

DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO DE PRODUTO COM A UTILIZAÇÃO DE POLÍMERO RECICLADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

¹Dárquila Mariana Matheus Silva 2; ¹darquilamariana@hotmail.com; ¹UFGD.

²Thayná Lorraine de Carvalho; ²lorraniedecarvalho@gmail.com; ²UFGD;

³Bruna dos Santos Vieira 1; ³bruna.santos1997@hotmail.com; ³UFGD;

RESUMO: *O desenvolvimento de produtos é um processo de alta criticidade para a competitividade das empresas uma vez que é através dele que se busca atender a evolução constante do mercado. Com exigências maiores dos clientes e olhares cada vez mais voltados para o meio ambiente, a preocupação com a sustentabilidade é aplicada em grau crescente em novas produções seja através da economia e substituição de matérias primas naturais ou por meio da reciclagem e reutilização de outros materiais que já foram descartados e são devolvidos ao processo produtivo. Nesse trabalho, o desenvolvimento da inovação é voltado ao setor da construção civil visto como uma das indústrias que mais geram resíduos no Brasil. Assim, através da concepção da ideia, concepção do produto, modelagem e prototipagem foi elaborado e testado um tipo de pavimento intertravado para calçamento que substitui uma porcentagem de utilização de areia como matéria-prima por poliestireno proveniente de materiais reciclados. As porcentagens referentes à substituição foram realizadas de maneira supositória. O produto passou por testes determinados pelas Normas Brasileiras como ensaios de absorção de água e testes de compressão afim de verificar o atendimento das necessidades da construção civil e da sustentabilidade.*

PALAVRAS-CHAVE: *Desenvolvimento De Produtos; Sustentabilidade; Construção Civil; Polímeros; Paver.*

ABSTRACT: *Product development is a high criticality process to companies' competitiveness because it is through it that tries to understand market constant evolution. With high customer requirements and eyes back to the environment, the concern about sustainability is applied in increasing degree to new productions with economy and substitution of natural feedstock or between recycling and reusing other discarded materials that are returned to the process. In this article, the innovation development is about construction sector which is seen as one of the more generates waste industries in Brazil. So, through idea design, product design, modeling and prototyping, a new product that meets the needs of civil construction and sustainability was elaborated and tested.*

KEYWORDS: *Product Development; Sustainability; Construction; Polymer; Paver.*

1. Introdução

No presente momento a discussão sobre desenvolver novos produtos ou buscar melhorias para os já existentes de uma maneira sustentável avança e envolve cada vez mais profissionais de diversas áreas; e estes, em certos momentos se reúnem para trabalhar em conjunto na busca de soluções para este desafio proposto (CORRÊA, 2009).

De acordo com Rozenfeld (2006) desenvolver produtos consiste na busca em atender à necessidade dos clientes, ou seja, uma interfase entre a empresa e o mercado, atendendo ao mesmo tempo a evolução do mercado, da tecnologia e do meio ambiente e sendo de grande importância para o aumento da competitividade.

Na Construção Civil, a crescente competitividade do setor e o aumento das exigências dos clientes finais têm pressionado as empresas a oferecer produtos inovadores, sustentáveis e de qualidade. No contexto atual muito se discute sobre a destinação final de resíduos sólidos,

uma forma de reciclagem é reutilizá-lo como matéria-prima para um novo produto, até mesmo no setor da construção civil (NOBRE et. al., 2004).

Na manufatura sustentável, tão importante quanto reciclar é optar por matérias-primas recicladas, retirar materiais que antes seriam descartados e devolvê-los aos processos produtivos, acaba minimizando o impacto ambiental e reduzindo o uso de outros insumos que agora podem ser substituídos.

Esse é o ponto que abordaremos nesse estudo, já que o intuito geral do estudo é reduzir a utilização de insumos finitos no meio ambiente, como a areia para fabricação de um pavimento intertravado de concreto (paver), substituindo esta por uma porcentagem de um tipo de polímero reciclado, o poliestireno. Um material que leva em média 100 anos para se decompor totalmente na natureza, um dado extremamente preocupante considerando a sua larga utilização na indústria (CECOM, 2007). No decorrer do trabalho o desenvolvimento será apresentado em etapas, sendo a Etapa 1 o desenvolvimento e escopo do produto, Etapa 2 a fabricação e Etapa 3 são os testes.

2. Revisão teórica

2.1 Inovação

O movimento em prol da inovação no ramo da construção civil iniciou-se há cerca de 15 anos na economia brasileira e desde então vem se intensificando, este movimento é fruto da mudança de estrutura mercadológica que deixou de ser desejável e passou a ser obrigatória para a sobrevivência das empresas que atuam no setor. Já no contexto mundial pode-se perceber que a preocupação com a inovação também vem se alastrando, a partir dos dados obtidos por uma pesquisa realizada no Reino Unido através do *Chartered Institute of Building* (CIOB) que contou com a participação de 450 diretores de empresas do setor da construção civil.

2.2 Reciclagem

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, reciclagem é um conjunto de técnicas de reaproveitamento de materiais que foram descartados, inserindo-os novamente no ciclo produtivo. É uma das alternativas de tratamento de resíduos sólidos mais vantajosas, tanto do ponto de vista ambiental quanto do social: ela reduz o consumo de recursos naturais, poupa energia e água, diminui o volume de resíduos e gera emprego a milhares de pessoas.

2.3 Polímeros

De acordo com Mano (2000) a palavra polímero passou a ser utilizada em 1832 para classificar compostos de vários pesos moleculares, sendo originária do grego “poly” e “mer”

(*polymers*), que significa “muitas partes”. Um polímero é uma macromolécula composta por meros, ligadas por ligação covalente, em que o monômero (molécula com uma unidade de repetição) é a matéria base para o polímero (Canevarolo, 2002).

O Poliestireno (PS) é um homopolímero resultante da polimerização do monômero estireno e entre suas principais características estão a reciclabilidade, a baixa resistência a solventes orgânicos, calor, intempéries e fratura (os copos de plástico PS são mais suscetíveis à quebra que os de Polipropileno).

2.4 Blocos intertravados

Blocos intertravados de concreto, também chamados de *Paver*, são peças pré-moldadas, com diferentes formas, cores e texturas, que ao serem encaixadas dão origem ao pavimento com efeito estético diferenciado. Os projetos de pavimentação de ruas, avenidas, calçadas e demais vias de acesso público, vem seguindo cada vez mais a tendência da utilização do bloco intertravado.

2.5 ABNT NBR 9781:2013

Esta Norma estabelece os requisitos e métodos de ensaio exigíveis para aceitação de peças de concreto para pavimentação intertravada sujeita ao tráfego de pedestres, veículos, dotados de pneumáticos e áreas de armazenamento de produtos.

Sobre pavimento intertravado a norma diz que é um pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justapostas uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção

2.6 ABNT NBR 7211:2005

Esta Norma especifica os requisitos exigidos para recepção e produção dos agregados miúdos e graúdos destinados à produção de concretos de cimento Portland.

Os agregados devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, e não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade ou, quando for requerido, o aspecto visual externo do concreto.

3. Metodologia

Neste trabalho, visando minimizar o impacto dos resíduos de poliestireno, realizou-se um estudo qualitativo e quantitativo, para melhor entendimento foi dividido em etapas,

sendo elas:

- Etapa 1 – Desenvolvimento e escopo do produto, foi realizado por meio da ferramenta matriz QFD (Quality Function Deployment), onde foi possível descrever detalhadamente sobre o produto e analisar sua viabilidade.
- Etapa 2 - Estruturação do processo produtivo, na qual foi descrito passo a passo a fabricação do paver com suas respectivas ferramentas, desde o processamento do resíduo de poliestireno.
- Etapa 3 – Fase de testes, aqui é apresentado os resultados dos três tipos de pavers fabricados, comprando-os.

Para tanto, foi estudado a utilização do poliestireno proveniente do material reciclado como agregado na composição do concreto para a confecção de peças para pavimento intertravado. Foram realizados ensaios laboratoriais para avaliar o comportamento do concreto produzido com o poliestireno, além das análises dos parâmetros de resistência mecânica, considerando-se os padrões definidos nas normas brasileiras.

Na etapa de preparação do material foram fragmentados os copos descartáveis e depois moídos em moinhos de facas rotativas. Em seguida ocorreu o peneiramento para a análise granulométrica. Para a determinação da qualidade do produto final foram seguidas as determinações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para as especificações para os agregados do concreto, dosagem e determinação do traço, procedimentos para moldagem e cura de corpos de prova, ensaios de compressão, resistência térmica e absorção de água.

4. Resultados e discussões

4.1 Etapa 1: Desenvolvimento e escopo do produto

4.1.1 Matriz QFD: Analise de requisitos e dos concorrentes

A matriz foi desenvolvida com base nas etapas descritas por em Rozenfeld et. al (2006). Foram identificados os requisitos dos clientes, para que as reais necessidades do cliente sejam captadas e transformadas em características de qualidade do produto, mostrado na figura 1 como requisitos do produto. Desse modo podemos analisar conforme suas intensidades de correlação. Os concorrentes 1 e 2, analisados foram empresas que produzem Pavers simples, constituídos pelos materiais usuais de fabricação de argamassa, seguindo as

normas da ABNT, são eles: Tetracon: Pisos intertravados e Projepar-Magma: Construindo com excelência, respectivamente.

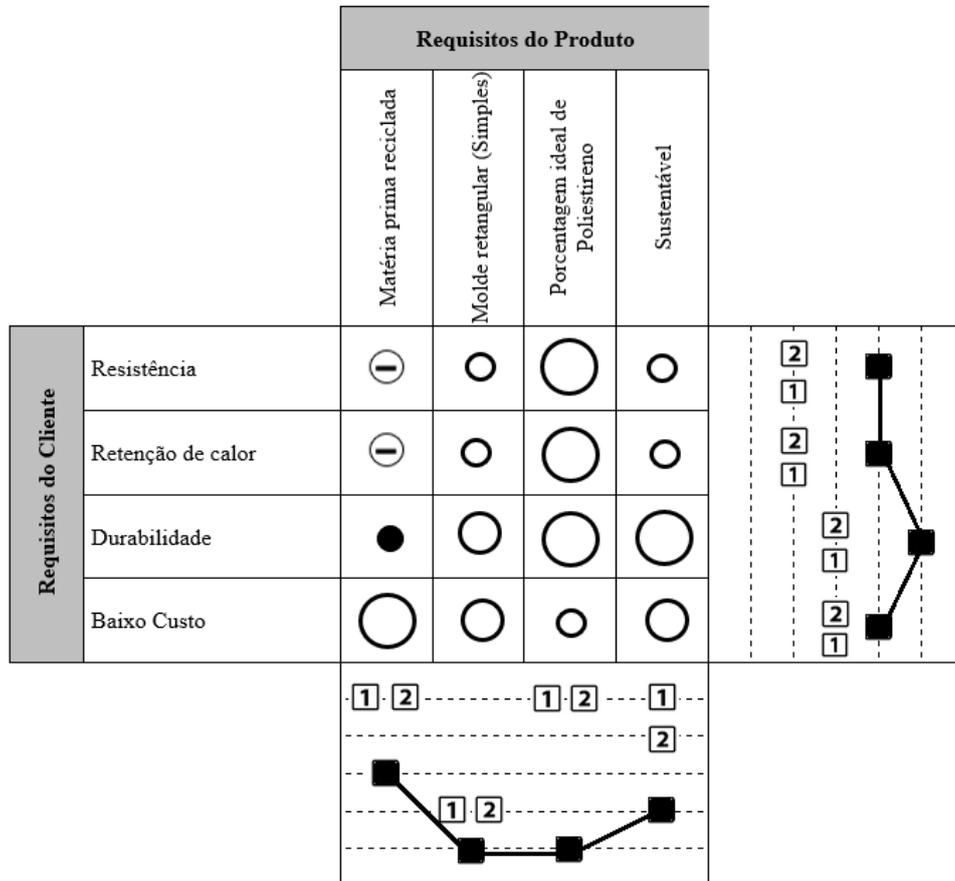


Figura 1. Análise dos produtos concorrentes. Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2019).

Tabela 1 – Legenda da matriz QFD

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
◯	Forte correlação
○	Média correlação
◉	Pequena correlação
●	Fraca correlação negativa
⊖	Não há correlação
■	Produto da própria empresa

1	Produto concorrente #1
2	Produto concorrente #2

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2020.

Ao analisar a QFD elaborada é possível observar que todos os requisitos dos clientes de alguma maneira são compensados nos requisitos do produto por meio de correlações fortes e média, ou seja, suas funcionalidades e características correspondem com a necessidades do cliente. Em relação aos concorrentes é notável também que o produto em estudo é superior aos demais produtos similares em alguns aspectos.

4.1.2 Escopo do produto

O produto de estudo é um novo conceito sustentável de blocos para pavimento intertravado de concreto, uma peça pré-moldada de concreto e composta por uma porcentagem ideal de poliestireno (PS). A funcionalidade técnica estrutural do produto é a pavimentação de calçadas e suas funções interativas em questões de ergonomia, possuindo a facilidade de montagem, pois são estruturas retangulares e em conjunto formam um pavimento esteticamente agradável.

A partir da utilização do pó de poliestireno como matéria prima para a fabricação desse produto ganha-se maior desempenho em resistência, durabilidade e menor absorção de calor e umidade em relação ao bloco de pavimento intertravado de concreto tradicional, na qual buscaremos provar através dos testes no decorrer do estudo. Além disso, o polímero utilizado como matéria prima para a produção desse novo produto tem sua origem na reciclagem de descartáveis, o que traz para os novos blocos de pavimento intertravado de concreto com agregado de poliestireno reciclado o cuidado e o respeito com o meio ambiente.

Conforme a ABNT NBR 9781:2013, as dimensões e tolerâncias das peças de concreto devem atender aos seguintes requisitos:

- a) medida nominal do comprimento de 200 mm;
- b) medida real da largura de 100 mm;
- c) medida nominal da espessura de no mínimo 60 mm, especificada em múltiplos de 20 mm;

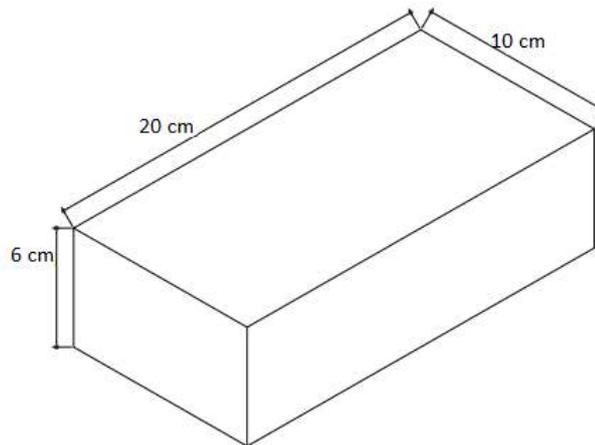


Figura 2. Desenho do protótipo. Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).

4.2 Estruturação do processo produtivo

Para a elaboração do paver com substituição de polímero foram utilizados agregados miúdos (areia), agregados graúdos (brita), cimento, poliestireno moído e água de acordo com a ABNT NBR 7211. Foram produzidos três blocos de concreto com diferentes traços de substituição de areia por poliestireno (5%, 10% e 12% - valores de substituição massa/massa) além do bloco com traço convencional. Assim como determinado na ABNT NBR 9781 foram realizados testes de absorção de água, testes visuais e de compressão com a finalidade de determinar o melhor traço de substituição.

O processo produtivo do pavimento intertravado de concreto com polímero agregado é mostrado pelo fluxograma abaixo e em seguida é detalhado cada processo na tabela 3, além de, apresentar os equipamentos utilizados para realização dos procedimentos.

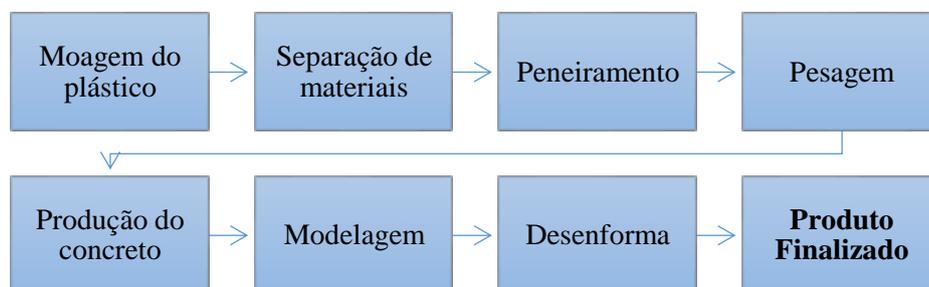


Figura 3. Fluxograma do processo. Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2019).

Tabela 2 – Processo detalhado

Etapas do processo produtivo	Descrição e equipamentos utilizados
------------------------------	-------------------------------------

Moagem do plástico	Utilização de moinho de facas para realizar a moagem de copos plásticos descartáveis.
Separação de materiais	Ocorre a separação das matérias-primas para produção da massa em beakers (areia, brita, cimento e água).
Peneiramento	Observado a presença de impurezas na areia e na brita coletadas para o processo foi utilizado um agitador de peneiras para realizar esse procedimento.
Pesagem	Com a ajuda de uma balança analítica foi pesado cada material conforme o traço estabelecido.
Produção de concreto	Por meio da argamassadeira industrial foi produzida a massa de concreto com substituição do agregado.
Modelagem	Moldes de madeira com as dimensões estabelecidas segundo a norma são untados com óleo de motor e em seguida é realizado o preenchimento com a massa. Durante essa etapa também é realizado o adensamento do concreto.
Desenforma	Depois de 3 dias de cura, o paver é desenformado, tendo assim o produto concluído.

Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2019).



Figura 5. Poliestireno (PS) antes da moagem. Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).



Figura 6. Modelagem da massa. Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).



Figura 7. Pavers desmoldados após cura. Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).

4.3 Fase de testes

Seguindo a ABNT NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação – Especificações e métodos de ensaio foram realizados inspeção visual, testes de absorção de água e resistência a compressão.

Para a inspeção visual a identificação de peças com defeitos que poderiam prejudicar o assentamento, o desempenho estrutural ou a estética do pavimento através da análise do aspecto homogêneo, arestas regulares, ângulos retos, defeitos, rebarbas e descamações reprovaram os blocos de substituição 10% e 12% por apresentar-se quebradiço, poroso e estar esfarelado.

O teste de absorção de água em peças de concreto deve apresentar valor médio de absorção menor ou igual a 6%. A tabela 3 apresenta os resultados das pesagens dos blocos durante as fases de secagem no ambiente, secagem na estufa e saturação.

Tabela 4 – Pesagem dos blocos de acordo com a NBR 9781.

Paver	Pesagem		
	Secagem no ambiente (g)	Saturação (g)	Secagem estufa (g)
Convencional	2440,85	2522,10	2345,63
5%	2434,88	2505,79	2281,21
10%	2229,23	-	-
12%	2164,09	-	-

Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2019).

O valor da absorção de água de cada bloco foi calculado a partir da equação

$$A = \frac{m2 - m1}{m1} \times 100$$

Sendo:

A é a absorção de cada bloco em porcentagem;

m1 é a massa do corpo seco em gramas;

m2 é a massa do corpo saturado em gramas.

Os resultados obtidos desse ensaio foram que o paver convencional apresentou absorção de 3,33% enquanto o paver com substituição de 5% de poliestireno obteve 2,91% de água absorvida apresentando resultados satisfatório de acordo com a norma e ainda provando o

conceito do produto de menor absorção de água. Os blocos de substituições 10 e 12% não resistiram ao ensaio.

Por fim, foi realizado o ensaio de compressão nos blocos de pavimento intertravado convencional e no de substituição 5% a fim de aprovação pela norma e de comparação entre ambos além de verificar se o conceito de duração maior do produto é verídico.



Figura 8. Resultado do ensaio no bloco convencional. Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).



Figura 9. Resultado do ensaio no bloco 5%. Fonte: Acervo pessoal dos autores (2019).

Os resultados foram positivos para a pesquisa de aplicabilidade do produto. Ambos os blocos foram sujeitos a mesma força máxima (45 Mpa) e o bloco com substituição de 5% de poliestireno suportou sem se romper uma força maior (o bloco convencional suportou cerca de 43 Mpa enquanto o bloco com substituição suportou 44 Mpa).

Com isso, obteve-se resultados positivos e satisfatórios para o produto blocos de pavimento intertravado de concreto com agregado de polímero.

5. Conclusão

A sustentabilidade de produtos e o marketing verde foram essenciais para o caminho lógico que estava sendo seguido já que atualmente para o desenvolvimento de produtos os principais empecilhos são matérias primas caras e escassas além de precisar avaliar a logística reversa e impactos ambientais desse produto.

O objetivo de propor um novo tipo de pavimento com a aplicação de material reciclado foi alcançado com sucesso. O poliestireno reciclado resultou além de uma matéria prima de custo zero, a facilidade de acessibilidade a ela. O pavimento intertravado é um tipo de calçamento que reduziria esse déficit de qualidade de calçadas encontradas na maioria das cidades brasileiras incluindo Dourados que afetam diretamente aos pedestres.

Nota-se a necessidade de um estudo aprofundado sobre o real valor de substituição adequado através de softwares de otimização além da elaboração de corpos de prova em maiores quantidades para compreender em valores percentuais e através da análise comparativa em larga escala o desenvolvimento do produto.

Referências bibliográficas

ABNT NBR 9781. **Peças de concreto para pavimentação: Especificação e métodos de ensaio.** Norma Brasileira. 2013. Disponível em: <<http://salvadorpremolados.com.br/wp-content/uploads/2016/04/NORMA-ABNT-NBR-9781-PISOS.pdf>>. Acesso em: 24 de nov. 2019.

ABNT NBR 7211: **Agregados para concreto** - Especificação. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/material/Nbr_7211_2005.pdf>. Acesso em: 18 set. 2020.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente: Reciclagem.** Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/informma/item/7656-reciclagem>>. Acesso em: 18 set. 2020.

CANEVAROLO Jr., Sebastião V. **Ciência dos Polímeros – Um Texto Básico para Tecnólogos e Engenheiros.** Artliber Editora. São Paulo, 2002.

CECOM. **Projeto de eliminação dos copos descartáveis de uso dos funcionários do cecom.** Disponível em: <<https://www.cecom.unicamp.br/wp-content/uploads/2018/06/PROJETO-DE-ELIMINA%C3%87%C3%83O-DE-COPOS-DEZ-2017.pdf>>. Grupo de Gestão Ambiental do CECOM (GGAC). Campinas, 2007. Acesso em: 12 de set. 2020.

CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na construção civil.** Monografia do departamento de Engenharia de Materiais e construção. UFMG. Janeiro, 2009.

CALLISTER Jr., William D. **Ciência e Engenharia dos Materiais – Uma Introdução.** LTC – Livros Técnicos e Científicos S.A. Rio de Janeiro, 2002.

MANO, Eloísa Biasotto. **Polímeros como Materiais de Engenharia.** Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 2000.

NOBRE, J. A. P.; SANTOS, A. P. S. dos; NETO, J. P. B. **O desenvolvimento de produto na construção civil: um estudo de caso em Fortaleza.** Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004>>. Acesso em: 12 de set. 2020.

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: Saraiva, 2006.

PIRAMIDAL. **Sustentabilidade Industrial: qual a sua importância.** Disponível em: <<https://www.piramidal.com.br/blog/economia-circular/importancia-de-alisar-producao-industrial-praticas-sustentaveis/>>. Acesso em: 12 de set. 2020.