

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE CUERO DE LA INDUSTRIA DEL AUTOMÓVIL PARA DESARROLLAR RECUBRIMIENTOS TEXTILES INNOVADORES

VALORISATION OF LEATHER WASTE FROM AUTOMOBILE INDUSTRY TO DEVELOP INNOVATIVE TEXTILE COATINGS

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

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

RECIBIDO: 25 DE JULIO DE 2022 // ACEPTADO: 7 DE DICIEMBRE DE 2022 • RECEIVED: JULY 25, 2022 // ACCEPTED: DECEMBER 7, 2022

SE ESTUDIÓ EL DESARROLLO DE UNA NUEVA GENERACIÓN DE SOLUCIONES TEXTILES RECUBIERTAS BASADAS EN LA INCORPORACIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES DE CUERO NATURAL PROVENIENTE DE LAS OPERACIONES DE CORTE EN LA PRODUCCIÓN DE AUTOMÓVILES, QUE CONFERIRAN NUEVAS FUNCIONALIDADES Y EFECTOS DE MODA CON ECODISEÑO. ESTE ESTUDIO PROPORCIONA NUEVOS CONOCIMIENTOS SOBRE LAS PRINCIPALES TENDENCIAS DE LOS CONSUMIDORES, INCLUIDAS LAS ACTITUDES ÉTICAS, AMBIENTALES Y SOSTENIBLES, CENTRÁNDOSE EN LA SOSTENIBILIDAD DESDE UNA PERSPECTIVA DE ECONOMÍA CIRCULAR Y SIMBIOSIS INDUSTRIAL. EN ESTE CASO, LOS DESECHOS DE CUERO DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ SE TRANSFORMARON MEDIANTE PROCESOS MECÁNICOS Y QUÍMICOS. POSTERIORMENTE, LOS RESIDUOS RECICLADOS SE UTILIZARON PARA DESARROLLAR NUEVAS FORMULACIONES DE REVESTIMIENTO Y SE APLICARON COMO REVESTIMIENTOS TEXTILES PARA OBTENER UNA NUEVA GENERACIÓN DE SOLUCIONES MÁS SOSTENIBLES PARA REVESTIMIENTOS TEXTILES. LOS SUSTRATOS REVESTIDOS SE CARACTERIZARON POR COMPLETO Y SE REALIZARON UNA SERIE DE PRUEBAS NORMALIZADAS PARA DETERMINAR Y EVALUAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS Y FUNCIONALES. LAS SOLUCIONES DESARROLLADAS CUMPLIERON E INCLUSO SUPERARON LOS ESTÁNDARES DE DESEMPEÑO Y LAS ESPECIFICACIONES DE LOS SECTORES DE MODA, CALZADO Y ACCESORIOS, MUEBLES Y TEXTILES PARA EL HOGAR. CON LA ELABORACIÓN Y APLICACIÓN DE NOVEDOSAS FORMULACIONES DE RECUBRIMIENTOS, SE DESARROLLARON UNA SERIE DE PROTOTIPOS CON MATERIAL MEJORADO E INNOVADOR. LA EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA DE ESTOS NUEVOS PRODUCTOS TEXTILES DEMOSTRÓ QUE TIENEN UN MENOR IMPACTO AMBIENTAL EN COMPARACIÓN CON EL CUERO NATURAL UTILIZADO PARA APLICACIONES DE ROPA Y CALZADO. POR LO TANTO, SE LOGRÓ CON ÉXITO LA VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CUERO NATURAL HIDROLIZADO MEDIANTE APLICACIONES DE REVESTIMIENTO TEXTIL.

PALABRAS CLAVE: REVESTIMIENTOS TEXTILES; VALORIZACIÓN DE RESIDUOS; ALTERNATIVA DE CUERO; ECONOMÍA CIRCULAR; ACV

THE DEVELOPMENT OF A NEW GENERATION OF COATED TEXTILE SOLUTIONS BASED ON THE INCORPORATION OF INDUSTRIAL NATURAL LEATHER WASTE FROM AUTOMOBILE CUTTING OPERATIONS, CONFERRING NEW FUNCTIONALITIES WITH ECO-DESIGN AND FASHION EFFECTS WAS STUDIED. THIS WORK PROVIDES NEW INSIGHTS TO MAJOR CONSUMER TRENDS, INCLUDING ETHICAL, ENVIRONMENTAL, AND SUSTAINABLE ATTITUDES, FOCUSING ON SUSTAINABILITY FROM A CIRCULAR ECONOMY AND INDUSTRIAL SYMBIOSIS PERSPECTIVE. HEREIN, LEATHER WASTES FROM THE AUTOMOBILE INDUSTRY WERE TRANSFORMED USING BOTH MECHANICAL AND CHEMICAL PROCESSES. SUBSEQUENTLY, THE RECYCLED RESIDUES WERE USED TO DEVELOP NEW COATING FORMULATIONS AND APPLIED AS TEXTILE COATINGS, TO OBTAIN A NEW GENERATION OF MORE SUSTAINABLE-COATED TEXTILE SOLUTIONS. THE COATED SUBSTRATES WERE FULLY CHARACTERISED AND A SERIES OF NORMALIZED TESTS WERE CONDUCTED TO DETERMINE AND ASSESS THEIR MECHANICAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES. THE NEWLY DEVELOPED SOLUTIONS MET AND EVEN EXCEEDED THE PERFORMANCE STANDARDS AND SPECIFICATIONS OF THE FASHION, SHOES AND ACCESSORIES, FURNITURE AND HOME TEXTILE SECTORS. WITH THE ELABORATION AND APPLICATION OF NOVEL COATING FORMULATIONS, A SERIES OF PROTOTYPES WERE DEVELOPED WITH ENHANCED AND INNOVATIVE MATERIAL. THE LIFE CYCLE ASSESSMENT OF THESE NEW TEXTILE PRODUCTS DEMONSTRATED THAT THEY HOLD A LOWER ENVIRONMENTAL IMPACT IN COMPARISON TO NATURAL LEATHER USED FOR CLOTHING AND SHOE APPLICATIONS. HENCE, THE VALORISATION OF HYDROLYSED NATURAL LEATHER WASTES BY TEXTILE COATING APPLICATIONS WAS SUCCESSFULLY ACHIEVED.

KEYWORDS: TEXTILE COATINGS; WASTE VALORISATION; LEATHER ALTERNATIVE; CIRCULAR ECONOMY; LCA

INTRODUCCIÓN

La demanda de cambiar el paradigma del uso lineal de los recursos a un uso circular se ha visto acentuada por la crisis climática global. Más que nunca es necesario utilizar lo que se ha considerado como residuo o subproducto y aplicarlo como nueva materia prima para el desarrollo de nuevos productos. Para aumentar la aplicación de residuos, las simbiosis industriales son necesarias y de gran importancia, ya que lo que se considera un residuo de una industria puede ser un insumo muy valorado para otra (Chojnacka, et al., 2021). Los subproductos del cuero y los desechos de diferentes industrias, como la automotriz (y otros transportes), la tapicería, el calzado o la moda y los accesorios, a menudo se envían a vertederos, lo que contribuye a un impacto ambiental negativo masivo (Lawinska, 2021; Usenbekov et al., 2020). En el procesamiento mundial del cuero, se generan anualmente alrededor de 6 millones de toneladas de desechos sólidos (Li et al., 2019). Existe interés por los subproductos y su uso como sustituto de los productos químicos comercialmente agresivos utilizados en la industria textil y los nuevos materiales de cuero (cuya producción requiere procesos intensivos de curtido químico). Esto ha dado lugar a numerosas investigaciones sobre la valorización de estos materiales (Ebabu, et al., 2022). Sin embargo, se necesita hacer mucho más.

Los desechos de cuero han alcanzado un rango considerable de aplicabilidad en forma directa, o después de alguna transformación mecánica o químico/enzimática. Se han aplicado virutas y polvos de cuero directamente para reducir la cantidad de: cromo (VI) (Cr(VI)) utilizado en la curtiembre, absorción de aceite, hidrocarburos y disolventes, y adsorción de cloruros, grasas, taninos, tensioactivos y colorantes. (Ferreira, 2012; Korlu, 2020). Otros desechos del cuero, en este caso los residuos de los procesos de corte, suelen pasar por procesos de trituración y molido, que pueden utilizarse en diferentes aplicaciones. Por ejemplo, se podrían obtener estructuras multicapa o compuestas a partir de la mezcla de residuos triturados con aglomerantes y/o resinas y catalizadores y posterior prensado entre moldes metálicos de diversas configuraciones y tamaños (Pyle, 2012). Estos materiales se han aplicado en muebles, pisos, componentes de calzado, materiales de construcción, como aditivos para compuestos termoplásticos y como materiales de relleno para cauchos de refuerzo (Korlu, 2020). Por ejemplo, el papel Remake se fabrica a partir de los residuos desechados del proceso de fabricación del cuero y es un ejemplo revolucionario de supra reciclaje, en el que el 25% de la pulpa de celulosa de uso común se reemplaza por desechos de cuero (Favini, 2017). Algunos materiales con apariencia similar al cuero, obtenidos a partir de desechos de cuero molido, incluyen RecycLeather™ (Recyc Leather, n.d.), EcoDomo (EcoDomo, n.d.), Embrace™ (Fabric Suplly Incorporated, n.d.) o Atko (Recyc Leather, n.d.).

También se ha explorado la transformación química de los desechos del cuero mediante hidrólisis alcalina o ácida, o procesos enzimáticos, concretamente para la recuperación de colágeno y Cr(VI) (Moreira, 2008). El colágeno se puede utilizar en varios procesos en otras industrias (por ejemplo, las industrias alimentaria, agraria (fertilizante), cosmética, biomédica y textil) (Moreira, 2008), y el Cr(VI) se puede reintroducir aguas arriba en el proceso de curtido del cuero (Patente N° BR 10 2013 028947 7 A2, Santos, 2015). Gelatex© es un ejemplo de la aplicación de colágeno recuperado químicamente de desechos de cuero y carne.

INTRODUCTION

The demand to change the paradigm of the linear use of resources into circular use has been heightened by the global climate crisis. More than ever, it is necessary to use what has been considered as waste or by-products and apply it as new raw materials for the development of new products. To increase the application of wastes, industrial symbioses are necessary and of great importance, as what is considered a residue of one industry can be a much-valued input for another industry (Chojnacka, et al., 2021). Leather by-products and wastes from different industries, such as automobile (and other transports), upholstery, footwear, or fashion and accessories are often sent to landfills, contributing to a massive negative environmental impact (Lawinska, 2021), (Usenbekov et al., 2020). In the global leather processing, about 6 million tons of solid wastes were generated annually (Li et al., 2019). The interest in by-products and their use as a replacement for the commercially aggressive chemicals used in the textile industry, and new leather materials (which production requires intensive chemical tanning processes) has triggered lots of research on the valorisation of these materials (Ebabu, et al., 2022). Yet, much more needs to be done.

Leather wastes have achieved a range of applicability through its direct application, or after some mechanical or chemical/enzymatic transformation. Leather shavings and powders have been applied directly to reduce the amount of: chromium (VI) (Cr(VI)) used in the tanning agent, adsorption of oil, hydrocarbons and solvents, and adsorption of chlorides, fats, tannins, surfactants and dyes (Ferreira, 2012), (Korlu, 2020). Other leather wastes, namely the residues from cutting processes, usually go through crushing and grinding processes, after which they can be used in different applications. For example, multilayer or composite structures could be obtained from the mixture of grinded wastes with binders and/or resins and catalysts and subsequent pressing between metal moulds with various configurations and sizes (Pyle, 2012). With these processing procedures, materials with a leather-like appearance can be produced, although their properties may differ. Moreover, materials that require good sound insulation and even good thermal insulation can also be obtained (Ferreira, 2012) (Pyle, 2012). These materials have applications in furniture, floors, footwear components, construction materials, as additives for thermoplastic composites, and as filler materials for reinforcing rubbers (Korlu, 2020). For example, Remake paper is made from the discarded residue of the leather manufacturing process and is a revolutionary example of 'upcycling', where 25% of the commonly used cellulose pulp is replaced by leather wastes (Favini, 2017). Examples of materials with leather-like appearance, obtained from grinded leather wastes, include RecycLeather™ (Recyc Leather, n.d.), EcoDomo (EcoDomo, n.d.), Embrace™ (Fabric Suplly Incorporated, n.d.), or Atko (Recyc Leather, n.d.).

The chemical transformation of leather wastes through alkaline or acid hydrolysis, or enzymatic processes, has also been explored, namely for the retrieval of collagen and Cr(VI) (Moreira, 2008). Collagen can be used in several processes in other industries (e.g. food, agrarian (fertilizer), cosmetic, biomedical and textile industries), (Moreira, 2008), and Cr(VI) can be reintroduced upstream in the tanning process of leather (Patente No. BR 10 2013 028947 7 A2, Santos, 2015). Gelatex© is an example of the application of chemically retrieved collagen from leather and meat wastes. It is a non-woven obtained from the mixture

Es un no tejido obtenido a partir de la mezcla de nanofibras y colágeno (Gelutex, n.d.). Existe un alto potencial de aplicación de los residuos de cuero en el ciclo productivo de las empresas, ya que no se requieren instalaciones complejas en los procesos mecánicos ni químicos que transforman los residuos de cuero. Este estudio se centró en la I+D de la reutilización de residuos de cuero de la industria del automóvil y su aplicación en la industria textil, mediante el uso de tecnologías de recubrimiento para obtener materiales de alto valor con o sin apariencia de cuero. Creando así una oportunidad para el establecimiento de alianzas y modelos de negocios de economía circular. Además, se realizó el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de los materiales y se analizó su potencial para la certificación GRS y RCS.

METODOLOGÍA

La metodología aplicada en esta investigación consistió en el tamizado y selección de residuos de cuero, incluyendo su posterior procesamiento mecánico y químico para lograr la calidad, estabilidad, forma y/o desempeño deseado. Los residuos procesados se incorporaron en textiles comerciales como aditivos en formulaciones de revestimiento y se aplicaron sobre diferentes sustratos textiles. Se desarrollaron varios prototipos textiles utilizando cuero hidrolizado para demostrar la valorización potencial de los residuos de cuero. A continuación, se describe la metodología utilizada para cada caso.

REVISIÓN Y SELECCIÓN DE RESIDUOS

Los residuos y subproductos del cuero fueron proporcionados por la empresa ERT, que trabaja, entre otros, para el sector del automóvil, concretamente en la producción de elementos de cuero para el interior de vehículos. Los residuos utilizados en este trabajo resultaron del proceso de corte del cuero, los cuales fueron obtenidos por procesos de curtido sin cromo.

PROCESAMIENTO MECÁNICO Y QUÍMICO DE RESIDUOS

Las piezas de cuero se redujeron aún más en tamaño moliéndolas en un molino de cuchillas Pegasil EL-67 utilizando un tamiz de malla de 4 mm. Luego, los residuos de cuero molido se introdujeron en un foulon junto con un mil por ciento de agua durante 5 minutos con agitación continua. El pH se ajustó a 8 con la adición de carbonato de sodio al 5%. Posteriormente, se añadió enzima al 10% (Prota Bate P) con agitación continua durante 22 horas a 40°C. La temperatura se elevó a 90 °C durante 20 minutos con agitación continua. Se añadió un 6% de soda cáustica y una solución de cal al 2% y se agitó durante 2 horas. La solución resultante se utilizó en las formulaciones desarrolladas.

FORMULACIONES DE REVESTIMIENTO

De acuerdo con el residuo y el material textil utilizado, se desarrollaron diferentes formulaciones de pasta de recubrimiento.

PROTOTIPO 1 – CUERO NEGRO RECICLADO APLICADO SOBRE TEJIDO TEXTIL (67% LYO / 18% PES RECICLADO / 14% CO / 1% CV)

Pasta de recubrimiento La pasta de revestimiento se preparó mezclando cuero hidrolizado negro con una formulación de compuesto de poliuretano comercial, Tubicoat PUS de CHT (Alemania) y un espesante, Tubicoat verdicker LP de CHT (Alemania), hasta que su viscosidad alcanzó 93 dPa.s y pasta hasta una densidad de 1056g/L. La formulación se aditivó adicionalmente con el pigmento Bezaprint Black DT-B de CHT.

of nanofibers and collagen (Gelutex, n.d.). There is a high potential for leather wastes application in the productivity cycle of companies since both the mechanical and chemical processes for the transformation of leather wastes do not require complex installations.

This work focused on the R&D of the reuse of leather wastes from the automobile industry and its application in the textile industry, by using coating technologies to obtain high value materials with or without a leather-like appearance. Thus, creating an opportunity for the establishment of partnerships and circular economy business models. Moreover, the materials Life Cycle Assessment (LCA) was performed and their potential for the certification GRS and RCS was also analysed.

METHODOLOGY

The methodology applied in this work consisted in the screening and selection of leather residues, including their subsequent mechanical and chemical processing to achieve the desired quality, stability, shape, and/or performance. The processed residues were incorporated in commercial textile as additives in coating formulations, and applied over different textile substrates. Several textile prototypes were developed using hydrolysed leather to demonstrate the potential valorisation of the leather wastes. The methodology used for each case is described below.

RESIDUE SCREENING AND SELECTION

The leather wastes and by-products were provided by the company ERT, which works, among others, for the automobile sector, namely in leather car interiors. The residues used in this work resulted from the cutting process of leather, which were obtained by chrome-free tanning processes.

MECHANICAL AND CHEMICAL PROCESSING OF RESIDUES

The leather pieces were further reduced in size by grinding in a Pegasil EL-67 blade mill using a 4 mm mesh sieve. Then, the ground leather residues were introduced into a foulon together with one thousand per cent water for 5 minutes with continuous stirring. The pH was adjusted to 8 with the addition of 5% sodium carbonate. Subsequently, 10% enzyme (Prota Bate P) was added with continuous agitation for 22 hours at 40°C. The temperature was raised to 90°C for 20 minutes with continuous stirring. Six per cent of caustic soda and 2% lime solution were added and stirred for 2 hours. The resulting solution was used in the developed formulations.

COATING FORMULATIONS

According to the residue and the textile material used different coating paste formulations were developed.

PROTOTYPE 1 – RECYCLED BLACK LEATHER APPLIED ON TEXTILE FABRIC (67% LYO / 18% PES RECYCLED / 14% CO / 1% CV)

Coating paste The coating paste was prepared by mixing black hydrolysed leather with a commercial polyurethane compound formulation, Tubicoat PUS from CHT (Germany) and a thickener, Tubicoat verdicker LP from CHT (Germany), until its viscosity reached 93 dPa.s and paste until a density of 1056g/L. The formulation was further additivated with pigment Bezaprint Black DT-B from CHT.

Proceso de recubrimiento La pasta de revestimiento se aplicó sobre el sustrato textil mediante un proceso de revestimiento con cuchillo sobre rodillo, con un espesor de 0,75 mm. A continuación, se secó a 120 °C durante 5 minutos y se pasó por rodillos calandrados en caliente a 200 °C, 5,5 bar, 0,4 m/min, utilizando papel gofrado Carrara (de Sappi) a 40 °C, 120 bar a 4 m/min. Finalmente, el textil revestido se curó a 150 °C a 4 m/min.

PROTOTIPO 2 – CUERO RECICLADO DE COLOR (ROJO, AMARILLO Y BURDEOS) APLICADO SOBRE TEJIDO DE PUNTO JERSEY 100% ALGODÓN

Pasta de recubrimiento Se prepararon tres pastas de revestimiento diferentes mezclando cuero hidrolizado (rojo, amarillo y burdeos) por separado con una formulación de compuesto de poliuretano comercial, Tubicoat PUS de CHT (Alemania) y un espesante, Tubicoat verdicker LP de CHT (Alemania), hasta que su viscosidad alcanzó 93 dPa.s y pasta hasta una densidad de 1060 g/L. Las formulaciones de cuero hidrolizadas de colores se aditivaron adicionalmente con pigmentos: cuero rojo: Imperon Red K-GC de DyStar (Alemania); cuero amarillo: Bezaprint Yellow 3GT de CHT (Alemania); cuero burdeos: Imperon RedBrown HF-G de DyStar (Alemania).

Proceso de recubrimiento La pasta de revestimiento se aplicó sobre el sustrato textil mediante un proceso de revestimiento con cuchillo sobre rodillo, con un espesor de 0,75 mm. Luego se secó a 100 °C durante 5 minutos, se curó a 150 °C a 4 m/min. y se pasó por rodillos calandrados en caliente a 185 °C, 3 bar, 0,4 m/min, utilizando el papel gofrado mate (de Tintex).

PROTOTIPO 3 – CUERO RECICLADO MARRÓN APLICADO EN TEJIDO DE PUNTO INTERLOCK (89% PES (69% PES RECICLADO) / 11% EA)

Pasta de recubrimiento La pasta de recubrimiento se preparó mezclando cuero hidrolizado marrón con una formulación de compuesto de poliuretano comercial, Tubicoat PUS de CHT (Alemania) y un espesante, Tubicoat verdicker LP de CHT (Alemania), hasta que su viscosidad alcanzó 93 dPa.s y pasta hasta una densidad de 1056 g/L.

Proceso de recubrimiento La pasta de recubrimiento se aplicó sobre el sustrato textil utilizando una tecnología de recubrimiento con cuchillo sobre rodillo, con un espesor de 0,80 mm. Luego se secó entre 100 °C-120 °C durante 4 minutos y se pasó por rodillos de calandria caliente a 190 °C, 5,5 bar, 0,4 m/min, utilizando papel gofrador Carrara (de Sappi). Finalmente, el textil revestido se curó a 150 °C a 4 m/min.

Aplicación de capa final Se aplicó una capa de acabado sobre el sustrato de textil revestido, para mejorar sus propiedades mecánicas y el tacto. La formulación de la capa de acabado seleccionada incluía Lamfinish TOP/O de Lamberti (Italia) con el espesante Edolan XTP de Tanatex (Alemania) para lograr la viscosidad adecuada, y se aplicó con espátula después de secar el sustrato.

TECNOLOGÍA DE RECUBRIMIENTO

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

Coating process The coating paste was applied over the textile substrate using a knife over roll coating process, with a thickness of 0.75 mm. It was then dried at 120°C for 5 minutes and passed through hot calender rollers at 200 °C, 5.5 bar, 0.4 m/min, using the Carrara embossing paper (from Sappi) at 40 °C, 120 bar at 4 m/min. Finally, the textile coated was cured at 150 °C at 4m/min.

PROTOTYPE 2 – COLOURED RECYCLED LEATHER (RED, YELLOW AND BORDEAUX) APPLIED ON 100% COTTON JERSEY KNITTED FABRIC

Coating paste Three different coating pastes were prepared by mixing hydrolysed leather (red, yellow, and bordeaux) separately with a commercial polyurethane compound formulation, Tubicoat PUS from CHT (Germany) and a thickener, Tubicoat verdicker LP from CHT (Germany), until its viscosity reached 93 dPa.s and paste till a density of 1060 g/L. The colourful hydrolysed leather formulations were further additivated with pigments: red leather: Imperon Red K-GC from DyStar (Germany); yellow leather: Bezaprint Yellow 3GT from CHT (Germany); bordeaux leather: Imperon RedBrown HF-G from DyStar (Germany).

Coating process The coating paste was applied over the textile substrate using a knife over roll coating process, with a thickness of 0.75 mm. It was then dried at 100 °C for 5 minutes, cured at 150 °C at 4 m/min and passed through hot calender rollers at 185 °C, 3 bar, 0.4 m/min, using the mate embossing paper (from Tintex).

PROTOTYPE 3 – BROWN RECYCLED LEATHER APPLIED IN INTERLOCK KNITTED FABRIC (89% PES (69% RECYCLED PES)/ 11% EA)

Coating paste The coating paste was prepared by mixing brown hydrolysed leather with a commercial polyurethane compound formulation, Tubicoat PUS from CHT (Germany) and a thickener, Tubicoat verdicker LP from CHT (Germany), until its viscosity reached 93 dPa.s and paste until a density of 1056 g/L.

Coating process The coating paste was applied over the textile substrate using a knife over roll coating technology, with a thickness of 0.80 mm. It was then dried between 100 °C-120 °C for 4 minutes and passed though hot calender rollers at 190 °C, 5.5 bar, 0.4 m/min, using the Carrara embossing paper (from Sappi). Finally, the coated textile was cured at 150 °C at 4m/min.

Topcoat application A topcoat was applied to the textile-coated substrate, to improve its mechanical properties and the touch. The selected topcoat formulation included Lamfinish TOP/O from Lamberti (Italy) with the thickener Edolan XTP from Tanatex (Germany) to achieve the adequate viscosity, and was applied by knife coating after the substrate was dried.

COATING TECHNOLOGY

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

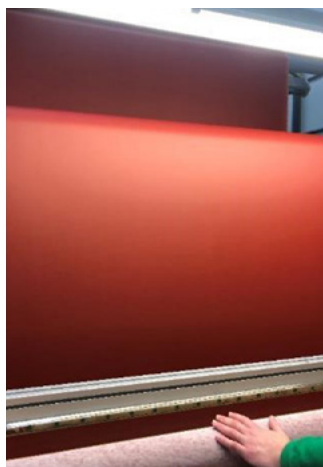


FIG 1. Visualización del proceso de recubrimiento utilizando residuos de cuero hidrolizado.
FIG 1. Visualisation of the coating process using hydrolysed leather waste.

SUSTRATOS TEXTILES

Como sustrato textil para el cuero negro hidrolizado se utilizó un tejido textil blanco 67% LYO/ 18% PES Reciclado/ 14% CO/ 1% CV con 241 g/m². Se utilizó un tejido de punto jersey 100% algodón con 152 g/m² para los coloridos revestimientos de cuero hidrolizado. Para el cuero hidrolizado marrón se utilizó un tejido de punto interlock 89% PES (69% contenido reciclado) / 11% EA, con 300 g/m².

TEXTILE SUBSTRATES

A white textile fabric 67% LYO/ 18% PES Recycled/ 14% CO/ 1% CV with 241 g/m² was used as the textile substrate for the black hydrolysed leather. A 100% cotton jersey knitted fabric with 152 g/m² was used for the colourful hydrolysed leather coatings. An interlock knit fabric 89% PES (69% recycled content) / 11% EA, with 300 g/m² was used for the brown hydrolysed leather.

CARACTERIZACIÓN DE SUSTRATOS REVESTIDOS

Los sustratos revestidos fueron completamente caracterizados para evaluar sus propiedades en términos de rendimiento, uso, mantenimiento y limpieza doméstica (abrasión y fricción mecánica, resistencia a la luz, resistencia al lavado, etc.) para aplicaciones en moda, calzado y complementos. 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).

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LOS PROTOTIPOS DESARROLLADOS

Todos los datos recopilados y procesados se analizaron para evaluar los impactos ambientales mediante el software GaBi 4. El estudio de impacto ambiental se ha realizado para dos bases de cálculo diferentes, 100 kg de producto y 100 m² de producto, ya que los pesos de los distintos 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. El Centro Tecnológico de la Industria del Cuero (CTIC) proporcionó datos sobre el proceso de producción del cuero y el consumo típico de procesamiento. 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 characterized to evaluate their properties in terms of performance, use, maintenance, and domestic cleaning (abrasion and mechanical friction, light resistance, wash resistance, etc.) for applications in fashion, footwear and accessories. 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 OF THE DEVELOPED PROTOTYPES

All data collected and processed was analysed to assess the environmental impacts by the GaBi 4 software. 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 Leather Industry Technological Center (CTIC) provided data regarding the leather production process and the typical processing consumption. The GaBi 4 Software database provided the remaining data used, as indicated in Table 1.

TABLA 1: TIPOLOGÍA DE LOS DATOS UTILIZADOS PARA EL ACV

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 <i>Measures, company specific</i>	Tintex <i>Tintex</i>
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 <i>generics</i>	Base de datos GaBi4 <i>GaBi4 database</i>
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 <i>generics</i>	Base de datos GaBi4, Bibliografía (I. Shen et al, 2010) <i>GaBi4 database, Bibliography (I. Shen et al, 2010)</i>
Producción de electricidad <i>Electricity production</i>	genéricos <i>generics</i>	Base de datos GaBi4 <i>GaBi4 database</i>
Producción de combustible <i>Fuel production</i>	genéricos <i>generics</i>	Base de datos GaBi4 <i>GaBi4 database</i>
Producción de cuero para prendas de vestir y calzado <i>Production of leather for clothing and shoes uppers</i>	genéricos <i>generics</i>	CTIC <i>CTIC</i>

Se analizaron los siguientes indicadores generales o intermedios que indican el consumo de recursos y emisiones de los productos constituyentes como 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) (Tabla 4). 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. Estas categorías incluyen: CML 2001 - potencial de calentamiento global; (GWP 100 años) - impacto de los gases de efecto invernadero en el cambio de temperatura; CML 2001 - potencial de toxicidad humana (HTP inf) - efecto de productos tóxicos en humanos; CML 2001 - potencial de eco toxicidad marina acuática (MAEPT inf) - efecto de sustancias tóxicas en el ecosistema marino; CML 2001 - Agotamiento Abiótico (ADP) - es un indicador del consumo de recursos no renovables; CML 2001 - Potencial de Acidificación (AP) - relativo a la deposición de sustancias ácidas en el aire, el agua y el suelo; CML 2001 - Potencial de eutrofización (EP) - refleja los efectos de la nitrificación, resultantes de la adición de nutrientes al suelo. A la luz de estos indicadores generales y categorías de impacto ambiental, se caracterizaron dos prototipos desarrollados industrialmente y se compararon sus valores con los de cuero para capelladas y cuero para ropa.

FACTIBILIDAD DE CERTIFICACIÓN PARA GRS (GLOBAL RECYCLED STANDARD) Y RCS (RECYCLED CLAIM STANDARD) DE LOS PROTOTIPOS DESARROLLADOS
Se cuantificó el contenido reciclado en los productos finales, lo que a su vez determinó si cada solución podía: obtener la certificación GRS ($\geq 20\%$ de contenido reciclado), usar la etiqueta GRS (5 a 100% de contenido reciclado) u obtener la certificación RCS (5 al 100% de contenido reciclado). Estas cantidades deben mostrarse con trazabilidad. La etiqueta Recycled 100 es específica para productos con contenido 100% reciclado.

RESULTADOS

En definitiva, los principales resultados obtenidos en este proyecto de I+D consisten en:

- Prototipos de soluciones textiles revestidas más sostenibles con incorporación de residuos de cuero natural de la industria del automóvil: una nueva alternativa al cuero natural
- ACV de los nuevos productos textiles revestidos
- Evaluación de Viabilidad para la clasificación de los nuevos materiales con estándares RCS y GRS
- Demostradores producidos con los prototipos de nuevas alternativas al cuero natural.

PROTOTIPOS

El principal resultado de esta investigación es una nueva generación de soluciones textiles revestidas más sostenibles que utilizan residuos y subproductos resultantes del proceso de corte de piezas de cuero de la industria automotriz (para revestimiento interior de automóviles). Las soluciones textiles recubiertas más prometedoras con residuos de cuero natural, es decir, prototipos de un textil con contenido reciclado recubierto con cuero negro hidrolizado (Figura 2), un textil 100% CO recubierto con cueros hidrolizados rojo, amarillo o burdeos (Figura 3), y un textil con contenido reciclado recubierto con cuero marrón hidrolizado (Figura 4) fueron desarrollados y presentados en este artículo.

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) (Table 4). 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. These categories include: CML 2001 - global warming potential; (GWP 100 years) - impact of greenhouse gases on temperature change; CML 2001 - human toxicity potential (HTP inf) - effect of toxic products on humans; CML 2001 - marine aquatic ecotoxicity potential (MAEPT inf) - effect of toxic substances on the marine ecosystem; CML 2001 - Abiotic Depletion (ADP) - is an indicator of the consumption of non-renewable resources; CML 2001 - Acidification Potential (AP) - relative to the deposition of acidic substances in air, water and soil; CML 2001 - Eutrophication Potential (EP) - reflects the effects of nitrification, resulting from the addition of nutrients to the soil. In light of these general indicators and categories of environmental impact, two industrially developed prototypes were characterised and their values were compared with those of leather for shoe uppers and leather for clothing.

FEASIBILITY OF CERTIFICATION FOR GRS (GLOBAL RECYCLED STANDARD) AND RCS (RECYCLED CLAIM STANDARD) OF THE DEVELOPED PROTOTYPES

The recycled content in the final products was quantified which in turn dictated if each solution was able to: obtain GRS certification ($\geq 20\%$ recycled content), use the GRS label (5 to 100% recycled content), or obtain RCS certification (5 to 100% recycled content). These amounts must be shown with traceability. The Recycled 100 label is specific for products with 100% recycled content.

RESULTS

In short, the main results achieved in this R&D project consist of:

- Prototypes of more sustainable coated textile solutions with incorporation of natural leather wastes from the automobile industry - a new alternative to natural leather
- LCA of the new textile coated products
- Viability Assessment for the classification of the new materials with RCS and GRS standards
- Demonstrators produced with the prototypes of new alternatives to natural leather.

PROTOTYPES

A new generation of more sustainable coated textile solutions using residues and by-products resulting from the cutting process of leather pieces of the automobile industry (for car interior lining), was the main result of this work. The most promising textile coated solutions with natural leather wastes, namely prototypes of a textile with recycled content coated with hydrolysed black leather (Figure 2), a 100% CO textile coated with hydrolysed red, yellow, or bordeaux leathers (Figure 3), and a textile with recycled content coated with hydrolysed brown leather (Figure 4) were developed and herein presented.



PROTOTIPO 1 – CUERO RECICLADO NEGRO

Estructura de la tela: Tejido textil

Composición de la tela: 67% LYO/ 18% PES Recycled/ 14% CO/ 1% CV

Masa de tela por unidad de área: 241g/m²

Revestimiento: Virutas de cuero negro hidrolizadas

PROTOTYPE 1 – BLACK RECYCLED LEATHER

Fabric structure: Textile fabric

Fabric composition: 67% LYO/ 18% PES Recycled/ 14% CO/ 1% CV

Fabric mass per unit area: 241g/m²

Coating: Hydrolysed black leather shavings



FIG 2. Imagen del textil recubierto de cuero Reciclado Negro y composición del sustrato textil utilizado.

FIG 2. Image of the Black Recycled leather coated textile and composition of the textile substrate used.



PROTOTIPO 2 – CUERO RECICLADO COLOREADO

Estructura de la tela: tejido de punto Jersey

Composición de la tela: 100% CO

Masa del tejido por unidad de superficie: 152 g/m²

Recubrimiento: Virutas de cuero rojo, amarillo o burdeos hidrolizadas, con pigmentos de color

PROTOTYPE 2 – COLOURED RECYCLED LEATHER

Fabric structure: Jersey knitted fabric

Fabric composition: 100% CO

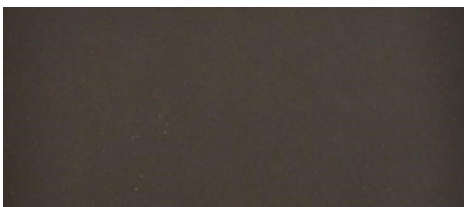
Fabric mass per unit area: 152 g/m²

Coating: Hydrolysed red, yellow, or bordeaux leather shavings, with colour pigments



FIG 3. Imagen de los textiles recubiertos de cuero reciclado rojo, amarillo y burdeos, y composición del sustrato textil utilizado.

FIG 3. Image of the red, yellow, and bordeaux Recycled leather coated textiles, and composition of the textile substrate used.



PROTOTIPO 3 – CUERO MARRÓN RECICLADO

Estructura de la tela: Interlock Knitted fabric

Composición de la tela: 89% PES (69% PES reciclado) / 11% EA

Masa del tejido por unidad de superficie: 300g/m²

Recubrimiento: Hidrólisis de virutas de cuero marrón.

PROTOTYPE 3 – BROWN RECYCLED LEATHER

Fabric structure: Interlock Knitted fabric

Fabric composition: 89% PES (69% Recycled PES) / 11% EA

Fabric mass per unit area: 300g/m²

Coating: Hydrolysis of brown leather shavings

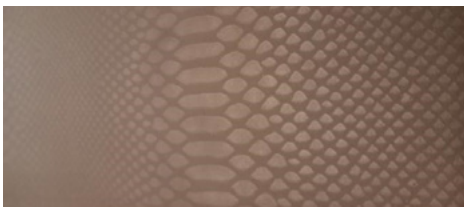


FIG 4. Imagen del textil revestido de cuero reciclado marrón, y composición del sustrato textil utilizado (arriba: gofrado mate; abajo: gofrado efecto especial).

FIG 4. Image of the brown Recycled leather coated textile, and composition of the textile substrate used (top: matte embossing; down: embossing special effect).

PRUEBAS DE RENDIMIENTO

El rendimiento de las soluciones desarrolladas con desechos de cuero hidrolizado se evaluó a través de una serie de pruebas estándar, 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 a la luz artificial (ISO 105-B02), solidez del color al agua (ISO 105-E01:2013), solidez del color al lavado doméstico y comercial (ISO 105 C06:2010), prensado en caliente (ISO 105-X11:1994), frotamiento (ISO 105X12:2016), etc. Los resultados se resumen en la Tabla 2.

PERFORMANCE TESTS

The performance of the developed solutions with hydrolysed leather wastes was assessed through a series of standard tests, namely veslic friction resistance (ISO 11640:2012), martindale abrasion resistance (ISO 17704:2004), crockmeter friction resistance (ISO 20433:2012), colour fastness to artificial light (ISO 105-B02), colour fastness to water (ISO 105-E01:2013), colour fastness to domestic and commercial laundering (ISO 105 C06:2010), hot pressing (ISO 105-X11:1994), Rubbing (ISO 105X12:2016), etc. The results are summarised in Table 2.

TABLA 2: PROPIEDADES DE DESEMPEÑO DEL MATERIAL RECUBIERTO DE CUERO RECICLADO MARRÓN (VALORES SIMILARES A LOS OTROS TEXTILES RECUBIERTOS)

TABLE 2: PERFORMANCE PROPERTIES OF THE BROWN RECYCLED LEATHER COATED MATERIAL (SIMILAR VALUES TO THE OTHER COATED TEXTILES)

TEST / TEST	STANDARD / STANDARD	RESULTADOS	RESULTS
Resistencia al roce <i>Rubbing resistance</i>	Veslic <i>Veslic</i> ISO 11640: 2012	75 ciclos: ≥ 4 (cambio de color), ≥ 5 (tinción) 500 ciclos: $\geq 3-4$ (cambio de color), $\geq 4-5$ (tinción)	75 cycles: ≥ 4 (colour change), ≥ 5 (staining) 500 cycles: $\geq 3-4$ (colour change), $\geq 4-5$ (staining)
Resistencia a la abrasión <i>Abrasion resistance</i>	Martindale <i>Martindale</i> ISO 17704:2004	Abrasión: 51200 revoluciones $\geq A$ Cambio de color: 51200 revoluciones ≥ 5	Abrasion: 51200 revolutions $\geq A$ Colour change: 51200 revolutions ≥ 5
	Taber <i>Taber</i> ISO 17076-1:2012	Evaluación de daños: $\geq B$ (500 ciclos) Cambio de color: ≥ 4 (300 ciclos)	Damage assessment: $\geq B$ (500 cycles) Colour change: ≥ 4 (300 cycles)
Resistencia a la fuerza <i>Strength resistance</i>	Bally <i>Bally</i> ISO 5402-1:2017	50000 flexión \leq CFLO	50000 flexões \leq CFLO
	Mattia <i>Mattia</i> ISO 7854:1995	3000 flexión con máximo, ligero cambio (0.5) y sin arrugas	3000 flexion with maximum, slight change (0.5) and without wrinkles
	Crumple/Flex <i>Crumple/Flex</i> ISO 7854-C:1995	Grado de resistencia a la rotura: 0 Cambio de color: $\geq 4-5$ Grietas: no grietas/roturas	Break resistance degree: 0 Color change: $\geq 4-5$ Cracks: no cracks/breaks
Resistencia al desgarre <i>Tear strength</i>	Método Pants <i>Pants method</i> ISO 3377-1:2011	≥ 26 N, ≥ 22 N (dirección X), ≥ 30 N (dirección y)	≥ 26 N, ≥ 22 N (direction X), ≥ 30 N (direction y)



TEST / TEST	STANDARD / STANDARD	RESULTADOS	RESULTS
Resistencia a la tracción y elongación <i>Tensile strength and elongation</i>	Elongation at break <i>Elongation at break</i> ISO 3376:2011 Fuerza máxima de rotura <i>Maximum breaking force</i> ISO 3376:2011 Resistencia a la tracción <i>Tensile strength</i> ISO 3376:2011	≥ 80%, ≥ 110% (dirección X), ≥ 60% (dirección y) Fuerza máxima de rotura (ISO 3376:2011): ≥ 45 N, ≥ 30 N (dirección X), ≥ 55N (dirección y) Resistencia a la tracción (ISO 3376:2011): ≥ 13 N/mm ² , ≥ 9 N/mm ² (dirección X), ≥ 18 N/mm ² (dirección y)	≥ 80%, ≥ 110% (X direction), ≥ 60% (y direction) <i>Maximum breaking force (ISO 3376:2011):</i> ≥ 45 N, ≥ 30 N (X direction), ≥ 55 N (y direction) <i>Tensile strength (ISO 3376:2011):</i> ≥ 13 N/mm ² , ≥ 9 N/mm ² (X direction), ≥ 18 N/mm ² (y direction)
	Método do Grab <i>Método do Grab</i> ISO 1421:2016	≥ 561 largo; ≥ 466 ancho	≥ 561 length; ≥ 466 width
	Método Strip <i>Strip method</i> ISO 13934-1:2013	Fuerza máxima: ≥ 463 N (web), ≥ 306 N (trama) Estiramiento a máxima fuerza: ≥ 56% (web), ≥ 100% (trama)	<i>Maximum force:</i> ≥ 463 N (web), ≥ 306 N (weft) <i>Stretching at maximum strength:</i> ≥ 56% (web), ≥ 100% (weft)
Resistencia al agua <i>Drop water resistance</i>	Al contacto con agua <i>Drop water</i> ISO 15700:1998	Tiempo de absorción > 30 min, sin ampollas después del secado	<i>Absorption time > 30 min, without any blistering after drying</i>
Resistencia a la penetración del agua <i>Resistance to water penetration</i>	Presión hidrostática <i>Hydrostatic pressure</i> EN ISO 811:2018	≥ 1822 cm H ₂ O	≥ 1822 cm H ₂ O
Cocido <i>Sewing</i>	Hilos que se deslizan en la costura ISO 13936-1:2004	≥ 200 N (Largo), ≥ 53 N (Ancho)	≥ 200 N (Length), ≥ 53 N (Width)
Comportamiento de lavado y secado doméstico <i>Domestic washing and drying behavior</i>	Estabilidad dimensional <i>Dimensional stability</i> ISO 6330:2012	≤ 1% (deformación), ≤ 1% (trama)	≤ 1% (warp), ≤ 1% (weft)
	Apariencia de un artículo/pieza de ropa <i>Appearance of an article/piece of Clothing</i> ISO 6330:2012	Cambio de color: ≥ 3-4 tinción cruzada: ≥ 4-5	<i>Color change:</i> ≥ 3-4 <i>Cross staining:</i> ≥ 4-5
Solidez del color a: <i>Colour fastness to:</i>	Luz artificial <i>Artificial light</i> ISO 105-B02	≥ 5	≥ 5
	Agua <i>Water</i> ISO 105-E01:2013	Cambio de color: ≥ 4 Tinción en otras fibras: ≥ 2	<i>Color change:</i> ≥ 4 <i>Stain on other fibers:</i> ≥ 2
	Lavado <i>Washing</i> ISO 105 C06:2010	Cambio de color: ≥ 2-3 Tinción en otras fibras: ≥ 4	<i>Colour change:</i> ≥ 2-3 <i>Stain on other fibers:</i> ≥ 4
	Presión caliente <i>Hot pressing</i> ISO 105-X11:1994	Tinción en algodón: ≥ 4-5 Cambio de color post test: ≥ 4-5 Cambio de color después de 4h: ≥ 4-5	<i>Stain on cotton:</i> ≥ 4-5 <i>Colour change after testing:</i> ≥ 4-5 <i>Colour change after 4h:</i> ≥ 4-5
	Frotación <i>Rubbing</i> ISO 105X12:2016	≥ 4-5 (seco) ≥ 3-4 (mojado)	≥ 4-5 (dry) ≥ 3-4 (wet)

Es posible concluir que las soluciones desarrolladas superan los estándares y especificaciones de desempeño para aplicaciones de moda, zapatos y accesorios, decoración de muebles y textiles para el hogar. Debido a las características innovadoras de las soluciones textiles, fue posible obtener diferentes demostradores que tienen un alto potencial en ecodiseño. Las piezas fueron desarrolladas y diseñadas con el objetivo de potenciar la riqueza innovadora del material, utilizando desechos de cuero natural.

It is possible to conclude that the developed solutions exceed the performance standards and specifications for fashion, shoes and accessories, furniture decoration, and home textiles applications. Due to the innovative features of the textile solutions, it was possible to obtain different demonstrators that have a high potential in ecodesign. The pieces were developed and designed with the aim of enhancing the innovative richness of the material, using natural leather wastes.

EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA

Los resultados de ACV de los prototipos 2 y 3 se presentan en la Tabla 3 y la Tabla 4.

LIFE CYCLE ASSESSMENT

The results of LCA of the prototypes 2 and 3 are presented in Table 3 and Table 4.

TABLA 3. CONSUMO DE RECURSOS Y EMISIONES PARA DOS DE LOS PROTOTIPOS DESARROLLADOS
TABLE 3. RESOURCES CONSUMPTION AND EMISSIONS FOR TWO OF THE DEVELOPED PROTOTYPES

SUBSTRATO SUBSTRATE	PROTOTIPO 1 PROTOTYPE 1		PROTOTIPO 2 PROTOTYPE 2		CUERO PARA LA PARTE SUPERIOR DE LOS ZAPATOS LEATHER FOR SHOES UPPERS		CUERO PARA VESTUARIO LEATHER FOR CLOTHES	
	100 kg	100 m ²	100 kg	100 m ²	100 kg	100 m ²	100 kg	100 m ²
Consumo de energía (MJ) Energy consumption (MJ)	18777	4882	13338	6082	24189	31211	25521	16465
Consumo de agua (MJ) Water consumption (MJ)	25961	6750	7783	3549	14361	18530	13936	8991
Uso de suelo agrícola (m ² año) Agricultural land use (m ² year)	1078	280	0	0	0	0	0	0
Consumo de productos químicos (Kg) Chemicals consumption (Kg)	32	8	27	12	246	318	246	159
Residuos producidos (Kg) Waste produced (Kg)	962	250	544	248	391	505	275	177
Emisiones al agua (Kg) Emissions to water (Kg)	24688	6419	7407	3378	6538	8436	9758	6295
Emisiones al aire (Kg) Emissions to air (Kg)	5327	1385	3586	1635	10766	13891	11277	7275

TABLA 4. CONSUMO DE RECURSOS Y EMISIONES PRODUCIDAS DURANTE EL CICLO DE VIDA DE LOS DEMOSTRADORES
TABLE 4. RESOURCES CONSUMPTION AND EMISSIONS PRODUCED OVER THE DEMONSTRATORS LIFE CYCLE

SUSTRATO SUBSTRATE	PROTOTIPO 1 PROTOTYPE 1		PROTOTIPO 2 PROTOTYPE 2		CUERO PARA LA PARTE SUPERIOR DE LOS ZAPATOS LEATHER FOR SHOES UPPERS		CUERO PARA VESTUARIO LEATHER FOR CLOTHES	
	100 Kg	100 m ²	100 Kg	100 m ²	100 Kg	100 m ²	100 Kg	100 m ²
Potencial de calentamiento global (Kg CO ₂ eq) Global Warming Potential (Kg CO ₂ eq)	685	178	508	232	1521	1962	1616	1043
Potencial de acidificación (Kg SO ₂ eq) Acidification Potential (Kg SO ₂ eq)	5.7	1.5	1.6	0.7	4.5	5.8	5.0	3.2
Potencial de eutrofización (Kg fosfato eq) Eutrophication Potential (Kg phosphate eq)	1.7	0.4	0.2	0.1	0.6	0.7	0.6	0.4
Agotamiento abiótico (Kg Sb eq) Abiotic Depletion (Kg Sb eq)	7.9	2.1	5.9	2.7	11.5	14.8	12.0	7.8
Potencial de toxicidad humana Human Toxicity Potential	176	46	21	9	32	41	42	27
Potencial de ecotoxicidad marina acuática Marine Aquatic Ecotoxicity Potential	734033	190849	71273	3378	31107	40137	46935	30280

CERTIFICACIÓN DE VIABILIDAD GRS Y RCS DE PROTOTIPOS

Se caracterizaron tres prototipos y se evaluó la viabilidad de la certificación de materiales reciclados. A continuación se presentan los datos obtenidos y la valoración de la viabilidad de las eco-etiquetas de los productos, en base a los protocolos finales de cada prototipo, las hipótesis de la proporción de contenido reciclado (en kg) en el total del producto revestido (en kg), incluido el sustrato y los productos químicos utilizados.

PROTOTIPO 1. Tela: 67% Lyocell, 18% Poliéster reciclado, 14% algodón reciclado, 1% Viscosa reciclada, recubrimiento de base de PU, con residuo de cuero hidrolizado. El contenido reciclado se muestra en la Figura 5.

FEASIBILITY CERTIFICATION GRS AND RCS OF PROTOTYPES

Three prototypes were characterised and the feasibility of recycled materials certification was evaluated. The data obtained and the assessment of the viability of the eco-labels for the products, based on the final protocols for each prototype, as well as the assumptions of the proportion of recycled content (in kg) in the total coated product (in kg), including substrate and chemicals used are presented below.

PROTOTYPE 1. Fabric: 67% Lyocel, 18% recycled Polyester, 14% recycled cotton, 1% recycled Viscose, PU base coating, with hydrolysed leather residue. The recycled content is shown in Figure 5.

PROTOTYPE 1 – RECYCLED CONTENT OF HYDROLYSED LEATHER AND RECYCLED TEXTILE

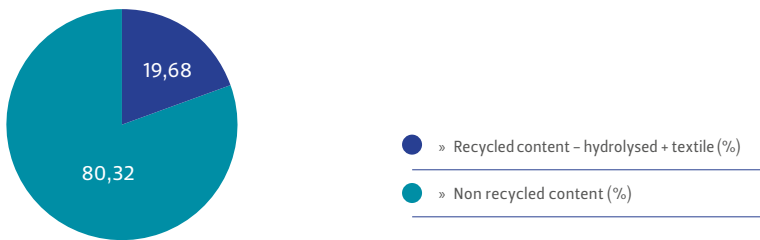


FIG 5. Contenido reciclado del Prototipo 1
FIG 5. Recycled content of Prototype 1

- Cumplimiento de los requisitos de GRS $\geq 20\%$, uso de la etiqueta GRS $\geq 50\%$. El prototipo no cumple con los requisitos de GRS. El contenido reciclado es 19,68%.
- Cumplimiento de los requisitos RCS $\geq 5\%$. El prototipo cumple con los requisitos de RCS. El contenido reciclado es 80,32%.
- Factibilidad GRS. Sustituir el sustrato textil utilizado por un sustrato con mayor porcentaje de material/contenido reciclado, con certificado GRS, con Certificado de Transacción (TC).
- Compliance with GRS requirements $\geq 20\%$, use of GRS label $\geq 50\%$. Prototype does not meet GRS requirements. Recycled content is 19.68%.
- Compliance with RCS requirements $\geq 5\%$. Prototype meets RCS requirements. Recycled content is 80.32%.
- GRS Feasibility. Replace the textile substrate used by a substrate with a higher percentage of recycled material/content, with GRS certificate, with Transaction Certificate (TC).

PROTOTIPO 2. 100% tejido de punto jersey de algodón convencional, Revestimiento base PU, con residuo de cuero hidrolizado (rojo, amarillo y burdeos). El contenido reciclado se presenta en la Figura 6.

PROTOTYPE 2. 100% conventional cotton jersey knitted fabric, PU base coating, with hydrolysed leather residue (red, yellow, and bordeaux). The recycled content is presented in Figure 6.

PROTOTYPE 2- RECYCLED CONTENT OF HYDROLYSED LEATHER

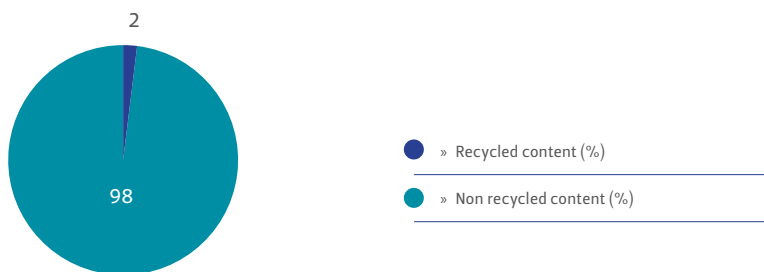


FIG 6. Contenido reciclado del Prototipo 2
FIG 6. Recycled content of Prototype 2

- Cumplimiento de los requisitos de GRS $\geq 20\%$, uso de la etiqueta GRS $\geq 50\%$. El prototipo no cumple con los requisitos de GRS. El contenido reciclado es solo 2,00%.
- Cumplimiento de los requisitos RCS $\geq 5\%$. El prototipo no cumple con los requisitos de RCS. El contenido reciclado es solo 2,00%.
- Viabilidad de GRS o RCS. Reemplazar el sustrato textil con material reciclado/sustrato de contenido, certificado GRS/RCS, con Certificado de Transacción (TC).
- Compliance with GRS requirements $\geq 20\%$, use of GRS label $\geq 50\%$. Prototype does not meet GRS requirements. Recycled content is only 2.00%.
- Compliance with RCS requirements $\geq 5\%$. Prototype does not meet RCS requirements. Recycled content is only 2.00%.
- GRS or RCS Feasibility. Replace textile substrate with recycled material/content substrate, GRS/RCS certified, with Transaction Certificate (TC).

PROTOTIPO 3. Malla interlock 89% poliéster (de los cuales 69% reciclado post-consumo) y 11% elastano, capa base y capa final de PU, con residuo de cuero marrón hidrolizado. El contenido reciclado se presenta en la Figura 7.

PROTOTYPE 3. 89% polyester interlock mesh (of which 69% post-consumer recycled) and 11% elastane, PU base coat and topcoat, with hydrolysed brown leather residue. The recycled content is presented in Figure 7.

PROTOTYPE 3 - RECYCLED CONTENT - HYDROLYSED LEATHER AND TEXTILE SUBSTRACT RECYCLED

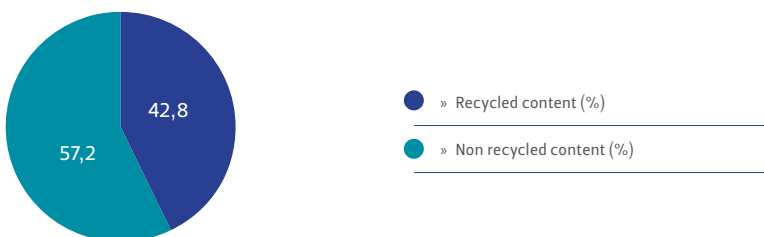


FIG 7. Contenido reciclado del Prototipo 3
FIG 7. Recycled content of Prototype 3

- Cumplimiento de los requisitos de GRS $\geq 20\%$, uso de la etiqueta GRS $\geq 50\%$. El prototipo cumple con los requisitos de GRS. El contenido reciclado es 42,80%, pero no puede hacerse uso de la etiqueta.
- Cumplimiento de los requisitos RCS $\geq 5\%$. El prototipo cumple los requisitos RCS. El contenido reciclado es del 42,80%.
- Factibilidad GRS. Reemplazar el sustrato textil utilizado por un sustrato con mayor porcentaje de material/contenido reciclado para poder utilizar la etiqueta GRS, con certificado GRS, y Certificado de Transacción (TC).
- Compliance with GRS requirements $\geq 20\%$, use of GRS label $\geq 50\%$. Prototype meets GRS requirements. Recycled content is 42.80%, but cannot use the label.
- Compliance with RCS requirements $\geq 5\%$. The prototype meets RCS requirements. Recycled content is 42.80%.
- GRS Feasibility. Replace the textile substrate used with a substrate with a higher percentage of recycled material/content in order to be able to use the GRS label, with GRS certificate, with Transaction Certificate (TC).

DEMOSTRACIONES

Se desarrollaron varias demostraciones para mostrar las aplicaciones potenciales de los tejidos revestidos más prometedores (Figura 8 a Figura 11), y para enfatizar que se pueden desarrollar enfoques sostenibles y circulares para aplicaciones industriales, como deportes y ocio, moda y decoración del hogar.

DEMONSTRATORS

Several demonstrators were developed to showcase the potential applications of the most promising coated fabrics, (Figure 8 to Figure 11), and to emphasize that sustainable and circular approaches can be developed for industrial applications, such as sports and leisure, fashion and home decor.

DEPORTES Y OCIO / SPORTS AND LEISURE



FIG 8. Carpa (cuero marrón reciclado).
FIG 8. Tent (brown recycled leather).

MODA / FASHION



FIG 9. Vestido y cartera (izquierda) y zapatos (derecha) - cuero reciclado negro.

FIG 9. Dress and handbag (left) and shoes (right) - black recycled leather.





↑
 FIG 10. Vestido (cuero reciclado burdeos).
 FIG 10. Dress (Bordeaux recycled leather).

DECORACIÓN EN EL HOGAR / HOME DECOR



↶
 FIG 11. Alfombra (Cuero reciclado coloreado)
 y Pantalla (Cuero reciclado coloreado).
 FIG 11. Carpet (Coloured recycled leather) and
 Lampshade (Coloured recycled leather).

DISCUSIÓN

En general, los resultados de las pruebas de validación del desempeño de las nuevas alternativas al cuero mostraron que tienen propiedades que cumplen con la mayoría de las especificaciones técnicas para su aplicación en las áreas de moda, calzado y accesorios.

Las aplicaciones se realizaron con diferentes soluciones para obtener una variedad de efectos estéticos (características táctiles y visuales), solidez del color y propiedades de resistencia. Se utilizó una pequeña cantidad de pigmento en cada formulación de recubrimiento con los residuos de cuero hidrolizado, como una forma de mejorar la solidez de los colores a la luz y así poder aumentar la intensidad de los colores.

En cuanto al ACV, el Prototipo 2 en general (para una base de 100 kg de producto) tiene un mayor impacto ambiental que el prototipo 3, especialmente cuando el sustrato textil base es un tejido de punto de algodón 100% convencional.

Al comparar el textil revestido similar al cuero con el cuero natural, destaca que presenta valores más bajos de potencial de calentamiento global y agotamiento abiótico debido al menor consumo de combustibles fósiles para la producción de energía. Además, presenta valores más altos para el resto de categorías debido principalmente a la producción de algodón convencional que utiliza grandes cantidades de agua, fertilizantes y pesticidas. El prototipo 3, que utiliza un tejido de punto con un 69% de poliéster reciclado como sustrato textil base, tiene un impacto general más bajo que el cuero natural y un impacto más bajo que el prototipo 2 en todos los indicadores y categorías de impacto. Con base en los resultados para un producto base de 100 m², todas las categorías presentan valores más altos para ambos tipos de cuero que para los prototipos producidos. Esto se debe principalmente a la diferencia significativa en el peso de estos productos. Por un lado, comparar 100 kg de producto con diferente gramaje implica que los productos de menor gramaje se ven comprometidos porque se necesitan mayores longitudes o superficies para fabricar 100 kg. Por otro lado, la comparación directa por 100 m² también puede inducir a error porque en principio no se podrá sustituir 1 m² de piel por 1 m² de textil revestido, sino por varias capas del mismo. Por ello, los resultados deben analizarse teniendo en cuenta las dos bases de cálculo y es pertinente realizar adaptaciones para cada caso concreto a la hora de utilizar estos productos.

CONCLUSIONES

En este estudio se revisa el potencial de reutilización de residuos de cuero natural de las operaciones de corte industrial del automóvil para generar un nuevo revestimiento textil como nueva alternativa al cuero natural. Esto para conferir nuevas funcionalidades con efectos de ecodiseño y moda, incluyendo una descripción de sus aspectos más atractivos, propiedades y características. Se destacaron las innovaciones y desarrollos más recientes en esta área mostrando una forma novedosa de adquirir materiales textiles para revestimiento estéticos y funcionales. La valorización de residuos de cuero natural hidrolizado mediante aplicaciones de revestimiento textil ha mostrado un gran potencial incluso a escala industrial, ya que las materias primas recicladas presentan una alternativa atractiva y demandada en el sector textil. Esta es una ruta de reciclaje comercialmente viable para el cuero terminado que ofrece un potencial ilimitado con aplicaciones en exteriores, ropa, moda, accesorios y decoración del hogar, pero también es un guiño hacia el futuro de la moda y el diseño (Ebabu, et al., 2022).

DISCUSSION

Overall, the performance validation tests results of the new alternatives to leather showed that they have properties that match most of the technical specifications for application in the areas of fashion, footwear and accessories.

The applications were carried out with different solutions to obtain a variety of aesthetic effects, (touch and visual characteristics), colour fastness, and resistance properties. A small amount of pigment was used in each coating formulation with the hydrolysed leather wastes, as a way of improving the colourfastness to light and as well as to increase the intensity of the colours.

Concerning the LCA, overall Prototype 2 (for a base of 100 kg of product) has a higher environmental impact than prototype 3, especially when the base textile substrate is 100% conventional cotton knitted fabric.

When comparing the leather-like coated textile with natural leather, it presents lower values for global warming potential and abiotic depletion due to the lower consumption of fossil fuels for energy production. Moreover, it presents higher values for the remaining categories mainly due to the production of conventional cotton that uses large amounts of water, fertilizers and pesticides.

Prototype 3, which uses a knitted fabric with 69% recycled polyester as its base textile substrate, has overall lower impacts than natural leather and lower impacts than prototype 2 in all indicators and impact categories.

Based on the results for a base product of 100 m², it appears that all categories present higher values for both types of leather than for the prototypes produced. This is mainly due to the significant difference in the weight of these products. On one hand, comparing 100 kg of product with different grammage implies that products with lower grammage are compromised because greater lengths or surface areas are needed to make 100 kg. On the other hand, the direct comparison per 100 m² can also be misleading because in principle it will not be possible to replace 1 m² of leather with 1 m² of coated textile, but rather with several layers of the same. Thus, the results must be analysed taking into account the two calculation bases and adaptations for each specific case must be made when using these products.

CONCLUSIONS

The potential for reusing natural leather wastes from automobile industrial cutting operations to generate a new textile coating as a new alternative to natural leather, and conferring new functionalities with eco-design and fashion effects was reviewed in this paper, including a description of its most attractive properties and characteristics. The most recent innovations and developments in this area were highlighted showing a novel way to acquire aesthetic and functional textiles coated materials. The valorisation of hydrolysed natural leather wastes by textile coating applications has shown a big potential even at an industrial scale since recycled raw materials present an attractive alternative and is in demand in the textile sector. This is a commercially viable recycling route for finished leather offering limitless potential with applications in outdoor, clothing, fashion, accessories and home décor, but also, a nod towards the future of fashion and design (Ebabu, et al., 2022).

REFERENCIAS / REFERENCES

- Chojnacka, K., Skrzypczak, D., Mikula, K., Witek-Krowiak, A., Izydorczyk, G., Kuligowski, K., ... & Kulażyński, M. (2021). Progress in sustainable technologies of leather wastes valorization as solutions for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 313, 127902. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127902>
- Ebabu, W., Israil Hossain, M., El-Naggar, M. E., Kechi, A., Hailemariam, S. S., & Ahmed, F. E. (2022). Exploration of Functional Polymers for Cleaner Leather Industry. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 32, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s10904-021-02129-4>
- EcoDomo - Sustainable Leathers and Fabrication. (n.d.). Retrieved from Ecodomo: <https://www.ecodomo.com/>
- Fabric Supply Incorporated (n.d.). <https://www.fabricsupply.com/products/embrace-recycled-leather/>
- Favini (2017). *Remake. The up-cycled paper from leather residues*. <https://www.favini.com/gs/en/fine-papers/remake/features-applications/>
- Ferreira, M. J. (2012). *Contribuições para a Gestão de Resíduos de Couro Curtido com Crómio da Indústria do Calçado*. Retrieved from www.ctcp.pt
- Gelatex. (n.d.). <https://www.gelatex.com/>
- Körlü, A. (Ed.). (2020). *Waste in Textile and Leather Sectors*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90014>
- Lawińska, K. (2021). Production of Agglomerates, Composite Materials, and Seed Coatings from Tannery Waste as New Methods for Its Management. *Materials*, 14(21), 6695. <https://doi.org/10.3390/ma14216695>
- Li, Y., Guo, R., Lu, W. et al. (2019) Research progress on resource utilization of leather solid waste. *Journal of Leather Science and Engineering* 1(6). 1-17. <https://doi.org/10.1186/s42825-019-0008-6>
- Moreira, S. C. P. A. (2008). *Estudo da obtenção de Gelatina a partir de Raspa Wet-Blue da Indústria de Curtumes* [Doctoral dissertation] Instituto Politécnico do Porto]. Repositório P.Porto https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/2405/1/DM_SilvanaMoreira_2008_MEQ.pdf
- Pyle, C. (2012). What is Recycled Leather? Natural Upholstery Consultation. <https://naturalupholstery.com/2012/09/what-is-recycled-leather/>
- Recyc Leather (n.d.). <http://www.recycleleather.com/>
- Santos, M. A. (2015). Patent No. BR 10 2013 028947 7 A2.
- Usenbekov J., Seitov B.K., Nurbay S.K., Abenova I.R. (2020). Recycling of leather and shoe waste. *The Journal of Almaty Technological University*, 2020(3), 48-52. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2020-3-48-52>

AUGUSTA SILVA

asilva@citeve.pt
CITEVE, CENTRO TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA TEXTIL Y DE LA CONFECCIÓN, V. N. FAMILICÃO, 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 6 PATENTES Y VARIOS ARTÍCULOS PUBLICADOS EN LIBROS Y REVISTAS.

CO-DIRECTOR OF THE VALDIVIA BIOMATERIALS LABORATORY (LABVA). ARCHITECT, MASTER IN URBAN PROJECTS FROM UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, AND DIPLOMA IN INNOVATION AND CREATIVITY. HIS TRAJECTORY WITHIN LABVA INCLUDES RESEARCH, EXPERIMENTATION, AND INNOVATION ON PROCESSES, CREATION, AND DESIGN OF NEW MATERIALS WITH A FOCUS ON BIODIVERSITY AND RESOURCES OF LOCAL ORIGIN. HE HAS WORKED AS A PROFESSOR IN ARCHITECTURE AND DESIGN SCHOOLS OF VARIOUS NATIONAL AND INTERNATIONAL UNIVERSITIES.

HELENA VILAÇA

hvilaca@citeve.pt
CITEVE, CENTRO TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA TEXTIL Y DE LA CONFECCIÓN, V. N. FAMILICÃO, 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 1 PATENTE INTERNACIONAL, 9 ARTÍCULOS REVISADOS POR PARES, 1 CAPÍTULO DE LIBRO Y HA SUPERVISADO A VARIOS ESTUDIANTES.

CO-DIRECTOR OF THE VALDIVIA BIOMATERIALS LABORATORY (LABVA). SHE IS AN ARCHITECT AND MASTER IN LANDSCAPE FROM UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, WITH A DIPLOMA IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS FROM UNIVERSIDAD DE CHILE. SHE HAS PARTICIPATED AS A GUEST PROFESSOR IN DIFFERENT SCHOOLS TO GIVE TALKS ON ISSUES RELATED TO REGENERATIVE DESIGN AND BIODESIGN. SHE CONDUCTS RESEARCH, DEVELOPMENT, AND OUTREACH IN BIOMATERIALS AND BIOMANUFACTURING.

JÉSSICA ANTUNES

jantunes@citeve.pt
CITEVE, CENTRO TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA
TEXTIL Y DE LA CONFECCIÓN, V. N. FAMILICÃO,
PORTUGAL
ORCID ID: 0000-0003-4946-2487

GRADO EN BIOTECNOLOGÍA (2021, UBI). ES INVESTIGADORA DEL DEPARTAMENTO DE QUÍMICA Y BIOTECNOLOGÍA DEL CITEVE. SU TRABAJO SE BASA EN EL RECICLAJE TEXTIL. ALGUNOS DE SUS INTERESES DE INVESTIGACIÓN SON LA SOSTENIBILIDAD, LA ECONOMÍA CIRCULAR, LA BIOTECNOLOGÍA Y EL DESARROLLO DE NUEVOS ENFOQUES DE RECICLAJE QUÍMICO Y ENZIMÁTICO.

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 ENZYMATIC RECYCLING APPROACHES.

ASHLY ROCHA

arocha@citeve.pt
CITEVE, CENTRO TECNOLÓGICO DE LA INDUSTRIA
TEXTIL Y DE LA CONFECCIÓN, V. N. FAMILICÃO,
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 4 ARTÍCULOS REVISADOS POR PARES Y HA SUPERVISADO A VARIOS ESTUDIANTES.

CO-DIRECTOR OF THE VALDIVIA BIOMATERIALS LABORATORY (LABVA). ARCHITECT, MASTER IN URBAN PROJECTS FROM UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, AND DIPLOMA IN INNOVATION AND CREATIVITY. HIS TRAJECTORY WITHIN LABVA INCLUDES RESEARCH, EXPERIMENTATION, AND INNOVATION ON PROCESSES, CREATION, AND DESIGN OF NEW MATERIALS WITH A FOCUS ON BIODIVERSITY AND RESOURCES OF LOCAL ORIGIN. HE HAS WORKED AS A PROFESSOR IN ARCHITECTURE AND DESIGN SCHOOLS OF VARIOUS NATIONAL AND INTERNATIONAL UNIVERSITIES.

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.

CO-DIRECTOR OF THE VALDIVIA BIOMATERIALS LABORATORY (LABVA). ARCHITECT, MASTER IN URBAN PROJECTS FROM UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, AND DIPLOMA IN INNOVATION AND CREATIVITY. HIS TRAJECTORY WITHIN LABVA INCLUDES RESEARCH, EXPERIMENTATION, AND INNOVATION ON PROCESSES, CREATION, AND DESIGN OF NEW MATERIALS WITH A FOCUS ON BIODIVERSITY AND RESOURCES OF LOCAL ORIGIN. HE HAS WORKED AS A PROFESSOR IN ARCHITECTURE AND DESIGN SCHOOLS OF VARIOUS NATIONAL AND INTERNATIONAL UNIVERSITIES.

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).