan Business & Development A/S

Gomes, J., Mota, H., Bordado, J., Cadete, M., Sarmiento, G., Ribeiro, A., Veloso, I. (2010). Toxicological assessment of coated versus uncoated rubber granulates obtained from used tires for use in sport facilities. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 60(6), 741-746.

Haines, G., McCulloch, M., Wong, R. (2010). End-of-Life Tire Management LCA, A comparative analysis for Alberta Recycling Management Authority, Pembina Institute, Alberta, Canada.

Hallber, L. (2010) Comparative Life Cycle Assessment (LCA) of the Utilisation of Used Tyres. Presentation at the SDAB, Stockholm. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet;

Hazarika, H., Yasuhara, K., Kikuchi, Y., Karmokar, A.K., Mitarai, Y. (2010), Multifaceted potentials of tire-derived three dimensional geosynthetics in geotechnical applications and their evaluation. *Geotextiles and Geomembranes* 28: 303–315.

Heiskanen, E. (2000). Institutionalization of Life-Cycle Thinking in the Everyday Discourse of Market Actors, *Journal of Industrial Ecology*, 4 (4) 31-46.

ICF (2005). Determination of the impact of waste management activities on greenhouse gas emissions: 2005 update final report. Environment Canada and Natural Resources Canada, Toronto, Canada. Disponível: <http://www.nrcan.gc.ca/smm-mms/busi-indu/rad-rad/pdf/icf-finr-eng.pdf> (Acesso: Setembro 2013)

IEEP/Ecologic/Arcadis/Umweltbundesamt/Bio Intelligence/Vito (2011). Final Report – Supporting the Thematic Strategy on Waste Prevention and Recycling, Service Request Five Under Contract, ENV.G.4/FRA/2008/0112, 25 October 2010, final Report, FINAL REPORT.

ILO (2012). Global Employment Trends 2012 / International Labour Office – Geneva: ILO, 2012, ISBN 978-92-2-124925-2 (web pdf).

INE (2012). Estatísticas do Ambiente 2011. Instituto Nacional de Estatística I.P., Lisboa: INE, ISSN 0872-5276.

INE (2013). Volume de negócios (€) das empresas por Actividade económica (Classe - CAE Rev. 3) e Forma jurídica. Anual - INE, Sistema de Contas Integradas das Empresas. Lisboa: INE.

ISO/FDIS 14040. (2006). Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. France: AFNOR Standardization Unit.

JRC. (2011). Supporting Environmentally Sound Decisions for Waste Management: A technical guide to Life Cycle Thinking (LCT) and Life Cycle Assessment (LCA). Ispra, Italy: European Commission.

JRC/IES. (2010). ILCD Handbook: General guide for Life Cycle Assessment - Provisions and action steps - First Edition. Joint Research Centre (JRC)/Institute for Environment and Sustainability (IES). Ispra, Italy: European Commission.

JRC-IPTS (2010). Study on the selection of waste streams for end-of-waste assessment: Final Report. Joint Research Center / Institute for Prospective Technological Studies. Seville, Spain: European Commission. ISBN 978-92-79-15784-4. Disponível em: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC58206.pdf> (Acesso: Setembro 2013)

Kořínek, R., Tušil, P., Kočí, V., & Tichá, M. (2012). Evaluation of the Life Cycle and Comparison of the Waste Management Treatment with Tyre by Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Science and Engineering*, 1(2), 106-119.

Li, X., Xu, H., Gao, Y., & Tao, Y. (2010). Comparison of end-of-life tire treatment technologies: A Chinese case study. *Waste management*, 30(11), 2235-2246.

Liang, B., Hao, Y.C., (2000). A novel cryogenic grinding system for recycling scrap tire peels. *Advanced Powder Technology* 11 (2), 187-19;

Matthews, M. (2006). Investigation into the Environmental, Social and Economic Impacts of a Potential Banning of Used Tyres to Landfill and of Mandatory Recycling of Used Tyres.

Meshgin, P., Xi, Y., & Li, Y. (2012). Utilization of phase change materials and rubber particles to improve thermal and mechanical properties of mortar. *Construction and Building Materials*, 28(1): 713-721

Miller, R. and Blair, P. (2009) *Input-Output Analysis - Foundations and Extensions*. Cambridge University Press, Cambridge, MA, USA.

Moreno, F., Rubio, M. C., & Martinez-Echevarria, M. J. (2012). The mechanical performance of dry-process crumb rubber modified hot bituminous mixes: The influence of digestion time and crumb rubber percentage. *Construction and Building Materials*, 26(1), 466-474.

OCDE (2006). *Improving Recycling Markets*. OECD Publishing. ISBN: 9789264029583. Disponível em: http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/environment/improving-recycling-markets_9789264029583-en#page116 (Acesso: Setembro 2013)

Pneugreen (2013). Processo de fabrico de pavimentos de segurança com borracha de pneus usado, Comunicação pessoal à 3Drivers, 10 de Setembro de 2013.

PORDATA (2013), Valor bruto da produção: total e por ramo de actividade – Portugal. Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos. Disponível em: <http://www.pordata.pt/Portugal/Valor+bruto+da+producao+total+e+por+ramo+de+actividade-2285> (Acesso: Outubro 2013)

Rafique, R. M. U. (2012). Life Cycle Assessment of Waste Car Tyres at Scandinavian Enviro Systems. Master of Science Thesis in Chemical and Biological Engineering. Goteborg: Chalmers University of Technology. Disponível: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/171866/171866.pdf> (Acesso: Setembro 2013)

Rahman, A., Rasul, M., Khan, M. M. K., & Sharma, S. C. (2012). "Industrial waste as alternative fuel in cement industry: its impact on environment", in N Altawell, K Volkov, C Matos, & PF de Arroyabe (eds.) Recent researches in environmental and geological sciences: proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Energy & Environment (EE '12), WSEAS Press, <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2012/Kos/WEGECM/WEGECM-14.pdf>

Ribeiro (2008). A Ecologia Industrial e a Gestão de Resíduos em Portugal: Políticas e Ferramentas para o Fecho dos Ciclos dos Materiais, Dissertação para obtenção do Grau de Doutor em Engenharia do Ambiente, Instituto Superior Técnico (IST), Universidade Técnica de Lisboa (UTL), Lisboa, Setembro de 2008.

Rodriguez, I., Laresgoiti, M.F., Cabrero, M.F., Torres, A., Chomón, M.J., Caballero, B. (2001), Pyrolysis of scrap tyres. Fuel Processing Technology, Volume 72 (1): 9-22;

Rosendorfová, M., Vybochová, I., Beukering, P. V. (1998). Waste management and recycling of tyres in Europe. Institute for Environmental Studies, Amsterdam: Vrije Universiteit.

Rubber World Magazine (2012). "Global Demand for Tires To Reach 3.3 Billion Units in 2015". Artigo disponível em: http://www.rubberworld.com/RWmarket_report.asp?id=750 (Acesso: Setembro 2013);

Ruffino, B., Fiore, S., & Zanetti, M. C. (2013). Environmental–sanitary risk analysis procedure applied to artificial turf sports fields. Environmental Science and Pollution Research, 1-13.

Sadiktsis, I., Bergvall, C., Johansson, C., & Westerholm, R. (2012). Automobile Tires: A Potential Source of Highly Carcinogenic Dibenzopyrenes to the Environment. Environmental science & technology, 46(6), 3326-3334.

Sharma, V.K, Fortuna, F., Mincarini, M., Berillo, M., Gornacchia, G. (2000) Disposal of waste tyres for energy recovery and safe environment, Applied Energy, Volume 65(1–4): 381-394;

Sienkiewicz, M., Kucinska-Lipka, J., Janik, H., & Balas, A. (2012). Progress in used tyres management in the European Union: A review. Waste Management, 32(10), 1742-1751.

Sloan School of Management (2010). Tire Remanufacturing and Energy Savings, Environmentally Benign Manufacturing Laboratory Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology (MIT), US, January, 2010.

UN (2010) System of National Accounts 2008. Studies in Methods (Ser. F) No. 2, United Nations, Department of Economic and Social Affairs, New York.

UNCSD (2012), Report of the United Nations Conference on Sustainable Development. Rio de Janeiro, Brazil 20-22 June 2012. Disponível em: <http://www.uncsd2012.org/content/documents/814UNCSD%20REPORT%20final%20revs.pdf> (Acesso: Setembro 2013)

UNEP (2011). Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication, United Nations Environment Programme, November 2011, ISBN: 978-92-807-3143-9

UNEP (2012a). Green Economy, Employment, Briefing Paper, United Nations Environment Programme Geneva, Switzerland, 2012.

UNFCCC (2012). National emissions reported to the UNFCCC and to the EU Greenhouse Gas Monitoring Mechanism. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/national-emissions->

reported-to-the-unfccc-and-to-the-eu-greenhouse-gas-monitoring-mechanism-6 (Acesso: Setembro, 2013)

Uruburu, Á., Ponce-Cueto, E., Cobo-Benita, J. R., & Ordieres-Meré, J. (2012). The new challenges of end-of-life tyres management systems: A Spanish case study. *Waste management* 33: 679-688.

Valette, J. (2012). Avoiding contaminants in tire--derived flooring. Washington DC: Healthy Building Network. Disponível: <http://pharosproject.net/uploads/files/sources/1828/1366802675.pdf> (Acesso: Setembro 2013).

Valorpneu (2012). Relatório & Contas de 2011, Valorpneu, Lisboa, Portugal.

Valorpneu (2012b). Estudo de Caracterização da Actividade de Recauchutagem, Relatório Principal, Valorpneu, Junho de 2012, Lisboa.

Valorpneu (2013). Modelo Operacional e Financeiro. Lisboa: Valorpneu. Disponível em: http://www.valorpneu.pt/artigo.aspx?lang=pt&id_object=74&name=Modelo-Operacional-e-Financeiro (Acesso: Setembro 2013)

Valorpneu (2013b). Caderno de Encargos para Novo Período de Licenciamento do Sistema Integrado de Gestão de Pneus Usados, Junho de 2013, Lisboa.

WBCSD (2008). Managing End-of-Life Tires. Genebra: World Business Council for Sustainable Development.

Xiao, F., Amirkhanian, S.N.(2010), Laboratory investigation of utilizing high percentage of RAP in rubberized asphalt mixture. *Materials and Structures* 43:223–233

Zebala, J., Ciepka, P., Reza, A., Janczur, R. (2007) Influence of rubber compound and tread pattern of retreaded tyres on vehicle active safety. *Forensic Science International* 167, 173–180;