

BIOTEXTILES DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA UNA EXPERIENCIA DE BIODISEÑO PARA TOTE BAGS SOSTENIBLES

BIOTEXTILES FROM THE WASTE OF THE FOOD INDUSTRY A BIODESIGN EXPERIENCE FOR SUSTAINABLE TOTE BAGS

GUILHERME GIANTINI¹, LÍGIA LOPES¹, JORGE LINO ALVES²

1 FACULTAD DE BELLAS ARTES, UNIVERSIDAD DE OPORTO, PORTO, PORTUGAL

2 INEGI Y FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE OPORTO, PORTO, PORTUGAL

RECIBIDO: 24 DE JULIO DE 2022 // ACEPTADO: 1 DE DICIEMBRE DE 2022 • RECEIVED: JULY 24, 2022 // ACCEPTED: DECEMBER 1, 2022

EL IMPACTO AMBIENTAL HA ADQUIRIDO UN CARÁCTER CADA VEZ MÁS URGENTE POR CUESTIONAR EL SISTEMA DE ECONOMÍA LINEAL. SU EVENTUAL CAMBIO POR LA ECONOMÍA CIRCULAR PUEDE CONTRIBUIR PARA LA REGENERACIÓN DE LOS SISTEMAS NATURALES Y LA MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y DE RESIDUOS. EN PAÍSES DESARROLLADOS, EL DESPERDICIO EN EL SECTOR ALIMENTARIO OCURRE DEBIDO AL ALARGAMIENTO DE LAS CADENAS DE PRODUCCIÓN, COMO EN PORTUGAL, DONDE SE PIERDEN ANUALMENTE ALREDEDOR DE UN MILLÓN DE TONELADAS DE ALIMENTOS, MIENTRAS QUE EL SECTOR TEXTIL ES RESPONSABLE DE HASTA EL 20% DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS DULCES. EL DESPERDICIO Y LA CONTAMINACIÓN PODRÍAN MITIGARSE CON UNA SOLUCIÓN INNOVADORA CAPAZ DE TRANSFORMAR RESIDUOS EN RECURSOS. EL BIODISEÑO ES UNA POTENCIAL OPCIÓN DEBIDO A SU ACTUACIÓN EN LA ESCALA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL Y EN EL DESARROLLO DE NUEVOS MATERIALES DE BASE BIOLÓGICA. EL OBJETIVO DE ESTE ARTÍCULO ES DEMOSTRAR EL DESARROLLO CIENTÍFICO-EXPLORATORIO DE UN BIOTEXTIL ALTERNATIVO A TOTE BAGS DE ALGODÓN, CUYA DISPOSICIÓN SE VUELVE PLAUSIBLE EN LA DIMENSIÓN SOSTENIBLE SOLO DESPUÉS DE UN USO DIARIO DURANTE 54 AÑOS. SU METODOLOGÍA SE DIVIDIÓ EN CUATRO ETAPAS POR LAS CUALES SE VERIFICÓ SU RENDIMIENTO DE USO EN UN PROTOTIPO Y SUS ASPECTOS A OPTIMIZAR. COMO RESULTADO SE OBTUVO UN TOTE BAG DE TAMAÑO COMERCIAL, CUYO BIOTEJIDO SE PRESENTA COMO UNA POTENCIAL OPCIÓN ALTERNATIVA, AÚN POR OPTIMIZAR, A LOS MATERIALES TEXTILES CUYA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL ES COMÚNMENTE DESATENTA AL DESPERDICIO Y A LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL. ADEMÁS DE LA NECESIDAD DE OPTIMIZAR LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL BIOTEJIDO ESTUDIADO, SE CONCLUYE QUE EL DESARROLLO DE ESTE PROYECTO EXPERIMENTAL PERMITE COMPROBAR LA VIABILIDAD DE SOLUCIONES EMERGENTES A LOS EFECTOS NOCIVOS DE LA ECONOMÍA LINEAL A TRAVÉS DE PROCESOS DE DISEÑO, FABRICACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DEL MATERIAL DESDE LA PERSPECTIVA DE LA ECONOMÍA CIRCULAR.

PALABRAS CLAVE: BIOTEXTILES, ECONOMÍA CIRCULAR, BIODISEÑO, SOSTENIBILIDAD, RESIDUOS ALIMENTICIOS

THE ENVIRONMENTAL IMPACT HAS BECOME INCREASINGLY URGENT BY QUESTIONING THE LINEAR ECONOMIC SYSTEM. ITS EVENTUAL CHANGE TO THE CIRCULAR ECONOMY CAN CONTRIBUTE TO THE REGENERATION OF NATURAL SYSTEMS AND THE MITIGATION OF POLLUTION AND WASTE. IN DEVELOPED COUNTRIES, WASTE IN THE FOOD SECTOR OCCURS DUE TO THE LENGTHENING OF PRODUCTION CHAINS, AS IN PORTUGAL, WHERE AROUND ONE MILLION TONS OF FOOD ARE LOST ANNUALLY. IN CONTRAST, THE TEXTILE SECTOR IS RESPONSIBLE FOR UP TO 20% OF THE CONTAMINATION OF FRESH WATER. AN INNOVATIVE SOLUTION TO TRANSFORM WASTE INTO RESOURCES COULD MITIGATE WASTE AND POLLUTION. BIODESIGN IS A POTENTIAL OPTION DUE TO ITS PERFORMANCE ON THE INDUSTRIAL PRODUCTION SCALE AND IN DEVELOPING NEW BIOBASED MATERIALS. THIS ARTICLE AIMS TO DEMONSTRATE THE SCIENTIFIC-EXPLORATORY DEVELOPMENT OF AN ALTERNATIVE BIOTEXTILE TO COTTON TOTE BAGS, WHOSE DISPOSAL BECOMES PLAUSIBLE IN THE SUSTAINABLE DIMENSION ONLY AFTER DAILY USE FOR 54 YEARS. THE METHODOLOGY CONSISTED OF FOUR STAGES FINALIZING WITH A PROTOTYPE TO VERIFY PERFORMANCE AND IDENTIFY ASPECTS TO OPTIMIZE. AS A RESULT, A COMMERCIAL-SIZE TOTE BAG WAS OBTAINED, WHOSE BIOFABRIC PRESENTS A POTENTIAL ALTERNATIVE OPTION, STILL TO BE OPTIMIZED, TO TEXTILE MATERIALS WHOSE INDUSTRIAL PRODUCTION IS COMMONLY UNAWARE OF WASTE AND ENVIRONMENTAL POLLUTION. IN ADDITION TO THE NEED TO OPTIMIZE THE MECHANICAL RESISTANCE OF THE BIOFABRIC STUDIED, WE CONCLUDED THAT THE DEVELOPMENT OF THIS EXPERIMENTAL PROJECT ALLOWS TESTING THE VIABILITY OF EMERGING SOLUTIONS TO THE HARMFUL EFFECTS OF THE LINEAR ECONOMY THROUGH DESIGN, MANUFACTURING, AND TRANSFORMATION PROCESSES OF THE MATERIAL FROM A CIRCULAR ECONOMY PERSPECTIVE.

KEYWORDS: BIOTEXTILES, CIRCULAR ECONOMY, BIODESIGN, SUSTAINABILITY, FOOD WASTE

INTRODUCCIÓN

Los numerosos impactos derivados de la crisis ambiental han adquirido un carácter cada vez más urgente y evidente, como lo demuestran recientemente las consecuencias sociales, políticas, económicas y psicológicas provocadas por el COVID-19 en todo el mundo. Esa pandemia reciente puede ser comprendida como una instancia de los efectos de falta de colaboración y esfuerzo para superar desafíos globales más allá de los silos y fronteras nacionales (Altan, 2020), a pesar de las concernientes especificidades locales. Al tratarse directamente de los ciclos ecosistémicos de energía y materia, la innegable demanda sustentable cuestiona campos de acción humana, como las industrias de extracción, transformación y producción. Más que nunca, se enfrentan a la necesidad de un cambio estructural de economías productivas y materiales a través de soluciones innovadoras.

La sustitución de un sistema tradicional de economía lineal por otro de economía circular, en el que existe mantenimiento de productos y materiales en uso, sienta precedentes para diseñar con el objeto de promover la regeneración de los sistemas naturales y la mitigación de la contaminación y la producción de residuos (Ellen MacArthur Foundation, n. d.). Se puede considerar, en este contexto, que la relación que el diseño establece con la integración en la economía circular se da por medio del biodiseño como una acción transdisciplinar y emergente, capaz de promover impactos sociales, económicos y ambientales positivos a través de la actuación tanto en la escala de los procesos productivos industriales como en la dimensión del desarrollo de nuevos materiales de base biológica.

El objetivo de este artículo es demostrar el desarrollo científico-exploratorio de un biotextil que puede ser, potencialmente, utilizado industrialmente en la fabricación de piezas y objetos de circulación actual, como las *tote bags* de algodón, cuya disposición se vuelve plausible en la dimensión sostenible solo después de un uso diario durante 54 años, con el fin de compensar el impacto ambiental de su producción (Ministry of Environment and Food of Denmark, 2018). Se pretende dar respuesta a la pregunta sobre la posibilidad de encontrar alternativas materiales sostenibles a través de la elaboración y aplicación de nuevos materiales desarrollados a partir de residuos industriales. Para ello, se utilizó una metodología experimental cuyo desarrollo se realizó en fases de exploración de materiales, análisis de propiedades mecánicas y selección por actuación, evaluación comparativa con telas de uso común y aplicación en un prototipo de *tote bag*.

LA EFICIENCIA DE LOS RECURSOS: EL POTENCIAL SOSTENIBLE DE CONVERTIR RESIDUOS EN FUENTES

El sistema económico material actual se caracteriza por la producción de bienes y servicios, su uso por parte de los consumidores y su posterior disposición. En esta lógica lineal, el valor de creación está intrínsecamente ligado a los materiales extraídos y/o vírgenes al inicio de la cadena de valor (Michelini et al., 2017), lo que termina generando pérdidas de recursos en la cadena de producción y desperdicio al final de la vida, uso excesivo de energía y erosión de ecosistemas (Ellen MacArthur Foundation, 2013, en Michelini et al., 2017).

Este modelo de desarrollo económico y producción del espacio urbano basado en la sobreexplotación de los recursos naturales y la ampliación de las fronteras urbanas y agrícolas, se considera no solo una explicación del origen de la pandemia del COVID-19 (Benseñor & Lotufo, 2020), sino también una alerta sobre el

INTRODUCTION

The many impacts of the environmental crisis have become increasingly urgent and evident, as recently demonstrated by the social, political, economic, and psychological consequences caused by COVID-19 around the world. This recent pandemic may have manifested the effects of the lack of collaboration to overcome global challenges, beyond silos and national borders (Altan, 2020), despite the concerning local specificities. It deals directly with the ecosystemic cycles of energy and matter, and the undeniable sustainable demand questions fields of human action, such as the extraction, transformation, and production industries. More than ever, they face the need for a structural change of productive and material economies through innovative solutions.

Substituting the traditional system of the linear economy for the circular economy, in which products and materials are maintained, aligns with designing to promote the regeneration of natural systems and the mitigation of pollution and waste production (Ellen MacArthur Foundation, n.d.). In this context, the design integrates into the circular economy through biodesign as a transdisciplinary and emerging action to promote positive social, economic, and environmental impacts through action. The effect is both in the scale of industrial production processes and in the dimension of developing new bio-based materials. This article aims to demonstrate the scientific-exploratory development of a biotextile that can be used industrially in manufacturing pieces and objects in current circulation, such as cotton tote bags. Its disposal becomes plausible in the sustainable dimension only after daily use for 54 years to offset the environmental impact of its production (Ministry of Environment and Food of Denmark, 2018). It is intended to answer the question about the possibility of finding sustainable alternatives through developing and applying new materials developed from industrial waste. An experimental methodology was carried out in phases of material exploration, analysis of mechanical properties and selection by performance, comparative evaluation with fabrics of everyday use and application in a tote bag prototype.

RESOURCE EFFICIENCY: THE SUSTAINABLE POTENTIAL OF TURNING WASTE

The current material economic system is characterized by producing goods and services, using them by consumers, and their subsequent disposal. In this linear logic, the value of creation is intrinsically linked to the extracted and/or virgin materials at the beginning of the value chain (Michelini et al., 2017), which ends up generating resource losses in the production chain and waste at the end of life, and excessive use of energy and erosion of ecosystems (Ellen MacArthur Foundation, 2013, in Michelini et al., 2017).

This model of economic development and production of urban space based on the overexploitation of natural resources and the expansion of urban and agricultural borders is considered not only an explanation for the origin of the COVID-19 pandemic (Benseñor & Lotufo, 2020) but also a warning about the possible start of new zoonotic diseases if the hegemonic form of extraction, transformation and material production associated with this economic model is not altered (Carvalho et al., 2022). In Europe, much has been discussed about the change to the circular economy as a potential regenerative industrial system (Hobson, 2016, in Michelini et al., 2017), capable of “replacing the traditional concept of end of life, shifting towards the use

potencial inicio de nuevas enfermedades zoonóticas si no se altera la forma hegemónica de extracción, transformación y producción material asociada a este modelo económico (Carvalho et al., 2022). En Europa, mucho se ha discutido sobre el cambio a la economía circular como un potencial sistema industrial regenerativo (Hobson, 2016, en Michelini et al., 2017), capaz de “reemplazar el concepto tradicional de fin de vida, cambiando hacia el uso de energías renovables, eliminando el uso de productos químicos tóxicos, y apunta a la eliminación de desechos a través del diseño superior de materiales, productos, sistemas y modelos comerciales” (Michelini et al., 2017, p. 1). Solo en 2019, se generó alrededor de 931 millones de toneladas de desperdicio de alimentos en todo el mundo, de los cuales el 61% provino de los hogares, el 26% del servicio de alimentos y el 13% del comercio minorista (United Nations, 2021). En la UE, los hogares son los responsables por el desperdicio de más de la mitad del total de alimentos (47 millones de toneladas), así el 70% del desperdicio de alimentos se origina en el hogar, el servicio de alimentos y la venta al por menor (Stenmarck et al., 2016). Dados esos índices de desperdicio alimentario, existen muchas oportunidades para las biotecnologías, la biomasa y los productos de base biológica en el modelo circular. De hecho, según Freek van Eijk (2016) en su presentación sobre las lógicas circulares bio basadas, la biomasa y los alimentos constituyen uno de los cinco sectores prioritarios para la transición hacia una economía totalmente circular para 2050 (Canada BioDesign, 2020). En la política económica europea, según el discurso de Dirk Carrez sobre la integración de bioproductos en la estrategia de economía circular de la UE, se puede trazar una línea desde la bioeconomía a la economía circular, pasando por los planes para la recuperación económica de la pandemia de COVID-19, ya que la bioeconomía circular es una parte crucial del Pacto Verde Europeo, que se firmó recientemente integrado en el plan de recuperación económica COVID-19 de Europa (Canada BioDesign, 2020). Por lo tanto, es posible relacionar los impactos de la pandemia de COVID-19 con los potenciales regeneradores de la bioeconomía, en el sentido de que se pueden utilizar estrategias bioeconómicas y de economía circular para superar los impactos de crisis emergentes en el medio ambiente.

DESPERDICIO DE ALIMENTOS Y CONTAMINACIÓN POR PARTE DE LA INDUSTRIA TEXTIL EN PORTUGAL

En el mundo occidental, sobre todo a partir del ciclo de crecimiento económico y consumo posterior a la Segunda Guerra Mundial, el fenómeno del desperdicio de alimentos se convirtió en una consecuencia de sociedades que se encuentran en etapas avanzadas de desarrollo industrial capitalista, con altas tasas y patrones de consumo de productos, bienes y servicios. Esto está directamente relacionado con el tema ambiental en la medida en que se desperdicia hasta el 50% de la producción mundial de alimentos. Pérdida a lo largo de la cadena de abastecimiento y consumo (Mena et al., 2011, en Baptista et al., 2012), esta figura provoca un gran impacto ecosistémico, debido a la problemática relación entre recursos (suelo, agua y energía) y residuos (Baptista et al., 2012).

Las tasas de residuos varían considerablemente según el país. En los países en desarrollo, los desechos se observan principalmente al inicio de la cadena, en las fases de cosecha, poscosecha, procesamiento y almacenamiento. En los países industrializados, sin embargo, donde existe una tendencia hacia la globalización y centralización del sector alimentario, la mayoría de los alimentos se desperdicia a nivel de distribución y consumo final, debido al alargamiento de la cadena de abastecimiento (Baptista et al., 2012).

of renewable energy, eliminating the use of toxic chemicals, and aiming to eliminate waste through the superior design of materials, products, systems, and business models” (Michelini et al., 2017, p. 1). In 2019 alone, around 931 million tons of food waste were generated globally, of which 61% came from households, 26% from food service, and 13% from retail (United Nations, 2021). In the EU, households are responsible for more than half of all food waste (47 million tons); thus, 70% originates in homes, food services, and retail. (Stenmarck et al., 2016).

Given these rates of food waste, there are many opportunities for biotechnologies, biomass, and biobased products in the circular model. In his presentation on bio-based circular logics, according to Freek van Eijk (2016), biomass and food constitute one of the five priority sectors for the transition to a fully circular economy by 2050 (Canada BioDesign, 2020). In European economic policy, according to Dirk Carrez's speech on the integration of bioproducts in the EU's circular economy strategy, a line can be drawn from the bioeconomy to the circular economy. This includes complying with the plans for the economic recovery of the COVID-19 pandemic, as the circular bioeconomy is a crucial part of the European Green Deal, recently signed as part of Europe's COVID-19 economic recovery plan (Canada BioDesign, 2020). Therefore, it is possible to relate the impacts of the COVID-19 pandemic to the regenerative potentials of the bioeconomy, in the sense that bioeconomic and circular economy strategies can be used to overcome the impacts of emerging crises on the environment.

FOOD WASTE AND POLLUTION FROM THE TEXTILE INDUSTRY IN PORTUGAL

In the Western world, especially since the cycle of economic growth and consumption after the Second World War, the phenomenon of food waste has become a consequence of societies that are in advanced stages of capitalist industrial development, with high rates and patterns of consumption of products, goods, and services. This is directly related to the environmental issue to the extent that up to 50% of the world's food production is wasted. Lost throughout the supply and consumption chain (Mena et al., 2011 in Baptista et al., 2012), this figure causes a significant ecosystemic impact due to the problematic relationship between resources (soil, water, and energy) and residues (Baptista et al., 2012). Waste rates vary considerably by country. In developing countries, waste is observed mainly at the beginning of the chain, in the phases of harvest, post-harvest, processing, and storage. In industrialized countries, however, where there is a trend toward globalization and centralization of the food sector, most food is wasted at the distribution and final consumption level due to the lengthening of the supply chain (Baptista et al., 2012).

Portugal's Atlantic and Mediterranean character (Ribeiro, 1987) directly impacts its gastronomic and cultural heritage, providing a point of shared identity, especially in the southern region, celebrated through generations marked by Mediterranean food (Valagão, 2011). This type of diet includes large consumption of vegetables and legumes, implying a “simple” culinary preparation, using as condiments, among others, garlic, onion, and aromatic herbs, which constitute an identity aspect of these European kitchens from the south, often identified as ‘aroma cuisines’” (Valagão, 2011, p. 25).

El carácter atlántico y mediterráneo de Portugal (Ribeiro, 1987) tiene un impacto directo en su herencia cultural gastronómica, dando un punto de identidad común, especialmente en la región sur, celebrada a través de generaciones marcadas por la comida mediterránea (Valagão, 2011). En este tipo de dieta, existe un gran consumo de alimentos de origen vegetal y legumbres, implicando una “preparación culinaria ‘simple’, utilizando como condimentos, entre otros, ajo, cebolla y hierbas aromáticas, que constituyen un aspecto identitario de estas cocinas europeas del sur, muchas veces identificadas como ‘cocinas de aromas’” (Valagão, 2011, p. 25). Muy característico de este tipo de cocina, el ajo se consume en gran cantidad en la cultura culinaria portuguesa, convirtiéndolo en uno de los alimentos importados en el país (Grundling et al., 2021).

De hecho, Portugal es un ejemplo de país cuyo abastecimiento de alimentos depende de las importaciones, a excepción de las verduras, el vino, el arroz, la leche, el aceite de oliva, las patatas, el maíz, el cerdo y las aves. La industria alimentaria está, por tanto, condicionada al mercado exterior y ello favorece el aumento de los residuos tanto en el abastecimiento como en el consumo final. De esta forma, el valor global del desperdicio de alimentos en Portugal es de alrededor de un millón de toneladas por año. Eso corresponde al 17% de los alimentos perdidos o desperdiciados, donde se destacan las etapas inicial y final (consumidores) de la cadena como los principales responsables por los residuos, cuyo destino se dirige a los servicios de tratamiento, alimentación animal y compostaje doméstico (Baptista et al., 2012). En este sentido, es relevante señalar el factor turístico de la economía portuguesa como un índice que acaba corroborando el aumento del desperdicio alimentario por parte de los servicios de restauración enfocados al público turista.

La industria textil, a su vez, es otro segmento industrial muy activo con cadenas productivas igualmente largas, contribuyendo al impacto ambiental al igual que la industria alimentaria. A su vez, el impacto ambiental es fomentado principalmente por patrones de consumo globalizados (Toprak & Anis, 2017, en Virgens, 2019) y por el concepto de *moda rápida*, que promovió el cambio en el significado cultural y social de la ropa y, principalmente, la reducción del ciclo de vida de los productos textiles (Claudio, 2007; Gwozdz et al., 2017, en Virgens, 2019). Después de las industrias del transporte y la alimentación, que juntas representan hasta el 80% del impacto ambiental del consumo (Farrant et al., 2010, en Virgens, 2019), la industria textil es la principal responsable de la contaminación industrial. Aporta el 10% de las emisiones globales de CO₂, del 17% al 20% de la contaminación global de agua dulce, cerca del 25% de los pesticidas utilizados en el mundo se aplican al cultivo del algodón, además de producir 21 mil toneladas de residuos, ya que el 80% de los textiles van a los vertederos (Rahman & Amin, 2017).

Situaciones complementarias de residuos y contaminación corroboran el alto impacto ambiental y podrían ser mitigadas. Según Mestre & Cooper, “los enfoques ‘circulares’ existentes (técnicos y biológicos) podrían aplicarse a las diferentes fases del diseño del ciclo de vida y, por lo tanto, desempeñar un papel fundamental al proporcionar estrategias de orientación prácticas para diseñadores y desarrolladores de productos, formuladores de políticas y gerentes comerciales en el diseño de productos circulares” (2017, p. S1620). De esta manera, los enfoques de diseño alineados con la lógica de la economía circular, como el Biodesign, generan potencialmente soluciones capaces

Very characteristic of this type of cuisine, garlic is consumed in great quantity in the Portuguese culinary culture, making it one of the imported foods in the country (Grundling et al., 2021).

Portugal is an example of a country whose food supply depends on imports, except for vegetables, wine, rice, milk, olive oil, potatoes, corn, pork, and poultry.

Therefore, the food industry is conditioned to the foreign market, which favors the increase of waste both in supply and in final consumption. This way, the global value of food waste in Portugal is around one million tons annually. This corresponds to 17% of food lost or wasted, where the chain’s initial and final stages (consumers) stand out as the main ones responsible for waste. Its destination is treatment services, animal feed, and domestic composting (Baptista et al., 2012). In this sense, it is relevant to point out the tourism factor of the Portuguese economy as an index that corroborates the increase in food waste by catering services focused on the tourist public.

The textile industry, in turn, is another very active industrial segment with equally long production chains, contributing to the environmental impact just like the food industry. In turn, the environmental impact is promoted mainly by globalized consumption patterns (Toprak & Anis, 2017, in Virgens, 2019) and by the concept of *fast fashion*, which promoted the change in the cultural and social meaning of clothing, and, mainly, the reduction of the life cycle of textile products (Claudio, 2007; Gwozdz et al., 2017, in Virgens, 2019). After the transport and food industries, which account for up to 80% of the environmental impact of consumption (Farrant et al., 2010 in Virgens, 2019), the textile industry is responsible for industrial pollution. It contributes 10% of global CO₂ emissions, 17% to 20% of global freshwater pollution, and about 25% of the pesticides used in the world are applied to cotton cultivation, in addition to producing 21 thousand tons of waste, since 80% of textiles go to landfills (Rahman & Amin, 2017).

Other waste situations corroborate the high environmental impact and contamination, which could be mitigated. According to Mestre & Cooper, “existing ‘circular’ approaches (technical and biological) could be applied to the different phases of life cycle design and thus play a critical role in providing practical guidance strategies for product designers and developers, policymakers and business managers in the design of circular products” (2017, p. S1620). In this way, design approaches aligned with the logic of the circular economy, such as Biodesign, potentially generate solutions capable of transforming material and energy savings or simply using waste as a resource in a structural and conditioning way in creative and productive processes.

BIODESIGN AS A DESIGN TOOL FOR THE CONVERSION OF MATERIAL ECONOMIES

Biodesign is an emerging interdisciplinary scientific field that questions the concept of Design by Nature. Explored by bio-inspired and biomimetic applications, it proposes the concept of Design with Nature, appropriating the vital properties of organisms and their processes or biomass (Esat & Ahmed-Kristensen, 2018) without necessarily relying on state-of-the-art techniques and technologies.

de transformar el ahorro de material y energía o, simplemente, utilizar los residuos como recurso, de forma estructural y condicionante en el proceso creativo y productivo.

EL BIODISEÑO COMO HERRAMIENTA DE DISEÑO PARA LA CONVERSIÓN DE ECONOMÍAS MATERIALES

El biodiseño es un campo científico interdisciplinario emergente que, cuestionando el concepto de *Design by Nature* explorado por aplicaciones bioinspiradas y biomiméticas, propone el concepto de *Design with Nature*, apropiándose de las propiedades vitales de los organismos y sus procesos o de biomasa (Esat & Ahmed-Kristensen, 2018), sin necesariamente depender de técnicas y tecnologías de punta. A través de la conversión de la mimética y la inspiración en la integración de los principios naturales, se apropia de la plantilla sostenible de la naturaleza y se propone la ruptura de las barreras entre lo natural y lo artificial, haciendo posible la síntesis de nuevas tipologías híbridas que pretenden superar los legados de los procesos industriales heredados de la Revolución Industrial (Myers, 2018), promoviendo así impactos sociales, económicos y ambientales positivos.

La aplicación literal de materiales biodegradables de origen orgánico, sintético o microbiano (Anil et al., 2019; Ibrahim et al., 2019) en metodologías de diseño, fabricación y materialización enfocadas en resolver problemas humanos a través de la nueva capacidad de transformar la funcionalidad biológica (Esat & Ahmed-Kristensen, 2018; Oxman et al., 2015), es una potencial herramienta sostenible si está alineada a los principios de la economía circular. El biodiseño se relaciona con la economía circular en la medida en que, por tener conciencia de los límites de los recursos en los ecosistemas de la Tierra, se enfoca en transformar las lógicas económicas lineales a otra que elimine los desechos de la ecuación, usando estrategias de *upcycling* y materiales de base biológica. Jennifer O'Donnell, directora ejecutiva en BioNB, una empresa de apoyo a la bioeconomía, afirma que esta necesidad de diseñar sistemas circulares para productos en uso por parte de los clientes se ha vuelto aún más evidente con los desafíos globales actuales, como la pandemia del COVID-19 (Canada BioDesign, 2020).

BIOTEXTILES DE CÁSCARAS DE AJO: UNA PROPUESTA EXPERIMENTAL DE TOTE BAGS SOSTENIBLES

Al observar el impacto de la contaminación de acuíferos en la industria textil por la producción de prendas de algodón, se propone un estudio de caso relevante basado en las implicaciones ambientales que implica la producción y el ciclo de vida de las *tote bags* de algodón. La disposición actual de este tipo de productos alcanza el balance de su impacto ambiental solo después de 20.000 usos consecutivos (Ministry of Environment and Food of Denmark, 2018), lo que equivale a un uso diario durante 54 años. Con el fin de demostrar la posibilidad de diseñar con la naturaleza y de acuerdo con los principios de la economía circular, se concibió un proyecto de *tote bag*, cuyo tejido es un biotextil hecho de cáscaras de ajo, considerando los aspectos particulares del desperdicio de alimentos y la contaminación ambiental por parte de la industria textil presentes hoy en Portugal.

Through the conversion of mimetics and inspiration in the integration of natural principles, it appropriates the sustainable template of nature. It proposes to break down the barriers between the natural and the artificial, making possible the synthesis of new hybrid typologies that seek to overcome the legacies of the industrial processes inherited from the Industrial Revolution (Myers, 2018), thus promoting positive social, economic, and environmental impacts.

The application of biodegradable organic, synthetic or microbial-origin materials (Anil et al., 2019; Ibrahim et al., 2019) in design, manufacturing and material development methodologies, focus on solving human problems through the new ability to transform the biological functionality (Esat & Ahmed-Kristensen, 2018; Oxman et al., 2015). This is a potential sustainable tool if it aligns with the principles of the circular economy. Biodesign relates to the circular economy to the extent that it is aware of the limits of resources in the Earth's ecosystems. It focuses on altering linear economic logics to eliminate waste from the equation, using upcycling and bio-based materials. Jennifer O'Donnell, CEO of BioNB, a bioeconomy support company, states that this needs to design circular systems for products in use by customers has become even more apparent with current global challenges such as the pandemic of COVID-19 (Canada BioDesign, 2020).

BIOTEXTILES FROM GARLIC HUSKS: AN EXPERIMENTAL PROPOSAL FOR SUSTAINABLE TOTE BAGS

Observing the impact of aquifer contamination in the textile industry due to cotton garments, a relevant case study is proposed based on the environmental implications involved in the production and life cycle of cotton tote bags. The current disposal of this type of product reaches the balance of its environmental impact only after 20,000 consecutive uses (Ministry of Environment and Food of Denmark, 2018), equivalent to daily use for 54 years. The design of a tote bags whose fabric is a biotextile made from garlic husks was projected to demonstrate the possibility of designing with nature and following the circular economy principles, considering the particular aspects of food waste and environmental pollution by the textile industry present today in Portugal.

METODOLOGÍA

La elaboración del biotextil se dividió en cuatro etapas de desarrollo metodológico:

1. **Exploración y análisis de materiales:** se dedicó a la exploración de composiciones de residuos alimentarios, como posos de café, cenizas de madera, cáscaras de ajo y de zanahorias, cebollas, patatas, huevos y maní, con aglomerantes naturales en la búsqueda de un material con propiedades físicas similares a los de un tejido.
2. **Análisis preliminar para la selección de características textiles:** se llevó a cabo un análisis de características del material para seleccionar el que presenta propiedades físicas similares a un textil.
3. **Estudio comparativo de propiedades mecánicas:** se realizó un estudio comparativo de caracterización de propiedades mecánicas entre el biotextil seleccionado y dos tipos de tejidos comúnmente utilizados en *tote bags*, el tejido de algodón y la tela no tejida (TNT) en el laboratorio, con el fin de obtener datos concretos y científicos sobre la resistencia del material.
4. **Desarrollo de proyecto y aplicación del biotextil:** aplicación del material obtenido a un prototipo de *tote bag* cuyo proceso de diseño paramétrico permitió personalizar las dimensiones generales del producto, generar opciones de patrones geométricos y los espesores requeridos para el molde de producción.

DESARROLLO DE PROYECTO

El proyecto de *tote bag* se desarrolló de acuerdo con la metodología antes mencionada, lo que permitió llegar a un prototipo experimental.

EXPLORACIÓN Y ANÁLISIS DE MATERIALES

La fase exploratoria sobre las composiciones de materiales biotextiles se realizó en el ámbito de una unidad curricular de Proyecto de Diseño Industrial. Primero se abordó el tema de los biomateriales a través de una breve revisión de la literatura científica con la que se accedió a definiciones teóricas, clasificaciones de biomateriales según origen, grado de degradabilidad, tipos de composiciones, resistencia al calor. También se localizaron proyectos efectuados en el ámbito científico y profesional, de los que se extrajeron cantidades de materias primas y aglomerantes relacionadas con los componentes de los biomateriales. A partir de la observación de estas materias primas, se hizo una selección de aquellas que fueron catalogadas como desperdicios alimentarios para ser utilizadas en el desarrollo del biotextil –a saber, los posos de café, cenizas de madera (resultado del procesamiento de la industria alimentaria), cáscaras de ajo y de zanahorias, cebollas, patatas, huevos y maní (Figura 1), así como los aglutinantes de base biológica (Figura 2).

METHODOLOGY

The elaboration of the biotextile was divided into four stages of methodological development:

1. **Exploration and analysis of materials:** was dedicated to exploring food waste compositions, such as coffee grounds, wood ash, garlic, carrot, onion, potato, egg, and peanut hulls, with natural binders in the search for a material with physical properties similar to those of a fabric;
2. **Preliminary analysis for the selection of textile characteristics:** an analysis of the characteristics of the material was carried out to select the one that presents physical properties similar to a textile;
3. **Comparative study of mechanical properties:** A comparative study of characterization of mechanical properties between the selected biotextile and two types of fabrics commonly used in tote bags, cotton fabric and non-woven fabric (TNT) was carried out in the laboratory, in order to obtain concrete and scientific data. on the strength of the material;
4. **Project development and biotextile application:** application of the material obtained to a tote bag prototype whose parametric design process allowed to customize the general dimensions of the product, generate geometric pattern options and the thicknesses required for the production mold.

PROJECT DEVELOPMENT:

We developed the tote bag project according to the methodology mentioned earlier, allowing us to arrive at an experimental prototype.

EXPLORATION AND ANALYSIS OF MATERIALS

The exploratory phase on the compositions of biotextile materials was carried out within the scope of a curricular unit of the Industrial Design Project. First, the subject of biomaterials was approached through a brief review of the scientific literature with which theoretical definitions and classifications of biomaterials according to the origin, degree of degradability, types of compositions, and heat resistance were accessed. Projects carried out in the scientific and professional fields were also located, from which quantities of raw materials and binders related to the components of biomaterials were extracted. After the review, we selected those cataloged as food waste to be used in developing the biotextile. Coffee grounds, wood ashes (the result of the processing of the food industry), garlic, carrot, onion, potato, egg, and peanut hulls (Figure 1), as well as bio-based binders (Figure 2).



CÁSCARAS DE AJO
GARLIC PEELS



CÁSCARAS DE CEBOLLA
ONION PEELS



CÁSCARAS DE ZANAHORIAS
CARROT PEELS



CÁSCARAS DE HUEVOS
EGG SHELLS



CENIZAS DE MADERA
WOOD ASH



CÁSCARAS DE MANÍ
PEANUT SHELLS



POSOS DE CAFÉ UTILIZADOS
COFFEE GROUNDS



CÁSCARAS DE PATATAS
POTATO PEELS



FIG 1. Residuos de la industria alimentaria que pueden ser utilizados en la elaboración de biomateriales.
FIG 1. Waste from the food industry that can be used in the production of biomaterial.



GELATINA EN POLVO
POWDERED GELATIN



FÉCULA DE MAÍZ
CORN STARCH



BICARBONATO DE SODIO
SODIUM BICARBONATE



ÁGAR ÁGAR
AGAR AGAR



GLICERINA VEGETAL
VEGETABLE GLYCERIN



AZÚCAR
SUGAR



FIG 2. Aglomerantes de base biológica utilizados para la elaboración de biomateriales.
FIG 2. Biologically based binders used for the production of biomaterials.

Una vez seleccionadas las materias primas y aglomerantes, se procedió al siguiente paso en el que se realizaron muestras experimentales (Figura 3), siguiendo las composiciones encontradas en la literatura. Estas experiencias se llevaron a cabo sobre diferentes bases de secado, a saber, sustratos metálicos, plásticos y papel de calco, con el fin de poder evaluar y seleccionar el más adecuado para este tipo de proceso de materiales.

Once the raw materials and binders were selected, we proceeded to the next step, where experimental samples were made (Figure 3), following the compositions found in the literature. These experiences were carried out on different drying bases, namely metallic, plastic, and tracing paper substrates, in order to be able to evaluate and select the most suitable for this type of material processing.

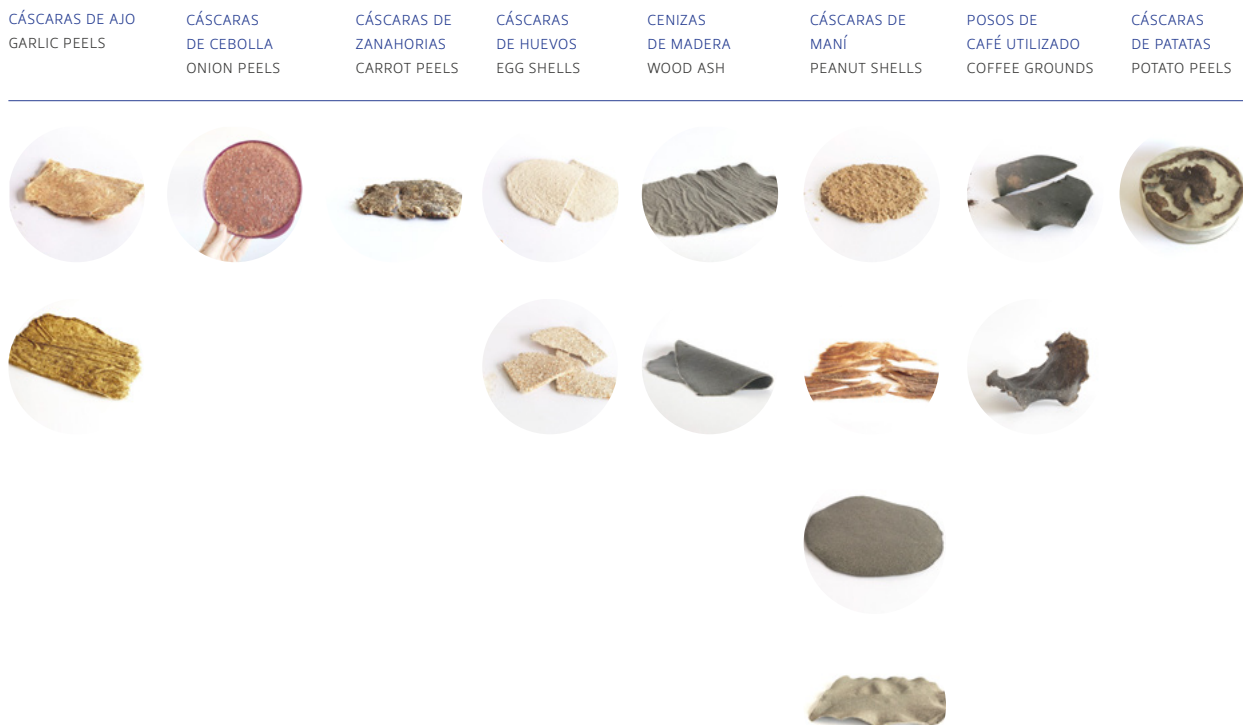


FIG 3. Muestras de experiencias con biomateriales.
FIG 3. Samples of experiences with biomaterials.

ANÁLISIS PRELIMINAR PARA LA SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS TEXTILES
En esta fase, se realizó un análisis preliminar con el fin de identificar, entre los biomateriales hechos, posibles aspectos textiles y así seleccionar uno para estudio. Es importante señalar que, debido a la imposibilidad de efectuar estudios de laboratorio durante las fases (1) y (2), los parámetros de análisis son subjetivos a las experiencias del estudiante.
Este análisis tiene como objetivo evaluar comparativamente las experiencias realizadas desde el punto de vista de la caracterización como posible material textil. Para ello se utilizaron parámetros de análisis definidos a partir de la observación subjetiva de las propiedades textiles, tales como ductilidad, tiempo de secado, translucidez, resistencia y espesor después del secado. La Tabla 1 muestra la evaluación de las experiencias de forma comparativa, obteniendo un valor promedio relativo a los criterios de desempeño evaluados por la escala numérica.

PRELIMINARY ANALYSIS TO SELECT TEXTILE CHARACTERISTICS
In this phase, a preliminary analysis was carried out to identify, among the biomaterials made, possible textile aspects and thus select one for study. It is important to point out that, due to the impossibility of carrying out laboratory studies during phases (1) and (2), the analysis parameters are subjective to the student's experiences.
This analysis aims to comparatively evaluate the experiences carried out from the point of view of characterization as a possible textile material. For this, analysis parameters defined from the subjective observation of textile properties were used, such as ductility, drying time, translucency, resistance and thickness after drying. Table 1 shows the evaluation of the experiences in a comparative way, obtaining an average value relative to the performance criteria evaluated by the numerical scale.

EXPERIENCIA	COMPOSICIÓN			PROPIEDADES					PROMEDIO	
	CUANTIDAD	MATERIA PRIMA	BASE DE SECADO	2	4	6	8	10		
	150 mL	água	metálico	RIGIDEZ			6		DUCTIBILIDAD	
	30g	cáscaras batatas (g)		SEC. LENTO				8		SEC. RÁPIDO
	15g	cáscaras batatas (p)		OPACO	2					TRANSLÚCIDO
	4g	ágar ágar		FRÁGIL		4				RESISTENTE
	12 mL	glicerina		ESPESSURA (-)				8		ESPESSURA (+)
	200 mL	água	plástico	RIGIDEZ			6		DUCTIBILIDAD	
	30 g	cáscaras cebola		SEC. LENTO	2					SEC. RÁPIDO
	50 g	cáscaras ajo		OPACO	2					TRANSLÚCIDO
	6 g	ágar ágar		FRÁGIL				6		RESISTENTE
	6 mL	glicerina		ESPESSURA (-)				6		ESPESSURA (+)
	50 mL	água	plástica	RIGIDEZ			6		DUCTIBILIDAD	
	5g	cascas cenoura		SEC. LENTO	2					SEC. RÁPIDO
	10 g	agar-agar		OPACO	2					TRANSLÚCIDO
	5 mL	glicerina		FRÁGIL		4				RESISTENTE
	5 mL	óleo de côco		ESPESSURA (-)					10	ESPESSURA (+)
	100 mL	água	plástica	RIGIDEZ	2				DUCTIBILIDAD	
	30g	pó de café		SEC. LENTO			6			SEC. RÁPIDO
	5g	gelatina folha		OPACO	2					TRANSLÚCIDO
	5 mL	óleo de côco		FRÁGIL					10	RESISTENTE
				ESPESSURA (-)					10	ESPESSURA (+)
	80 mL	água	papel vegetal	RIGIDEZ		4			DUCTIBILIDAD	
	6g	pó de café		SEC. LENTO			6			SEC. RÁPIDO
	4g	película de ovo		OPACO		4				TRANSLÚCIDO
	4g	amido de milho		FRÁGIL	2					RESISTENTE
	5g	agar-agar		ESPESSURA (-)				6		ESPESSURA (+)
	6mL	óleo de côco								
	40 mL	água	folha de alumínio	RIGIDEZ	2				DUCTIBILIDAD	
	30g	cascas amendoim		SEC. LENTO			8			SEC. RÁPIDO
	15g	cascas de ovo		OPACO	2					TRANSLÚCIDO
	5g	gelatina em pó		FRÁGIL			6			RESISTENTE
	5 mL	óleo de côco		ESPESSURA (-)					10	ESPESSURA (+)
	150 mL	água	papel vegetal	RIGIDEZ				10	DUCTIBILIDAD	
	15g	cascas amendoim		SEC. LENTO			8			SEC. RÁPIDO
	4g	amido de milho		OPACO					10	TRANSLÚCIDO
	4g	agar-agar		FRÁGIL	2					RESISTENTE
	4 mL	glicerina		ESPESSURA (-)	2					ESPESSURA (+)
	4g	bicarbonato de sódio								
	70 mL	água	plástica	RIGIDEZ	2				DUCTIBILIDAD	
	45g	cascas de ovo		SEC. LENTO			8			SEC. RÁPIDO
	3g	amido de milho		OPACO	2					TRANSLÚCIDO
	3g	gelatina em pó		FRÁGIL			6			RESISTENTE
	6 mL	glicerina		ESPESSURA (-)					10	ESPESSURA (+)
	12 mL	água	plástica	RIGIDEZ	2				DUCTIBILIDAD	
	24g	cascas de ovo		SEC. LENTO			8			SEC. RÁPIDO
	5g	gelatina folha		OPACO			8			TRANSLÚCIDO
				FRÁGIL		4				RESISTENTE
	60 mL	água	plástica	RIGIDEZ		4			DUCTIBILIDAD	
	37.5g	casca alho		SEC. LENTO			8			SEC. RÁPIDO
	6g	amido de milho		OPACO			6			TRANSLÚCIDO
	6g	gelatina folha		FRÁGIL					10	RESISTENTE
	6 mL	glicerina		ESPESSURA (-)					10	ESPESSURA (+)
	120 mL	água	papel vegetal	RIGIDEZ				10	DUCTIBILIDAD	
	80g	casca alho		SEC. LENTO					10	SEC. RÁPIDO
	15g	casca ovo		OPACO					10	TRANSLÚCIDO
	6g	amido de milho		FRÁGIL					10	RESISTENTE
	12g	gelatina em pó		ESPESSURA (-)		4				ESPESSURA (+)
	12 mL	glicerina								
	60 mL	água	papel vegetal	RIGIDEZ				10	DUCTIBILIDAD	
	37.5g	cinzas de madeira		SEC. LENTO			8			SEC. RÁPIDO
	6g	amido de milho		OPACO	2					TRANSLÚCIDO
	6g	gelatina em pó		FRÁGIL					10	RESISTENTE
	6 mL	glicerina		ESPESSURA (-)			6			ESPESSURA (+)
	60 mL	água	plástica	RIGIDEZ				10	DUCTIBILIDAD	
	22.5g	cinzas de madeira		SEC. LENTO			8			SEC. RÁPIDO
	3g	amido de milho		OPACO	2					TRANSLÚCIDO
	6g	gelatina em pó		FRÁGIL					10	RESISTENTE
	12 mL	glicerina		ESPESSURA (-)				8		ESPESSURA (+)
	100 mL	água	plástica	RIGIDEZ		4			DUCTIBILIDAD	
	60g	cinzas de madeira		SEC. LENTO			8			SEC. RÁPIDO
	3g	amido de milho		OPACO	2					TRANSLÚCIDO
	7.5g	gelatina em pó		FRÁGIL					10	RESISTENTE
	15g	açúcar		ESPESSURA (-)					10	ESPESSURA (+)
	120 mL	água	papel vegetal	RIGIDEZ				10	DUCTIBILIDAD	
	60g	cinzas de madeira		SEC. LENTO					10	SEC. RÁPIDO
	15g	cascas de ovo		OPACO	2					TRANSLÚCIDO
	6g	amido de milho		FRÁGIL					10	RESISTENTE
	12g	gelatina em pó		ESPESSURA (-)			6			ESPESSURA (+)
	12 mL	glicerina								
3g	bicarbonato de sódio									

CLASIFICACIÓN	x < 6	6 < x < 7	7 < x < 8	8 < x < 9	9 < x
---------------	-------	-----------	-----------	-----------	-------



TABLA 1. Tabla de evaluación comparativa de los biomateriales según criterios de desempeño textil.

TABLE 1. Comparative evaluation table of biomaterials according to textile performance criteria.

A partir de este análisis preliminar y comparativo, se seleccionó el material que presentó el valor promedio más alto, es decir, aquel cuya composición mezcla ajo y cáscaras de huevo, almidón de maíz, agua, glicerina, gelatina en polvo y bicarbonato de sodio (Figura 4).

From this preliminary and comparative analysis, the material that presented the highest average value was selected, that is, the one whose composition mixes garlic and egg shells, corn starch, water, glycerin, powdered gelatin, and sodium bicarbonate (Figure 4).



FIG 4. Selección del biotextil hecho a partir de cáscaras de ajo.
FIG 4. Selection of the biotextile made from garlic husks.

ESTUDIO COMPARATIVO DE PROPIEDADES MECÁNICAS

Luego de la selección del biotextil, se realizó un análisis de laboratorio para caracterizar y comparar su desempeño mecánico dentro del alcance del Laboratório de Desenvolvimento de Produto e Serviços (LDPS) de la Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). La alta frecuencia de aplicación de algodón y telas no tejidas en *tote bags* comerciales, ya sea por la durabilidad y estética en el primer caso, o por la eficiencia mecánica y bajo costo en el segundo, justifica el análisis comparativo con el biotextil de cáscaras de ajo en desarrollo.

La caracterización del desempeño mecánico del biotextil se basó en la comparación de su resistencia, definida por la fuerza en newtons (N) de ruptura, con la misma propiedad que los demás textiles. Para ello se realizaron tres ensayos de tracción con el equipo MecMesin multitest 2.5 dv, con el fin de obtener un promedio de valores de las fuerzas bajo las cuales se rompen los materiales. La Tabla 2 muestra que la tela de algodón tiene una mayor resistencia a la tracción en comparación con el TNT y el biotextil de cáscaras de ajo. En otras palabras, el tejido de TNT corresponde al 26,9% y el biotextil, al 15,5% del promedio de rendimiento del tejido de algodón. El Gráfico 1 complementa el análisis considerando el factor tiempo, confirmando el bajo desempeño relativo del biotextil, al mismo tiempo que demuestra que el TNT, a diferencia del tejido de algodón, presenta mayor deformación plástica antes de llegar al punto de ruptura.

COMPARATIVE STUDY OF MECHANICAL PROPERTIES

After the selection of the biotextile, a laboratory analysis was done to characterize and compare its mechanical performance within the scope of the Laboratório de Desenvolvimento de Produto e Serviços (LDPS) of the Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). The high frequency of application of cotton and non-woven fabrics in commercial *tote bags*, either due to durability and aesthetics in the first case, or due to mechanical efficiency and low cost in the second, justifies the comparative analysis with the biotextile made from garlic husks. The characterization of the mechanical performance of the biotextile was based on the comparison of its resistance, defined by the force in newtons (N) of rupture, with the same property as the other textiles. For this, three tensile tests were carried out with the MecMesin multitest 2.5 DV equipment, in order to obtain an average of the values of the forces under which the materials break. Table 2 shows that cotton fabric has higher tensile strength than TNT and garlic husk biotextile. In other words, the TNT fabric corresponds to 26.9% and the biotextile to 15.5% of the average performance of the cotton fabric. Graph 1 complements the analysis considering the time factor, confirming the low relative performance of the biotextile, at the same time that it shows that the TNT, unlike the cotton fabric, presents greater plastic deformation before reaching the breaking point.

	Algodón (N)		TNT (N)		Biotextil (N)
T1	27.5	T4	6	T7	4.5
T2	30	T5	8.5	T8	4.5
T3	29.5	T6	9	T9	4.5
\bar{X}	29		7.8		4.5



TABLA 2. Tabla de análisis comparativo de los esfuerzos de resistencia mecánica (fuerza de ruptura en newtons - N).
TABLE 2. Comparative analysis table of mechanical resistance efforts (rupture force in newtons - N).

FUERZA (N) VS. TIEMPO (s)

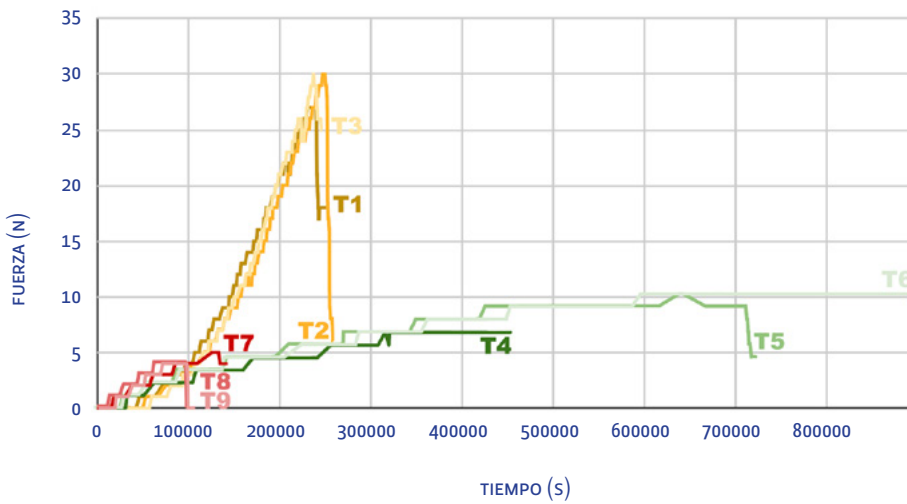


GRÁFICO 1. Gráfico de análisis comparativo que demuestra la deformación plástica de los tejidos.
GRAPH 1. Comparative analysis graph showing the plastic deformation of the tissues.

DESARROLLO DE PROYECTO Y APLICACIÓN DEL BIOTEXTIL

En la fase de desarrollo del proyecto se utilizó el método de impresión 3D por extrusión de filamento (FFF) con material de ácido poliláctico (PLA) en la fabricación de moldes de 200 x 190 mm, cuya lógica de modularidad estaba dada por las limitaciones dimensionales de este proceso de fabricación. Estos moldes fueron el resultado de un estudio de patrones modulares (Figura 5) elaborados con un método paramétrico de diseño digital, realizado con el complemento Grasshopper 3D, en el entorno de modelado Rhinoceros. Este método de diseño se utilizó para dar estructura y fuerza al patrón generado, considerando la relación entre los surcos rellenos con el material y la textura. Se fabricó un set de cuatro patrones con ranuras positivas y negativas mediante impresión 3D para verificar adherencia, relleno de ranuras, cantidad de material y facilidad de extracción del biomaterial, además de observar cuál resultaba en una estructura superficial más estable al plegarse.

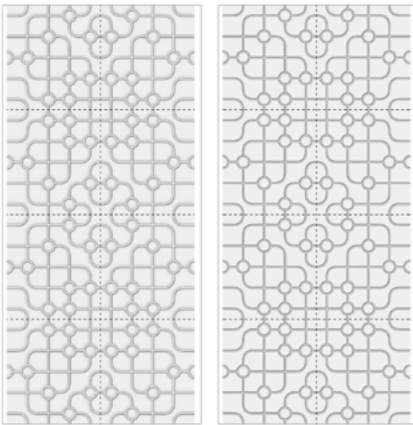
PROJECT DEVELOPMENT AND BIOTEXTILE APPLICATION

In the development phase of the project, the 3D printing method was used by filament extrusion (FFF) with polylactic acid (PLA) material. Molds of 200mm x 190mm were manufactured under the logic of modularity given by the dimensional limitations of this manufacturing process.

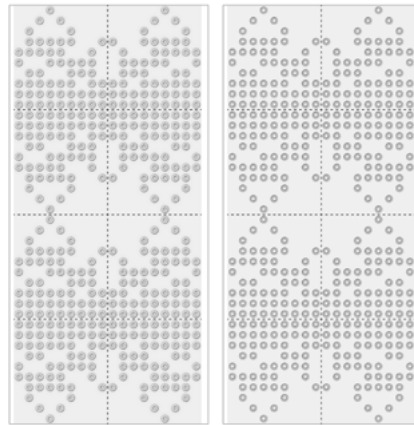
These molds resulted from a study of modular patterns (Figure 5) made with a parametric digital design method, carried out with the Grasshopper 3D plugin in the Rhinoceros modeling environment.

This design method gave structure and strength to the generated pattern, considering the relationship between the grooves filled with the material and the texture. A set of four patterns with positive and negative grooves was manufactured by 3D printing to verify adherence, groove filling, amount of material, and ease of extraction of the biomaterial, in addition to observing which one resulted in a more stable surface structure when folded.

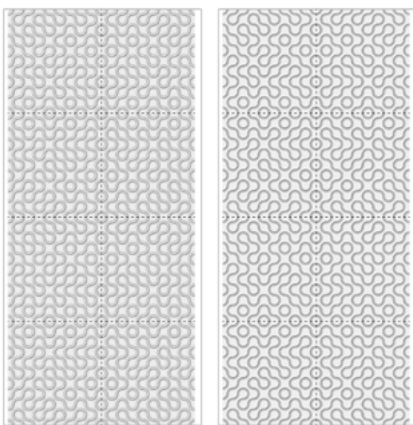
PATRÓN 01 / PATTERN 01
RANURA POSITIVA / POSITIVE SLOT



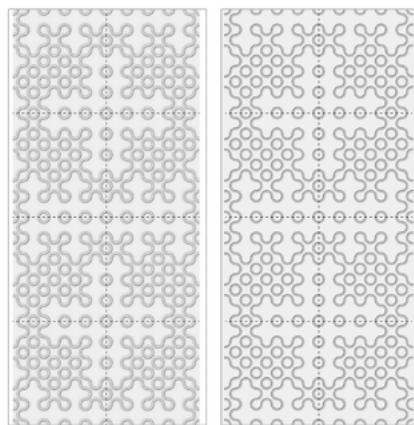
PATRÓN 02 / PATTERN 02
RANURA NEGATIVA / NEGATIVE SLOT



PATRÓN 03 / PATTERN 03
RANURA POSITIVA / POSITIVE SLOT



PATRÓN 04 / PATTERN 04
RANURA NEGATIVA / NEGATIVE SLOT



↑
FIG 5. Estudio de patrones modulares.
FIG 5. Study of modular patterns.

Luego de definir los parámetros que permiten la generación del dibujo y elegir el patrón según su contribución a la estructura de la *tote bag*, se utilizaron operaciones geométricas de traslación, rotación y reflexión para concebir y aplicar la opción de patrón modular 4 de ranura negativa en el proyecto (Figura 6) que, además, también contó con una subestructura de soporte para nivelar los moldes durante el secado del material (Figura 7). En total se usaron alrededor de 600 g de PLA, lo que equivale a un valor de 10,20€, considerando que un rollo de 1 kg de PLA cuesta 17€ de media.

After defining the parameters that allow the generation of the drawing and choosing the pattern according to its contribution to the structure of the *tote bag*, geometric operations of translation, rotation and reflection were used to conceive and apply the negative slot modular pattern option 4 in the project (Figure 6) which, in addition, also had a support substructure to level the molds during the drying of the material (Figure 7). In total, around 600 g of PLA were used, which is equivalent to a value of €10.20, considering that a 1 kg roll of PLA costs €17 on average.

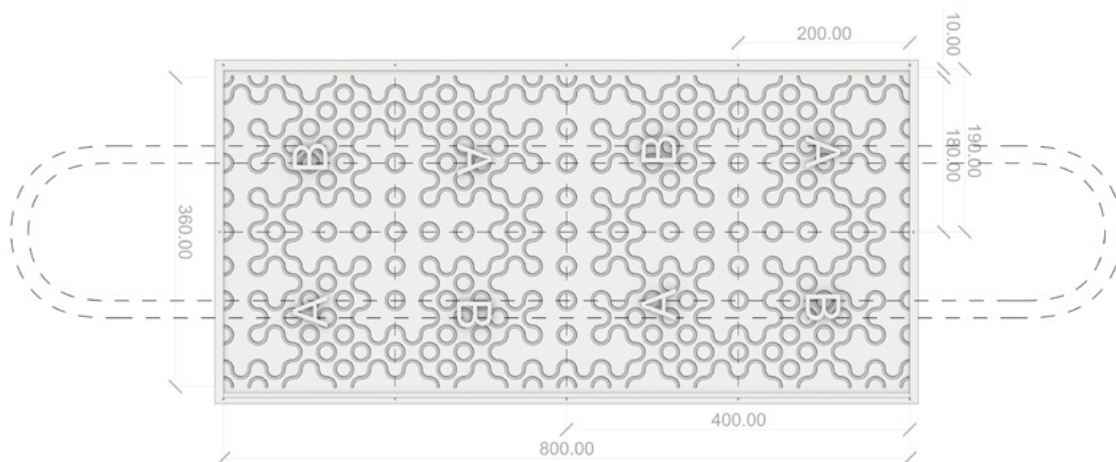


FIG 6. Diseño de moldes mediante proceso de diseño paramétrico.
 FIG 6. Mold design through parametric design process.



FIG 7. Impresión 3D de la subestructura de soporte, moldes y posterior montaje de las piezas, respectivamente.
 FIG 7. 3D printing of the support substructure, molds, and subsequent assembly of the parts, respectively.

Después de la materialización y montaje de los moldes y colocar una capa de vaselina para facilitar la extracción de la mezcla, se preparó la expansión de la composición del biotextil, en volumen suficiente para una sola muestra. De esta forma se escaló la composición en el orden de ocho volúmenes, con lo cual se mezclaron y fundieron 960 ml de agua, 480 g de cáscaras de ajo triturado, 120 g de cáscaras de huevo, 48 g de fécula de maíz, 96 g de gelatina, 96 g de glicerina y 24 g de bicarbonato de sodio, en una mezcla de biomaterial suficiente para llenar completamente el juego de moldes. El patrón lineal se materializó en forma de surcos para ser igualmente llenado por la mezcla (Figura 8).

After the materialization and assembly of the molds and placing a layer of Vaseline to facilitate the extraction of the mixture, the expansion of the biotextile composition was prepared in sufficient volume for a single sample. In this way, the composition was scaled in the order of eight volumes, with which 960 ml of water, 480 g of crushed garlic husks, 120 g of egg shells, 48 g of corn starch, 96 g of gelatin, 96 g of glycerin and 24 g of sodium bicarbonate, in a mixture of biomaterial sufficient to completely fill the set of molds. The linear pattern materialized as grooves to be equally filled by the mixture (Figure 8).



↑
FIG 8. Relleno del conjunto de moldes con la mezcla de biomaterial.
FIG 8. Filling of the set of molds with the biomaterial mixture.

Luego de dos días de secado a la sombra, en ambiente externo con clima soleado y baja humedad relativa, la mezcla fue desmoldada y el biotextil quedó listo para ser cosido en formato tote bag (Figura 9).

After two days of drying in the shade, in an external environment with sunny weather and low relative humidity, the mixture was unmolded and the biotextile was ready to be sewn into a tote bag format (Figure 9).



↑
FIG 9. Biotextil después del secado en un juego de moldes.
FIG 9. Biotextile after drying in a set of molds.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de una semana de post-secado, considerado para asegurar que el material no contuviera rastros de humedad que favorecieron su ruptura, se cosieron los costados, obteniendo el formato de tamaño comercial de *tote bags*, y se agregaron dos asas para superficies externas para compensar el rendimiento relativamente bajo del biotextil (Figura 10). Después de coser las asas, el prototipo obtuvo un peso de 600 g.



FIG. 10. Prototipo experimental de tote bag con biotextil a partir de cáscaras de ajo.
FIG. 10. Experimental prototype of a tote bag with biotextile from garlic husks.

Se comprueba, por tanto, el carácter emergente de los enfoques de biodiseño de materiales y su aplicación en proyectos sostenibles como el que se presenta. Para convertirse en una opción alternativa plausible al uso de materiales industrializados, cuyo proceso genera desperdicios, en objetos de uso común como las *tote bags*, será necesario realizar mejoras en términos de desempeño mecánico, como se observa en el bajo desempeño del biotextil de cáscaras de ajo y, en este caso, la optimización de la no pegajosidad del material en el molde, evitando así el uso de vaselina. Esto implicaría optimizaciones en términos de desarrollo de materiales, con estudios detallados a través de la cooperación con especialistas en el campo de la biología, cuya participación transdisciplinaria en futuras investigaciones sería fundamental para garantizar un equilibrio de prestaciones sostenibles y funcionales en el desarrollo de nuevos materiales.

Además de una discusión sobre futuras mejoras para contribuir al campo transdisciplinario del biodiseño, el desarrollo de este proyecto experimental permite reflexionar sobre el ámbito de la economía material antecedente y que subyace en la viabilidad de metodologías que se proponen como alternativas a las de lógica lineal.

RESULTS AND DISCUSSION

After a week of post-drying, considered to ensure that the material did not contain traces of moisture that favored its rupture, the sides were sewn, obtaining the commercial size format of tote bags, and two handles were added for external surfaces to compensate the relatively low performance of the biotextile (Figure 10). After sewing the handles, the prototype's weight was 600g.

The emerging nature of biodesign approaches to materials and their application in sustainable projects such as the one presented is confirmed. In order to become a plausible alternative to the use of industrialized materials (whose process generates waste) in objects of common use such as tote bags, it will be necessary to make improvements in terms of mechanical performance, as observed in the low performance of the garlic husk biotextile. In addition, optimizing the non-stickiness of the material in the mold, thus avoiding the use of Vaseline. This would imply optimizations in terms of material development, with detailed studies through cooperation with specialists in the field of biology, whose transdisciplinary participation in future research would be essential to guarantee a balance of sustainable and functional benefits in the development of new materials.

In addition to a discussion about future improvements to contribute to the transdisciplinary field of biodesign, the development of this experimental project allows us to reflect on the field of antecedent material economy that underlies the viability of methodologies that are proposed as alternatives to those of linear logic.

La primera cuestión, en este sentido, es tomar conciencia de los factores que favorecen el desperdicio de alimentos, como el alargamiento de las cadenas de suministro y el consumo de alimentos, especialmente en los centros urbanos desarrollados, donde comúnmente hay una contracción del sector agrícola; cambios en los hábitos de consumo mundial según los estándares occidentales, lo que genera mayor presión sobre la cadena alimentaria mundial; y la creciente globalización del comercio, que eclipsa los servicios y suministros locales de cadena corta en el proceso de la industria alimentaria (Parfitt et al., 2010).

En estos centros desarrollados, los residuos se producen principalmente en la etapa de consumo, lo que justifica la necesidad de soluciones a escala local e individual que, a pesar de ser un proceso lento, requiere no solo campañas de sensibilización sobre la reducción del desperdicio alimentario, sino principalmente la participación de la población, reformas legislativas sobre el mercado y el consumo (Parfitt et al., 2010). La participación de sectores privados y del gobierno en el desarrollo sostenible de la economía circular y bioeconomía (Canada BioDesign, 2020), será fundamental para superar las barreras políticas de regulación y legislación; barreras de aceptación cultural y las barreras de acceso a la financiación y económicas, y barreras tecnológicas y en las infraestructuras que acaban impidiendo la implementación de prácticas sólidas de economía circular (Freek, 2016).

CONCLUSIONES

Ante la evidente necesidad de cambiar el tratamiento de la materia, los procesos de transformación y fabricación, y el diseño de objetos, servicios y espacios, hay un aspecto estructural que se expande a medida que los ámbitos de la acción humana adquieren mayores proporciones. Si por un lado es imprescindible salvaguardar el patrimonio cultural, en el caso de este artículo, y la gastronomía a través de incentivos socioculturales que favorezcan el mantenimiento de la cultura mediterránea inherente a las costumbres locales, es igualmente importante prestar atención a su apropiación por sectores económicos que derrochan frente al beneficio del mercado. El desconocimiento de los impactos de los patrones culturales, como consecuencia objetiva de un proyecto de sociedad de consumo, tiene efectos que se vienen observando desde hace mucho tiempo en el campo del desarrollo sostenible. De esta forma, y complementando las consideraciones realizadas en la discusión de este artículo, es un esfuerzo educativo estructural, en el ámbito de la educación cultural y formal, para promover la conciencia acerca de cómo el actual patrón globalizado de consumo afecta y corrobora el surgimiento de fenómenos de inestabilidad y reacción del medio natural.

Respecto al estudio descrito en este artículo, es necesario impulsar el desarrollo futuro en cuanto a su resistencia mecánica, así como otros ensayos posteriores a la fabricación del producto para certificar la eficiencia del material ligado a productos de corto, mediano y largo ciclo de vida, escalando así la durabilidad y el potencial de aplicación de este material.

The first issue, in this sense, is to become aware of the factors that favor food waste, such as the lengthening of supply chains and food consumption. Especially in developed urban centers, there is commonly a contraction of the agricultural sector; changes in global consumption habits by Western standards, creating further pressure on the global food chain; and increasing globalization of trade, dwarfing short-chain local services and supplies in the process of the food industry (Parfitt et al., 2010).

In these developed centers, waste is produced mainly at the consumption stage, which justifies the need for solutions at a local and individual level which, despite being a slow process, requires not only awareness campaigns on the reduction of food waste, but mainly the participation of the population, legislative reforms on the market and consumption (Parfitt et al., 2010). The participation of private sectors and the government in the sustainable development of the circular economy and bioeconomy (Canada BioDesign, 2020), will be essential to overcome the political barriers of regulation and legislation; cultural acceptance and access barriers to finance and economics, and technological and infrastructure barriers that end up preventing the implementation of solid circular economy practices (Freek, 2016).

CONCLUSIONS:

Faced with the evident need to change the treatment of the matter, the transformation, manufacturing processes, and the design of objects, services, and spaces, there is a structural aspect that expands as the spheres of human action acquire more significant proportions. If, on the one hand, it is essential to safeguard cultural heritage, in the case of this article, and gastronomy through socio-cultural incentives that favor the maintenance of the Mediterranean culture inherent in local customs, it is equally important to pay attention to its appropriation by economic sectors, which are led by the benefit of the market. Ignorance of the impacts of cultural patterns, as an objective consequence of a consumer society project, has effects that have been observed for a long time in sustainable development. In this way, and complementing the considerations made in the discussion of this article, it is a structural educational effort in the field of cultural and formal education to promote awareness about how the current globalized pattern of consumption affects and corroborates the emergence of phenomena of instability and reaction of the natural environment.

Regarding the study described in this article, it is necessary to promote future development in terms of its mechanical resistance, as well as other tests after the manufacture of the product to certify the efficiency of the material linked to products with short, medium, and long life cycles, thus scaling the durability and application potential of this material.

REFERENCIAS / REFERENCES

- Altan, B. (2020). *Organic Design Education for Circular Economy*. Industrial Designers Society of America, 1–8. <https://www.idsa.org/educationpaper/organic-design-education>
- Anil, S., Chalisserry, E. P., Nam, S. Y., & Venkatesan, J. (2019). Biomaterials for craniofacial tissue engineering and regenerative dentistry. In Z. Khurshid, S. Najeeb, M. S. Zafar, & F. Sefat (Eds.), *Advanced Dental Biomaterials* (pp. 643–674). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102476-8.00025-6>
- Baptista, P., Campos, I., Pires, I., & Vaz, S. (2012). Do Campo ao Garfo. Desperdício Alimentar em Portugal (1a ed.). CESTRAS. https://www.cncda.gov.pt/images/DocumentosLegislacao/Estudos_e_Relat%C3%B3rios/PERDA_do_campo_ao_garfo.pdf
- Benseñor, I. M. & Lotufo, P. A. (2020). Some lessons from the COVID-19 pandemic virus. *Sao Paulo Medical Journal*, v.138(3), 174–175. <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2020.138320052020>
- Canada BioDesign (Director). (2020). Canada BioDesign Conference—Panel 3: Disrupting the Linear Economy and Going Circular. https://www.youtube.com/watch?v=eq93GbLqll4&ab_channel=CanadaBioDesign
- Carvalho, H., Hirata, M., & Laiate, C. (2022). O urbano pós-pandemia: ensaio sobre as contradições da produção e apropriação capitalista do espaço sob a crise sanitária da COVID-19 no Brasil. *Revista da Universidade Federal de Minas Gerais*, 28(2), 414–445. <https://doi.org/10.35699/2316-770X.2021.32850>
- Claudio, L. (2007). Waste Couture: Environmental Impact of the Clothing Industry. *Environ Health Perspect*, 115(9), 449–454. <https://doi.org/10.1289/ehp.115-a449>
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards The Circular Economy: Economic and Business Rationale for An Accelerated Transition 1*. <https://emf.thirdlight.com/link/x8ay372a3r11-k6775n/@/preview/!?o>
- Ellen MacArthur Foundation. (n. d.). *What is Circular Economy?* <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>
- Esat, R., & Ahmed-Kristensen, S. (2018). Classification of Bio-Design Applications: Towards a Design Methodology. In DS 92: *Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference* (pp. 1031–1042). <https://doi.org/10.21278/idc.2018.0531>
- Farrant, L., Olsen, S. I., & Wangel, A. (2010). Environmental Benefits from Reusing Clothes. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(7), 726–736. <https://doi.org/10.1007/s11367-010-0197-y>
- Freek, van E. (2016). *La economía circular y las cuatro barreras que debe superar*. Revista HAZ Fundación. <https://hazrevista.org/rsc/2016/07/la-economia-circular-y-las-cuatro-barreras-que-debe-superar/>
- Grundling, R., Gazzola, R., & Araujo, A. (2021). Mercado Mundial do Alho: Tendências gerais e as implicações para o Brasil. In: *Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*, 59: *Ações coletivas e resiliência: inovações políticas, socioeconômicas e ambientais*. SOBER, 2021. <https://doi.org/10.29327/soberebpc2021.343459>
- Gwozdz, W., Nielsen, K. S., & Müller, T. (2017). An Environmental Perspective on Clothing Consumption: Consumer Segments and Their Behavioral Patterns. *Sustainability* 9(5), 1–27. <https://doi.org/10.3390/su9050762>
- Hobson, K. (2016). Closing the loop or squaring the circle? Locating generative spaces for the circular economy. *Progress in Human Geography*, 40(1), 88–104. <https://doi.org/10.1177/0309132514566342>
- Ibrahim, S., Riahi, O., Said, S. M., Sabri, M. F. M., & Rozali, S. (2019). Biopolymers From Crop Plants. *En Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11573-5>
- Mena, C., Adenso-Díaz, B., & Yurt, O. (2011). The causes of food waste in the supplier-retailer interface: Evidences from the UK and Spain. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(6), 648–658. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.09.006>
- Mestre, A. & Cooper, T. (2017). Circular Product Design. A Multiple Loops Life Cycle Design Approach for the Circular Economy. *The Design Journal*, 20(sup1), S1620–S1635. <https://www.doi.org/10.1080/14606925.2017.1352686>
- Michellini, G., Moraes, R. N., Cunha, R. N., Costa, J. M. H., & Ometto, A. R. (2017). From Linear to Circular Economy: PSS Conducting the Transition. In T. C. McAloone, D. C.A. Pigosso, N. H. Mortensen, Y. Shimomura (Eds.) *9th CIRP IPSS Conference: Circular Perspectives on PSS*, 64, (pp. 2–6). <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.012>
- Ministry of Environment and Food of Denmark. (2018). Life Cycle Assessment of grocery carrier bags (Environmental Protection Agency No. 1985; Environmental Project, p. 144). The Danish Environmental Protection Agency.
- Myers, W. (2018). *Biodesign: Nature, Science, Creativity*. Thames and Hudson.
- Oxman, N., Ortiz, C., Gramazio, F., & Kohler, M. (2015). Material Ecology. *Computer-Aided Design*, 60(March), 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2014.05.009>
- Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: Quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 3065–3081. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0126>
- Rahman, M. M., & Amin, T. (2017). Holistic Approach Towards Sustainable Fashion Industry (part 1). *Textile Today*. <https://www.textiletoday.com.bd/holistic-approach-towards-sustainable-fashion-industry-part-1/>
- Ribeiro, O. (1987). *Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico* (5.ª ed.) Livraria Sá da Costa.
- Stenmarck, Å., Jensen, C., Quested, T., & Moates, G. (2016). Estimates of European food waste levels. Estimates of European food waste levels. IVL Swedish Environmental Research Institute. <http://eu-fusions.org/phocadownload/Publications/Estimates%20of%20European%20food%20waste%20levels.pdf>
- Toprak, T., & Anis, P. (2017). Textile Industry’s Environmental Effects and Approaching Cleaner Production and Sustainability, an Overview. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, 2(4), 429–442. <https://doi.org/10.15406/jteft.2017.02.00066>
- United Nations Environment Programme (2021, March 4). *UNEP Food Waste Index Report 2021*. <https://www.unep.org/resources/report/unep-food-waste-index-report-2021>
- Valagão, M. M. (2011). Dieta mediterrânica, património imaterial da humanidade. *Revista da APH* 105, 24–27.
- Virgens, N. S. das. (2019). *Impacte Ambiental da Reutilização de Roupas: Um Estudo Exploratório da Associação Humana Portugal* [Unpublished Master thesis]. Universidade do Porto.

GUILHERME GIANTINI

giantinigu@gmail.com
FACULTAD DE BELLAS ARTES, UNIVERSIDAD
DE OPORTO, PORTO, PORTUGAL
ORCID ID 0000-0002-7537-7270

GUILHERME GIANTINI ES UN ARQUITECTO BRASILEÑO CON MAESTRÍA EN DISEÑO COMPUTACIONAL BIOMIMÉTICO DE LA UNIVERSIDAD DE CAMPINAS (UNICAMP), BRASIL. ES TAMBIÉN ESTUDIANTE DE MAESTRÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DE PRODUCTO (MDIP) EN LA FACULTAD DE BELLAS ARTES DE LA UNIVERSIDAD DE OPORTO (FBAUP), PORTUGAL. SUS INTERESES PROFESIONALES Y DE INVESTIGACIÓN ABARCAN LOS CAMPOS DEL BIODISEÑO, LA SOSTENIBILIDAD Y LA TEORÍA QUEER.

GUILHERME GIANTINI IS A BRAZILIAN ARCHITECT WITH A MASTER'S DEGREE IN BIOMIMETIC COMPUTATIONAL DESIGN FROM UNIVERSITY OF CAMPINAS (UNICAMP), BRAZIL. HE IS ALSO A MASTER'S STUDENT IN INDUSTRIAL AND PRODUCT DESIGN (MDIP) AT THE FACULTY OF FINE ARTS OF THE UNIVERSITY OF OPORTO (FBAUP), PORTUGAL. HIS PROFESSIONAL AND RESEARCH INTERESTS SPAN THE FIELDS OF BIODESIGN, SUSTAINABILITY, AND QUEER THEORY.

LÍGIA LOPES

ligialopes@fba.up.pt
FACULTAD DE BELLAS ARTES, UNIVERSIDAD
DE OPORTO, PORTO, PORTUGAL
ORCID ID 0000-0002-2520-8153

LÍGIA LOPES ES UNA DISEÑADORA INDUSTRIAL PORTUGUESA GRADUADA Y ACTIVISTA DEL DISEÑO PARTICIPATIVO CON UN DOCTORADO EN DISEÑO DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA DE LISBOA. PROFESORA ASISTENTE EN EL DEPARTAMENTO DE DISEÑO DE LA FACULTAD DE BELLAS ARTES DE LA UNIVERSIDAD DE OPORTO (FBAUP). TAMBIÉN ES INVESTIGADORA EN EL GRUPO HEAD (HEALTH + DESIGN LAB) EN EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DISEÑO, LOS MEDIOS Y LA CULTURA [ID+] Y EMBAJADORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN AVANZADA EN ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSIDAD DE BOLOGNA.

LÍGIA LOPES IS A PORTUGUESE GRADUATE INDUSTRIAL DESIGNER AND PARTICIPATORY DESIGN ACTIVIST WITH A PHD IN DESIGN FROM THE FACULTY OF ARCHITECTURE IN LISBON. SHE IS AN ASSISTANT PROFESSOR IN THE DESIGN DEPARTMENT OF THE FACULTY OF FINE ARTS OF THE UNIVERSITY OF OPORTO (FBAUP), PORTUGAL. SHE IS ALSO A RESEARCHER IN THE HEAD GROUP (HEALTH + DESIGN LAB) AT THE RESEARCH INSTITUTE FOR DESIGN, MEDIA AND CULTURE [ID+] AND AMBASSADOR OF THE ADVANCED RESEARCH UNIT AT ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITY OF BOLOGNA.

JORGE LINO ALVES

falves@fe.up.pt
INEGI Y FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD
DE OPORTO, PORTO, PORTUGAL
ORCID ID 0000-0002-9327-9092

JORGE LINO ALVES ES INGENIERO MECÁNICO Y PROFESOR ASOCIADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE OPORTO (FEUP), PORTUGAL. ES CODIRECTOR DEL MÁSTER EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DE PRODUCTO (MDIP), DIRECTOR DEL DESIGNSTUDIO Y DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN ADITIVA, PRESIDENTE DE LA SOCIEDAD PORTUGUESA DE MATERIALES Y DIRECTOR DE LA REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES (SPM). DESARROLLA INVESTIGACIÓN EN EL ÁREA DE DESARROLLO DE PRODUCTOS Y FABRICACIÓN ADITIVA, ES COAUTOR DE 5 LIBROS Y HA PUBLICADO MÁS DE 500 ARTÍCULOS.

JORGE LINO ALVES IS A MECHANICAL ENGINEER AND ASSOCIATE PROFESSOR AT THE FACULTY OF ENGINEERING OF THE UNIVERSITY OF OPORTO (FBAUP), PORTUGAL, PORTUGAL. HE IS CO-DIRECTOR OF THE MASTER IN INDUSTRIAL AND PRODUCT DESIGN (MDIP), DIRECTOR OF THE DESIGNSTUDIO AND THE ADDITIVE MANUFACTURING LABORATORY, PRESIDENT OF THE PORTUGUESE SOCIETY OF MATERIALS AND DIRECTOR OF THE JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY (SPM). HE CONDUCTS RESEARCH IN THE AREA OF PRODUCT DEVELOPMENT AND ADDITIVE MANUFACTURING, HAS CO-AUTHORED 5 BOOKS, AND HAS PUBLISHED MORE THAN 500 ARTICLES.