

## O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS A PARTIR DE NOVOS MATERIAIS: APLICAÇÃO DE BIOCAMPÓSITOS NO DESIGN DE PRODUTOS

*The development of products from new materials: biocomposites application in product design*

**CALEGARI, Eliana Paula**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS  
elianapaulac@gmail.com

**OLIVEIRA, Branca Freitas de**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS  
branca@ufrgs.br

**LENZ, Denise Maria**

Universidade Luterana do Brasil - ULBRA  
denise.lenz@gmail.com

### Resumo

Com o avanço da ciência e da tecnologia a cada dia surgem novos materiais com características específicas que permitem inovação nas soluções de design. Nesta ótica, este trabalho tem por objetivo abordar a relação do desenvolvimento de produtos com o emprego de novos materiais. Esta abordagem foi analisada por meio da realização de um exercício projetual em que foi utilizada a metodologia de projeto proposta por Rozenfeld *et al.* (2006). Por se tratar da aplicação de um novo material, e este ainda não estar completamente caracterizado e difundido, houve a necessidade de investigar as características do material no início do projeto, para posteriormente analisar as possibilidades de aplicações. Sendo assim, o desenvolvimento do produto partiu das características do novo material.

**Palavras-chave:** Design de produto. Metodologia de projeto. Novos materiais. Biocompósitos.

### Abstract

*With the advancement of science and technology every day brings new materials with special properties that allow innovation in design solutions. In this light, this work aims to address the relationship of product development with the use of new materials. This approach was analyzed by performing a projectual year in which the proposed design methodology by Rozenfeld *et al.* was used. (2006). Because it is the application of a new material, and this has not yet been fully characterized and widespread, it was necessary to investigate the characteristics of the material at the beginning of the project, to subsequently analyze the possibilities of applications. Thus, the development of the product left on the characteristics of the new material.*

**Keywords:** Product design. Design methodology. New materials. Biocomposites.

## INTRODUÇÃO

A evolução no cenário dos materiais ocorre desde a antiguidade, em que cada vez mais novos materiais vão sendo pesquisados e introduzidos na indústria. Beylerian e Dent (2007) exemplificam que o estudo de materiais, como os polímeros, avançou rapidamente depois da segunda guerra mundial, já nos anos de 1980 ocorreu a pesquisa de metais, culminando no desenvolvimento de superligas, a década de 1990 abordou questões ecológicas e introduziu uma larga série de materiais que visam a sustentabilidade.

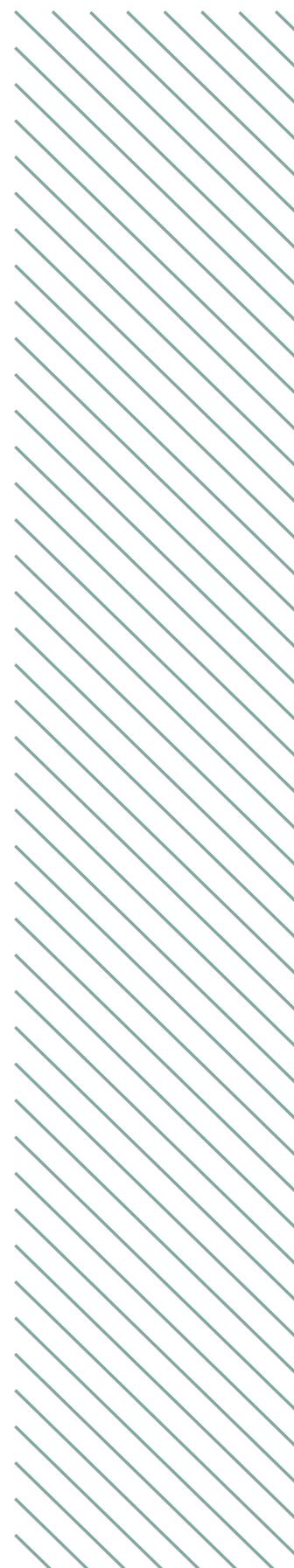
A cada dia a ciência e a tecnologia estão avançando e por consequência surgem diversos novos materiais. Atualmente, são ilimitadas as possibilidades de materiais e a combinação entre eles para a obtenção de diferentes propriedades e desempenhos. De acordo com Manzini (1989), no início do século XX, eram necessários menos de 100 materiais diferentes para a fabricação de um automóvel, hoje o processo exige mais de 4.000 materiais.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo verificar a relação dos novos materiais e o desenvolvimento de produtos. Para isso, foi desenvolvido um exercício de projeto de produto, a partir da metodologia projetual proposta por Rozenfeld et al. (2006), com o emprego de um novo material, denominado biocompósito, em um produto de baixa complexidade. Desta forma, o artigo inicia com a discussão sobre a relação entre os novos materiais, tecnologia e design. Além disso, expõe o processo de desenvolvimento de produtos na perspectiva de Rozenfeld et al. (2006). Na sequência, é abordado o projeto de produto a partir de novos materiais, em que, inicialmente é realizada a sistematização da metodologia para o projeto, posteriormente, é apresentado o exercício projetual de um produto de baixa complexidade com a utilização de biocompósitos.

## NOVOS MATERIAIS, TECNOLOGIA E DESIGN

O termo “novos materiais”, é aplicado para designar as novidades e lançamentos das indústrias e centros de pesquisas no campo dos materiais (DIAS, 2009). Em um contexto amplo, “o termo exprime um novo ambiente técnico e cultural no âmbito do qual se vem dando a transformação da matéria” (MANZINI, 1989, p. 17). Assim, para o autor, as novas propriedades que surgem em nível experimental ou produtivo, originam os novos materiais.

Nesta perspectiva, os novos materiais são chamados também de avançados, por possuírem melhores características em comparação com os tradicionais. Desta forma, Staehle (1995) destaca que avançados e novos materiais são uma categoria que é compreendida incluindo aqueles com altas relações de força e peso, maior tenacidade, características eletrônicas,



magnéticas ou microestruturas especiais. Desse modo, estes materiais, por meio de suas propriedades melhoradas, denotam desempenhos superiores, conforme destaca Manzini:

Novos materiais não são apenas os novos polímeros, novas ligas, cerâmicas novas, ou novos compósitos avançados, ou seja, os materiais de ponta que estão surgindo a partir dos centros de pesquisa mais avançados. Podemos definir como “novos” até mesmo materiais que são o resultado da combinação criativa, graças a uma gestão mais sofisticada de matéria e energia, o que leva a maior conteúdo de informações e uma maior densidade de performances. (MANZINI, 1989, p. 42).

De acordo com Beylerian e Dent (2007), vivemos em um momento único de pesquisa em materiais que é verdadeiramente de vanguarda. Dessa forma, as nações industrializadas consideram o desenvolvimento de novos materiais uma tecnologia fundamental, que pode estimular a inovação em todos os ramos da engenharia, do design, da arquitetura e outros. Os Estados Unidos tem na ciência dos materiais um amplo campo de pesquisas, no caso do Japão, a tecnologia dos novos materiais é imprescindível para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia. Assim, países industrializados tem na pesquisa de novos materiais uma grande fonte de desenvolvimento de novas tecnologias (ASHBY; JONES, 2007).

Para Beylerian e Dent (2007), de estudantes de ciência para os cientistas corporativos, há inúmeras pessoas que trabalham na próxima geração de materiais, que permitirão aos profissionais projetistas construir novas soluções. Os autores comentam ainda, que inovação em materiais é necessária para resolver os problemas e as necessidades do futuro, principalmente agora, com a preocupação das questões ecológicas, a escassez de materiais, o conforto, a velocidade e a nanotecnologia. Desta forma, muitos novos materiais serão desenvolvidos no futuro, porém, é difícil prever se terão um efetivo desenvolvimento prático e se ultrapassarão os campos de aplicações específicas para os quais foram desenvolvidos. No entanto, apesar da incerteza gerada pelos novos materiais, o autor entende que a pesquisa e a experimentação podem gerar novos desenvolvimentos extremamente interessantes em materiais.

Neste contexto, a tecnologia dos materiais é um importante campo no desenvolvimento da ciência e da tecnologia. No cenário do desenvolvimento impulsionado pela ciência surge grande parte dos novos materiais utilizados

pelo design de produto. Assim, os avanços na área de materiais conduzem a progressos no design, que podem originar novos comportamentos, novas experiências, novas arquiteturas e designs inovadores (ASHBY; JOHNSON, 2010). Desta forma, os autores relacionam tecnologia, novos materiais e processos com novos produtos quando explicam que o processo que parte da geração de novas tecnologias reveladas pela ciência, influenciam no surgimento de novos materiais e processos, e estes, estimulam novas oportunidades para o design de produto.

De acordo com Dias (2009), os avanços tecnológicos, na área de materiais e processos, permitem uma melhoria na função prática do produto, e também criam novas possibilidades para que o design melhore as funções intangíveis, como as simbólicas e estéticas. De acordo com Xiong, Sun e Jiang (2008) a introdução e a aplicação de cada novo material pode produzir diferentes novos métodos de processamento e manufatura, mas também propõe altos requisitos para o design de produto.

Em virtude disso, novos materiais são fontes de inspiração para designers de produto devido ao fato de sugerirem novas soluções visuais, táteis, esculturais e espaciais. Os autores também explicam que podem ser o ponto de partida para os designers, pois eles inspiram e podem ser manipulados para o desenvolvimento de produtos que pareciam nunca ter sido possível antes (ASHBY; JOHNSON, 2010, p. 42). Além disso, nas palavras dos autores, “em particular, novos materiais agem como gatilhos do pensamento inventivo, oferecendo potencial para o design inovador”.

Contudo, na visão de Beylerian e Dent (2007), para arquitetos e designers, o uso de um novo material é ao mesmo tempo excitante e assombroso. Os autores observam que um novo material apresenta riscos e também incertezas, pois podem falhar no desempenho, descolorir, criar uma reação química ou mesmo desintegrar ao longo do tempo. Segundo Doordan (2003) é necessário compreender que novos materiais suscitam novos problemas, em que não se pode considerá-los uma solução simples, qualquer que seja o design.

Em perspectiva semelhante, Ashby e Johnson (2010) assinalam que para o designer, um novo material oferece oportunidades e também riscos. As oportunidades derivam de novas e aperfeiçoadas técnicas e comportamentos estéticos que o novo material oferece. Os riscos encontram-se na caracterização incompleta e na falta de experiência de projeto ou de manufatura. Assim, a aplicação de novos materiais no design de produtos não é simples e necessita de tempo para adequar o novo material ao processo de design. Ashby e Johnson (2010) explicam que um novo material não está embutido na experiência do designer, como é o caso da madeira, em que os autores citam o exemplo

de Manzini: ela já foi tocada, cheirada, curvada, cortada, quebrada, estirada, tracionada, seca, queimada e talvez até provada por muitos seres humanos. Desta forma, é necessário um modo de reunir e comunicar informações sobre um novo material, o qual forneça um quadro mais completo de seu caráter. De tal modo, na perspectiva do designer Richard Seymour, “precisamos de um sistema no qual a tecnologia possa estar à altura da aplicação. Um sistema no qual os fabricantes de materiais possam difundir suas ideias diretamente àquelas pessoas que podem aplicar a necessária imaginação para utilizar suas propriedades” (apud ASHBY; JOHNSON, 2010, p. 164).

Neste âmbito, os autores focam em dois desafios enfrentados pelos designers na utilização de novos materiais. O primeiro é a falta de informações sobre novos materiais e o segundo é a dificuldade de estimular fornecedores a desenvolver materiais com atributos que os designers desejam. Neste ponto, os autores esclarecem que é fundamental a comunicação do desenvolvedor com o designer e também na direção oposta. No entanto, para isso é necessário que as informações contenham os fatores intangíveis, como questões simbólicas, estéticas e sensoriais, além dos atributos técnicos. Além disso, para que a linguagem na qual as informações são expressas tenham significado para o fornecedor e para o designer, é necessário um vocabulário para expressar requisitos de projeto e comportamento de materiais que ambos possam compreender. Sendo assim, “se as informações estão fluindo em uma direção, também podem fluir na direção contrária: o designer influencia o desenvolvimento de materiais sugerindo ou requisitando comportamentos técnicos, de processamento e estéticos” (ASHBY; JOHNSON, 2010, p. 163).

Novos materiais são adotados com maior rapidez em setores industriais que são mais sensíveis ao custo do material, como eletrodomésticos e automóveis de alta tecnologia, equipamentos esportivos, aeroespaciais e biomédicos. Destes, o setor esportivo é o mais receptivo e mais visível, isso porque a indústria de equipamentos esportivos dá um valor tão alto ao desempenho que adota quaisquer novos materiais que percebe que podem oferecer o menor ganho que seja, mesmo não estando completamente caracterizados, e na realidade, talvez não ofereçam nada de novo. No passado, as pesquisas de materiais eram voltadas e motivadas para aplicações militares e aeroespaciais, agora, muitas pesquisas estão direcionadas para produtos corriqueiros pela influência do designer industrial (ASHBY; JOHNSON, 2010). A partir disso, os novos materiais disseminaram-se para produtos como, relógios, móveis, utensílios, diversos equipamentos e outros, de tal modo que a aplicação de novos materiais está cada vez mais presente em produtos comuns.

## DESIGN E O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Conforme Rozenfeld *et al.* (2006) o desenvolvimento de produto consiste em uma série de atividades por meio das quais busca-se especificar o projeto de um produto e seu processo de produção, para que seja passível de fabricação, levando em consideração as necessidades do mercado e as possibilidades e restrições tecnológicas. Segundo os autores, o desenvolvimento de produto envolve também atividades após o seu lançamento, em que podem ser realizadas eventuais mudanças necessárias com vistas a melhorar o produto.

De acordo com os autores, devido à complexidade inerente do desenvolvimento de produtos, é necessária a utilização de um modelo de referência para esta atividade, que busque adequar o processo às necessidades do projetista, pois, um processo não estruturado pode torná-lo inviável para a obtenção de especificações de projeto. Além da complexidade, os métodos de desenvolvimento de produtos estão relacionados com a velocidade com que a grande quantidade de informações precisam ser manipuladas e os problemas que surgem no decorrer do processo. Para Bomfim (1984), estes problemas necessitam de respostas mais rápidas e efetivas, o que torna o tempo para testes e falhas mais curto.

Em virtude disso, os modelos de desenvolvimento de produto surgem para tornar esta atividade mais estruturada, em que, na prática não seguem uma sequência linear. Assim, podem ser considerados como processos desenvolvidos com constantes checagens e retornos, sendo importante promover em cada etapa uma reflexão sobre os resultados para retroalimentar a etapa seguinte (ROZENFELD *et al.*, 2006). Assim, Rozenfeld e outros pesquisadores da área da engenharia de produção desenvolveram de forma colaborativa, um modelo estruturado denominado por Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP). O modelo é desdobrado em macro fases e dentro destas, as etapas e atividades necessárias para o desenvolvimento de um produto.

Neste âmbito, na macro fase inicial, que consiste no pré desenvolvimento, são definidos o portfólio de produtos e projetos, e os objetivos de cada projeto de acordo com a estratégia da empresa. Esta macro fase é dividida em planejamento estratégico do produto e planejamento do projeto. A macro fase de desenvolvimento envolve o processo de detalhamento e produção do produto e é dividida em Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Detalhado, Preparação da Produção e Lançamento do Produto. E, por fim, a macro fase denominada pós-desenvolvimento, consiste no monitoramento do produto até o fim do seu ciclo de vida, e é dividida nas etapas: Acompanhar o Produto e Processo e Descontinuar o Produto. Na figura 1 é possível visualizar o esquema com as principais etapas e as macro fases do PDP.

**Figura 1-** Processo de desenvolvimento de produto (PDP).



**Fonte:** Adaptado de Rozenfeld *et al.* (2006).

De acordo com Dias (2009), o PDP envolve profissionais de diferentes áreas, como: marketing, pesquisa e desenvolvimento, engenharia, design, suprimentos, manufatura e distribuição. E cada área trata o produto sob diferentes perspectivas que agrupam conhecimentos complementares, o que exige efetiva integração entre as áreas. Em se tratando da seleção de materiais, esta atividade necessita de uma gama de conhecimentos que dificilmente somente uma categoria de profissionais abarcará (FERRANTE, 2002).

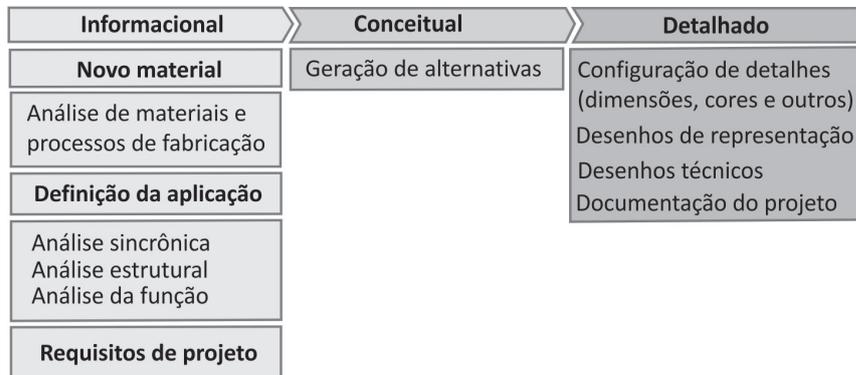
### DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO A PARTIR DE NOVOS MATERIAIS: O CASO DOS BIOCOMPÓSITOS

Procedimentos metodológicos são seguidos para todo tipo de projeto, independente do design, que pode ser para móveis, luminárias, automóveis, eletrodomésticos e outros. Além de necessários são fundamentais para guiar e auxiliar o desenvolvimento de produtos (STEPHAN, 2010). Desta forma, é possível seguir um modelo ou utilizar mais de um na medida em que podem ser adaptados para determinado caso. Neste intento, o presente trabalho segue o método de desenvolvimento de produtos proposto por Rozenfeld *et al.* (2006), além de partes da metodologia elaborada por Löbach (2001), com o intuito de construir um modelo específico para que abarque as intenções do presente projeto.

Geralmente, os modelos para o desenvolvimento de projeto de produto estão direcionados para o produto a ser projetado, no entanto, por tratar-se de um novo material a ser utilizado, o biocompósito, é necessário inicialmente focar o projeto no material, para posteriormente, a partir das características deste, determinar a aplicação. Segundo Ashby e Johnson (2010), os novos materiais não são conhecidos, e talvez não estejam completamente caracterizados, assim, no desenvolvimento de projeto, inicialmente é preciso conhecer o material, suas propriedades, comportamentos, para posteriormente “selecionar as aplicações” para o novo material em específico. Deste modo, a metodologia para este projeto pode ser vista na figura

**Figura 2-** Sistematização da metodologia para o projeto de produto com foco em novos materiais para o presente trabalho.

**Sistematização do processo de desenvolvimento de produto**



**Fonte:** Adaptado de Rozenfeld *et al.* (2006) e Löbach (2001).

Neste sentido, as etapas do projeto dividem-se em: Informacional, Conceitual e Detalhada. Na primeira etapa, a Informacional, podem ser realizadas uma série de análises com o intuito de definir especificações de projeto. Diversos autores da área, como, Bonsiepe, Kellner e Poessnecker (1984), Bomfim (1984), Munari (1998), Baxter (2000), Löbach (2001), Rozenfeld *et al.* (2006), elaboraram análises para serem realizadas nesta fase. Assim, cabe ao designer selecionar quais delas são relevantes e mais importantes para determinado projeto. Desta forma, na presente etapa, inicialmente são coletadas informações acerca do novo material por meio da análise de materiais e processos de fabricação para verificar suas características e a partir disso, definir a aplicação adequada para o mesmo. Após a determinação da aplicação, são realizadas análises em torno do produto, neste ponto Löbach (2001) propõe as seguintes:

- Análise de materiais e processos de fabricação: consiste na verificação dos materiais e processos de fabricação que são adequados para o projeto. Deste modo, é possível selecionar materiais a partir de suas características físicas e também por questões simbólicas, sensoriais, estéticas.
- Análise sincrônica: são reunidos e revistos grande parte dos produtos da mesma classe que são oferecidos no mercado. Assim, o designer pode analisar o que já existe em termos de tecnologia utilizada, função dos produtos, configuração, e outras características, para posteriormente propor inovações.
- Análise da função: fornece informações sobre o tipo de função técnica de um produto, isto é, a forma como determinado produto trabalha.

A partir destas análises são estabelecidos requisitos para a solução almejada, que serão a base para a fase seguinte, a Conceitual, na qual é realizada

a geração de alternativas. Na fase de Detalhamento, estas alternativas são estudadas detalhadamente para a seleção da solução que seja capaz de atingir os requisitos definidos na fase anterior, e após, iniciam-se as especificações do projeto, em que ocorre a configuração de detalhes como, definição de dimensões, cores e outros através de desenhos de representação, desenhos técnicos, prototipagem, e por fim a documentação do projeto.

### ETAPA INFORMACIONAL

Devido ao empregado de um novo material, ou seja, o biocompósito, o levantamento de informações parte da verificação das características deste material. Assim, a etapa informacional inicia-se com a análise deste material.

### ANÁLISE DE MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

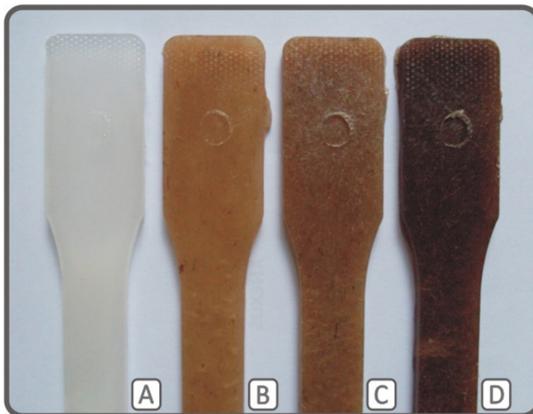
#### *O biocompósito*

De acordo com Pellicano, Pachekoski e Agnelli (2009), até o momento, a maioria dos biopolímeros possuem um custo elevado em comparação ao termoplástico convencional e suas propriedades são, por vezes, fracas para certas aplicações. Assim, é necessário melhorar as propriedades dos biopolímeros para torná-los competitivos em relação aos termoplásticos comuns (ÁVEROUS; BOQUILLON, 2011). Dessa maneira, a inserção de fibras vegetais em biopolímeros melhoram as propriedades, principalmente as mecânicas, além da possibilidade de redução do custo destes materiais. O trabalho realizado por Harnnecker, Rosa e Lenz (2012) contribuiu para o desenvolvimento de biocompósitos com biopolímeros e fibras vegetais, em que, estes materiais podem apresentarem-se como uma solução promissora para superar as questões primárias com polímeros biodegradáveis, como o custo e as propriedades.

Neste âmbito, o estudo teve como objetivo desenvolver um processo para a fabricação de compósitos com matriz à base de polímero biodegradável, que consiste em uma blenda de poli(butileno adipato-co-tereftalato) (PBAT) e poli(ácido lático) (PLA) com fibras de curauá. Os compósitos foram desenvolvidos com diferentes porcentagens de fibras, resultando nas amostras apresentadas na figura 3.

**Figura 3-** Amostras de biocompósitos à base de biopolímero e fibras de curauá,

A) Matriz com 0% de fibra, B)5% de fibra, C)15% de fibra e D)20% de fibra.



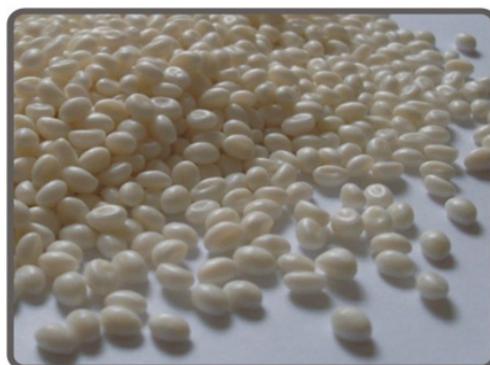
**Fonte:** Harnnecker, Rosa e Lenz (2012).

Na sequência, a partir do estudo de Harnnecker, Rosa e Lenz (2012), serão descritos os materiais utilizados, bem como, o processo de fabricação para a obtenção do biocompósito.

A matriz: poli(butileno adipato-co-tereftalato) (PBAT) e poli(ácido lático) (PLA)

A matriz dos compósitos abordados é constituída por uma blenda polimérica biodegradável, produzida pela BASF, que consiste em 55% em massa de PBAT, com nome comercial Ecoflex<sup>®</sup>, e 45% em massa de PLA. Esta blenda possui o nome comercial Ecovio<sup>®</sup> que pode ser visualizado na figura 4.

**Figura 4-** Blenda polimérica biodegradável à base de poli(butileno adipato-cotereftalato) (PBAT) e poli(ácido lático) (PLA).



**Fonte:** BASF (2014).

Os biopolímeros ou polímeros biodegradáveis podem ser produzidos a partir de matérias-primas petroquímicas e de recursos renováveis (AVÉROUS;

BOQUILLON, 2004). Dessa forma, o biopolímero utilizado como matriz é uma mescla de biopolímero com base petroquímica, o PBAT, e 45% de PLA produzido com amido de milho.

O polímero biodegradável produzido a partir do PBAT é um copoliéster alifático- aromático cuja origem é petroquímica. Durante a sua decomposição comporta-se como um composto orgânico, os microorganismos presentes no solo degradam o material, assim, pode ser considerado como biodegradável e compostável. Na composição do Ecovio®, o PLA é responsável por viabilizar o processamento e melhorar significativamente a funcionalidade da matéria-prima de fonte renovável, que neste caso, trata-se do amido de milho (BASF, 2014).

De acordo com a organização, o biopolímero é atóxico e a biodegradabilidade da blenda foi testada pela norma EN 13432. O ciclo de vida do biopolímero passa por vários estágios, inicialmente fundamenta-se em matéria-prima de fonte renovável, na sequência, esta é transformada em material para ser utilizado em produtos de consumo e, por fim, a eliminação do produto conta com a compostagem, que pode ser considerada uma vantagem em relação aos materiais sintéticos, pois o tempo de decomposição no meio ambiente é ser menor.

Ainda, segundo BASF (2014), o biopolímero pode ser processado em equipamentos convencionais de transformação de polímeros sintéticos. Sendo assim, este material possui uma combinação de propriedades tais como a flexibilidade e a resistência que favorecem o seu uso na produção de aplicações por moldagem, extrusão e sopro.

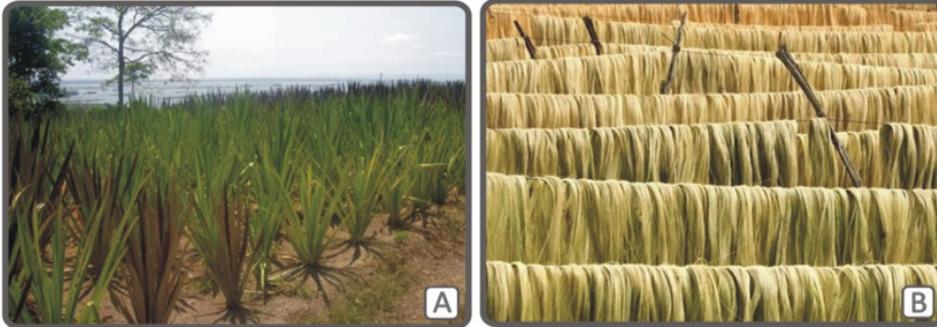
### **O reforço: fibras de curauá**

Dentre os materiais de fontes renováveis que apresentam potencial para aplicação industrial encontram-se as fibras vegetais (MOHANTY *et al.*, 2005). A fibra proveniente do curauá, cujo nome científico é *Ananás erectifolius*, é um material atrativo do ponto de vista econômico e tecnológico devido à facilidade de obtenção, a baixa densidade e a elevada resistência mecânica em comparação com outras fibras vegetais, a resistência à tração desta fibra é de 5 a 9 vezes maior que a de sisal e da juta (GODA; TAKAGI; NETRAVALI, 2009).

O curauá é uma planta nativa da floresta Amazônica Brasileira e integrante da família do abacaxi, figura 5. Suas folhas podem chegar a 1,5m de comprimento e 4 cm de largura, são duras, eretas e planas. Um ano após a plantação, suas folhas adultas podem ser colhidas para a extração das fibras (SILVA; AQUINO, 2008). A fibra de curauá apresenta uma microestrutura formada por um feixe de filamentos que pode ajudar na aderência de biopolímeros (MONTEIRO; DE

DEUS; D'ALMEIDA, 2006).

**Figura 5-** A) Planta de curauá e B) Fibras de curauá.



**Fonte:** Sisaltec (2014).

Carashi e Leão (2001) descrevem a caracterização química, térmica e mecânica das fibras de curauá. Os resultados demonstram: alto teor de celulose (70,7%), teor de umidade (7,92%), teor de cinzas (0,79%), solubilidade em água quente (1,03%), solubilidade em NaOH 1% (19,3%), holocelulose (91,8%), lignina (11,1%) e índice de cristalinidade (75%). Assim, os autores concluem que é possível utilizar fibras de curauá como reforço de materiais compósitos.

Segundo Cordeiro *et al.* (2009), o curauá é uma planta de fácil cultivo e processamento, podendo ser cultivada em conjunto com outras culturas, em áreas de reflorestamento e produção de madeira. Pode ser considerada como uma fonte de renda e diversificação de culturas principalmente para pequenos agricultores ou ser cultivada em grandes plantações. Desta forma, o cultivo do curauá pode tornar-se uma importante fonte de emprego e renda em regiões carentes, assim, pode ser um incentivo e uma oportunidade para o desenvolvimento econômico e social.

### O processamento

Os biocompósitos foram processados por meio de moldagem por compressão a 150°C e após, pelo processo de extrusão. A degradação das fibras de curauá começa em cerca de 250°C, assim a temperatura de processamento em 150°C provavelmente não afeta a estabilidade térmica do composto (VERNEY; LIMA; LENZ, 2008). Foram utilizados tratamentos químicos tais como a mercerização nas fibras e o polipropileno enxertado com anidrido maleico (MA-g-PP) como agente de acoplamento na preparação dos compósitos, o que promoveu a maior adesão interfacial entre as fibras e a matriz, de modo que o desempenho mecânico dos compósitos resultantes pode ser melhorado. O MA-g-PP pode ser utilizado para melhorar o desempenho do processamento, a resistência ao impacto e a estabilidade dimensional, além de reduzir a absorção de água (YHHG, 2014).

### ***A influência dos parâmetros técnicos dos compósitos à base de biopolímero com fibras de curauá no design de produto***

A caracterização dos biocompósitos de Ecovio® com fibra de curauá, realizada por Harnnecker, Rosa e Lenz (2012), apontam que a adição das fibras promoveu um aumento na resistência a forças mecânicas do material. Deste modo, os compósitos com 20% de fibra e tratados com 2% em peso de MA-g-PP apresentaram um aumento de 23% na dureza, 75% na resistência à tração, e aumento de 56% na resistência à flexão, além da melhoria da resistência ao impacto em relação ao biopolímero puro.

Os ensaios de absorção de umidade mostraram que a presença de fibras aumentou a absorção de água, mas com a incorporação de MA-g-PP houve a redução do nível de umidade do compósito. Segundo os autores, provavelmente isso contribuiu para os valores mais elevados de massa retida dos compósitos nos ensaios de biodegradação, os quais mostraram que a adição de fibras retarda o tempo de degradação. Assim, a perda de massa do compósito com 20% em peso de fibra foi de 68% após 210 dias de teste de degradação em solo.

A partir da análise dos parâmetros técnicos dos biocompósitos à base de PBAT e PLA, observa-se que os mesmos são susceptíveis à umidade e à absorção de água, o que pode agilizar o processo de degradação, além de não resistirem a altas temperaturas de processamento (MOHANTY et al., 2005). Assim, estes são os principais fatores que precisam ser levados em consideração na utilização destes materiais no design de produtos. De acordo com as características físicas dos compósitos abordados, conclui-se que podem ser empregados em embalagens, utensílios domésticos, objetos de decoração, brinquedos, determinados tipos de mobiliário, como prateleiras e painéis decorativos, em componentes automotivos como demonstra o estudo de Lee et al. (2009).

A seguir, é apresentada a realização de um exercício projetual com emprego do biocompósito à base de biopolímero e fibras de curauá em um produto de baixa complexidade. Segundo Gomes Filho (2006), produtos de baixa complexidade são aqueles de uso simples, constituídos por poucas unidades físicas e de baixa complexidade configuracional, tecnológica e de fabricação. Desta forma, optou-se por projetar recipientes para plantas que são produzidos com polímeros. Contudo, o biocompósito poderia ser aplicado em um produto de maior complexidade, mas como se trata de um exercício projetual, o foco do artigo concentra-se na análise do desenvolvimento de produto com um novo material.

### Análises do produto

Para o presente trabalho, realizou-se a análise sincrônica e da função, para compreender o produto, ou seja, recipientes para o plantio de plantas, e determinar os requisitos de projeto.

### Análise sincrônica

Esta análise centra-se em recipientes fabricados com polímero, pois é o principal material utilizado para este fim, assim, os biocompósitos podem substituir este material. Deste modo, a análise sincrônica busca levantar modelos destes recipientes encontrados no mercado que são utilizados para mudas de plantas, conforme mostra a figura 6.

**Figura 6-** Recipientes utilizados para o plantio de mudas.



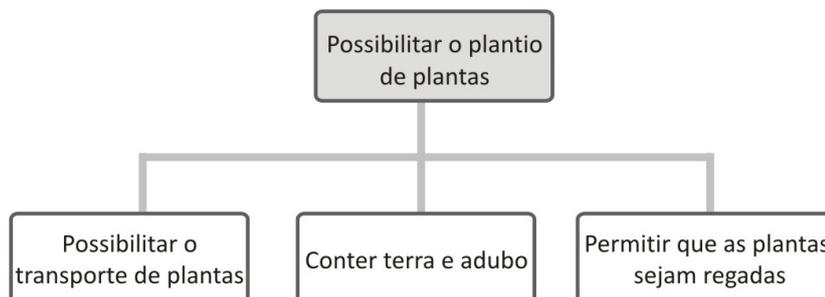
**Fonte:** Agroplast (2014).

Como é possível observar na figura 6, os recipientes utilizados para o plantio de mudas são sacos poliméricos, que são produzidos na cor preta para evitar que a luz entre em contato com as raízes ocasionando enfraquecimento da planta, além disso, são perfurados na parte inferior para drenar o excesso de água (PSF, 2014). Estes recipientes serão enterrados junto com a muda no solo, no entanto, o material destes sacos não é adequado para tal fim, pois os polímeros demoram bastante tempo para degradarem-se.

### Análise da função

Nesta análise, as características funcionais de recipientes para plantas foram estruturadas. As funções foram organizadas de forma esquemática de maneira decrescente de importância, configurando a chamada "árvore funcional". Este esquema pode ser visualizado na figura 7.

**Figura 7-** Árvore funcional de recipientes para mudas.



**Fonte:** Autoras.

De acordo com a figura 7, a função principal destes recipientes é possibilitar o plantio de plantas, como funções secundárias espera-se que o produto possa conter terra e adubo para que a planta possa desenvolver-se, que permita que sejam regadas e que possibilite o transporte das mesmas. Deste modo, estas características funcionais serão levadas em consideração no projeto de recipientes para mudas.

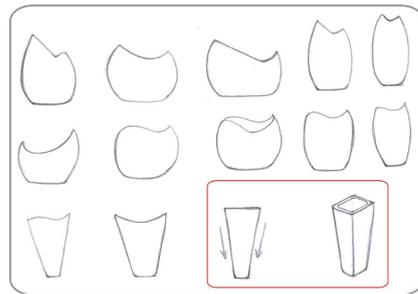
### **Requisitos de projeto**

A partir das análises realizadas na primeira etapa do projeto, foram delimitados requisitos que irão guiar as próximas fases. Deste modo, foram desenvolvidos recipientes para mudas de plantas que podem ser enterrados junto com a muda. O projeto consiste em recipientes de baixa complexidade que possibilitam o plantio de plantas, que possam conter terra e adubo, que permitam que as plantas sejam regadas, além de facilitar o transporte das mesmas e que possibilitam o plantio de mudas no solo.

### **Etapa Conceitual**

A partir dos requisitos de projeto foram geradas alternativas para recipientes conter plantas. Esta etapa consiste no processo criativo do projeto, em que foram criadas alternativas por meio de esboços, conforme pode ser observado na figura 8.

**Figura 8-** Geração de alternativas de um recipiente para o plantio de mudas.



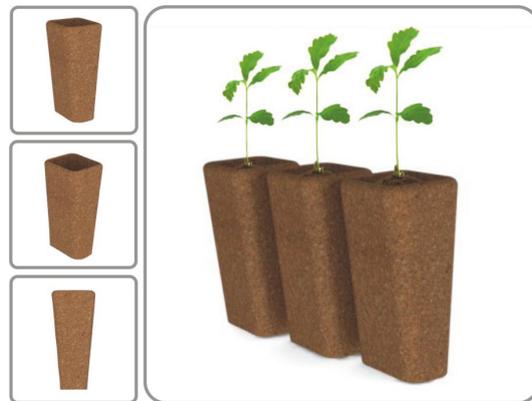
**Fonte:** Autoras.

Após a geração das alternativas foi selecionada a mais adequada, segundo os requisitos de projeto. Dessa forma, foi selecionada a alternativa com formato cônico para facilitar o plantio de mudas no solo, como pode ser visto na figura 8. Além disso, o formato escolhido permite o emprego de biocompósitos através do processo de fabricação por injeção.

### Etapa de Detalhamento

Nesta etapa, o projeto foi detalhado através de desenhos de representação que mostram a forma e a estrutura dos recipientes, além da simulação visual do material, como pode ser visto na figura 9.

**Figura 9-** Desenhos de representação dos recipientes para o plantio de mudas.



**Fonte:** Autoras.

O material empregado nos vasos é o biocompósito à base de biopolímero e fibras de curauá. Assim, estes recipientes podem ser enterrados junto com a muda, já que consiste em um material biodegradável.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho visou analisar a relação entre os novos materiais e o desenvolvimento de produtos, a partir de um exercício projetual, realizado com um produto de baixa complexidade com o emprego de um novo material, os seja, biocompósitos. Desta forma, pode-se verificar que o uso de novos

materiais no desenvolvimento de produtos precisa partir das características do material. Isso se deve, principalmente, pelo fato de que os novos materiais ainda não estão completamente caracterizados em relação às propriedades físicas, químicas e sensoriais, o que acarreta no desconhecimento do seu comportamento quando aplicado em um produto. Contudo, os novos materiais podem gerar novos conceitos e soluções inovadoras para o design de produtos, o que torna instigante o seu uso.

Deste modo, no desenvolvimento do exercício projetual, houve a necessidade de adaptação de uma metodologia de projeto. É importante salientar, que a metodologia projetual não é fixa, mas sim flexível e pode adaptar-se conforme as necessidades específicas de cada projeto. Com isso, a adaptação resultou em uma metodologia que privilegia, inicialmente, a coleta de informações sobre o novo material para que o projetista possa conhecer suas possibilidades e limitações, e assim, alcançar o melhor resultado possível para o projeto. Assim, o processo de design, bem como a escolha do produto a ser projetado, foi conduzido por requisitos resultantes de análises de informações da primeira etapa da metodologia, ou seja, do levantamento de informações em torno do novo material. Como resultado, buscou-se criar um produto iconograficamente conciso que se situa dentro da proposta em que foi desenvolvido.

## REFERÊNCIAS

AGROPLAST. *Sacos plásticos para mudas, flores e plantas*. Disponível em: <<http://www.agroplast.com.br/>>. Acesso em: 20 maio 2014.

ASHBY, M. F.; JOHNSON, K. ***Materials and design: the art and science of material selection in product design***. Amsterdam: Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2010.

ASHBY, M. F.; JONES, D. R. H. ***Engenharia de materiais***. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

AVÉROUS, L.; BOQUILLON, N. Biocomposites based on plasticized starch: thermal and mechanical behaviours. *Carbohydrate Polymers*, London, v. 52, p. 111-122, 2004.

BASF. *Plásticos biodegradáveis*. Disponível em: <<http://www.basf.com.br/>>. Acesso em: 15 maio 2014.

BAXTER, M. ***Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos***. Tradução Itiro lida. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

- BEYLERIAN, G. M.; DENT, A. **Ultra materials: how materials innovation is changing the world**. Kingdom: Thame & Hudson, 2007.
- BOMFIM, G. A. **Metodologia para desenvolvimento de Projetos**. Campina Grande: Editora Universitária, 1984.
- BONSIEPE, G.; KELLNER, P.; POESSNECKER, H. **Metodologia experimental: desenho industrial**. Brasília: CNPq/Coordenação editorial. 1984.
- CARASHI, J. C.; LEÃO, A. L. Compósitos de Polihidroxidobutirato com Fibras Naturais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 6., 2001, Gramado, RS. *Anais ...* Gramado: UFRS, 2001. p. 566-569.
- CORDEIRO, I. M. C. C. et al. Economical analysis of cultivation systems with *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (Parica) and *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L.B. Smith) Coppus & Leal (Curaua) crop at Aurora Para, Brazil. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, v. 26, n. 2, p. 243-265, 2009.
- DIAS, M. R. A. C. *Percepção dos materiais pelos usuários: modelo de avaliação permatus*. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- DOORDAN, D. P. On Materials. *Design Issues*, n. 19, p. 3-8, 2003.
- FERRANTE, M. **Seleção de materiais**. São Carlos: EdUFSCar, 2002.
- GODA, K.; TAKAGI, H.; NETRAVALI, A. N. Fully biodegradable green composites reinforced with natural fibers. In: THOMAS, Sabu; POTHAN, Laly A. (Ed.). *Natural fibre reinforced polymer composites from macro to nanoscale*. Philadelphia: EAC and Old City Publishing, 2009. p. 329-360.
- HARNNECKER, F.; ROSA, D. S.; LENZ, D. M. Biodegradable Polyester-Based Blend Reinforced with Curaua Fiber: Thermal, Mechanical and Biodegradation Behaviour. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 20, n.1, p. 237-244, 2012.
- LEE, B. H.; KIM, H. E.; LEE, S.; JIM, H. J.; DORGAN, J. R. Bio-composites of kenaf fibers in polylactide: Role of improved interfacial adhesion in the carding process. *Composites Science and Technology*, v. 69, p. 2573-2579, 2009.
- LÖBACH, B. **Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

MANZINI, E. **The material of invention**. London: The design council, 1989.

MOHANTY, A. K. et al. *Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites: an Introduction*. London: Taylor & Francis, 2005.

MONTEIRO, S.N.; DE DEUS, J.F.; D'ALMEIDA, J.R.M. Mechanical and structural characterization of curaua fibers. In: TMS Conference. *Characterization of Minerals, Metals & Materials*, San Antonio, USA, 2006. p. 1-8.

MUNARI, B. **Das coisas nascem coisas**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

PELLICANO, M.; PACHEKOSKI, W.; AGNELLI, J. A. M. *Influência da adição de amido de mandioca na biodegradação da blenda polimérica PHBV/Ecoflex®*. *Polímeros*, São Carlos, v.19, n.3, p. 212-217, 2009.

PSF. *Embalagens plásticas: sacos para mudas*. Disponível em: <<http://www.psfembalagens.com.br/ produtos/sacos-para-mudas>>. Acesso em: 12 set. 2014.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SILVA, R. V.; AQUINO, E. M. F. Curaua fiber: A New Alternative to Polymeric Composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, v. 27, n. 1, p. 103-112, 2008.

SISALTEC. *Aproveitamento industrial de resíduos*. Disponível em: <<http://sisaltec.com.br>>. Acesso em: 10 set. 2014.

STAEHLE, R. W. Engineering with advanced and new materials. *Materials Science and Engineering*, A198, p. 245-256, 1995.

STEPHAN, A. P. **10 cases do design brasileiro**. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

VERNEY, J. C. K.; LIMA, M. F. S.; LENZ, D. M. Properties of SBS and sisal fiber composites: ecological material for shoe manufacturing. *Materials Research*, São Carlos, v. 4, n. 11, p. 447-451, 2008.

XIONG, H.; SUN, S.; JIANG, V. Application of modern new materials in product design. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 9., 2008. Kunming: IEEE, 2008. p. 759 -764.

YHHG. *Polipropileno enxertado com anidrido maleico (MA-g-PP)*. Disponível em: <[http://www.yhhg.com/po/product/PP\\_SZ01.HTML](http://www.yhhg.com/po/product/PP_SZ01.HTML)>. Acesso em: 12 abr. 2014.

