

RECUBRIMIENTOS TEXTILES DE BASE BIOLÓGICA Y BIOACTIVOS A PARTIR DE RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS VEGETALES

TEXTILE BIO-BASED AND BIOACTIVE COATINGS USING VEGETAL WASTE AND BY-PRODUCTS

AUGUSTA SILVA¹, HELENA VILAÇA¹, JÉSSICA ANTUNES¹, ASHLY ROCHA¹, CARLA SILVA¹

¹ CITEVE, CENTRO TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA TEXTIL Y DE LA CONFECCIÓN, V. N. FAMALICÃO, PORTUGAL

RECIBIDO: 1 DE AGOSTO DE 2022 // ACEPTADO: 7 DE DICIEMBRE DE 2022 • RECEIVED: AUGUST 1, 2022 // ACCEPTED: DECEMBER 7, 2022

ESTE PROYECTO TUVO COMO OBJETIVO CUMPLIR CON UNA DE LAS GRANDES TENDENCIAS DE CONSUMO RELACIONADA CON LAS ACTITUDES ÉTICAS Y AMBIENTALMENTE SOSTENIBLES. EL CONCEPTO PRINCIPAL FUE DESARROLLAR UN MATERIAL ALTERNATIVO AL CUERO NATURAL Y SINTÉTICO MEDIANTE LA CREACIÓN DE NUEVAS ESTRUCTURAS TEXTILES CON RECUBRIMIENTO BIOLÓGICO CON CREDENCIALES AMBIENTALES MEJORADAS Y EL USO DE DESECHOS VEGETALES Y SUBPRODUCTOS DE INDUSTRIAS AGROFORESTALES, ASÍ COMO BIOPOLÍMEROS. DIFERENTES RESIDUOS, COMO EL ASERRÍN Y LA CORTEZA DE PINO, SE INCORPORARON CON ÉXITO EN FORMULACIONES ACUOSAS POLIMÉRICAS Y SE APLICARON COMO RECUBRIMIENTOS TEXTILES. LA EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA DE ESTOS NUEVOS PRODUCTOS TEXTILES MOSTRÓ QUE PRESENTAN UN MENOR IMPACTO AMBIENTAL EN COMPARACIÓN CON EL CUERO NATURAL UTILIZADO PARA APLICACIONES DE ROPA Y CALZADO. EN GENERAL, EL MATERIAL ALTERNATIVO DESARROLLADO ES SOSTENIBLE Y FAVORABLE. EL USO DE SUBPRODUCTOS PARA CREAR MATERIALES DE BASE BIOLÓGICA PRESENTA UN GRAN POTENCIAL PARA UN AMPLIO ESPECTRO DE APLICACIONES EN OTROS CAMPOS DE LA INDUSTRIA TEXTIL Y DE LA CONFECCIÓN, COMO LA MODA, EL ECODISEÑO, LA ROPA DEPORTIVA Y DE PROTECCIÓN, LA DECORACIÓN DE MUEBLES, LOS TEXTILES PARA EL HOGAR, CALZADO, ACCESORIOS DE MODA, ENTRE OTROS.

PALABRAS CLAVE: REVESTIMIENTOS TEXTILES; MATERIALES VEGANOS; DESECHOS VEGETALES; ECONOMÍA CIRCULAR; SIMBIOSIS INDUSTRIAL

THIS WORK AIMED TO FULFIL ONE OF THE GREAT CONSUMER TRENDS RELATED TO ETHICALLY AND ENVIRONMENTALLY SUSTAINABLE ATTITUDES. THE MAIN CONCEPT WAS TO DEVELOP AN ALTERNATIVE MATERIAL TO NATURAL AND SYNTHETIC LEATHER BY CREATING NEW BIO-COATED TEXTILE STRUCTURES WITH IMPROVED ENVIRONMENTAL CREDENTIALS, AND TO USE VEGETABLE WASTES AND BY-PRODUCTS FROM AGROFORESTRY INDUSTRIES, AS WELL AS BIOPOLYMERS. DIFFERENT RESIDUES, SUCH AS SAWDUST AND PINE BARK WERE SUCCESSFULLY INCORPORATED IN POLYMERIC AQUEOUS FORMULATIONS AND APPLIED AS TEXTILE COATINGS. THE LIFE CYCLE ASSESSMENT OF THESE NEW TEXTILE PRODUCTS SHOWED THAT THEY PRESENT A LOWER ENVIRONMENTAL IMPACT IN COMPARISON TO NATURAL LEATHER USED FOR CLOTHING AND SHOE APPLICATIONS. OVERALL, THE ALTERNATIVE MATERIAL DEVELOPED HERE IS A FAVOURABLE SUSTAINABLE MATERIAL. THE USE OF BY-PRODUCTS TO CREATE BIO-BASED MATERIALS COMPRISES A GREAT POTENTIAL FOR A BROAD SPECTRUM OF APPLICATIONS IN OTHER FIELDS IN THE TEXTILE AND CLOTHING INDUSTRY SUCH AS FASHION, ECO-DESIGN, SPORTS AND PROTECTION APPAREL, FURNITURE DECORATION, HOME TEXTILES, FOOTWEAR, FASHION ACCESSORIES, IN ADDITION TO OTHERS.

KEYWORDS: TEXTILE COATINGS; VEGAN MATERIALS; VEGETAL WASTES; CIRCULAR ECONOMY; INDUSTRIAL SYMBIOSIS

INTRODUCCIÓN

El cuero es un material de base biológica y biodegradable con propiedades únicas que son muy valoradas para fines tales como resistencia y elasticidad, permeabilidad al vapor de agua, resistencia a la abrasión, durabilidad y longevidad. En el pasado, los materiales sintéticos competían con el cuero debido a los precios más bajos y, a menudo, se usaban textiles de poliéster recubiertos con películas de PVC o poliuretano, lo que los convertía en un material de origen completamente fósil. Aunque el cuero es de base biológica y renovable, está bajo una mayor presión debido a las discusiones en curso sobre las emisiones de gases de efecto invernadero de la ganadería, la sostenibilidad de la producción de cuero y el bienestar animal (Meyer et al., 2021). Además, la producción de desechos también se está convirtiendo en una preocupación mundial debido a sus efectos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana (Gaur et al., 2022). En la Unión Europea (UE), los consumidores producen alrededor de 5,8 millones de toneladas de residuos textiles cada año, y de estos, solo el 25% se recicla, mientras que el resto se deposita en vertederos o se incinera (Zhou et al., 2022).

Actualmente, el desarrollo sostenible se ha convertido en una prioridad y es necesario ir alejándose gradualmente de los recursos fósiles. En este contexto, la Bioeconomía surge como una alternativa que proporciona recursos de base biológica como reemplazos viables de las contrapartes basadas en fósiles para producir biomateriales (Mahari et al., 2021). Los subproductos y desechos de diferentes fuentes e industrias como la vegetal, agroforestal, alimentaria y los residuos industriales son frecuentemente utilizados como biomasa o eliminados en vertederos (Coelho et al., 2020). La utilización de residuos como materia prima para fabricar productos de valor agregado ha abierto nuevas vías que contribuyen a la sostenibilidad ambiental alineada con un modelo comercial circular (Gaur et al., 2022). Actualmente se producen 2010 millones de toneladas de desechos agroindustriales en todo el mundo y se estima que aumentarán a 3400 millones de toneladas en 2050 (Ahmad Khorairi et al., 2021). Estos desechos se consideran insumos de bajo valor, ya que todos estos subproductos no tratados y subutilizados pueden empeorar la contaminación ambiental y causar efectos nocivos en la salud humana y animal. Sin embargo, el uso de desechos agroindustriales en productos de valor agregado se ha convertido en un gran interés para la industria textil, debido a su amplia disponibilidad y diversidad, y también por sus propiedades y funcionalidades intrínsecas, que los convierte en una materia prima cada vez más atractiva para los productos químicos, producción de materiales y biocombustibles. En este sentido, el establecimiento de una economía biobasada de los procesos industriales para la industria textil, contribuirá directamente a sustituir recursos no renovables e intensivos en cuanto a sus emisiones por recursos renovables (Thorenz et al., 2018).

Los residuos o aditivos naturales pueden proporcionar diversas propiedades funcionales, como propiedades antimicrobianas, absorbentes, mecánicas y estructurales a los textiles, lo que abre una oportunidad para el desarrollo de soluciones textiles nuevas e innovadoras. La búsqueda de productos textiles con propiedades técnicas y funcionales diferenciadas y con mejores credenciales de sustentabilidad es cada vez más creciente. Cada vez es más importante lograr estas mejoras sin comprometer la apariencia, el tacto y la comodidad del artículo (Zhang et al., 2022). El aserrín, el café molido, la corteza de pino, la corteza

INTRODUCTION

Leather is a bio-based and biodegradable material with unique properties, which are highly valued for purposes such as strength and elasticity, water vapor permeability, abrasion resistance, durability, and longevity. In the past, synthetic materials competed with leather due to lower prices, and often polyester textiles coated by PVC or polyurethane films were used, making them a completely fossil-based material. Although leather is bio-based and renewable, it is under increased pressure due to ongoing discussions about greenhouse gas emissions from livestock farming, the sustainability of leather production, and animal welfare (Meyer et al., 2021). In addition, waste production is also becoming a global concern owing to its adverse effects on environment and human health (Gaur et al., 2022). In the European Union (EU), consumers produce about 5.8 million tons of textile waste every year, and of this, only 25% is recycled, while the remaining is landfilled or incinerated (Zhou et al., 2022).

Currently, sustainable development has become a priority with the necessity to gradually shift away from fossil resources as a key endeavour. In this context, bioeconomy emerges as an alternative providing bio-based resources as viable replacements to the fossil-based counterparts to produce biomaterials (Mahari et al., 2021). The by-products and waste from different sources and industries such as vegetable, agro-forestry, food and industrial residues are frequently used as biomass or disposed of in landfills (Coelho et al., 2020). The utilization of waste as a feedstock for production of value-added products has opened new avenues contributing to environmental sustainability aligned with a circular business model (Gaur et al., 2022). Currently 2.01 billion tons of agro-industrial wastes are produced worldwide and is estimated to increase to 3.40 billion tons to in 2050 (Ahmad Khorairi et al., 2021). These wastes are considered low-value input materials, since all these untreated and underutilized by-products may worsen the environmental pollution and cause harmful effects on human and animal health. However, using agro-industrial waste materials into value-added products has become a big interest for the textile industry, due to their wide availability and diversity, but also for their intrinsic properties and functionalities, that makes them an increasingly attractive feedstock for chemicals, materials and biofuels production. In this sense, the establishment of bio-based economies and industrial processes, such as the textile industry, will contribute directly to substitute emission-intensive and non-renewable resources with renewable resources (Thorenz et al., 2018).

Residues or natural additives can provide various functional properties such as antimicrobial, absorbent, mechanical and structural properties to textiles, opening an opportunity for the development of new and innovative textile solutions. The search for textile products with differentiated technical and functional properties and with better sustainability credentials is increasingly growing, without compromising the appearance, touch and comfort of the article is an increasingly important factor (Zhang et al., 2022). Sawdust, coffee grounds, pine bark, eucalyptus bark and others are among the most promising vegetable and agroforestry wastes for textile applications. Sawdust and composites of sawdust is a very abundant and inexpensive waste, obtained from wood processing industry such as furniture industry. Sawdust presents valuable properties such as good mechanical stability, rough surface, high porosity, high surface area, absorbency, high carbon content, easy biodegradation,

de eucalipto y otros, se encuentran entre los desechos vegetales y agroforestales más prometedores para aplicaciones textiles. El aserrín y los compuestos de aserrín son residuos muy abundantes y económicos, obtenidos de la industria de procesamiento de la madera, como la industria del mueble. El aserrín presenta propiedades valiosas como buena estabilidad mecánica, superficie rugosa, alta porosidad, alta área superficial, absorbencia, alto contenido de carbono, fácil biodegradación y fácil modificación, lo que permite su aplicación en diferentes áreas (Mallakpour et al., 2021). La corteza de pino también es un residuo muy abundante con un alto potencial para aplicaciones de revestimiento textil, proporcionándoles un color oscuro y un tono muy atractivo con algunas funcionalidades añadidas como propiedades antioxidantes, antimicrobianas y aromáticas (Coelho et al., 2020). Por lo tanto, este estudio se centró en el uso de subproductos agroindustriales para crear productos textiles de base biológica con atributos económicos y ecológicos a través de tecnologías de acabado, recubrimiento e inmersión.

METODOLOGÍA

La metodología aplicada en este trabajo consistió en desarrollar soluciones textiles recubiertas a partir del uso de residuos y subproductos vegetales con nuevas propiedades multifuncionales aliadas al diseño y efectos especiales de moda, para obtener alternativas al cuero natural. Para la demostración de la valorización potencial de los residuos vegetales, se desarrollaron varios prototipos textiles utilizando aserrín y corteza de pino. A continuación, se describe la metodología utilizada para cada caso.

ASERRÍN

MATERIALES. El aserrín se obtuvo localmente de una industria de muebles. Este residuo se secó a 100 °C durante 1 hora y luego se pasó por un tamiz con una apertura menor a 0,2 mm. Como sustrato base textil se utilizó un tejido de punto jersey 100% algodón con 152 g/m². Los productos comerciales Tubicoat MP, Tubicoat SHM, Tubicoat Stabilisator RP, fueron generosamente suministrados por CHT (Alemania); Imprafix 2794 de Covestro (Alemania); Luprintol Emulsifier PE, Hostapur SAS y Afilan A01 de Archroma (Alemania).

PREPARACIÓN DE LA PASTA DE RECUBRIMIENTO. La pasta se preparó mezclando Tubicoat MP con aserrín, Tubicoat SHM, Tubicoat Stabilisator RP, Imprafix 2794, Luprintol Emulsifier PE, Hostapur SAS y Afilan A01. La pasta de revestimiento se mezcló hasta que su viscosidad alcanzó 35 dPa.s y se espumó hasta una densidad de 322 g/L.

PROCESO DE RECUBRIMIENTO. La espuma se revistió sobre el sustrato textil usando un proceso de cuchillo sobre rodillo, con un espesor de 1 mm. Luego se secó entre 80 °C y 120 °C durante 5 minutos y se pasó entre rodillos de calandria. Se estudiaron dos condiciones diferentes utilizando la calandra: 40 °C a 120 bar y 130 °C a 120 bar. Finalmente, el sustrato se curó a 150 °C a 4 m/min y en un caso se sometió a gofrado con papel Latte (de Sappi) a 40 °C, 120 bar a 4 m/min.

PROCESO DE CAPA SUPERIOR. En algunas pruebas se aplicó una capa de acabado al sustrato revestido de textil para mejorar sus propiedades mecánicas. La formulación de la capa de acabado seleccionada incluía Bayhydrol UH2606 (de Covestro) con Tinuvin

and easy modification, enabling its application into different areas (Mallakpour et al., 2021). Pine bark is also a highly abundant residue with high potential for textile coating applications, providing the coatings a dark colour and a very attractive hue with some added functionalities such as antioxidant, antimicrobial and aromatic properties (Coelho et al., 2020). Thus, this study focused on using agro-industrial by-products to produce biobased textile products with economically and eco-friendly attributes through finishing, coating and dipping technologies.

METHODOLOGY

The methodology applied in this work consisted on developing coated textile solutions by using vegetable wastes and by-products with new multifunctional properties allied to design and special fashion effects, to obtain alternatives to natural leather. For the demonstration of the potential valorisation of vegetable wastes, several textile prototypes were developed using sawdust and pine bark. The methodology used for each case is described below.

SAWDUST

MATERIALS. Sawdust was locally supplied from a furniture industry. This residue was dried at 100 °C for 1 hour and then passed through a sieve with an aperture of less than 0.2 mm. A 100% cotton jersey knitted fabric with 152 g/m² was used as the textile base substrate. The commercial products Tubicoat MP, Tubicoat SHM, Tubicoat Stabilisator RP, were kindly supplied from CHT (Germany); Imprafix 2794 from Covestro (Germany); Luprintol Emulsifier PE, Hostapur SAS and Afilan A01 from Archroma (Germany).

COATING PASTE PREPARATION. The paste was prepared by mixing Tubicoat MP with sawdust, Tubicoat SHM, Tubicoat Stabilisator RP, Imprafix 2794, Luprintol Emulsifier PE, Hostapur SAS and Afilan A01. The coating paste was mixed until its viscosity reached 35 dPa.s and foamed until a density of 322 g/L.

COATING PROCESS. The foam was coated over the textile substrate using a knife over roll process, with a thickness of 1 mm. It was then dried between 80 °C and 120 °C for 5 minutes and passed between calender rollers. Two different conditions were studied using the calender: 40 °C at 120 bar and 130 °C at 120 bar. Finally, the substrate was cured at 150 °C at 4m/min and in one case, it was subjected to embossing using Latte paper (from Sappi) at 40 °C, 120 bar at 4 m/min.

TOPCOAT PROCESS. In some applications, a topcoat was applied to the textile coated substrate, to improve its mechanical properties. The selected topcoat formulation included Bayhydrol UH2606 (from Covestro) with Tinuvin 400DW and Tinuvin 123DW (from Basf), and was applied after substrate curing by knife coating using a film applicator of 120 µm and cured at 100 °C.

PINE BARK

MATERIALS. Pine bark was also acquired locally from a wood supplier. This residue was dried at 100 °C for 1 hour, grinded in a mill and passed through a sieve with aperture of less than 0.2 mm. A 100% organic cotton jacquard weaved fabric with 345 g/m² was used as the textile base substrate. The commercial products Tubicoat MP, Tubicoat SHM and Tubicoat Stabilisator RP were

400DW y Tinuvin 123DW (de Basf), y se aplicó después del curado del sustrato con una cuchilla usando un aplicador de película de 120 μm y se curó a 100 °C.

CORTEZA DE PINO

MATERIALES. La corteza de pino también se adquirió localmente de un proveedor de madera. Este residuo se secó a 100 °C durante 1 hora, se trituró en un molino y se pasó por un tamiz con apertura menor a 0,2 mm. Como sustrato base textil se utilizó un tejido jacquard 100% algodón orgánico de 345 g/m². Los productos comerciales Tubicoat MP, Tubicoat SHM y Tubicoat Stabilisator RP fueron suministrados generosamente por CHT (Alemania); Impranil ECO DLS e Imprafix 2794 de Covestro (Alemania); Inditan COV de Indinor (Portugal); Archroma (Alemania) suministró generosamente Luprintol Emulsifier, Hostapur SAS y Afilan A01 y Edolan XTP.

PREPARACIÓN DE LA PASTA DE RECUBRIMIENTO. La pasta se preparó mezclando una cantidad entre 4–10% de residuo de corteza de pino con Tubicoat MP, Impranil ECO DLS, Inditan COV, Tubicoat SHM, Tubicoat Stabilisator RP, Imprafix 2794, Luprintol Emulsifier, Hostapur SAS, Afilan A01 RP y Edolan XTP. La pasta de recubrimiento se mezcló hasta que su viscosidad alcanzó 36 dPa.s y se espumó hasta una densidad de 967 g/L.

PROCESO DE RECUBRIMIENTO. La pasta se aplicó en el sustrato textil utilizando un proceso de recubrimiento con cuchillo, con un espesor de 1,2 mm. Luego se secó a 90 °C a 4 m/min y se pasó por calandria a 120 °C, 100 bar a 3 m/min. Finalmente, el sustrato se termo fijó a 150 °C y 4 m/min.

TECNOLOGÍA DE RECUBRIMIENTO

Para todas las aplicaciones de recubrimiento de los prototipos, se utilizó la tecnología de recubrimiento con cuchillo y el proceso de cuchillo sobre rodillo (Figura 1).

kindly supplied by CHT (Germany); Impranil ECO DLS and Imprafix 2794 by Covestro (Germany); Inditan COV by Indinor (Portugal); Luprintol Emulsifier, Hostapur SAS and Afilan A01 and Edolan XTP were generously supplied from Archroma (Germany).

COATING PASTE PREPARATION. The paste was prepared by mixing an amount between 4–10% of pine bark residue with Tubicoat MP, Impranil ECO DLS, Inditan COV, Tubicoat SHM, Tubicoat Stabilisator RP, Imprafix 2794, Luprintol Emulsifier, Hostapur SAS, Afilan A01 RP and Edolan XTP. The coating paste was mixed until its viscosity reached 36 dPa.s and foamed until a density of 967 g/L.

COATING PROCESS. The paste was applied into the textile substrate using a knife coating process, with a thickness of 1,2 mm. It was then dried at 90 °C at 4 m/min and passed through a calender at 120 °C, 100 bar at 3 m/min. Finally, the substrate was thermofixed at 150 °C and 4m/min.

COATING TECHNOLOGY

For all coating applications of the prototypes, the knife coating technology and knife over roll process was used (Figure 1).



FIG 1. Visualización del proceso de recubrimiento utilizando aserrín (izquierda y centro) y corteza de pino (derecha) para construir los demostradores.

FIG 1. Visualisation of the coating process using sawdust (left and center) and pine bark (right) for building the demonstrators.

CARACTERIZACIÓN DE SUSTRATOS REVESTIDOS

Los sustratos revestidos se caracterizaron completamente para evaluar sus propiedades para el uso final previsto. El rendimiento mecánico de las soluciones desarrolladas se evaluó a través de una serie de pruebas normalizadas, entre ellas, resistencia a la fricción Veslic (ISO 11640:2012), resistencia a la abrasión Martindale (ISO 17704:2004), resistencia a la fricción Crockmeter (ISO 20433:2012), solidez del color (ISO 105-B02) y pelado del recubrimiento (ISO 11644:2009) (N/cm).

EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA

El estudio de evaluación del ciclo de vida (ECV) se basó en las normas NP EN ISO 14040:2008 y NP EN ISO 14044:2008 y se apoyó en el software GaBi 4. La evaluación de impacto ambiental se realizó para dos bases de cálculo diferentes, 100 kg de producto y 100 m² de producto, ya que los pesos de los diferentes prototipos varían mucho entre sí. Cuando fue posible, el estudio se basó en datos reales obtenidos de las empresas que participaban en el proyecto y donde se desarrollaban los prototipos industriales. La base de datos del software GaBi 4 proporcionó los datos restantes utilizados, como se indica en la Tabla 1.

CHARACTERISATION OF COATED SUBSTRATES

The coated substrates were fully characterised to evaluate its properties for the intended final use. The mechanical performance of the developed solutions was assessed through a series of normalized tests, namely Veslic friction resistance (ISO 11640:2012), Martindale abrasion resistance (ISO 17704:2004), Crockmeter friction resistance (ISO 20433:2012), colour fastness (ISO 105-B02) and coating peeling (ISO 11644:2009) (N/cm).

LIFE CYCLE ASSESSMENT

The Life Cycle Assessment (LCA) study was based on the NP EN ISO 14040:2008 and NP EN ISO 14044:2008 standards and supported by the software GaBi 4. The environmental impact assessment was carried out for two different calculation bases, 100 kg of product and 100 m² of product, since the weights of the different prototypes vary greatly from one another. When possible, the study was based on real data retrieved from the companies that were participating in the project and where the industrial prototypes were being developed. The GaBi 4 Software database provided the remaining data used, as indicated in Table 1.

TABLA 1: TIPOLOGÍA DE LOS DATOS UTILIZADOS PARA LA ECV

TABLE 1: TYPOLOGY OF THE DATA USED FOR THE LCA

ETAPA	STAGE	TIPO DE DATOS / DATA TYPE	FUENTE / SOURCE
Preparación y revestimiento de textiles	<i>Textile preparation and coating</i>	Medidas, específicas de la empresa / Measures, company specific	Tintex / Tintex
Pasos desde la producción de materias primas hasta la fabricación de tejidos/puntos - Algodón	<i>Steps from raw material production to fabric/knit fabrication - Cotton</i>	genéricos / generics	Base de datos GaBi4 / GaBi4 database
Pasos desde la producción de materias primas hasta la fabricación de tejidos/puntos: algodón orgánico	<i>Steps from raw material production to fabric/knit fabrication - Organic cotton</i>	genéricos / generics	Base de datos GaBi4 / GaBi4 database
Pasos desde la producción de materias primas hasta la fabricación de telas/mallas: PES reciclado	<i>Steps from raw material production to fabric/mesh fabrication - recycled PES</i>	genéricos / generics	Base de datos GaBi4 / GaBi4 database
Producción de electricidad	<i>Electricity production</i>	genéricos / generics	Base de datos GaBi4 / GaBi4 database
Producción de combustible	<i>Fuel production</i>	genéricos / generics	Base de datos GaBi4 / GaBi4 database
Producción de cuero para prendas de vestir y calzado	<i>Production of leather for clothing and shoes uppers</i>	genéricos / generics	CTIC / CTIC

Se analizaron los siguientes indicadores generales o intermedios que indican el consumo de recursos y emisiones de los productos objeto de análisis: consumo de energía (MJ), consumo de agua (kg), consumo de productos químicos (kg), residuos generados (kg), emisiones a la atmósfera (kg), emisiones al agua (kg). Los datos recopilados y trabajados durante la fase de inventario de ciclo de vida que representan el consumo de recursos y las emisiones producidas a lo largo del ciclo de vida del producto se convirtieron en categorías de impacto ambiental para la fase de evaluación de impacto de ciclo de vida. Esa categoría incluye: CML 2001 -potencial de calentamiento global; (GWP 100 años)- impacto de los gases de efecto invernadero en el cambio de temperatura. A la luz de estos indicadores generales y categorías de impacto ambiental, se caracterizaron los prototipos desarrollados y se compararon sus valores con el cuero natural.

RESULTADOS

La Figura 2 demuestra los resultados alcanzados para el tejido de punto de algodón recubierto con aserrín y sometido a diferentes condiciones de calandrado, tal como se describe en la sección de Metodología.

The following general or intermediate indicators were analysed, indicating the consumption of resources and emissions of the products under analysis: energy consumption (MJ), water consumption (kg), consumption of chemical products (kg), waste generated (kg), air emissions (kg), emissions to water (kg). The data collected and worked on during the Life Cycle Inventory phase that represents the consumption of resources and emissions produced throughout the life cycle of the product were converted into environmental impact categories for the Life Cycle Impact Assessment phase. That category include: CML 2001 - global warming potential; (GWP 100 years) - impact of greenhouse gases on temperature change. In light of these general indicators and categories of environmental impact, the developed prototypes were characterised and their values were compared with natural leather.

RESULTS

Figure 2 demonstrates the results achieved for the knitted cotton fabric coated with sawdust and subjected to different calendar conditions, as described in the Methodology section.



CALANDRADO A 40 °C Y 120 BAR

CALENDERING AT 40 °C AND 120 BAR



CALANDRADO A 40 °C Y 120 BAR,
UTILIZANDO PAPEL GOFRADO

CALENDERING AT 40 °C AND 120
BAR, USING EMBOSING PAPER



CALANDRADO A 130 °C Y 120 BAR

CALENDERING AT 130 °C AND 120 BAR



FIG 2. Tejido de algodón recubierto con aserrín, utilizando diferentes condiciones de calandrado.

FIG 2. Coated cotton fabric with sawdust, using different calendaring conditions.

Las diferentes condiciones de calendario utilizadas permitieron lograr diferentes efectos visuales, lo que aumenta las aplicaciones potenciales y destaca la versatilidad del uso de residuos para producir tejidos textiles recubiertos para diferentes aplicaciones. Adicionalmente, para aumentar las propiedades mecánicas de las telas recubiertas, se aplicó una capa final, como se describe en la sección de Metodología (Figura 3).

The different calendar conditions used allowed achieving different visual effects, which increases the potential applications and highlights the versatility of using residues for producing coated textile fabrics for different applications. Additionally, to increase the mechanical properties of the coated fabrics, a topcoat was applied, as described in the Methodology section (Figure 3).



FIG 3. Tejido de algodón revestido con aserrín, después de la aplicación de un acabado.

FIG 3. Coated cotton fabric with sawdust, after application of a topcoat.

Los sustratos revestidos obtenidos se caracterizaron para evaluar sus propiedades para el uso final previsto. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 2. Como conclusión general, las nuevas soluciones desarrolladas cumplen con las normas y especificaciones de rendimiento para las aplicaciones previstas.

The obtained coated substrates were characterised to evaluate its properties for the intended final use. The obtained results are summarised in Table 2. As a general conclusion, the new developed solutions fulfil the performance norms and specifications for the envisaged applications.

TABLA 2: EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO MECÁNICO DE LAS MUESTRAS TEXTILES RECUBIERTAS DE ASERRÍN

TABLE 2: MECHANICAL PERFORMANCE EVALUATION OF THE SAWDUST COATED TEXTILE SAMPLES

PRUEBA NORMATIVA / NORMATIVE TEST	SUSTRATO REVESTIDO A BASE DE ASERRÍN / WSAWDUST BASED COATED SUBSTRATE
Veslic ^{1,2} Veslic ^{1,2}	4/5; 5
Martindale ³ Martindale ³	≥60000 rev
Crockmeter ⁴ Crockmeter ⁴	5
Solidez del color ⁵ Colour fastness ⁵	3
Pelado de revestimiento (dry)/(N/cm) / Coating peeling (dry)/(N/cm)	31.2

¹ Veslic resistencia a la fricción – lado de la flor – grado de tinción; Piel seca / fieltro húmedo – 50 / 100 ciclos

¹ Veslic friction resistance – flower side – degree of staining; Dry skin / wet felt – 50 / 100 cycles

² Veslic resistencia a la fricción – lado de la flor – grado de cambio de color; Piel seca / fieltro húmedo – 50 / 100 ciclos

² Veslic friction resistance – flower side – degree of colour change; Dry skin / wet felt – 50 / 100 cycles

³ Martindale resistencia a la abrasión – seco – grado de abrasión

³ Martindale abrasion resistance – dry – abrasion degree

⁴ Crockmeter resistencia al roce – lado de la flor – grado de tinción; mojado y seco – 10 ciclos

⁴ Crockmeter friction resistance – flower side – degree of staining; wet and dry – 10 cycles

⁵ solidez a la luz – lámpara de xenón – lado de la flor; solidez del color

⁵ Light fastness – xenon lamp – flower side; Colour fastness

Finalmente, para mostrar las posibles aplicaciones de los tejidos revestidos, se desarrollaron varios demostradores. La Figura 4 muestra dos ejemplos de aplicación de los tejidos revestidos, destacando que se pueden desarrollar enfoques sostenibles y circulares para aplicaciones industriales, incluso cuando se necesitan propiedades mecánicas exigentes de alto rendimiento y sólidas, como en el caso de estos ejemplos.

Finally, to showcase the potential applications of the coated fabrics, several demonstrators were developed. Figure 4 shows two examples of application of the coated fabrics, highlighting that sustainable and circular approaches can be developed for industrial applications, even when demanding high performance and strong mechanical properties are needed, as in the case of these demonstrators.



FIG 4. Demostradores de la tela recubierta con residuos de aserrín aplicados en un sillón y zapatillas.
 FIG 4. Demonstrators of the coated fabric with sawdust residues applied into an armchair and shoes.

Para las aplicaciones de corteza de pino, se utilizó un tejido base diferente. Para este residuo, exploramos la estética de aplicar un revestimiento en un tejido de algodón jacquard (ver Figura 5). Estos tejidos jacquard adquieren un efecto tridimensional durante el tejido de la tela, creando diferentes efectos visuales.

For the pine bark applications, a different base fabric was used. For this residue, we have explored the aesthetics of applying a coating into a jacquard weaved cotton fabric (see Figure 5). These jacquard fabrics gain a tri-dimension effect during the weaving of the fabric, creating different visual effects.

JACQUARD DBARKOFF

JACQUARD MOSHER

JACQUARD OAKLAND

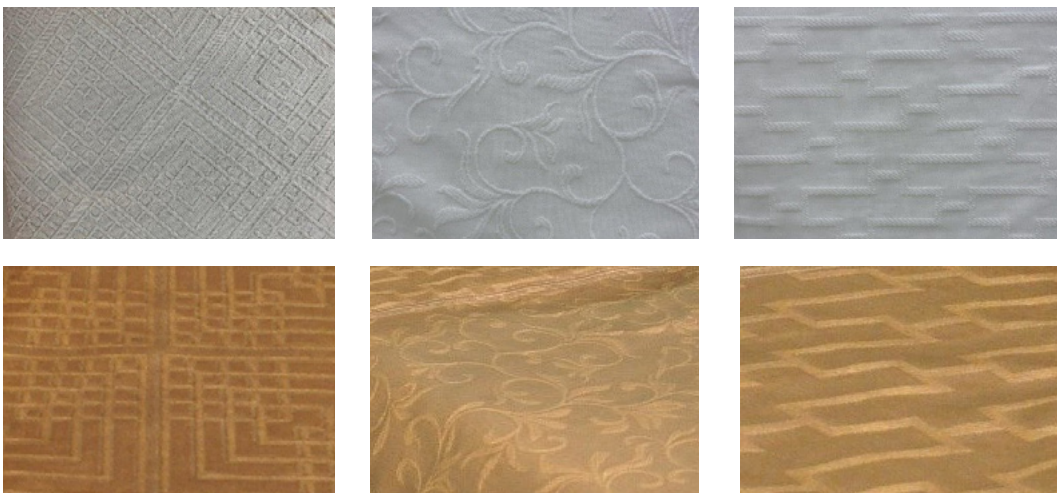


FIG 5. Visualización de las diferentes estructuras textiles jacquard utilizadas como capa base para el proceso de recubrimiento, antes (arriba) y después (abajo) del recubrimiento con el residuo de corteza de pino.

FIG 4. Visualisation of the different jacquard textile structures used as base layer for the coating process, before (top) and after (bottom) coating with the pine bark residue.

Los sustratos revestidos obtenidos se caracterizaron para evaluar sus propiedades para el uso final previsto. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 3.

The obtained coated substrates were characterised to evaluate its properties for the intended final use. The obtained results are summarised in Table 3.

TABLA 3: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MUESTRAS TEXTILES RECUBIERTAS CON CORTEZA DE PINO
TABLE 3: MECHANICAL PERFORMANCE EVALUATION OF THE PINE BARK COATED TEXTILE SAMPLES

PRUEBA NORMATIVA / NORMATIVE TEST	SUSTRATO REVESTIDO A BASE DE CORTEZA DE PINO / PINE BARK BASED COATED SUBSTRATE
Veslic ^{1,2} / Veslic ^{1,2}	1; 5
Martindale ³ / Martindale ³	≥60000 rev
Crockmeter ⁴ / Crockmeter ⁴	1;4/5
Solidez del color ⁵ / Colour fastness ⁵	4-5
Pelado de revestimiento (dry)/(N/cm) / Coating peeling (dry)/(N/cm)	42

¹ Veslic resistencia a la fricción – lado de la flor – grado de tinción; Piel seca / fieltro húmedo – 50 / 100 ciclos

¹ Veslic friction resistance – flower side – degree of staining; Dry skin / wet felt – 50 / 100 cycles

² Veslic resistencia a la fricción – lado de la flor – grado de cambio de color; Piel seca / fieltro húmedo – 50 / 100 ciclos

² Veslic friction resistance – flower side – degree of colour change; Dry skin / wet felt – 50 / 100 cycles

³ Martindale resistencia a la abrasión – seco – grado de abrasión

³ Martindale abrasion resistance – dry – abrasion degree

⁴ Crockmeter resistencia al roce – lado de la flor – grado de tinción; mojado y seco – 10 ciclos

⁴ Crockmeter friction resistance – flower side – degree of staining; wet and dry – 10 cycles

⁵ solidez a la luz – lámpara de xenón – lado de la flor; solidez del color

⁵ Light fastness – xenon lamp – flower side; Colour fastness

Al igual que en el caso anterior, se evaluaron las propiedades mecánicas de los tejidos revestidos y se concluyó que cumplen los requisitos para las soluciones previstas. Por lo tanto, se desarrollaron diferentes demostradores para aplicaciones textiles para el hogar, como puede verse en la Figura 6.

As in the previous case, the mechanical properties of the coated fabrics were evaluated, and it was concluded that they fulfil the requirements for the envisaged solutions. Therefore, different demonstrators were developed for home textiles applications, as can be depicted from Figure 6.



FIG 6. Demostradores del tejido jacquard recubierto con residuos de corteza de pino, orientado a aplicaciones textiles para el hogar.
FIG 6. Demonstrators of the jacquard coated fabric with pine bark residues, oriented to home textiles applications.

Se realizó un estudio ACV para mostrar la sostenibilidad de los demostradores desarrollados. La Tabla 4 muestra los datos de ACV obtenidos para los demostradores desarrollados utilizando aserrín y residuos de corteza de pino.

Como se muestra, dependiendo de la base utilizada para los cálculos, se obtienen diferentes impactos, pero en todos los casos estudiados, los impactos obtenidos para los demostradores son considerablemente inferiores al cuero natural (utilizado aquí como referencia). Las diferencias entre las dos bases de cálculo estudiadas se explican por los diferentes pesos (gramajes) de los demostradores desarrollados (en particular dados por la estructura base textil) y por lo tanto no se puede hacer una comparación directa.

An LCA study was conducted to show the sustainability of the developed demonstrators. Table 4 shows the LCA data obtained for the developed demonstrators using sawdust and pine bark residues.

As shown, depending on the basis used for the calculations, different impacts are attained, but in all the studied cases, the attained impacts for the demonstrators are considerably lower than natural leather (used here as reference). The differences between the two studied calculation basis can be explained by the different weights (grammages) for the developed demonstrators (in particular given by the textile base structure) and therefore a direct comparison cannot be made.

TABLE 4: CONSUMO DE RECURSOS Y EMISIONES DE LOS DEMOSTRADORES DESARROLLADOS
TABLE 4: RESOURCES CONSUMPTION AND EMISSIONS FOR THE DEVELOPED DEMONSTRATORS

SUBSTRATO SUBSTRATE	ASERRÍN / SAWDUST		CORTEZA DE PINO / PINE BARK		CUERO NATURAL / NATURAL LEATHER	
	100 Kg	100 m ²	100 Kg	100 m ²	100 Kg	100 m ²
Consumo de energía (MJ) Energy consumption (MJ)	20594	5025	7348	3475	25521	16465
Consumo de agua (MJ) Water consumption (MJ)	25931	6327	4043	1912	13936	8991
Uso de suelo agrícola (m2 año) Agricultural land use (m2 year)	1132	276.16	1102	521.08	0	0
Consumo de productos químicos (Kg) Chemicals consumption (Kg)	48	11.64	15	7.10	246	158.82
Residuos producidos (Kg) Waste produced (Kg)	991	241.73	899	425.41	275	177.16
Emisiones al agua (Kg) Emissions to water (Kg)	24670	6019.44	3819	8435.83	9758	6295.39
Emisiones al aire (Kg) Emissions to air (Kg)	5159	1258.77	1713	810.41	11277	7275.31

Finalmente, el potencial de calentamiento global (GWP) para los dos demostradores de recubrimientos textiles se determinó utilizando el software GaBi 4 y la metodología CML2001 (Sphera, n.d.) y se comparó con el del cuero natural, utilizado en este estudio como referencia. La Figura 7 muestra el GWP para los productos textiles estudiados, destacando el impacto global considerablemente menor de los recubrimientos a base de textiles con los residuos agroforestales, principalmente debido al consumo de energía significativamente menor.

Finally, the global warming potential (GWP) for the two textile coatings demonstrators was determined using GaBi 4 software and the methodology CML2001 (Sphera, n.d.) and compared with that of natural leather, used in this study as reference. Figure 7 shows the GWP for the studied textile products, highlighting the considerably lower global impact of the textile-based coatings with the agroforestry residues, mainly due to the significantly lower energy consumption.

POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (GWP 100 AÑOS)
GLOBAL WARNING POTENTIAL (GWP 100 YEARS)

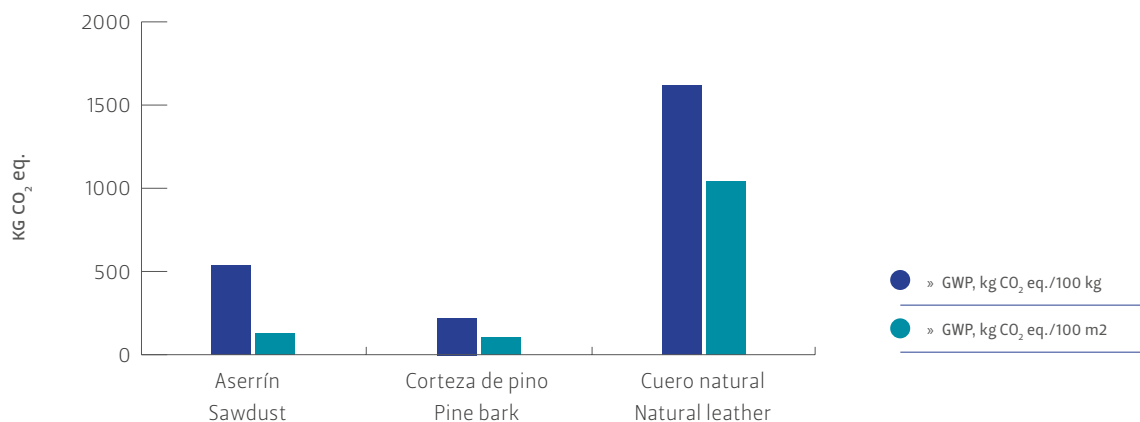


FIG 7. Potencial de calentamiento global calculado para los demostradores desarrollados, en comparación con el cuero natural.
FIG 7. Global warming potential calculated for the developed demonstrators, in comparison with natural leather.

DISCUSIÓN

En este estudio, hemos demostrado que el uso de subproductos y desechos de diferentes fuentes e industrias, como los residuos vegetales, se puede aplicar en los recubrimientos para proporcionar diferentes propiedades y apariencias estéticas a los tejidos recubiertos. Los prototipos desarrollados, tanto el prototipo de residuos de aserrín (con diferentes ajustes de calandria) como el prototipo de corteza de pino, presentaron muy buenas características táctiles y visuales.

En cuanto a las pruebas de validación y ensayos (solidez, resistencia y transpirabilidad), los resultados obtenidos fueron buenos, para ambos prototipos. Sin embargo, el prototipo de aserrín con calandrado a alta temperatura es el que presenta el mejor resultado de abrasión Martindale (según el patrón de cuero), y no mostró cambio de color en el frotado Veslic húmedo. Para el prototipo de corteza de pino, los resultados de fricción húmeda y resistencia a la abrasión mostraron algunos problemas. En general, se necesitan estudios sobre las mejores formulaciones y condiciones de aplicación, de modo que puedan mejorar la resistencia a la abrasión sin comprometer demasiado otros factores de los recubrimientos. En cuanto a la solidez a la luz, se obtuvieron excelentes resultados para ambos residuos.

Respecto al estudio EVC, el prototipo de aserrín presenta impactos ambientales globalmente mayores que la corteza de pino, principalmente por tener como sustrato textil base una malla de algodón 100% convencional, en contraste con el prototipo con corteza de pino en que se utilizó un tejido de algodón 100% biológico. Sin embargo, en comparación con el cuero natural, ambos prototipos tienen un menor impacto ambiental en general. Un claro inconveniente que a veces se señala por parte de la industria textil al usar residuos y subproductos, es la fuerte variación observada. Esto se debe a que los compuestos naturales tienen una gran variabilidad, que depende de la fuente y las condiciones de crecimiento, los procedimientos de extracción, el almacenamiento, entre otros. Sin embargo, creemos que esta variación puede ser una fortaleza para estos recubrimientos de base natural, abriendo un nuevo paradigma en la personalización

DISCUSSION

In this study, we have shown that the use of by-products and wastes from different sources and industries, such as vegetable residues, can be applied into coatings to provide different properties and aesthetics looks to the coated fabrics. The prototypes developed, both the sawdust waste prototype (with different calander settings) and the pine bark prototype, presented very good touch and visual characteristics.

Regarding the validation tests and trials (solidity, resistance and breathability), the results obtained were good, for both prototypes. However, the sawdust prototype with high temperature calendered is the one with the best Martindale abrasion result (according to the leather standard), and showed no colour change in the wet Veslic rubbing. For the pine bark prototype the wet friction and abrasion resistance results showed some problems. In general, studies are needed regarding the best formulations and application conditions, so that they could improve abrasion resistance without compromising too much on other factors of the coatings. As for the light fastness, excellent results were obtained for both wastes.

Regarding the LCA study, the sawdust prototype presents globally higher environmental impacts than the pine bark, mainly due to having as base textile substrate a 100% conventional cotton mesh and the prototype with pine bark being a 100% biological cotton fabric. However, compared to natural leather, both prototypes have lower environmental impacts overall.

A clear drawback sometimes appointed to the use of residues and by-products by the textile industry is the strong variation observed, due to the fact that natural compounds have a huge variability, that is dependent on the source and growth conditions, the extraction procedures, the storage, among others. Nevertheless, we believe that this variation can be a strength for these natural based coatings, opening a new paradigm into the customisation and originality of the textile products. A possible limitation might be the supply of these by-products, creating an opportunity to for the establishment of partnerships and circular economy business models.

y originalidad de los productos textiles. Una posible limitación podría ser el suministro de estos subproductos, creando una oportunidad para el establecimiento de asociaciones y modelos de negocios de economía circular.

CONCLUSIONES

En la industria textil, así como en la industria en general, la utilización de tecnologías de bajo impacto ambiental basadas en materias primas sostenibles presenta un enfoque prometedor para el desarrollo de textiles funcionales e innovadores. Se probaron con éxito diferentes aplicaciones y se crearon varios demostradores para ilustrar el potencial de este enfoque tecnológico hacia productos textiles sostenibles y circulares, con una apariencia estética única y excelentes propiedades mecánicas. Además, se realizó un estudio de EVC de la cuna a la cuna, que destacó las ventajas de utilizar estos residuos agroindustriales para disminuir el consumo de recursos (en particular, de energía y productos químicos) y las emisiones. El enfoque utilizado en este estudio destaca la importancia de la valorización de residuos y subproductos, evitando su incineración o depósito en vertederos.

CONCLUSIONS

In the textile industry, as well as in the industry in general, the utilization of low-environmental impact technologies that are based on sustainable raw materials, presents a promising approach for the development of functional and innovative textiles. Different applications were successfully tested, and several demonstrators were created, to show the potential of this technological approach for delivering sustainable and circular textile products, with a unique aesthetic look and excellent mechanical properties. Additionally, a cradle-to-cradle LCA study was conducted, highlighting the advantages of using these agro-industrial residues to decrease the resources consumption (in particular of energy and chemicals) and emissions. The approach used in this study highlights the importance of the valorisation of residues and by-products, avoiding their incineration or deposition into landfills.

REFERENCIAS / REFERENCES

- Ahmad Khorairi, A. N. S., Sofian-Seng, N. S., Othaman, R., Abdul Rahman, H., Mohd Razali, N. S., Lim, S. J., & Wan Mustapha, W. A. (2021). A review on agro-industrial waste as cellulose and nanocellulose source and their potentials in food applications. *Food Reviews International*, 1-26. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1926478>
- Coelho, L., Magalhães, A. I., Fernandes, S., Batista, P., Pintado, M., Faria, P., ... & Malgueiro, R. (2020). Innovation of Textiles through Natural By-Products and Wastes. In A. Körlü (Ed.), *Waste in Textile and Leather Sectors*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90014>
- Gaur, V. K., Sharma, P., Sirohi, R., Varjani, S., Taherzadeh, M. J., Chang, J. S., ... & Kim, S. H. (2022). Production of biosurfactants from agro-industrial waste and waste cooking oil in a circular bioeconomy: An overview. *Bioresource technology*, 343, 126059. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126059>
- Mahari, W. A. W., Waiho, K., Fazhan, H., Necibi, M. C., Hafsa, J., Mrid, R. B., ... & Sillanpää, M. (2021). Progress in valorisation of agriculture, aquaculture and shellfish biomass into biochemicals and biomaterials towards sustainable bioeconomy. *Chemosphere*, 133036. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133036>
- Mallakpour, S., Sirous, F., & Hussain, C. M. (2021). Sawdust, a versatile, inexpensive, readily available bio-waste: From mother earth to valuable materials for sustainable remediation technologies. *Advances in Colloid and Interface Science*, 295, 102492. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2021.102492>
- Meyer, M., Dietrich, S., Schulz, H., & Mondschein, A. (2021). Comparison of the technical performance of leather, artificial leather, and trendy alternatives. *Coatings*, 11(2), 226. <https://doi.org/10.3390/coatings11020226>
- Sphera (n.d.) CML 2001. Description of the CML 2001 Method. <https://gabi.sphera.com/international/support/gabi/gabi-lcia-documentation/cml-2001/>
- Thorenz, A., Wietschel, L., Stindt, D., & Tuma, A. (2018). Assessment of agroforestry residue potentials for the bioeconomy in the European Union. *Journal of Cleaner Production*, 176, 348-359. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.143>
- Zhang, C., Xue, J., Yang, X., Ke, Y., Ou, R., Wang, Y., Madbouly, S. A., & Wang, Q. (2022). From plant phenols to novel bio-based polymers. *Progress in Polymer Science*, 125, 101473. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2021.101473>
- Zhou, Q., Le, Q. V., Meng, L., Yang, H., Gu, H., Yang, Y., ... & Peng, W. (2022). Environmental perspectives of textile waste, environmental pollution and recycling. *Environmental Technology Reviews*, 11(1), 62-71. <https://doi.org/10.1080/21622515.2021.2017000>

AUGUSTA SILVA

asilva@citeve.pt
CITEVE, CENTRO TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA
TEXTIL Y DE LA CONFECCIÓN, V. N. FAMALICÃO,
PORTUGAL
ORCID ID: 0000-0003-1765-2315

MAESTRÍA EN INGENIERÍA TEXTIL DE LA
UNIVERSIDAD DE MINHO EN 2013, Y GRADUADA
EN INGENIERÍA TEXTIL DE LA UNIVERSIDAD DE
MINHO EN 1994. GERENTE DE INNOVACIÓN
DE IMPRESIÓN Y REVESTIMIENTO TEXTIL EN
CITEVE. INVESTIGADORA DEL DEPARTAMENTO
DE QUÍMICA Y BIOTECNOLOGÍA DEL CITEVE.
CON MÁS DE 20 AÑOS DE EXPERIENCIA EN
INVESTIGACIÓN Y CONSULTORÍA APLICADA Y
ORIENTADA A LA INDUSTRIA, AL MENOS SEIS
PATENTES Y VARIOS ARTÍCULOS PUBLICADOS EN
LIBROS Y REVISTAS ACADÉMICAS.

MASTER DEGREE IN TEXTILE ENGINEERING
FROM MINHO UNIVERSITY IN 2013, AND
GRADUATED IN TEXTILE ENGINEERING FROM
MINHO UNIVERSITY IN 1994. INNOVATION
MANAGER OF TEXTILE PRINTING AND COATING
AT CITEVE. RESEARCHER AT CHEMISTRY AND
BIOTECHNOLOGY DEPARTMENT AT CITEVE.
WITH MORE THAN 20 YEARS OF EXPERIENCE IN
APPLIED AND INDUSTRY-ORIENTED RESEARCH
AND CONSULTANT, AT LEAST SIX PATENTS AND
SEVERAL PUBLISHED PAPERS IN BOOKS
AND JOURNALS.

HELENA VILAÇA

hvilaca@citeve.pt
CITEVE, CENTRO TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA
TEXTIL Y DE LA CONFECCIÓN, V. N. FAMALICÃO,
PORTUGAL
ORCID ID: 0000-0002-8132-9080

GRADO EN QUÍMICA (2008, UM), MÁSTER EN
QUÍMICA MÉDICA (2010, UM) Y DOCTORA
EN CIENCIAS-QUÍMICA (2015, UM). EN
CITEVE ES INVESTIGADORA Y GESTORA DE
PROYECTOS EN EL DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
Y BIOTECNOLOGÍA. SU TRABAJO SE CENTRA
EN LA FUNCIONALIZACIÓN TEXTIL MEDIANTE
BIOADITIVOS, SOSTENIBILIDAD, ECONOMÍA
CIRCULAR, TEXTILES SANITARIOS, LEGISLACIÓN
SOBRE PRODUCTOS QUÍMICOS Y SU USO
SEGURO. TIENE UNA PATENTE INTERNACIONAL,
NUEVE ARTÍCULOS REVISADOS POR PARES,
UN CAPÍTULO DE LIBRO Y HA SUPERVISADO A
VARIOS ESTUDIANTES.

DEGREE IN CHEMISTRY (2008, UM), MASTER
IN MEDICINAL CHEMISTRY (2010, UM) AND
PHD IN SCIENCES- CHEMISTRY (2015, UM). IN
CITEVE SHE IS A RESEARCHER AND PROJECT
MANAGER AT THE DEPARTMENT OF CHEMISTRY
AND BIOTECHNOLOGY. HER WORK IS FOCUSED
ON TEXTILE FUNCTIONALIZATION USING
BIO-ADDITIVES, SUSTAINABILITY, CIRCULAR
ECONOMY, HEALTHCARE TEXTILES, LEGISLATION
ON CHEMICALS AND THEIR SAFE USE. SHE HAS
ONE INTERNATIONAL PATENT, NINE PEER-
REVIEWED ARTICLES, SIX BOOK CHAPTER, AND
SUPERVISED SEVERAL STUDENTS.

JÉSSICA ANTUNES

jantunes@citeve.pt
CITEVE, TECHNOLOGICAL CENTER FOR THE
TEXTILE & CLOTHING INDUSTRY, V. N. FAMALICÃO,
PORTUGAL
ORCID ID: 0000-0003-4946-2487

DEGREE IN BIOTECHNOLOGY (2021, UBI). SHE
IS A RESEARCHER AT THE CHEMISTRY AND
BIOTECHNOLOGY DEPARTMENT AT CITEVE,
FOCUSING MAINLY ON TEXTILE RECYCLING.
SOME OF HER RESEARCH INTERESTS ARE
SUSTAINABILITY, CIRCULAR ECONOMY,
BIOTECHNOLOGY, AND THE DEVELOPMENT
OF NEW CHEMICAL AND ENZYMIC
RECYCLING APPROACHES.

DEGREE IN BIOTECHNOLOGY (2021, UBI). SHE
IS A RESEARCHER AT THE CHEMISTRY AND
BIOTECHNOLOGY DEPARTMENT AT CITEVE,
FOCUSING MAINLY ON TEXTILE RECYCLING.
SOME OF HER RESEARCH INTERESTS ARE
SUSTAINABILITY, CIRCULAR ECONOMY,
BIOTECHNOLOGY, AND THE DEVELOPMENT
OF NEW CHEMICAL AND ENZYMIC
RECYCLING APPROACHES.

ASHLY ROCHA

arocha@citeve.pt
CITEVE, CENTRO TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA
TEXTIL Y DE LA CONFECCIÓN, V. N. FAMALICÃO,
PORTUGAL
ORCID ID: 0000-0002-9456-176X

GRADO EN CIENCIAS DE LA VIDA (2009, UOFT),
MAGÍSTER EN QUÍMICA MÉDICA (2011, UM)
Y CANDIDATA A DOCTORA EN CIENCIAS-
QUÍMICA APLICADA. ES INVESTIGADORA DEL
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA Y BIOTECNOLOGÍA
DEL CITEVE. SU TRABAJO SE BASA EN EL
RECICLAJE TEXTIL, LA FUNCIONALIZACIÓN
TEXTIL MEDIANTE MODIFICACIONES QUÍMICAS
SUPERFICIALES Y EL DESARROLLO DE
MATERIALES INNOVADORES. ALGUNOS DE
SUS INTERESES DE INVESTIGACIÓN SON LA
SOSTENIBILIDAD, LA ECONOMÍA CIRCULAR Y LOS
TEXTILES PARA EL CUIDADO DE LA SALUD. TIENE
CUATRO ARTÍCULOS REVISADOS POR PARES Y HA
SUPERVISADO A VARIOS ESTUDIANTES.

DEGREE IN LIFE SCIENCES (2009, UOFT),
MASTERS IN MEDICINAL CHEMISTRY (2011,
UM) AND A PHD CANDIDATE IN SCIENCES-
APPLIED CHEMISTRY. SHE IS A RESEARCHER AT
CHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGY DEPARTMENT
AT CITEVE. HER WORK IS BASED ON TEXTILE
RECYCLING, TEXTILE FUNCTIONALIZATION USING
CHEMICAL SURFACE MODIFICATIONS, AND
DEVELOPMENT OF INNOVATIVE MATERIALS.
SOME OF HER RESEARCH INTERESTS ARE
SUSTAINABILITY, CIRCULAR ECONOMY, AND
HEALTHCARE TEXTILES. SHE HAS CUATRO
PEER-REVIEWED ARTICLE AND HAS SUPERVISED
SEVERAL STUDENTS.

CARLA SILVA

cjsilva@citeve.pt

CITEVE, CENTRO TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA
TEXTIL Y DE LA CONFECCIÓN, V. N. FAMILICÃO,
PORTUGAL

ORCID ID: 0000-0002-7509-9135

GRADO EN INGENIERÍA BIOLÓGICA (UM 1996),
MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL
(USP-BRASIL 1999) Y DOCTORA EN QUÍMICA
TEXTIL (UM 2005). EN CITEVE LIDERA EL
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA Y BIOTECNOLOGÍA,
CON MÁS DE 20 AÑOS DE EXPERIENCIA EN
INVESTIGACIÓN APLICADA Y ORIENTADA A
LA INDUSTRIA, MÁS DE 40 ARTÍCULOS Y 10
PATENTES. SUS INTERESES DE INVESTIGACIÓN
ABARCAN VARIOS TEMAS, INCLUYENDO LA
INGENIERÍA DE SUPERFICIES, LA BIOTECNOLOGÍA,
LOS NANO REVESTIMIENTOS, LA OPTIMIZACIÓN
DE PROCESOS, LA SOSTENIBILIDAD DE
PROCESOS Y EL DESARROLLO DE MATERIALES,
FIBRAS Y POLÍMEROS INNOVADORES.

DEGREE IN BIOLOGICAL ENGINEERING (UM
1996), MASTER IN INDUSTRIAL BIOTECHNOLOGY
(USP-BRAZIL 1999) AND PHD IN TEXTILE
CHEMISTRY (UM 2005). AT CITEVE, SHE LEADS
THE CHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGICAL
DEPARTMENT, HAVING MORE THAN 20 YEARS
OF EXPERIENCE IN APPLIED AND INDUSTRY-
ORIENTED RESEARCH, MORE THAN 40 PAPERS
AND 10 PATENTS. HER RESEARCH INTERESTS
COVER VARIOUS TOPICS, RANGING FROM
SURFACE ENGINEERING, BIOTECHNOLOGY,
NANOCOATINGS, PROCESSES OPTIMIZATION,
PROCESSES SUSTAINABILITY AND DEVELOPMENT
OF INNOVATIVE MATERIALS, FIBRES AND
POLYMERS.

AGRADECIMIENTOS

PROYECTO MOVILIZADOR TEXBOOST – MENOS COMMODITIES MÁS ESPECIALIDADES (Nº 24523), EN
PPS5 – SOSTENIBILIDAD Y ECONOMÍA CIRCULAR, PROYECTO COFINANCIADO POR COMPETE 2020
– PROGRAMA OPERATIVO PARA LA COMPETITIVIDAD Y LA INTERNACIONALIZACIÓN Y EN PORTUGAL
2020 A TRAVÉS DEL FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL (FEDER). AGRADECEMOS LA
CONTRIBUCIÓN DE LOS PARTICIPANTES DE ESTE ESTUDIO: CITEVE (JOSÉ MORGADO, EUGÉNIA COELHO,
ROSA MAIA, LUÍS RAMOS); CENTI (BRUNA MOURA, REGINA MALGUEIRO, SARA FERNANDES), ERT
(MÓNICA GONÇALVES, FERNANDO MERINO, DAVID MACÁRIO, JOÃO BRANDÃO), CTIC (JOAQUIM GAIÃO,
RAQUEL MOURÃO, FILIPE CRISPIM).

ACKNOWLEDGMENTS

MOBILIZING PROJECT TEXBOOST – LESS COMMODITIES MORE SPECIALTIES (Nº 24523), IN PPS5
– SUSTAINABILITY AND CIRCULAR ECONOMY, A PROJECT CO-FINANCED BY COMPETE 2020 –
OPERATIONAL PROGRAM FOR COMPETITIVENESS AND INTERNATIONALIZATION AND IN PORTUGAL 2020
THROUGH EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND (ERDF). WE ACKNOWLEDGE THE PARTNERS
CONTRIBUTION TO THIS STUDY: CITEVE (JOSÉ MORGADO, EUGÉNIA COELHO, ROSA MAIA, LUÍS
RAMOS); CENTI (BRUNA MOURA, REGINA MALGUEIRO, SARA FERNANDES), ERT (MÓNICA GONÇALVES,
FERNANDO MERINO, DAVID MACÁRIO, JOÃO BRANDÃO), CTIC (JOAQUIM GAIÃO, RAQUEL MOURÃO,
FILIPE CRISPIM).