



ConBRepro

XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



ESG nas Engenharias

30 a 02
de dezembro 2022

ECONOMIA CIRCULAR – O CORRETO ENDEREÇAMENTO DURANTE O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO.

Simão Marcon Junior

PPGEP – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

João Luiz Kovaleski

PPGEP – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Resumo: Apesar da Economia Circular ser um item importante e que recentemente surgiu nas organizações, seu correto endereçamento durante o desenvolvimento de produto ainda demanda estudos. Uma forma de endereçar esse importante parâmetro é durante as etapas iniciais do PDP (Processo de Desenvolvimento de Produto) onde os custos atrelados às alterações são menores e as alterações são fáceis. Uma forma de fazer esse correto endereçamento é através de técnicas, métodos e ferramentas disponíveis. O presente artigo tem como objetivo fazer uma varredura nos principais tópicos relacionados ao PDP bem como apresentar brevemente, os conceitos de Economia Circular com o intuito de fomentar e provocar algumas discussões relacionadas ao momento correto de endereçar os conceitos durante o PDP. A metodologia utilizada para atender o objetivo está baseada em 3 pilares: i/ Entender a literatura relevante; ii/ Provocar e fomentar a discussão a respeito do assunto e iii/ Apresentação dos resultados. Com esse corpo de conhecimento foi possível apresentar os principais tópicos a respeito do tema, bem como instigar alguns questionamentos sobre a forma de estudar a aplicação dos conceitos de Economia Circular durante o PDP. Existem uma série de recomendações futuras e o campo é vasto para os estudos.

Palavras-chave: Economia Circular, PDP, Fase Conceitual.

CIRCULAR ECONOMY – THE PROPER ADDRESSING DURING THE PRODUCT DEVELOPMENT PROCESS.

Abstract: Even though the Circular Economy is an important item and born recently on the companies, the proper way to address it during the product development needs more studies. One way to address this important parameter is during the early phases of PDP (Product Development Process) where the cost attached to the changes are low and the changes are easy. One possibility of proper addressing it is using techniques, methods and available tools. The current paper aims to show the main topics related to the PDP and present briefly, the Circular Economy concepts aiming to foment and provoke discussions related to the correct moment to address those concepts during PDP. The methodology used to reach the objective is based on three pillars: i/ Understand the literature; ii/ Provoke and foment discussions around to the theme; iii/ Present results. With this knowledge body was possible to present the main topics related to the theme and raise some questions about the way to study the Circular Economy concepts during the PDP. There are a plenty of future recommendations and the field to study it is large.

Keywords: Circular Economy, PDP, Concept Phase.

1. Introdução

Na literatura e durante a criação de novos produtos, a manufatura tem assumido uma função importante ao considerar as suas demandas ao longo do processo de desenvolvimento do produto (MOSCHETO, 2009). Contudo, com os atuais níveis de competitividade (com o efeito da globalização), a lucratividade nas vendas do produto está sendo pressionada, obrigando as empresas a obter dividendos em outros setores e, até mesmo, incorporando novos meios de desenvolvimento de produto que proporcionem maior lucratividade (MOSCHETO, 2009).

De acordo com Coulibaly, Houssin e Mutel (2008), o processo de desenvolvimento de produto corrente chegou ao seu limite e as empresas têm de aprimorar seus conhecimentos em questões ambientais e do ciclo de vida de produtos gerando assim novas formas de encantamento de seus clientes. Sendo assim, para o sucesso de um produto no mercado, é imprescindível a conversão de novas solicitações de um futuro cliente em um produto capaz de superar suas necessidades e demandas.

Deste modo, o processo de transformação das demandas em um artigo/serviço/sistema chama-se Processo de Desenvolvimento do Produto, ou simplesmente PDP. Considerando o PDP, a equipe de desenvolvimento de produto recebe uma série de requisitos que devem ser abordados, tais como: aspectos de manufatura, custo restrito e controlado, novas funcionalidades e respeito aos padrões de qualidade e confiabilidade (ZIMMERMAN; BERGSJÖ; MALMQVIST, 2006).

Todas essas demandas são atreladas a uma pressão pela entrega de novos produtos para o mercado. Sendo assim, esporadicamente, a equipe de desenvolvimento de produto pode não interpretar e/ou ponderar os aspectos considerados fundamentais para a vida do produto, gerando impactos negativos para toda a cadeia. Nesse cenário, itens como sustentabilidade e economia circular que, Pearce e Turner (1990), sugerem de forma inicial como um sistema econômico de produção de ciclo fechado capaz de gerar sustentabilidade ao mitigar problemas causados pela falta de equilíbrio entre economia e meio ambiente, podem ser negligenciados e não considerados dentro do desenvolvimento das soluções.

Nesse simples contexto, esse artigo visa fomentar e provocar a discussão relacionada a aplicação dos conceitos de Economia Circular/Sustentabilidade ao longo do Processo de Desenvolvimento de Produtos. Para tanto, foram investigados os principais conceitos relacionados aos tópicos expostos acima, apresentando de uma forma sucinta, uma revisão da literatura com o objetivo de fomentar a discussão. Este artigo está dividido em 5 partes, são elas: **i/Introdução**, onde busca-se mostrar, de forma breve, a contextualização do estudo; **ii/Metodologia**, que visa apresentar a forma como o artigo foi construído, **iii/Revisão da Literatura**, apresentando argumentos literários para sustentar e argumentar a próxima seção; **iv/Discussões**, que visa fomentar importantes aspectos do artigo e provocar o leitor e **v/Considerações finais**, onde serão apresentados os pontos finais da discussão.

2. Metodologia

A presente pesquisa envolverá uma abordagem teórica. O objetivo principal será coletar informações para fomentar a discussão relacionada ao PDP e aos conceitos de Economia Circular no que tange à aplicação dos atributos de Economia Circular durante o desenvolvimento de novos produtos, considerando seu correto alinhamento com as estratégias e qual o melhor momento para endereçar os desejos da Sustentabilidade ao longo do PDP.

O tipo de pesquisa a ser desenvolvida, do ponto de vista da sua natureza, será pesquisa aplicada, uma vez que estará focada à busca de conhecimentos para contextualizar as discussões futuras relacionadas aos temas expostos acima.

3. Revisão da Literatura

A corrente sessão irá apresentar breves conceitos sobre PDP e Economia Circular com o objetivo de contextualizar e fornecer argumentos para a discussão na sessão posterior.

3.1. O que é Produto?

O termo “produto” pode receber definições diferentes, dependendo da área de atuação. As definições relacionadas à área industrial e administrativa são as mais comuns. Com um conceito voltado para o comércio, Kotler (1998) define o termo **produto**, amplo ou expandido, como sendo um conjunto de soluções e serviços agregados que acompanham o produto em si, por exemplo, imagem, a garantia, serviço de entrega, valor cultural entre outros.

Para Costa (1987), adicionalmente aos pontos de Kotler, produto apresenta algumas especificações das características, sendo compreendido por atributos tangíveis (cor, embalagem, desenho industrial) e intangíveis (reputação da marca, imagem do produto e do fabricante, serviços, pós-venda entre outros), servindo como base para a decisão do consumidor no que tange as suas necessidades e/ou desejos.

Back et al. (2008) define produto como um “objeto concebido, produzido industrialmente com características e funções, comercializado e usado pelas pessoas ou organizações, de modo a atender seus desejos ou necessidades”. Baseado nas definições, identificar e entender as necessidades e desejos dos clientes de forma hábil, ágil e com custo relativamente baixo de produção é parte integrante do desempenho e sucesso das companhias no que se refere ao desenvolvimento de novos produtos.

3.2. Processo de Desenvolvimento de Produto – PDP

Grande parte do sucesso econômico das companhias está associada às habilidades em identificar as necessidades dos clientes e, com agilidade, criar produtos que atendam a essas solicitações, sendo produzidos a um custo relativamente baixo. Atender as necessidades dos clientes não é somente um problema de marketing, ou mesmo apenas de projeto ou da produção, é um problema de desenvolvimento do produto, que envolve esses e outros setores da companhia (ULRICH e EPPINGER, 2000).

Para converter uma ideia gerada em um produto de sucesso no mercado, usualmente, se faz necessária a aplicação de um processo de desenvolvimento de produto (PDP). Sendo assim, o PDP pode ser definido como um conjunto de atividades a partir das quais se buscam, baseado nas necessidades do mercado, das possibilidades e/ou limitações tecnológicas e considerando as estratégias da companhia, alcançar as especificações de projeto de um produto e sua confecção, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo.

Além disso, o desenvolvimento abrange o acompanhamento do produto após o lançamento no mercado, bem como o planejamento de sua descontinuidade. Sendo assim, é importante incorporar os conceitos de acompanhar o produto após o lançamento e planejar a sua retirada do mercado, durante a especificação do projeto atendendo assim, às necessidades do produto ao longo do seu ciclo de vida (ROZENFELD et al., 2006).

Clark e Fujimoto (1991) descrevem o desenvolvimento do produto como sendo o processo por meio do qual uma empresa transforma dados relacionados às oportunidades de mercado e possibilidades técnicas em informações e bens necessários à produção comercial de um produto.

Ulrich e Eppinger (2000) detalham que projeto e desenvolvimento do produto é o conjunto de atividades interdisciplinares que se iniciam com a identificação de requisitos do cliente e terminam com a entrega do produto fabricado ao cliente, passando pela concepção, projeto e fabricação do produto.

Para Pahl e Beitz (1996), o planejamento e projeto do produto é o resultado do planejamento e esclarecimento de tarefas, com a identificação de funções necessárias, elaboração de soluções primárias, construção de estruturas modulares para a documentação final do produto.

De acordo com Montgomery e Porter (1998), o mercado está exigindo um estudo mais sério e eficaz sobre a metodologia do desenvolvimento de produto para que se possa reduzir os riscos e os intervalos que compõem esta atividade. Entretanto, cada empresa emprega o seu próprio processo de desenvolvimento de produtos, o que torna o estudo acerca das metodologias de desenvolvimento importante e necessária.

Algumas empresas definem um processo de forma mais precisa e minuciosa e outras, possuem um processo menos estruturado e simplificado. No entanto, a mesma empresa pode definir e seguir vários tipos de processos para cada tipo diferente de projeto de desenvolvimento de produto (TAKAHASHI e TAKAHASHI, 2007).

Para Back *et al.* (2008), todo o PDP contém oito fases: i/ planejamento do produto; ii/ projeto informacional; iii/ projeto conceitual; iv/ projeto preliminar; v/ projeto detalhado; vi/ preparação da produção; vii/ lançamento do produto; e viii/ validação do produto.

Baxter (2005) descreve que o PDP é desenvolvido em quatro fases: i/ especificação da oportunidade; ii/ projeto conceitual; iii/ planejamento do produto; e iv/ projeto detalhado.

Para Clark e Fujimoto (1991) o PDP apresenta as seguintes etapas: i/ desenvolvimento do conceito; ii/ planejamento do produto; iii/ engenharia do produto; iv/ engenharia do processo; e v/ produção em volume.

Já para os autores Pahl e Beitz (2005), o PDP envolve: i/ esclarecimento da tarefa; ii/ projeto conceitual; iii/ projeto preliminar; e iv/ projeto detalhado.

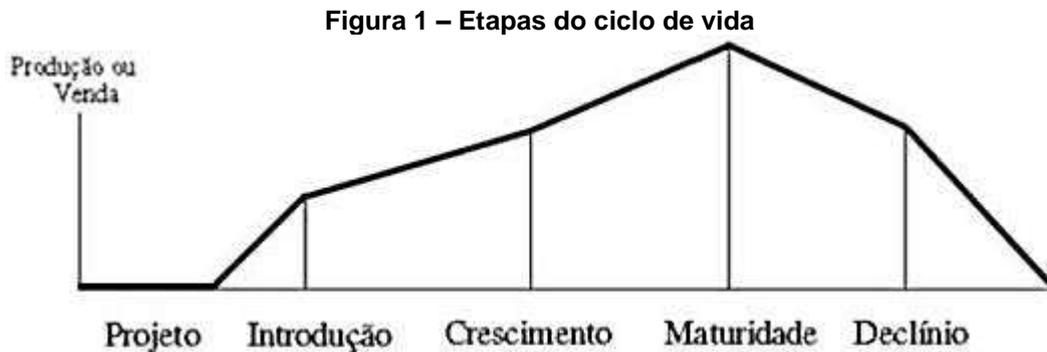
Para Rozenfeld *et al.* (2006), o PDP contém as seguintes fases: i/ planejamento do projeto; ii/ projeto informacional; iii/ projeto conceitual; iv/ projeto detalhado; v/ preparação para produção; e vi/ lançamento do produto.

De acordo com Ulrich e Eppinger (2000), o PDP pode apresentar seis etapas: i/ planejamento; ii/ desenvolvimento do conceito; iii/ projeto em nível de sistemas; iv/ projeto detalhado; v/ teste; e refinamento e vi/ produção/*ramp up*.

Mesmo com a variação nos processos de desenvolvimento entre os autores citados aqui, em números de fases e/ou conteúdo de cada uma delas, pode-se considerar que a estrutura básica do PDP é a mesma para todas as metodologias apresentadas. Sendo assim, o processo inicia-se com as demandas e/ou necessidades dos clientes servindo para montar uma estrutura de funções do produto a ser desenvolvido e a partir dessa estrutura de funções são geradas alternativas que possam resolver o problema apresentado para a equipe de desenvolvimento. Depois de geradas as alternativas, são realizadas avaliações das possíveis soluções sendo então escolhido um conceito que a equipe de desenvolvimento de produto irá se aprofundar até a entrega do produto final.

3.3. Custos durante o ciclo de vida de um produto

Cada produto e/ou sistema está sujeito a um ciclo de vida, que pelo aspecto econômico industrial, orienta-se por faturamento, lucros e perdas (PAHL et al.,2005). Para Horngren, Foster e Datar (2000), o ciclo de vida do produto abrange o tempo desde o início do planejamento e desenvolvimento das soluções técnicas até o término do suporte ao cliente durante a utilização do produto em sua atividade primária. Sakurai (1997) apresenta, na Figura 1, as etapas do ciclo de vida do produto *versus* produção/venda do produto.



Considerando sistemas mais complexos, por exemplo, automóveis, máquinas-ferramenta ou eletrodomésticos, além das etapas de projeto, o produto passa pela fabricação, montagem, embalagem, transporte, uso, manutenção e reciclagem (BACK et al., 2008).

Portanto, desde a introdução no mercado, até o declínio da produção e/ou vendas, a necessidade por atividades relacionadas à sustentabilidade/reciclagem/reuso do produto/sistema é parte integrante do ciclo de vida e tem um papel importante para o sucesso do produto e de companhias.

Nesse contexto, os conceitos de Economia Circular se fazem necessários, uma vez que existem custos atrelados ao pós uso dos produtos e como eles podem ser endereçados durante o desenvolvimento dos produtos.

3.4. Economia Circular

Não existe um denominador comum sobre o período e a fonte específica da origem do termo “Economia Circular”. A ideia central da Economia Circular existe há muito tempo, sendo associada a diversos significados por diferentes autores e possuindo em comum o conceito cíclico de sistemas de ciclos fechados (close-loop systems) (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017). Blomsma e Brennan (2017) mostram que no período anterior ao surgimento do conceito de Economia Circular, no anos 60 até meados dos anos 80, havia uma grande preocupação com os problemas causados pelos resíduos. Nesse momento, as questões ambientais referentes aos resíduos e a preservação dos recursos naturais destacaram-se devido ao surgimento de leis ambientais rígidas em meio à graves acidentes ambientais (BLOMSMA; BRENNAN, 2017; MCALOONE; PIGOSSO, 2017).

De forma geral, desde a revolução industrial, o sistema econômico de produção e consumo incorporou um modelo linear que começa na extração de recursos e finaliza na disposição final de resíduos (MCKINSEY & COMPANY, 2016).

Concomitantemente, houve o desenvolvimento de estratégias que ajudaram a formatar o conceito de Economia Circular que é apontado por diversos autores (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013; GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; NAUSTDALSLID, 2014;

RITZÉN; SANDSTRÖM, 2017; SU et al., 2013) como uma possível solução para a falta de sustentabilidade ocasionada pela utilização da lógica do modelo linear. Ghisellini, Cialani e Ulgiati (2016), baseados em informações de 13 fontes diferentes, afirmam que a Economia Circular possui características originadas da Teoria Geral dos Sistemas, das Economias Ecológica e Ambiental e da Ecologia Industrial.

Influenciado pelas estratégias apresentadas anteriormente, o conceito de Economia Circular foi sendo construído e, segundo Qi et al. (2016), Su et al. (2013) e Lieder e Rashid (2016), apareceu no início dos anos 90 através do trabalho de dois pesquisadores ingleses (PEARCE E TURNER, 1990). O trabalho desses autores destacou a característica insustentável do atual sistema econômico de produção e descarte (linear de ciclo aberto).

Como possível solução, Pearce e Turner (1990) sugeriram um sistema econômico de produção de ciclo fechado capaz de gerar sustentabilidade ao mitigar problemas causados pela falta de equilíbrio entre economia e meio ambiente. Desde então, a Economia Circular ganhou importância e espaço no mundo como uma solução para superar o atual modelo de produção e consumo (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016).

De acordo com Pearce e Turner (1990), a Economia Circular propõe um sistema econômico de produção de ciclo fechado possível de gerar sustentabilidade ao mitigar problemas causados pela falta de equilíbrio entre economia e meio ambiente. Geissdoerfer et al. (2017), definem Economia Circular como um sistema regenerativo no qual a entrada de recursos, a geração de resíduos, as emissões e o desperdício de energia são minimizados através da desaceleração, estreitamento e fechamento dos ciclos de materiais e energia. Visto as definições apresentadas, a Economia Circular é apresentada por Blomsma e Brennan (2017) como um guarda-chuva, ou seja, amplo que abrange e explica um conjunto de fenômenos diversos. A Economia Circular agrupa um conjunto de conceitos alinhados com Estratégias de Extensão do Ciclo de Vida dos Recursos (EECVR), promovendo a ideia de ciclos fechados e apresentando uma nova perspectiva no debate de gestão de recursos naturais e resíduos.

Geissdoerfer et al. (2017) afirmam que a transição para a Economia Circular pode ser alcançada através da implementação de **ações de desenvolvimento de produtos com design duradouro, reutilização, reparação, remanufatura, remodelação e reciclagem**. Essa visão vai ao encontro da visão da EEA - *European Environment Agency* (2016) que salienta a importância de ações de reparação, reutilização, renovação, remanufatura, prevenção e reciclagem de resíduos, compartilhamento de produtos e Eco-design na construção de uma Economia Circular. Ghisellini, Cialani e Ulgiati (2016) chama a atenção que a Economia Circular ganhou força na literatura principalmente através de ações relacionadas com os princípios 3R's (redução, reutilização e reciclagem) sendo frequentemente utilizada como uma abordagem de gestão de resíduos com foco na reciclagem.

Em linha com essa visão e a forma de implementação da Economia Circular via Desenvolvimento de Produtos, Aguiar et al (2022) apresenta que o Projeto do Produto é um elemento fundamental para a transição para a Economia Circular. Entretanto, informa que as práticas, métodos e ferramentas ainda não estão amplamente desenvolvidas e em seu estudo apresenta as principais abordagens atualmente utilizadas. Ainda, em seu artigo, apresenta que as principais abordagens da Economia Circular ocorrem em algumas etapas predefinidas do PDP.

Diaz, Reyes e Baumgartner (2022) aborda que o desenvolvimento de produto voltado para a Economia Circular em grandes cooperações ainda não está claro e em seu artigo apresenta alguns conceitos interessantes a respeito de Estratégias de Retenção de Valor e indica "10 R's" como pontos a serem considerados durante o desenvolvimento do produto.

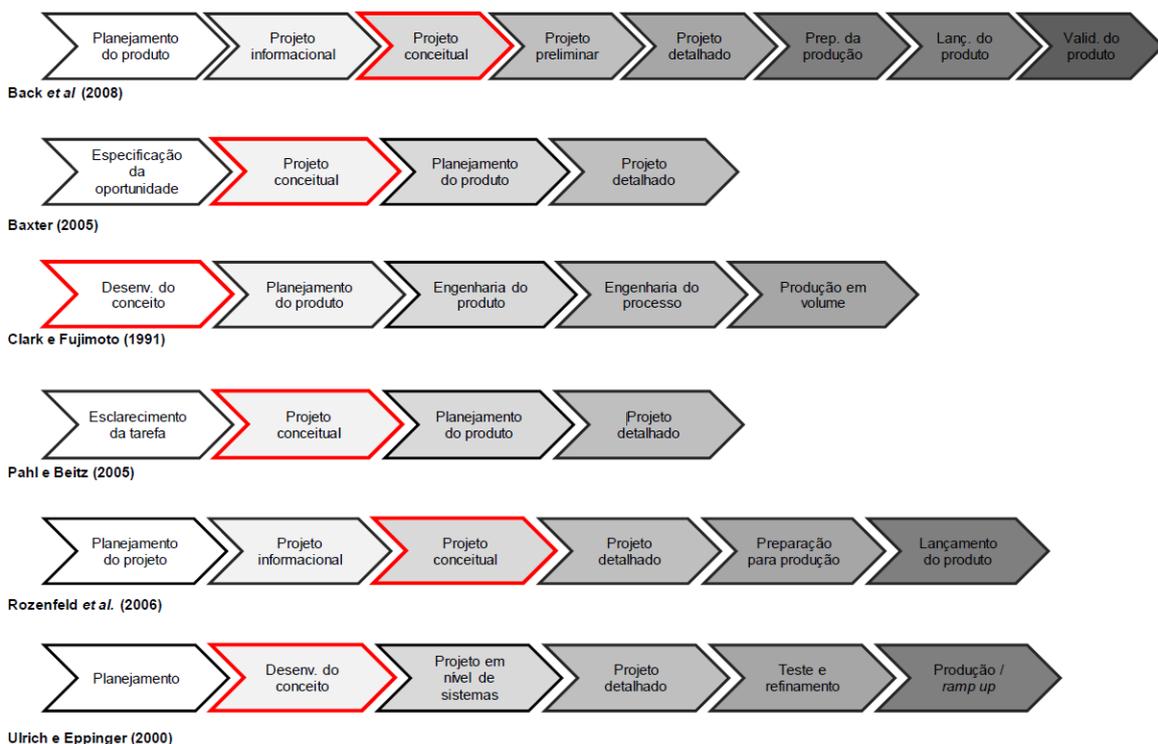
Sassanelli et al (2020) indica que o Projeto do Produto desempenha um importante papel para o desenvolvimento de soluções voltadas a Economia Circular uma vez que as empresas estão sendo puxadas por essas demandas. Nessa abordagem, Engenharia Simultânea e *Design for X* (Projeto para X) merecem destaque. Indica ainda que, mesmo essas técnicas (projeto para reciclagem, para reuso, para remanufatura entre outras) estejam bem difundidas ainda existe espaço para a criação de ferramentas similares que abordem a Economia Circular.

Aguiar e Jugend (2022) propõe em seu artigo uma matriz de maturidade para a adoção gradual da Economia Circular no Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos e apresenta ainda um compilado muito interessante dos *Design for X* que podem ser utilizados e seu grau de maturidade. Portanto, é fato que Economia Circular é importante e deve ser direcionada ainda durante o Desenvolvimento de Novos Produtos.

4. Discussões

Muito apresentou-se nas sessões anteriores a respeito do PDP, Custos e Economia Circular. Pode-se considerar que as metodologias de Desenvolvimento de Produto apresentadas anteriormente são metodologias clássicas e que são aplicadas há muito tempo nas corporações (reservando-se ao direito de alterá-las e suas peculiaridades). O fato comum é que, essas metodologias carregam consigo ciclos, como mostrado anteriormente, e conseqüentemente alguns custos atrelados ao longo do seu desenvolvimento. Além disso, apresentou-se os conceitos de Economia Circular e seus principais aspectos e por fim, alguns artigos recentes que mostram a importância da abordagem da Economia Circular durante o Desenvolvimento de Novos Produtos. Entretanto, alguns pontos são importantes e devem ser reforçados. As metodologias apresentadas anteriormente mostram as principais fases do desenvolvimento de novos produtos. A Figura 2 apresenta, de uma forma gráfica, as etapas listadas.

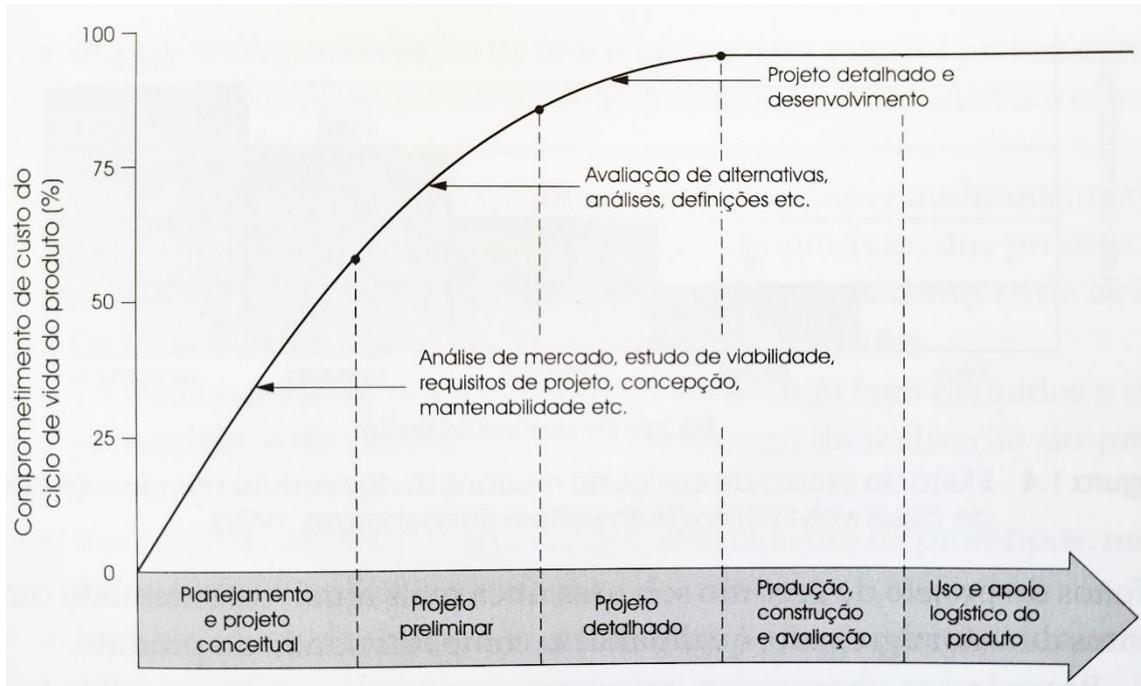
Figura 2 – Fases do PDP de acordo com autores pesquisados



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Como pode ser visto, existe uma etapa em comum em todas as metodologias estudadas. Essa etapa é chamada de Projeto Conceitual/Desenvolvimento do Conceito. Tomando como base os custos atrelados ao desenvolvimento das soluções e ciclo de vida, a Figura 3 apresenta, de forma didática, o aumento dos custos do produto ao longo das fases do ciclo de vida.

Figura 3 – Efeito das diferentes fases do ciclo de vida sobre o custo do produto



Fonte: Back et al (2008).

Portanto, de forma simples e direta, o endereçamento dos tópicos de Economia Circular, com a utilização de ferramentas, *Design for X*, Estratégias de Retenção de Valor com a utilização dos 10 R's entre outros, devem ser executados durante as fases iniciais do desenvolvimento do Produto – Etapa Conceitual – e se possível, em etapas anteriores, uma vez que os custos são reduzidos se comparados com abordagens tardias. Durante a etapa Conceitual, pode-se listar, ao menos, três benefícios, como: i/Facilidade de alteração dos conceitos; ii/Possibilidade de geração de inúmeros conceitos (podendo ser gerados e selecionados por uma série de técnicas e métodos); iii/Momento correto para abortar soluções que terão a viabilidade técnica e comercial comprometidas. Entretanto, nem sempre, durante as etapas iniciais existe uma clareza do escopo do projeto e das entregas do time de desenvolvimento. Isso pode um complicador durante essas investigações.

Essa abordagem não foi encontrada em nenhum dos artigos mencionados. Os autores apenas mencionavam a necessidade de abordar os conceitos de Economia Circular durante o desenvolvimento de produto, porém, não mostravam claramente em qual etapa do PDP deve ser abordado, apenas mencionavam ferramentas, técnicas e métodos necessários e/ou possíveis.

Ferramentas, técnicas e métodos para aplicação dos conceito de Economia Circular durante o Projeto do Produto estão sendo estudados, como mostrado anteriormente. Entretanto, a aplicação dessas abordagens ainda é dependente do **conhecimento prévio** do Projetista do produto e isso, nenhuma das técnicas *Design for X* ainda é capaz de eliminar a dependencia do conhecimento inerente aos anos de trabalho de um

engenheiro/técnico. Isso será um problema no futuro durante a aplicação dos conceitos? Deve-se assegurar por processo específicos de Desenvolvimento de Produto? Por processos internos nas companhias? Essas são apenas questões básicas que precisam ser melhor estudadas ao longo do tempo.

Dito isso, a questão que ainda recai é: Como aplicar os conceitos de Economia Circular durante o Desenvolvimento de Novos Produtos? É sabido que princípios devem ser aplicados, prioritariamente, em etapas iniciais para reduzir os custos atrelados as alterações e possuir mais agilidade de alteração no produto. Entretanto, quais fatores são importantes de serem considerados? Nesse aspecto, Diaz, Reyes e Baumgartner (2022) trazem a Estratégia de Retenção de Valor, considerando 10R's como fatores importantes para a Economia Circular atrelados a alguns *Design for X*. Por outro lado, será necessária a criação de outros *Design for X* que não existem hoje para atender as necessidades de aplicação de Economia Circular aos novos produtos? Onde esses *Design for X* serão baseados? Em conhecimento inerente de cada pessoa?

Para finalizar, essas provocações são importantes e necessárias para o desenvolvimento dos novos produtos focando em conceitos novos sejam por demandas comerciais, necessidades ambientais, demandas legais entre outros aspectos.

5. Considerações finais

O presente artigo abordou uma relação breve entre o PDP e Economia Circular com o objetivo de provocar e instigar, baseado em uma sucinta revisão da literatura, quais são os aspectos necessários para a aplicação dos conceitos de Economia Circular durante as etapas do Desenvolvimento do Produto. Utilizou-se uma abordagem teórica com o intuito de coletar informações básicas que sustentassem as provocações realizadas nesse artigo. Como resultado, encontrou-se na literatura, algumas referências interessantes sobre como a Economia Circular pode ser abordada durante o PDP, quais as possíveis técnicas que podem ser aplicadas e suas limitações, além de indicar que existe um caminho a ser percorrido, principalmente pela novidade do tema e carência de técnicas, métodos e ferramentas específicas para a abordagem da Economia Circular em etapas iniciais do PDP. Um maior detalhamento da literatura pesquisada deve ser realizada, contemplando novos autores, novas abordagens (palavras chaves), novos periódicos, entre outros. Essa pesquisa foi superficial e deverá ser complementada no futuro e isso trará margem para uma série de trabalhos futuros atrelados a forma como a Economia Circular poderá ser abordada dentro do PDP, inclusive adicionando parâmetros que não foram expostos nesse artigo, como Manutenibilidade e Remanufatura entre uma série de outros.

Referências

AGUIAR, M.F.; JUGEND, D. **Circular product design maturity matrix: A guideline to evaluate new product development in light of the circular economy transition**. Journal of Cleaner Production 365, 2022.

AGUIAR, M.F.; MESA, J.A.; JUGEN, D.; PINHEIRO, M.A.P.; FIORINI, P.C.; **Circular product design: strategies, challenges and relationships with new product development**. Management of Environmental Quality, Vol. 33 No. 2, pp. 300-329, 2022.

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; CARLOS DA SILVA, J. **Projeto Integrado de Produtos – Planejamento, Concepção e Modelagem**. São Paulo: Editora Manole, 2008.

- BAXTER, M. R. **Projeto de Produto: Guia Prático para o Design de Novos Produtos**. 2ªed. São Paulo: Editora Blücher, 2005.
- BLOMSMA, F.; BRENNAN, G. **The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity**. *Journal of Industrial Ecology*, v. 21, n. 3, p. 603–614, 2017.
- CLARK, B. K.; FUJIMOTO, T. **Product Development Performance: Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry**. Boston, Harvard Business School Press, 1991.
- COSTA, J. I. P. **Marketing: Noções básicas**. Florianópolis: Imprensa Universitária, 1987.
- COULIBALY, A.; HOUSSIN, R.; MUTEL, B. Maintainability and Safety Indicators at Design Stage for Mechanical Products. **Journal Computers in Industry**, 59, p. 438-449, 2008.
- DIAZ, A.; REYES, T.; BAUMGARTNER, R.J.; **Implementing circular economy strategies during product development**. *Resources, Conservation & Recycling* 184, 2022.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the Circular Economy: economic and business rationale for an accelerated transition**. 2013.
- GEISSDOERFER, M. et al. **The Circular Economy – A new sustainability paradigm?** *Journal of Cleaner Production*, v. 143, p. 757–768, 2017.
- GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. **A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems**. *Journal of Cleaner Production*, v. 114, p. 11–32, 2016.
- HORNGREN, C.; FOSTER, G.; DATAR, S. **Contabilidade de Custos**. São Paulo: LTC, 2000.
- KOTLER, P. **Administração de Marketing**. São Paulo: Atlas, 1998.
- LIEDER, M.; RASHID, A. **Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry**. *Journal of Cleaner Production*, v. 115, p. 36–51, 2016.
- MCALOONE, T. C.; PIGOSSO, D. C. A. **From ecodesign to sustainable product/service-systems: a journey through research contributions over recent decades**. *Sustainable manufacturing*, p. 99–111, 2017.
- MCKINSEY & COMPANY. **The circular economy: moving from theory to practice**. McKinsey & Company Practice Publications, 2016.
- MONTGOMERY, C. A.; PORTER, M. E. **Estratégia: a Busca da Vantagem Competitiva**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998.
- MOSCHETO, A. D. **Desenvolvimento de um Conjunto de Diretrizes e Ferramenta Computacional para Endereçar o Parâmetro de Mantabilidade no PDP**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. **The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context**. Journal of Business Ethics, 2015.

NAUSTDALSLID, J. **Circular economy in China - The environmental dimension of the harmonious society**. International Journal of Sustainable Development and World Ecology, v. 21, n. 4, p. 303–313, 2014.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering Design. A Systematic Approach** 2nd ed. London: Springer Verlag, 1996.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Projeto na Engenharia**. 6º ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. **Economics of Natural Resources and the Environment**. Harvester Wheatsheaf, London, 1990.

QI, J. et al. **Development of Circular Economy in China**. Singapore: Springer Nature, 2016.

RITZÉN, S.; SANDSTRÖM, G. Ö. **Barriers to the Circular Economy - Integration of Perspectives and Domains**. Procedia CIRP, v. 64, p. 7–12, 2017.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma Referência Para a Melhoria do Processo**. São Paulo: Editora Saraiva. 2006.

SAKURAI, M. **Gerenciamento Integrado de Custos**. São Paulo: Atlas, 1997.

SASSANELLI, C.; URBINATI, A.; ROSA, P.; CHIARONI, D.; **Addressing circular economy through design for X approaches: A systematic literature review**. Computers in Industry 120, 2020.

SU, B. et al. **A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation**. Journal of Cleaner Production, v. 42, p. 215–227, 2013.

TAKAHASHI, S.; TAKAHASHI, V. P. **Gestão de Inovação de Produtos: Estratégia, Processo, Organização e Conhecimento**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2007.

ULRICH, K.T.; EPPINGER, S.D. **Product Design and Development**. International Edition, Boston: McGraw-Hill, 2000.

ZIMMERMAN, T.; BERGSJÖ, D.; MALMQVIST, J. Coordinating the Engineering and Aftermarket Disciplines in Early Phases of Product Development. **Nordic Conference on Product Life Cycle Management**, 1st, Gotemburgo, jan. 2006.