

## IDENTIFICAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA ESCOLHA DA ESTRATÉGIA DE FIM DE VIDA DE PRODUTOS NO PDP

Taís Hamamoto ([tais.hamamoto@usp.br](mailto:tais.hamamoto@usp.br)) - Universidade de São Paulo

Henrique Rozenfeld ([roz@sc.usp.br](mailto:roz@sc.usp.br)) - Universidade de São Paulo

### Resumo

*O conceito de Responsabilidade Estendida do Produtor forçou as empresas a considerarem e escolherem, durante o processo de desenvolvimento de produtos, o fim de vida de seus produtos. Para tomar esta decisão, a equipe desenvolvedora deve levar em conta a legislação vigente, a aceitação do produto pelo consumidor, a viabilidade técnica-econômica, as diretrizes do negócio, e os impactos socioambientais do produto. Entretanto, esta tarefa não é trivial para os responsáveis pela criação de um novo produto, que possuem pouca expertise no assunto e não sabem avaliar os trade-offs que surgem para tomar a decisão mais adequada. De forma a auxiliar as empresas, metodologias e ferramentas foram criadas na academia. Este artigo teve como objetivo realizar uma revisão clássica para identificar tais metodologias, e as lacunas para os próximos trabalhos. Ao final, foram encontrados 13 artigos sobre o assunto. Nenhum dos trabalhos abordou todos os requisitos necessários para a decisão. Por outro lado, as informações usadas nas metodologias não eram simples de serem obtidas nos estágios iniciais do desenvolvimento de produtos, desestimulando seu uso. Também não foram encontrados softwares ou plataformas livres com os conceitos discutidos na academia, dificultando ainda mais a seleção das estratégias de fim de vida no desenvolvimento. Para satisfazer as necessidades das empresas, os futuros trabalhos devem focar em metodologias que exijam o mínimo de informações possível, consumir pouco tempo dos usuários, além de possuir uma interação amigável, atender todos os requisitos da literatura e estar disponível em uma plataforma livre ou software.*

**Palavras-chave:** Estratégias de fim de vida, desenvolvimento de produtos, tomada de decisão.

**Área:** GDP e Sustentabilidade

## 1. INTRODUÇÃO

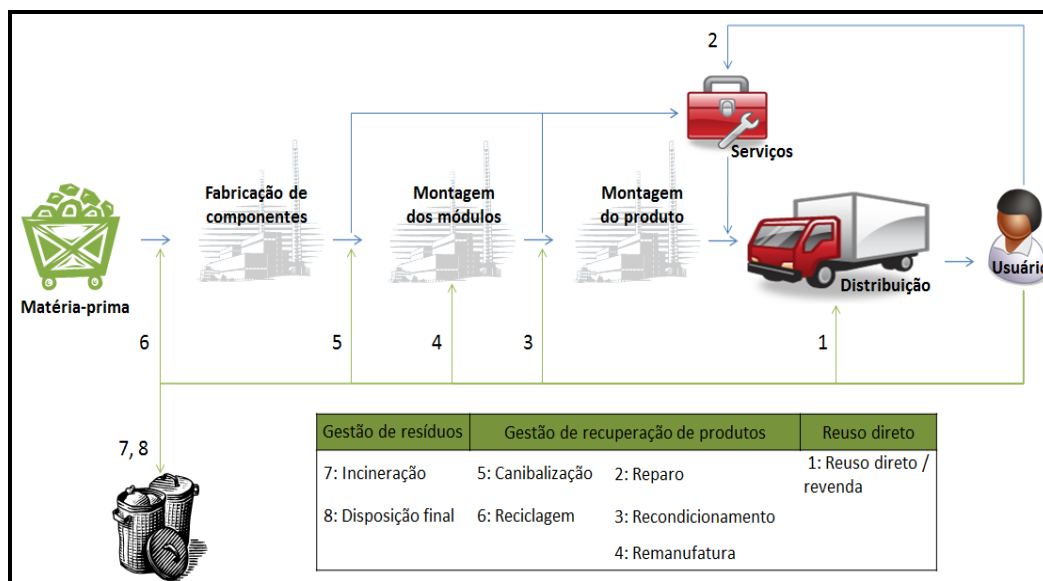
A estrutura de um produto, seus materiais, componentes e junções afetam diretamente a destinação final do produto, após o término de sua vida útil (BOR, 1994). Com a pressão mercadológica e legal em relação ao fim de vida dos produtos, é necessário guiar os *designers* nestas considerações e escolhas corretas, para assim atender os requisitos e restrições de todos os *stakeholders* (ROSE, 2000) e dar ao produto a destinação mais adequada. Este desafio foi abordado por várias metodologias. Parte delas focou na escolha da destinação final no momento em que os produtos já estavam no estágio final do ciclo de vida, desenvolvendo metodologias que associavam as sequências de desmontagem às estratégias. A outra parcela focou na tomada de decisão durante o desenvolvimento do produto, sendo esta segunda o escopo deste trabalho. O objetivo deste artigo foi identificar metodologias que auxiliam as equipes de desenvolvimento de produtos a escolher as estratégias de fim de vida. Nas próximas seções, serão apresentados os principais conceitos que embasam o trabalho (Seção 2), a metodologia (Seção 3), os resultados obtidos (Seção 4), a conclusão e sugestão de futuros trabalhos (Seção 5).

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O aumento populacional e o consumismo atrelado a ele desencadearam problemas ambientais relacionados à poluição e à disposição dos resíduos, despertando o interesse da sociedade por ações voltadas para a redução dos impactos ambientais ao longo do ciclo de vida dos produtos (WALLS, 2006; KING; BURGESS, 2005). Estas demandas foram atendidas por políticas públicas criadas em todo mundo, começando pelos países europeus, baseadas no conceito da Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR) (WALLS, 2006), que é “uma abordagem política ambiental em que a responsabilidade de um produtor de um produto é estendida para o estágio pós-consumo do ciclo de vida do produto” (OECD, 2001). Com a pressão do mercado e do governo em relação à redução de resíduos, (THIERRY et al, 1995), as empresas acabaram por incorporar em seus processos de desenvolvimento de produtos (PDP) os requisitos de logística reversa e de estratégias de fim de vida dos produtos (IAKOVOU et al, 2009), isto porque a destinação final dos produtos é o resultado das decisões tomadas nos estágios iniciais deste processo de negócio (GEHIN; ZWOLINSKI; BRISSAUD, 2008).

Rose (2000) define o fim de vida de um produto como a etapa em que ele não satisfaz mais as necessidades do seu cliente. As possíveis destinações que um produto pode ter ao chegar nesta etapa (figura 1) são:

Figura 1 - Ciclo de vida dos produtos e as diferentes estratégias de fim de vida.



Fonte: Adaptado de Thierry et al (1995)

- Reuso: o componente ou produto é utilizado em sua configuração original, para a mesma função (reuso direto) ou para outra diferente da projetada (reuso indireto) (LEE; LYE; KHOO, 2001; OIKO, 2012);
- Reparo: restaurar as “condições de uso” dos produtos usados, geralmente com qualidade inferior à de produtos novos, substituindo ou consertando partes quando necessário (OIKO, 2012);
- Recondicionamento: restaurar o produto até determinado nível de qualidade pré-estabelecido, porém, inferior ao de produtos novos. Módulos críticos são inspecionados e consertados ou substituídos e, ocasionalmente, pode haver atualização tecnológica (*upgrade*) pela substituição de módulos obsoletos (OIKO, 2012);
- Remanufatura: objetiva restaurar o nível de qualidade de produtos usados ao de produtos novos, a partir da desmontagem total do produto e extensivos testes de todas as partes e módulos (OIKO, 2012);
- Canibalização: recuperar um conjunto de partes ou componentes utilizáveis do produto para serem utilizados no reparo, recondicionamento ou mesmo remanufatura de outros produtos. O nível de qualidade atingido nas partes canibalizadas depende do processo no qual elas serão utilizadas. As partes não passíveis de canibalização podem ser recicladas ou sofrer outro tipo de descarte (OIKO, 2012);
- Reciclagem: esta estratégia de fim de vida consiste na descaracterização da funcionalidade e identidade do produto, consistindo na coleta dos produtos e

materiais descartados, com subsequente separação e processamento, a fim de permitir a recuperação do material e sua utilização na confecção de novos produtos. Pode ser separada em reciclagem primária, onde o material obtido é utilizado para um produto similar ou outro com alto valor agregado; e secundária, quando o material é utilizado para a fabricação de produtos com baixos valores agregados. (LEE; LYE; KHOO, 2001; OIKO, 2012);

- Incineração: o produto é incinerado com o intuito de gerar calor e eletricidade (LEE; LYE; KHOO, 2001);
- Disposição em aterros: é considerada a pior escolha do ponto de vista ambiental, limitando-se aos materiais que as demais opções de fim de vida não são viáveis tecnicamente (LEE; LYE; KHOO, 2001).

Para escolher a estratégia mais adequada de fim de vida do produto, deve-se considerar a legislação vigente, a aceitação do produto pelo consumidor, a viabilidade técnica-econômica (BOR, 1994), as diretivas do negócio e os objetivos ambientais da companhia e dos stakeholders, que podem ou não ser convergentes. A partir destas restrições, a equipe deve encontrar a melhor opção de *design*. Contudo, este trabalho possui algumas dificuldades, a começar pelo número de possibilidades de fim de vida distintas que os componentes de um mesmo produto podem ter (REMERY; MASCLE; AGARD, 2012; GONZÁLEZ; ADENSO-DÍAZ, 2005; LEE; LYE; KHOO, 2005; KIRITSIS, BUFARDI E XIROUCHAKIS; 2003). Além disso, a escolha da estratégia de fim de vida mais adequada para o produto nas fases iniciais do desenvolvimento, como no projeto conceitual, possui maior dificuldade do que nas fases seguintes, pois é comum nesta fase a falta de informações precisas para a tomada de decisão (ROSE; ISHII; MASUI, 1998; GHEORGHE; BUFARDI; XIROUCHAKIS, 2005). Por fim, os requisitos necessários não são conhecidos pela equipe, apesar de explícitos na literatura, impedindo a identificação do que é ou não imprescindível para a decisão (REMERY; MASCLE; AGARD, 2012). Estas dificuldades levaram à criação de metodologias específicas para auxiliar na avaliação dos *trade-offs* entre os critérios e suportar as decisões da equipe de desenvolvimento, descritas no tópico 4.

### 3. METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica baseada na busca dos termos *end-of-life strategies decision-making*; *end-of-life strategies multi-criteria*; *end-of-life strategies optimization* nas bases de dados Scopus e Web of Knowledge. Na primeira, apenas os artigos da área “Ciências Físicas” foram considerados para análise. Já na segunda, foi usada como filtro a área “Engenharia”.

Dos resultados obtidos, foram excluídos aqueles que o título e/ou resumo não tratavam sobre escolha da estratégia de fim de vida de produtos. O próximo passo foi a leitura integral do artigo, quando este estava disponível, e seleção dos que abordavam a escolha da estratégia de fim de vida do produto na sua etapa de desenvolvimento, e não no final de sua vida útil. Um segundo ciclo de pesquisa foi feito, a partir de algumas referências dos artigos finais selecionados, nas mesmas bases de dados e no Google Scholar.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Conteúdo das metodologias**

No total somente 13 artigos foram considerados nesta revisão, parcela pequena em relação aos mais de 130 encontrados nos dois ciclos de busca. A redução foi devido aos conteúdos dos artigos estarem relacionado com a escolha da estratégia de fim de vida na fase final do ciclo de vida do produto, ou seja, no fim de sua vida útil, ou por tratar apenas de conceitos, e não de metodologias.

Um dos primeiros artigos encontrados sobre a questão pertence à década de 90, período no qual a adequação ambiental empresarial assumiu um viés proativo (HÜBNER, 2012). Low et al (1996) utilizam equações simples para comparar os custos das opções de fim de vida e auxiliar a tomada de decisão. Nestas equações, os custos de revenda, remanufatura, *upgrade* e reciclagem são expressos como partes de custo de fabricação. A partir deste ponto, modelos lineares são criados, indicando os lucros obtidos para as opções de fim de vida como funções de custos de fabricação. Apesar de apenas considerar a parte econômica das estratégias, este trabalho foi relevante para o tema ambiental no desenvolvimento de produtos, principalmente por também discutir a análise do ciclo de vida do material no mesmo artigo.

A esfera técnica começou a ser considerada no trabalho de Rose, Stevels e Ishii (2000). O método desenvolvido pelos pesquisadores, chamado ELDA (*end-of-life design advisor*), utilizava as variáveis desgaste da vida do produto, ciclo de tecnologia, nível de integração, número de peças, a razão para o redesign e ciclo de projeto para a construção de um modelo de árvore de decisão para encontrar uma melhor estratégia de fim de vida. Embora esta metodologia possuísse certa facilidade de utilização pelos designers, aspectos essenciais como legislação e benefícios econômicos, não foram abordados (REMERY; MASCLE; AGARD, 2012). Xing et al (2003) objetivaram a simplificação do ELDA, diminuindo para 4 as variáveis analisadas (desgaste da vida do produto, ciclo de tecnologia, nível de integração e motivo para o redesign). A escolha baseava-se no efeito da deterioração física e da obsolescência tecnológica, entretanto acabou resvalando na mesma deficiência dos

autores anteriores.

Os próximos trabalhos desenvolvidos começaram a adotar diversos tipos de fatores. Yu et al (2000), por exemplo, consideraram o impacto ambiental dos materiais, o custo de cada estratégia de fim de vida e a taxa de recuperação de materiais no método *Analytical Hierarchy Process* (AHP) para auxiliar a tomada de decisão.

Hula et al (2003) utilizaram um algoritmo genético multiobjetivo para identificar uma sequência de desmontagem ideal. Apesar de sugerir a utilização de variáveis relativas à característica de componentes, suas ligações no produto, legislação referente ao fim de vida de um produto, inputs do mercado e de infraestrutura, a metodologia não estabelece exatamente o que deve ser considerado e como. Esta metodologia faz menção clara apenas ao uso de informações de custos e impactos ambientais de cada estratégia de fim de vida. Desta forma, sem estabelecer claramente o que o usuário deve considerar, o método torna-se demasiadamente complexo para quem não conhece profundamente o tema e o que o influencia. Além disso, o método aparenta ser muito demorado para ser utilizado durante a fase inicial do projeto (REMERY; MASCLE; AGARD, 2012). Kiritsis, Bufardi e Xirouchakis (2003) desenvolveram uma metodologia multicritério para avaliar e classificar, em relação a aspectos ambientais, sociais e econômicos, cenários formados por diferentes alternativas de fim de vida de produtos. Apesar da eficiência do método, a avaliação de cenários pelos designers requer tempo para execução e experiência na área, dois requisitos que dificilmente os envolvidos no desenvolvimento de produtos possuirão (REMERY; MASCLE; AGARD, 2012).

Dois anos mais tarde, Gheorghe, Bufardi e Xirouchakis (2005) desenvolveram um método fuzzy multicritério para a seleção do melhor fim de vida dos componentes de um produto que não dependia do conhecimento prévio dos *designers* ou da criação de cenários complexos. Na nova metodologia, os pesquisadores empregaram como critérios a diferença entre os custos de tratamento de cada possibilidade de fim de vida e os lucros obtidos dos mesmos tratamentos e os critérios ambientais “qualidade do ecossistema”, “saúde humana” e “depleção dos recursos” derivados do Ecoindicator99, excluindo assim critérios relativos à parte técnica, estratégia da companhia, à legislação vigente e de aceitação do consumidor. Gonzalez e Adenso-Diaz (2005) determinam a melhor estratégia de fim de vida a partir sequência de desmontagem otimizada e dos lucros de cada opção. O foco foi em apenas 2 dos tipos de critérios possíveis acabou por fornecer uma resposta com baixa precisão.

Kuo (2006) utilizou a combinação dos custos dos componentes do produto e suas relações de montagem associadas à avaliação do ciclo de vida (ACV). Sua metodologia permite que a equipe visualize os possíveis impactos ambientais ao longo do ciclo de vida e, já na fase



de design, antecipar possíveis soluções. A desvantagem desta proposta é a falta de avaliação dos *trade-offs* da questão ambiental com os demais aspectos de produto. Já Shih et al (2006) propuseram uma abordagem que incorpora modelos de raciocínio baseados em casos conhecidos sobre melhores estratégias de fim de vida e modelos de análise econômica. Os autores também utilizaram o trabalho de Rose (2000) para desenvolver sua metodologia. Desta forma, não consideraram os impactos ambientais e as diretivas de negócio em suas decisões. No mesmo ano foi criado um processo de criação iterativo por Lee et al (2006). Neste método, a equipe de desenvolvimento é levada a criar seus produtos de acordo com as diretrizes do *Design for end-of-life* (DfEOL). O resultado é avaliado de acordo com legislações e diretrizes da empresa. Só é aprovado o produto que respeite tais restrições. Todavia, Remery, Mascle e Agard (2012) listam como desvantagens o tempo e esforço necessário que deve ser despendido para concluir o projeto.

Chan e Tong (2007) também propuseram uma metodologia baseada em um “modelo de avaliação de impacto, que mede o grau de similaridade ou diferença entre as duas sequências com base em seus graus de relação” (DENG apud CHAN; TONG, 2007, p. 1541), conhecido como Análise Relacional Cinza (GRA). Nesta metodologia, os *designers* selecionam o material a ser utilizado no produto considerando os requisitos técnicos dos materiais e os impactos ambientais associados a eles no estágio pós-consumo, os custos de produção, custos dos materiais e os custos de cada opção de fim de vida. Assim como nas metodologias de Rose, Stevels e Ishii (2000) e Xing et al (2003), aspectos da legislação ou receptividade do consumidor não foram abordados.

Remery, Mascle e Agard (2012) desenvolveram uma metodologia chamada ELSEM (EOL scenario evaluation method), baseada no método fuzzy TOPSIS, que organiza o problema de decisão em uma hierarquia composta por 4 critérios principais: desempenho ambiental (relativa às estratégias de fim de vida), custos de tratamento, cumprimento da legislação e renda gerada pelas vendas dos produtos e seus materiais após sua vida útil. Estas variáveis foram desdobradas em 15 sub-sub-critérios que podem ser avaliados pelo designer de forma linguística. O resultado final são possíveis cenários de fim de vida ranqueados de forma que o designer possa identificar facilmente a melhor opção. Contudo, esta metodologia não avalia os *trade-offs* entre aspectos ambientais e os demais ao longo do ciclo de vida do produto, apenas de suas alternativas de fim de vida, além de estabelecer um valor fixo para a maioria das opções (reuso, remanufatura, reciclagem), não as caracterizando de acordo com a situação real atual.

#### **4.2. Análise dos resultados**

Na tabela 1 encontra-se um resumo dos critérios encontrados na literatura, cada qual

relacionado às metodologias descritas na seção 4.1. Duas observações devem ser feitas em relação eles:

- Foram inseridos os aspectos sociais. Esta classe foi incluída por ter sido considerada em uma das metodologias, além de ser um dos tripés da sustentabilidade, conceito no qual foram embasados os trabalhos.
- A categoria “objetivos ambientais da empresa” foi substituído pelo “desempenho/ impacto ambiental”. A troca foi feita pelo fato de que o primeiro pode ser indiretamente considerado em “diretivas do negócio”. Ademais, o segundo foi adotado por várias metodologias, podendo igualmente contemplar de forma indireta os objetivos ambientais da companhia.

Tabela 1 – Metodologias para escolha do fim de vida de produtos por categoria de critérios

| <b>Legislação</b>             | <b>Aceitação do consumidor</b> | <b>Viabilidade técnica</b>    | <b>Viabilidade econômico-financeiro</b> | <b>Diretivas do negócio</b> | <b>Desempenho / impacto ambiental</b>  | <b>Aspectos sociais</b>                |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---|-----------------------------|--|--|
| Lee et al (2006)              |                                | Rose, Stevels e Ishii (2000)  | Low et al (1996)                        | Lee et al (2006)            | Yu et al (2000)                        | Kiritsis, Bufardi e Xirouchakis (2003) |
| Remery, Mascle e Agard (2012) |                                | Yu et al (2000)               | Hula et al (2003)                       |                             | Hula et al (2003)                      |  |
|                               |                                | Xing et al (2003)             | Kiritsis, Bufardi e Xirouchakis (2003)  |                             | Kiritsis, Bufardi e Xirouchakis (2003) |  |
|                               |                                | Gonzalez e Adenso-Diaz (2005) | Gheorghe, Bufardi e Xirouchakis (2005)  |                             | Gheorghe, Bufardi e Xirouchakis (2005) |  |
|                               |                                | Shih et al (2006)             | Gonzalez e Adenso-Diaz (2005)           |                             | Kuo (2006)                             |  |
|                               |                                | Lee et al (2006)              | Kuo (2006)                              |                             | Chan e Tong (2007)                     |  |
|                               |                                | Chan e Tong (2007)            | Shih et al (2006)                       |                             | Remery, Mascle e Agard (2012)          |  |
|                               |                                |                               | Chan e Tong (2007)                      |                             |  |  |
|                               |                                |                               | Remery, Mascle e Agard (2012)           |                             |  |  |

Fonte: Elaboração própria

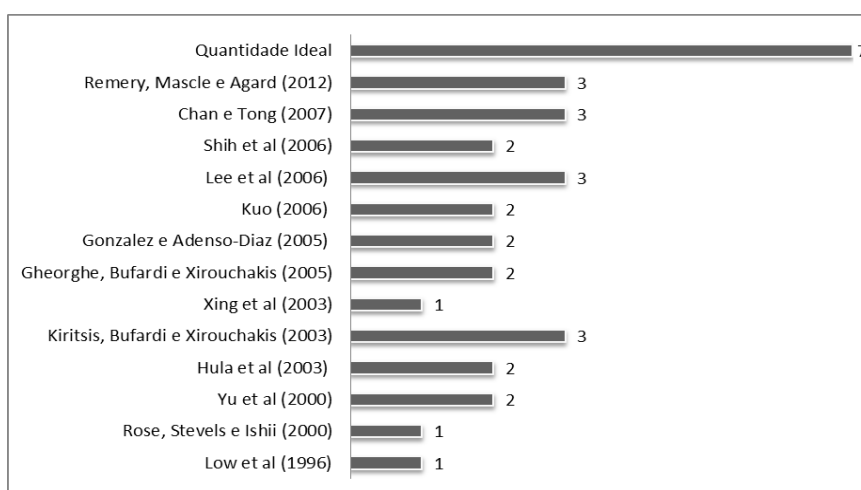
A categoria mais adotada nas metodologias foi a de “Viabilidade econômico-financeira”, considerada em 9 trabalhos. Uma possível justificativa para este predomínio é a importância que os aspectos econômicos e financeiros possuem para as companhias, principalmente durante suas tomadas de decisões. As categorias “Viabilidade técnica” e “Desempenho / Impacto ambiental” estavam presentes em 7 metodologias. A presença de um critério relacionado com a parte ambiental pode ser justificada pelo fato dela pertencer ao assunto



no qual os trabalhos se apoiam: sustentabilidade. Já a parte técnica se justifica pela importância que possui para os potenciais usuários das metodologias, que são os membros da equipe de desenvolvimento. Os demais aspectos foram pouco considerados provavelmente devido à dificuldade de encontrar um indicador ou função que pudesse expressar a “aceitação do consumidor”, “diretivas do negócio”, “aspectos sociais” e “legislação”.

Na figura 2 estão expostos os números de classes de critérios que são adotados por cada metodologia. O número máximo de classes de critérios adotadas por uma mesma metodologia foi 3. A baixa quantidade pode estar atrelada à dificuldade de encontrar indicadores ou funções para algumas classificações, explicitado anteriormente, como também pela dificuldade de associar as informações de mais de uma classe de critério, e expressá-las matematicamente, a um determinado fim de vida.

Figura 2 – Quantidade de critérios adotada por cada metodologia



Fonte: Elaboração própria

Uma última deficiência notada foi a ausência de softwares ou plataformas livres disponíveis para a seleção das estratégias de fim de vida no desenvolvimento de produtos. Sem estas ferramentas computacionais, as empresas não conseguirão escolher a estratégia de fim de vida adequada e projetar seus produtos de acordo com tal escolha, isto por que a maior parte das metodologias envolve equações matemáticas complexas e diversos fatores, o que exige o apoio de um software para avaliação dos *trade-offs* para suportar a decisão. Constatou-se também que muitas metodologias requerem informações quantitativas ou precisas demais para a fase do projeto conceitual, ou consomem muito tempo dos envolvidos, desestimulando o seu uso pelas empresas.

Para as futuras metodologias, Remery, Mascle e Agard, (2012) sugerem que os pesquisadores foquem em novas propostas que exijam poucas informações, consumam

pouco tempo e que sejam facilmente manipuladas pelos usuários. Somam-se a estes os requisitos levantados por esta revisão, a saber: atendimento a todos os critérios levantados e adaptados, e disponibilidade da ferramenta desenvolvida em plataformas livres ou softwares para o público.

## 5. CONCLUSÃO

A revisão feita por este trabalho mostrou a evolução ao longo do tempo das metodologias para escolha do fim de vida dos produtos durante o PDP. Foram encontrados 13 artigos sobre o tema, contudo em nenhum deles todas as classes de critérios foram contempladas. Algumas possibilidades que justificam essa deficiência é a dificuldade de encontrar indicadores ou funções matemáticas que expressem estas classes, além da dificuldade de associar os *trade-offs* entre mais de uma classe de critério a um fim de vida. Os aspectos econômicos, ambientais e técnicos foram os mais abordados, provavelmente devido a sua importância para a empresa, sustentabilidade e equipe de desenvolvimento, respectivamente.

Foi evidenciado pela literatura que as metodologias até então desenvolvidas exigem informações demasiadamente complexas para certas fases do desenvolvimento de produtos, além de não estarem presentes na forma de ferramentas computacionais, o que desestimula o seu uso pelas empresas em suas rotinas. De forma a viabilizar a escolha da melhor estratégia de fim de vida de produtos durante o PDP, futuros trabalhos devem: exigir o mínimo de informações possível; consumir pouco tempo dos usuários; ter uma interação simples e fácil com o usuário; atender todos os requisitos da literatura, de forma a escolher a estratégia de maior relevância; estar disponível em uma plataforma livre ou software para que a empresa consiga aplicar os conhecimentos em seu processo de desenvolvimento de produtos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOR, J. M. The influence of waste strategies on product design. **Materials & Design**, v. 15, n. 4, p. 219-224, 1994.
- CHAN, J. W. K.; TONG, T. K. L. Multi-criteria material selections and end-of-life product strategy: Grey relational analysis approach. **Materials & Design**, v. 28, n. 5, p. 1539-1546, jan. 2007.
- GEHIN, A.; ZWOLINSKI, P.; BRISSAUD, D. A tool to implement sustainable end-of-life strategies in the product development phase. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 5, p. 566-576, mar. 2008.
- GHEORGHE, R. A.; BUFARDI, A.; XIROUCHAKIS, P. Fuzzy Multicriteria Decision Aid Method for Conceptual Design. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 54, n. 1, p. 151-154, jan. 2005.
- GONZÁLEZ, B.; ADENSO-DÍAZ, B. A bill of materials-based approach for end-of-life decision making in design for the environment. **International Journal of Production Research**, v. 43, n. 10, p. 2071-2099, 15 maio. 2005.

HÜBNER, R. Ecodesign : Reach, limits and challenges 20 years of ecodesign - time for a critical reflection. **Forum Ware International**, v. 1, p. 25-38, 2012.

HULA, A., JALALI, K., HAMZA, K., SKERLOS, S. J., & SAITOU, K. Multi-criteria decision-making for optimization of product disassembly under multiple situations. **Environmental science & technology**, 37(23), 5303-5313, 2003.

IAKOVOU, E.; MOUSSIOPOULOS, N.; XANTHOPOULOS, A.; ACHILLAS, C.; MICHAILIDIS, N.; CHATZIPANAGIOTI, M.; KORONEOS, C.; KIKIS, V. A methodological framework for end-of-life management of electronic products. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 53, n. 6, p. 329-339, abr. 2009.

KING, A.; BURGESS, S. Reducing waste: repair, recondition, remanufacture or recycle? **Sustainable Development**, v. 267, n. December 2005, p. 257-267, 2005.

KIRITSIS, D.; BUFARDI, A.; XIROUCHAKIS, P. Multi-criteria decision aid for product end of life options selection. **IEEE International Symposium on Electronics and the Environment**, p. 48-53, 2003.

KUO, T. C. Enhancing disassembly and recycling planning using life-cycle analysis. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 22, n. 5, p. 420-428, 2006.

LEE, H. M., GAY, R., LU, W. F., SONG, B. The framework of information sharing in end-of-life for sustainable product development. **Industrial Informatics, IEEE International Conference on**, pp. 73-78, 2006.

LEE, S. G.; LYE, S. W.; KHOO, M. K. A Multi-Objective Methodology for Evaluating Product End-of-Life Options and Disassembly, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 18, n. 2, p. 148-156, 2001.

LOW, Ming Kaan; WILLIAMS, David; DIXON, Colin. Choice of end-of-life product management strategy: a case study in alternative telephone concepts. **Electronics and the Environment, Proceedings of the IEEE International Symposium on IEEE**, p. 112-117, 1996.

OECD. **Extended Producer Responsibility: A Guidance Manual for Governments**. 2001

OIKO, O. T. **Modelo dos processos de negócio primários, de gestão e de suporte para remanufatura**. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, 2012.

REMERY, M.; MASCLE, C.; AGARD, B. A new method for evaluating the best product end-of-life strategy during the early design phase. **Journal of Engineering Design**, n. February 2013, p. 37-41, 2012.

ROSE, C. **Design for environment : a method for formulating product end-of-life strategies**. Doctorate thesis. November, 2000.

ROSE, C. M.; ISHII, K.; MASUI, K. How product characteristics determine end-of-life strategies. **IEEE International Symposium on Electronics and the Environment**, p. 322-327, 1998.

ROSE, C.; STEVELS, A.; ISHII, K. A new approach to end-of-life design advisor (ELDA). **IEEE International Symposium on Electronics and the Environment**, p. 99-104, 2000.

SHIH, L.; CHANG, Y.; LIN, Y. Intelligent evaluation approach for electronic product recycling via case-based reasoning. **Advanced Engineering Informatics**, v. 20, n. 2, p. 137-145, 2006.

THIERRY, M.; SALOMON, M.; NUNEM, J.V.; WASSENHOVE, L.V. Strategic issues in product recovery management. **California Management Review**, v. 37, n. 2, pp.114-134. 1995.

WALLS, M. **Extended producer responsibility and product design: Economic theory and selected case studies**. 2006.

XING, K.; ABHARY, K.; LUONG, L. IREDA: An integrated methodology for product recyclability and end-of-life design. **The Journal of Sustainable Product Design**, v. 3, n. 3-4, p. 149-171, 2003.

YU, Y.; JIN, K.; ZHANG, H. C.; LING, F. F.; BARNES, D. A decision-making model for materials management of end-of-life electronic products. **Journal of Manufacturing Systems**, 94-107, 2000.