

LA GESTIONE DEI RIFIUTI DA POTATURA DI VEGETAZIONE URBANA

Esperienze a San Paolo, Brasile

MANAGEMENT OF WASTE FROM THE PRUNING OF URBAN GREENERY

Experiences in São Paulo, Brazil

Tomás Queiroz Ferreira Barata, Cyntia Santos Malaguti de Sousa,
Caio Dutra Profirio de Souza, Debora Klingenberg

ABSTRACT

La gestione dei rifiuti della vegetazione urbana è direttamente collegata alla sostenibilità delle città. Architetti, progettisti, dirigenti e imprenditori hanno utilizzato i rifiuti legnosi in maniera creativa e in modelli d'impresa innovativi, concentrandosi sulla transizione verso un'economia circolare. Questo articolo presenta un'analisi sistematica delle esperienze sul tema, con un'enfasi sull'utilizzo dei residui legnosi da una prospettiva progettuale, prendendo come caso studio lo Stato di San Paolo in Brasile. La ricerca si sviluppa attraverso un approfondimento della conoscenza teorica, un'analisi delle linee guida presenti in letteratura, delle buone pratiche e dei modelli di flussi produttivi, infine attraverso lo studio di quattro iniziative locali. I risultati mostrano che la progettazione può avere un ruolo rilevante come vettore di nuovi modelli d'impresa ma anche che il mondo accademico può contribuire alla condivisione della conoscenza sul trasferimento tecnologico e sulla proposizione di nuove iniziative con effetti moltiplicatori.

The waste management of urban greenery is directly related to the sustainability of cities. Architects, designers, managers, and entrepreneurs have used woody residues creatively, in innovative business models, focusing on the transition to a circular economy. This article presents a systemic analysis of experiences on the theme, with an emphasis on the use of woody residues, from the design perspective, taking the State of São Paulo, Brazil, as the locus of investigation. The research covers: consolidation of the theoretical knowledge, bibliographic review on guidelines, best practices and production flow models, and the diagnosis of four local initiatives. The results demonstrate the relevant role of design as an inducer of new business models, as well as the importance of universities, in knowledge dissemination, technology transfer, and new initiatives proposals, with multiplier effects.

KEYWORDS

vegetazione urbana, gestione dei rifiuti, riutilizzo creativo del legno, economia circolare, progettazione sostenibile

city trees, waste management, wood up-cycling, circular economy, design for sustainability

Tomás Queiroz Ferreira Barata, Architect and PhD, is a Full Professor at the Department of Technology, University of São Paulo (Brazil). He carries out research on sustainability, product development – furniture, urban equipment, prefabricated construction systems in wood and materials from renewable sources. E-mail: barata@usp.br

Cyntia Santos Malaguti de Sousa, Designer and PhD, is a Full Professor at the Department of Technology, University of São Paulo (Brazil). She carries out research on sustainability, future studies and material culture. E-mail: cyntiamalaguti@usp.br

Caio Dutra Profirio de Souza, Designer, holds a specialization course in Material Culture and Consumption from University of São Paulo (Brazil). He carries out research in user-centred design, design for sustainability. E-mail: caiodutra@usp.br

Debora Klingenberg, Forest Engineer, is a Researcher in Forest Resources at the Luiz de Queiroz School of Agriculture, University of São Paulo (Brazil). Specialist in characterization and valorization of residues from urban afforestation and development of products with greater added value. E-mail: debora.klingenberg@usp.br

Il mondo si sta urbanizzando rapidamente; alcuni studi prevedono, infatti, che nel 2050 il 70% della popolazione mondiale vivrà nelle città, così lo sviluppo urbano sostenibile sarà cruciale per garantire la qualità di vita delle persone (Salbitano et alii, 2016). Il presente articolo si inserisce all'interno di questo contesto, scegliendo quale oggetto di riflessione la gestione della vegetazione urbana con un' enfasi sulla progettazione come strumento utile a risolvere il problema dei residui legnosi e prendendo lo Stato di San Paolo (Brasile) come luogo di indagine. Il tema ha attratto l'interesse di dirigenti pubblici, ricercatori, produttori e architetti in molti Paesi poiché l'utilizzo innovativo di questi 'rifiuti' ha messo in evidenza le potenzialità offerte da nuove, promettenti ed economicamente interessanti nicchie di mercato. Durante il 13° Seminario Internazionale dal titolo NUTAU 2020 – Valorization of Residues from Urban Forests (Sousa et alii, 2020) è emerso il ruolo cruciale della progettazione nel fornire soluzioni a questo problema e quanto l'Università, attraverso la triade insegnamento-ricerca-conto terzi, si ponga come asse portante nell'esplorazione di linguaggi per comprendere e riflettere sul tema (Figg. 1-4).

Nel novembre del 2020, gli autori del presente articolo (responsabili dell'organizzazione dell'evento summenzionato, e quale sua prosecuzione) hanno elaborato, presso la sede del Campus Armando Salles de Oliveira dell'Università di San Paolo, un progetto dal titolo Valorization of Woody Residues from Tree Management – Contribution to Management for Sustainability at the Armando Salles de Oliveira Campus in risposta alla richiesta della Sovrintendenza alla Gestione Ambientale dell'Università di individuare soluzioni per ridurre le emissioni di CO₂ all'interno del Campus (USP Staff, 2020).

In questo contesto, la ricerca qui presentata riporta riflessioni che traggono origine dalla seguente domanda: che genere di parametri possono supportare da un punto di vista progettuale potenziali modelli di gestione che utilizzino i residui legnosi solidi ottenuti dalla potatura della vegetazione urbana nella produzione di componenti edilizi, arredi urbani e domestici e piccoli oggetti in legno (Small Wooden Objects – SWO), capaci di integrare il settore pubblico, i fornitori di servizi, il settore produttivo, il mercato e le Università? Per rispondere al quesito, sono state adottate le seguenti fasi metodologiche: a) consolidamento della base teorica e dello stato dell'arte, tramite un esame della letteratura sugli aspetti legati alla catena di produzione, inclusa la gestione della vegetazione urbana, sulla lavorazione del legno e sulla realizzazione di prodotti e oggetti; b) analisi di quattro casi studio, selezionati tramite raccolta di documenti istituzionali, interviste a dirigenti e imprese, documentazione fotografiche, identificazione delle specie e del tipo di residui arborei utilizzati, analisi della gamma dei prodotti e dei flussi di produzione; c) definizione degli aspetti principali da considerare per codificare piani e modelli di valorizzazione dei rifiuti da potatura, consolidare e implementare le iniziative esistenti.

Il paper si sviluppa a partire dal quadro normativo sull'economia circolare; ne sono presentati i principi e le sfide che l'organizzazione delle

risorse impiegate nelle attività di gestione della vegetazione urbana presenta. Sono analizzate poi esperienze internazionali, sia nella sfera pubblica sia in quella privata, che hanno trasformato i rifiuti da potatura in prodotti e oggetti così da comprenderne le linee guida generali, le migliori pratiche di gestione, le differenze tra le catene di produzione e il loro legame con le strategie del settore pubblico; infine, vengono analizzate quattro iniziative brasiliane 'pionieristiche' per alimentare il dibattito sulle sfide da affrontare e sul ruolo cruciale che la progettazione può assumere per determinare il successo nel processo di recupero dei rifiuti legnosi.

Individuare una codificazione di modelli avanzati per la gestione di questo particolare tipo di rifiuto urbano (all'interno del suo contesto) – partendo dal processo di urbanizzazione accelerata che attualmente ha luogo su scala planetaria e dall'importanza della vegetazione urbana per la mitigazione del cambiamento climatico, per la qualità della vita e per la resilienza delle città – è un tema di sicuro interesse per la comunità scientifica internazionale. I network di ricerca internazionali possono strutturarsi attorno a questa problematica particolarmente complessa, attraverso un'azione coordinata e multidisciplinare per attivare azioni efficaci di trasferimento tecnologico, appropriate alla diversità degli insediamenti umani e alle loro diverse condizioni ambientali, socio-politiche, economiche e sociali.

Economia circolare e gestione della vegetazione urbana

L'economia circolare è un insieme di soluzioni sistemiche progettate per ripristinare e rigenerare i sistemi naturali mantenendo i prodotti in uso per il maggior tempo possibile e i materiali in 'cicli chiusi' così da essere utilizzati in più cicli vita esprimendone il massimo valore ed eliminando il concetto di 'rifiuto' (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Le città che adottano questi principi divengono più prospere, vivibili e resilienti, cambia il modo in cui vengono progettati, gestiti e riutilizzati i prodotti e i materiali che sono attinti dal contesto locale e da materie prime rinnovabili, ed emergono nuove possibilità di lavoro e professionalità. Pertanto, un'economia circolare contribuisce al raggiungimento di molti degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) delle Nazioni Unite, in particolare: SDG 12 – Garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo; SDG 9 – Costruire un'infrastruttura resiliente e promuovere innovazione e industrializzazione equa, responsabile e sostenibile; SDG 11 – Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili (United Nation, 2019).

La 'vegetazione urbana' – intesa come rete o sistema che comprende alberi, boschi e parchi peri-urbani e urbani con estensione maggiore di 0,5 ettari e piccoli parchi e giardini alberati minori di 0,5 ettari, alberi in strada o in piazze pubbliche e altre aree verdi alberate (Salbitano et alii, 2016) – gioca un ruolo importante nelle grandi città. Se progettati e gestiti correttamente questi insediamenti 'a verde' possono soddisfare molte funzioni ambientali, estetiche e di salute pubblica perché contribuiscono a purificare l'aria, ridurre il rumore, rendere permeabile il suolo urbano e mitigare le 'isole di calo-

re', in tal modo contribuendo alla resilienza delle città e a limitare il riscaldamento globale (Baró et alii, 2014; Ulmer et alii, 2016). Inoltre generano ricadute significative sull'ambiente circostante, migliorando la qualità paesaggistica, incrementando le aree ombreggiate (utili spazi per la sosta, il raccoglimento e l'interazione sociale) e agendo da mitigatori di stress col migliorare la qualità della vita per la popolazione (Chang, Tsou and Li, 2020).

Di contro, la gestione delle 'foreste urbane' è piuttosto complessa, in quanto necessita di politiche, normative, pianificazione, progettazione e manutenzione; in aggiunta, nell'ottica della desiderabile prospettiva di aumentare la copertura di verde nelle città, la complessità del processo tende ad aumentare poiché richiede strategie che ottimizzino le risorse – tra queste, quelle relative alle attività di potatura e rimozione dei rifiuti, la cui complessità è insita nel volume e nell'eterogeneità del materiale che impone un lavoro specializzato per smistarli e darvi la giusta destinazione (Palacio et alii, 2018). Nonostante le sfide presentate dalla loro complessa gestione, questi rifiuti hanno un elevato potenziale economico, sociale e ambientale che risiede nel loro riutilizzo in prodotti di maggiore valore in sostituzione del semplice smaltimento (Speak et alii, 2020). Inoltre, questi rifiuti possono giocare un ruolo fondamentale nel soddisfare la domanda di prodotti in legno nei contesti urbani, contribuendo al contempo a ridurre il peso che grava su foreste e boschi naturali 'non sostenibili' (Salbitano et alii, 2016).

Esperienze internazionali nella valorizzazione dei rifiuti da vegetazione urbana

Le esperienze internazionali, principalmente negli Stati Uniti, dimostrano un certo successo nella gestione dei rifiuti da vegetazione urbana rispetto all'approccio sistemico al problema che ha visto coinvolti sinergicamente soggetti pubblici, privati e comunità scientifica, nonché mercati locali e regionali. Architetti, tecnici e imprenditori hanno sviluppato progetti che utilizzano parte di questi materiali – principalmente legno massello – in modo innovativo, aprendo promettenti opportunità con nuovi modelli d'impresa circolare. Nonostante ciò Bratkovich et alii (2008) individuano tra le principali criticità la bassa qualità del legno, la difficile quantificazione del legno utilizzabile e la frammentazione dell'offerta, i mercati poco ricettivi, la carenza di inventari completi della vegetazione urbana, l'assenza di piani strutturati di utilizzo dei rifiuti in legno, lo scarso coinvolgimento e supporto da parte della comunità e dei governi locali. D'altra parte, le potenziali applicazioni di questi rifiuti (Solid Waste Association of North America, 2002) in prodotti a più alto valore aggiunto sono ampie: mobili e prodotti in serie o su richiesta, pavimenti, scale di pallet, blocchi di legno grezzo, prodotti in legno lavorato, ecc. Naturalmente, preliminarmente devono essere analizzate l'offerta di residui, la capacità di lavorazione disponibile e la domanda locale, oltre che la possibilità del cosiddetto 'utilizzo a cascata' (Urban Wood Network, n.d.).

In relazione alla catena di produzione, le fasi principali sono la raccolta, la selezione e la rifilatura, la macinazione, l'essiccazione, lo stoccag-



Fig. 1 | Prototype furniture 'leaf' coffee table, designed by Ingo Cescatto Germer (credit: I. C. Germer, 2018).

Fig. 2 | Virtual model of the educational wooden toy design project 'Kinda - Awareness of Brazilian fauna through educational toy' (credit: I. S. Braga and A. H. Matsuo, 2020).

gio e l'immissione nel mercato (Delta Institute, 2014). Secondo lo USDA Forest Service (n.d.) nel processo dovrebbero essere incluse anche attività più strategiche quali: la valutazione delle risorse locali di legno urbano, il recupero del materiale dal flusso dei rifiuti, la progettazione delle modalità di riuso del legno di buona qualità e il ripristino delle aree in cui il legno è stato rimosso, attraverso la piantumazione di nuovi alberi. I 'toolkits', le 'schede di pianificazione' e le 'cartelle di lavoro' forniscono linee guida dettagliate per l'attuazione del processo per e consentire alle imprese di organizzarsi, attraverso due approcci: uno per il settore pubblico, l'altro per il settore privato. Nel primo, si parte dalle linee guida (Simons and Weatherspoon, 2009) relative a esigenze e opportunità, inventario e disponibilità di risorse, valutazione delle capacità, opportunità di sviluppo del prodotto, costruzione di partnership con il settore privato, pianificazione a livello comunitario, amministrazione e raggio di azione. Nel secondo, gli aspetti chiave su cui si fondano le linee guida variano a seconda del profilo degli imprenditori e delle attività di cui si occupano all'interno della catena di recupero (Delta Institute, 2014), ovvero gestori di terreni, guardaboschi e residenti (raccolta); ditte di manutenzione degli alberi (raccolta, selezione e rifilatura); produttori e utilizzatori di legno (macinazione, essiccazione, stoccaggio, immissione nel mercato); progettisti, architetti e sviluppatori.

Alcuni diagrammi di flusso illustrano diversi approcci e priorità, la sequenza delle attività dalla raccolta dei rifiuti alla definizione dei prodotti per l'immissione nel mercato (Fig. 5), la diversificazione delle tipologie di clienti, la rete di partner e i flussi di materiali e prodotti (Bratkovich e Fernholz, 2010; Fig. 6), il Comune gestore del processo (Fig. 7), il responsabile della rimozione degli alberi e della selezione dei residui legnosi, definendone la destinazione preferita. Con la stessa prospettiva, il Baltimore Wood Project (USDA Forest Service, n.d.; Quantified Ventures, 2019; Fig. 8) ha individuato le attrezzature e le loro funzioni, così come i materiali di base generati, con una classificazione che segue una gerarchia simile a quella del diagramma di flusso precedente a cui è stata aggiunta la separazione per dimensioni e qualità. Infine, l'esame della letteratura di settore rivela l'importanza della multidisciplinarietà e della partecipazione di attori differenti (Bratkovich e Fernholz, 2010; Urban Wood Network, n.d.).

Le iniziative brasiliane pionieristiche | Quelle che seguono sono quattro iniziative pionieristiche nell'uso del legno urbano dello Stato di San Paolo. L'analisi dei casi ha evidenziato una molteplicità di modelli possibili, con risultati promettenti e stimolanti, in cui la progettazione è un elemento chiave nella concezione del business, nella sistematizzazione dei flussi, nell'ottimizzazione dell'uso delle risorse, nella costruzione di partnership sinergiche, nella formazione di team con inclusione sociale e nello sviluppo di nuovi linguaggi estetici applicati in prodotti ad alto valore aggiunto. Le procedure metodologiche hanno previsto lo svolgimento di interviste semi-strutturate online e visite guidate. Gli argomenti trattati nelle interviste hanno ri-

guardato aspetti quali le motivazioni iniziali e le difficoltà, l'esperienza personale, l'individuazione e la selezione dei contesti produttivi locali, le fasi e le caratteristiche del flusso del processo produttivo (operazioni di potatura e abbattimento, trasporto, classificazione, stoccaggio, trattamento, essiccazione, lavorazione primaria e secondaria, stoccaggio, spedizione del prodotto), origine e modalità di acquisizione dei residui arborei, tipologia e stile dei prodotti finali, qualificazione del lavoro, partnership esterne.

Il titolare di Madeira Urbana®, l'ingegnere forestale Rodolpho Schmidt, crea prodotti a partire dai rifiuti della vegetazione urbana stimolato dal loro potenziale; a tal fine ha organizzato un team per i servizi di potatura e rimozione degli alberi, ha strutturato un'unità di selezione e trattamento dei rifiuti e ha stretto una partnership con architetti e progettisti. Attualmente opera nell'intera catena di produzione, attraverso un gruppo di società, riferibili alla Brazilian Company of Tropical Forests, che si occupa di rilascio di licenze ambientali, taglio e potatura di alberi urbani, piattaforme di tracciamento e certificazione, lavorazione primaria, produzione di arredi e oggetti in legno, oltre che di messa a dimora di alberi per ricostituire ed estendere la copertura verde urbana. La sua più grande sfida è stata quella di sviluppare un sistema per la lavorazione del legno che includesse diversi cortili organizzati per specie arborea e tipo di rifiuti, un flusso continuo di rifiuti in ingresso e di prodotti in uscita a più alto valore aggiunto, una dettagliata pianificazione degli investimenti.

La società di potatura e rimozione alberi opera in aree private urbane e rurali della regione metropolitana di Campinas dello Stato di San Paolo, con un servizio svolto su richiesta del cliente e a seguito di autorizzazione rilasciata dagli organi competenti. Il materiale ricevuto viene classificato all'interno di un cortile e identificato con un QR-Code che registra l'origine del legno: la parte utilizzabile viene impiegata per la produzione di legna da ardere (da 8 a 20 cm di diametro) o da segare (> 20 cm) mentre il resto viene frantumato e destinato al compostaggio (< 8 cm). A seguito del processo di carico e scarico del materiale tramite i camion Munck, viene effettuata la cernita: la legna da ardere e i rifiuti frantumati più fini vengono trasportati in cassonetti, una parte dei tronchi viene inviata per la sagomatura e la successiva essiccazione delle tavole mentre il resto viene distribuito secondo la domanda. Viene infine utilizzata una serra - dotata di forno, ventilazione forzata e controllo dell'umidità - per accelerare l'essiccazione degli elementi lignei che nel frattempo sono stati trattati con insetticidi contro le termiti. In una terza area, dotata di attrezzature di falegnameria (sega, fresatrice, tornio, trapano e carta vetrata) si lavorano i prodotti su richiesta (tavoli, panche, scaffali, piccoli oggetti decorativi, utensili da cucina e giocattoli) con le specie di legno disponibili e compatibili con le esigenze di applicazione. Il prodotto finale riceve un nuovo QR-Code che permette il tracciamento del legno utilizzato (Figg. 9-12).

Un secondo pioniere è stato l'imprenditore Pedro Petry, con 35 anni di carriera, che ha applicato fin dall'inizio i principi della sostenibilità e dell'economia circolare, valorizzando l'origine

e le caratteristiche del legno, riducendo al minimo gli scarti e prolungando la vita utile dei materiali: in questo modo, ha costruito un proprio linguaggio basato sulla ricerca e sulla sperimentazione. Nel suo processo creativo, Petry dialoga con il legno e lo lavora con altri materiali come il metallo, il vetro e l'acrilico; le sue produzioni mantengono crepe, anomalie, buchi, fessure e irregolarità poiché l'identità e l'originalità dei pezzi vengono proprio da questi dettagli che sono generalmente considerati 'difetti' e a cui si pone rimedio con un processo di 'ricucitura' tramite applicazioni di 'bejuco yaré' (*Heteropsis flexuosa*) cotto e decolorato.

Da giovane, seguendo le diverse attività di manutenzione degli alberi e le fasi operative di un mobilificio, ha acquisito contezza di quanto siano ingenti le quantità di scarti da lavorazione della materia prima lungo la catena di produzione; ha cercato quindi soluzioni per utilizzare il materiale scartato e, quando le ha individuate, ha seguito dei corsi di formazione in Brasile e Germania. Oggi la sua azienda (situata in un capannone di 2.000 mq nella città di Iguatema dello Stato di San Paolo) ha uno showroom, un magazzino, un deposito, una falegnameria completa con carpenteria metallica e un cortile di 3.000 mq nel quale il legno è stoccato per specie, dimensioni e tipologia. La materia prima utilizzata (in media, 12 metri cubi al mese di legno grezzo) proviene da aziende che si occupano della gestione forestale certificata nella regione amazzonica, della potatura e del taglio degli alberi in particolari aree urbane. Ai potatori autonomi indica in anticipo i migliori metodi di taglio per ottenere pezzi più grandi che generano prodotti a più alto valore aggiunto e quando un albero viene rimosso completamente ne utilizza anche le radici.

La movimentazione del materiale ricevuto avviene con un carrello elevatore (nel caso di piccoli tronchi) o con un camion Munck (per quelli più grandi); il legno, numerato e catalogato, resta nel cortile a essiccare per circa due anni. La rimozione dei rami, seguita da un primo taglio del legno, facilita la produzione su larga scala in quanto ne standardizza le dimensioni, velocizza l'essiccazione, riduce il volume occupato, agevola lo stoccaggio su pallet e l'inventario del materiale. Petry ha lavorato con più di 320 specie, sia esotiche sia autoctone, i cui campioni costituiscono una ricca xiloteca. Caratteristiche del suo processo di produzione sono lo sviluppo di strumenti appropriati e la continua formazione della squadra di carpentieri, con un'attenzione alla strutturazione della linea di produzione a diverse scale, specifica per oggetti decorativi di interior design e pezzi unici prodotti su richiesta o per prodotti in serie venduti al dettaglio (Figg. 13-17).

Il terzo caso studio è quello di Guarulhos, la seconda città più grande nello Stato di San Paolo in Brasile, la quale, tramite il proprio Segretariato Ambientale Municipale, ha investito per più di un decennio in pratiche sostenibili finalizzate a valorizzare la gestione dei rifiuti da vegetazione urbana puntando alla riqualificazione degli spazi pubblici con prodotti in legno che derivano da tali scarti grazie al fatto che il Comune produce circa 20 metri cubi di rifiuti al giorno con la potatura e la rimozione di alberi

nelle aree urbane. Nella prima metà del 2020 sono stati svolti più di 1.900 lavori di potatura: l'80% dei rifiuti – costituiti da foglie e rami – è stato destinato al compostaggio mentre il restante 20% (tronchi, rami spessi e alberi abbattuti) è stato utilizzato per realizzare arredi urbani e dei parchi giochi, ponti, assi e altre attrezzature per le aree pubbliche del Comune. Nei primi quattro mesi del 2020 sono stati prodotti 882 metri di legno, in aggiunta a 48 tonnellate di materiale di compostaggio.

La lavorazione dei tronchi di maggior diametro avviene nella Serraria Ecológica [lett. Segheria Ecologica], uno stabilimento che dal 2018 è assunto come modello dagli altri Comuni che conferiscono ancora i propri rifiuti vegetali alle discariche. Secondo il supervisore dello stabilimento, Irenio Mota, il rifiuto è ripartito secondo i seguenti usi: a) foglie e rami di piccole dimensioni sono tritati, passano per il compostaggio e divengono fertilizzante organico utilizzato per la piantumazione di alberi e piantine e per la sistemazione delle aree a verde nel Comune; b) i rami di diametro intermedio sono usati come legna da ardere; c) i tronchi di diametro adeguato vengono lavorati e utilizzati nelle costruzioni civili (assi, travetti, travi e impalcature), per arredi pubblici, giocattoli educativi e piccoli oggetti; d) la segatura che deriva dal processo di lavorazione viene donata alle aziende agricole. L'uso dipende da densità, durabilità, aspetto e forma originale del residuo arboreo.

Infine, si riporta il caso della città di Santos nello Stato di San Paolo che aderisce al Creative Cities Network for Education, Science and Culture (UNESCO, n.d.), il cui obiettivo è promuovere la cooperazione internazionale tra città che investono in creatività attraverso lo sviluppo urbano sostenibile, l'inclusione sociale e il fermento culturale. In questo contesto nel giugno del 2016 è stata aperta l'EcoFábrica Criativa [lett. EcoFabbrica Creativa], collegata al Comune, in partenariato con il Santos Design Club (IF Staff, n.d.), allo scopo di: riutilizzare i materiali di scarto raccolti da un servizio pubblico chiamato Cata-Treco; migliorare la qualità della vita della popolazione locale tramite generazione di reddito attraverso la formazione di nuovi carpentieri professionisti e adottando processi di progettazione e partecipazione creativi; rafforzare l'educazione ambientale con un'attenzione al riciclo del legno e dei prodotti che ne derivano; infine, ridurre la quantità di legno conferita alle discariche. L'iniziativa, collocata nel mercato cittadino all'interno di un contesto urbano molto degradato, ha contribuito alla rivitalizzazione dell'ambiente circostante.

Nel corso di falegnameria coordinato dal Fondo Sociale Solidale gli studenti apprendono, con due moduli, come realizzare oggetti per l'arredo urbano e per le decorazioni di interni: nel primo modulo, che dura tre mesi, vengono addestrati come apprendisti mentre nel secondo, della durata di nove mesi, gli studenti diventano carpentieri professionisti. Nell'ambito degli Incontri Creativi coordinati dal designer Alvaro Guillermo, designer e architetti progettano i prodotti che gli studenti realizzano nel corso e che vengono esposti e venduti in circa 50 negozi associati al Design Club; i ricavi della vendita tornano all'Istituto. In tre anni di attività circa tre

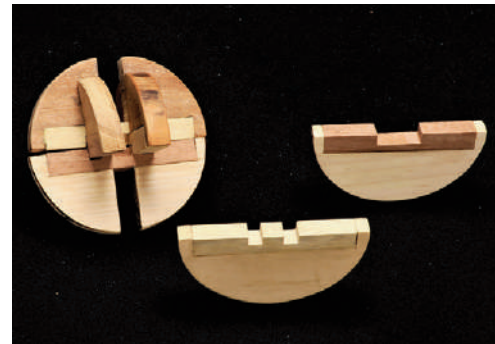
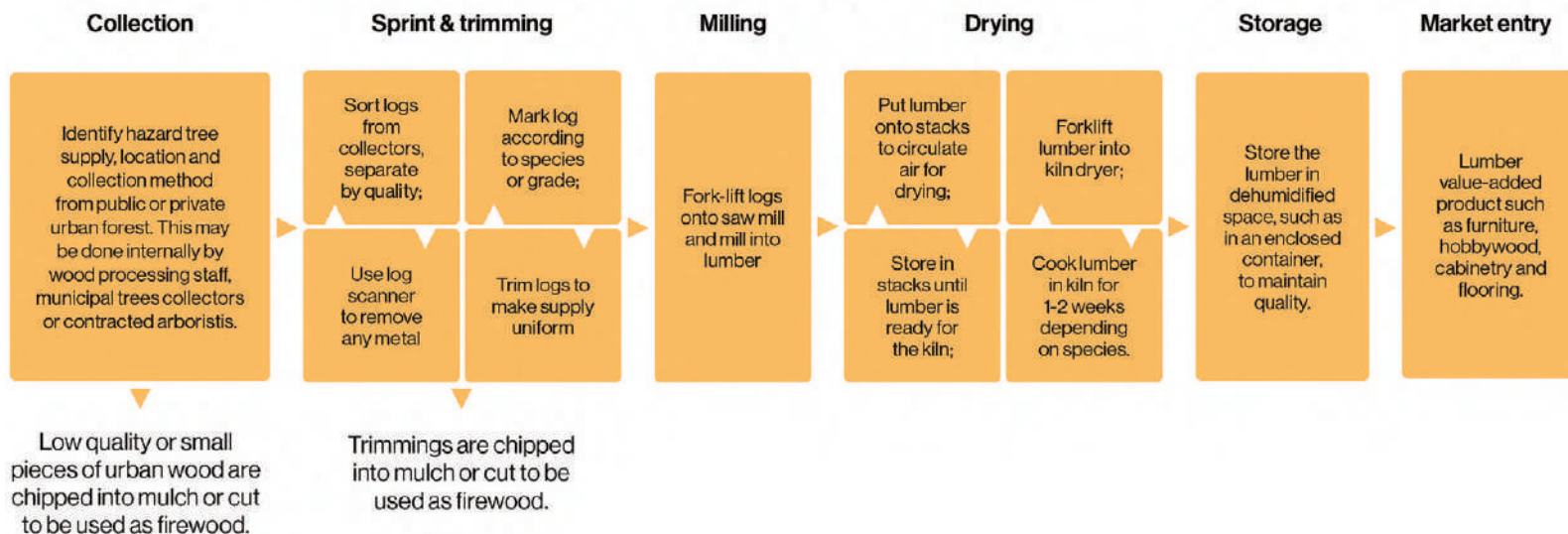


Fig. 3 | Prototype of the educational wooden toy design project, using wood residues 'Eferes', designed by Andre Medaglia, Gianluca Fanucchi, Maisa Amara and Victor Daibert (credit: C. Vuolo, 2017).

Fig. 4 | Wooden branch chair of the species *Leucaena leucocephala*, designed by Clara Bartholomeu (credit: C. Malaguti, 2021).

Steps Involved in Urban Wood Utilization Best Management Practices - BMPs



'Wood from the Hood' and its relationship (network) to supporting and complimentary businesses

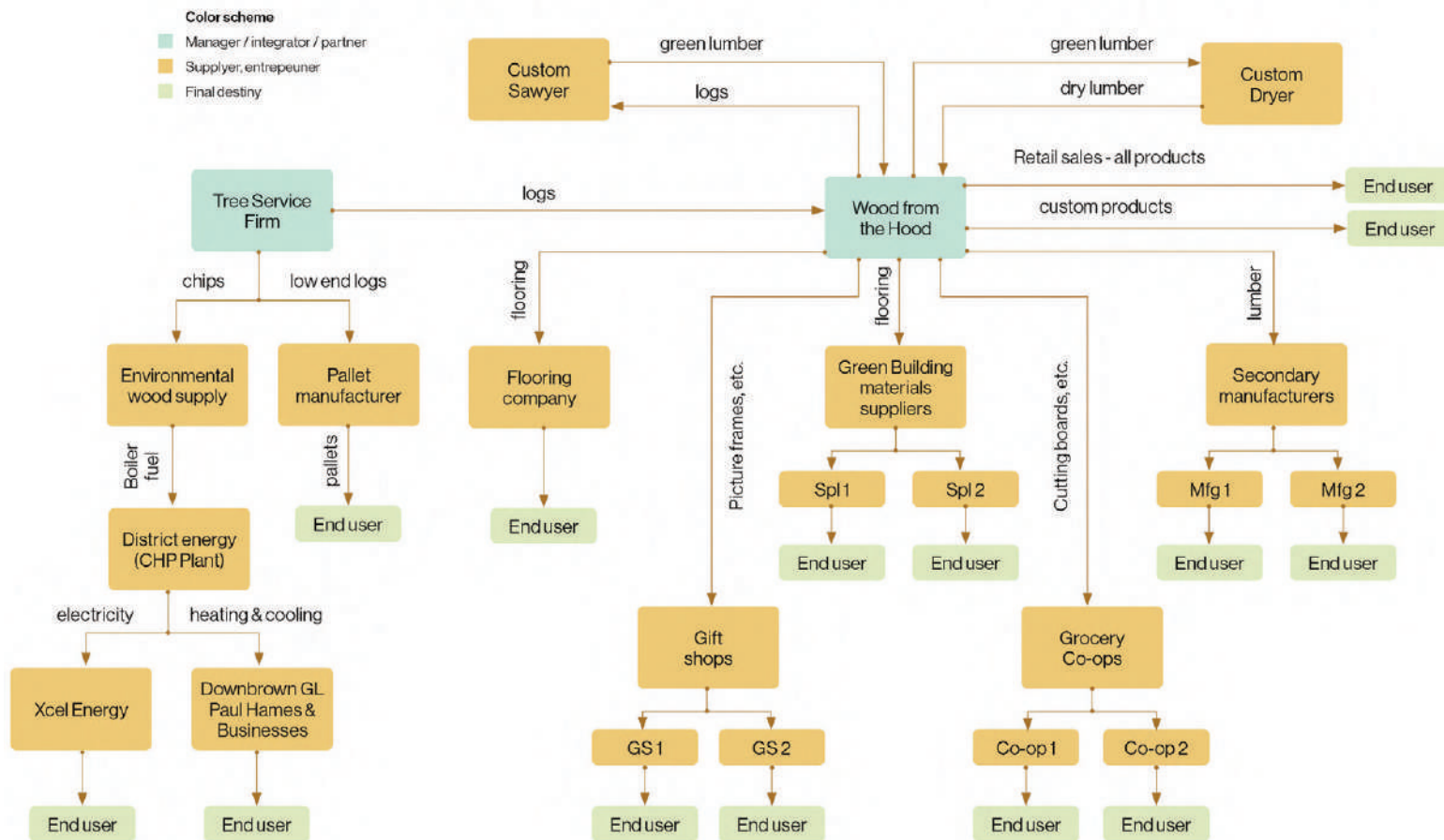


Fig. 5 | Steps involved in urban wood utilization best management practices (source: Delta Institute, 2014; adapted by the authors).

Fig. 6 | 'Wood from the Hood' and its relationships to supporting and complimentary businesses (source: Bratkovich, 2010; adapted by the authors).

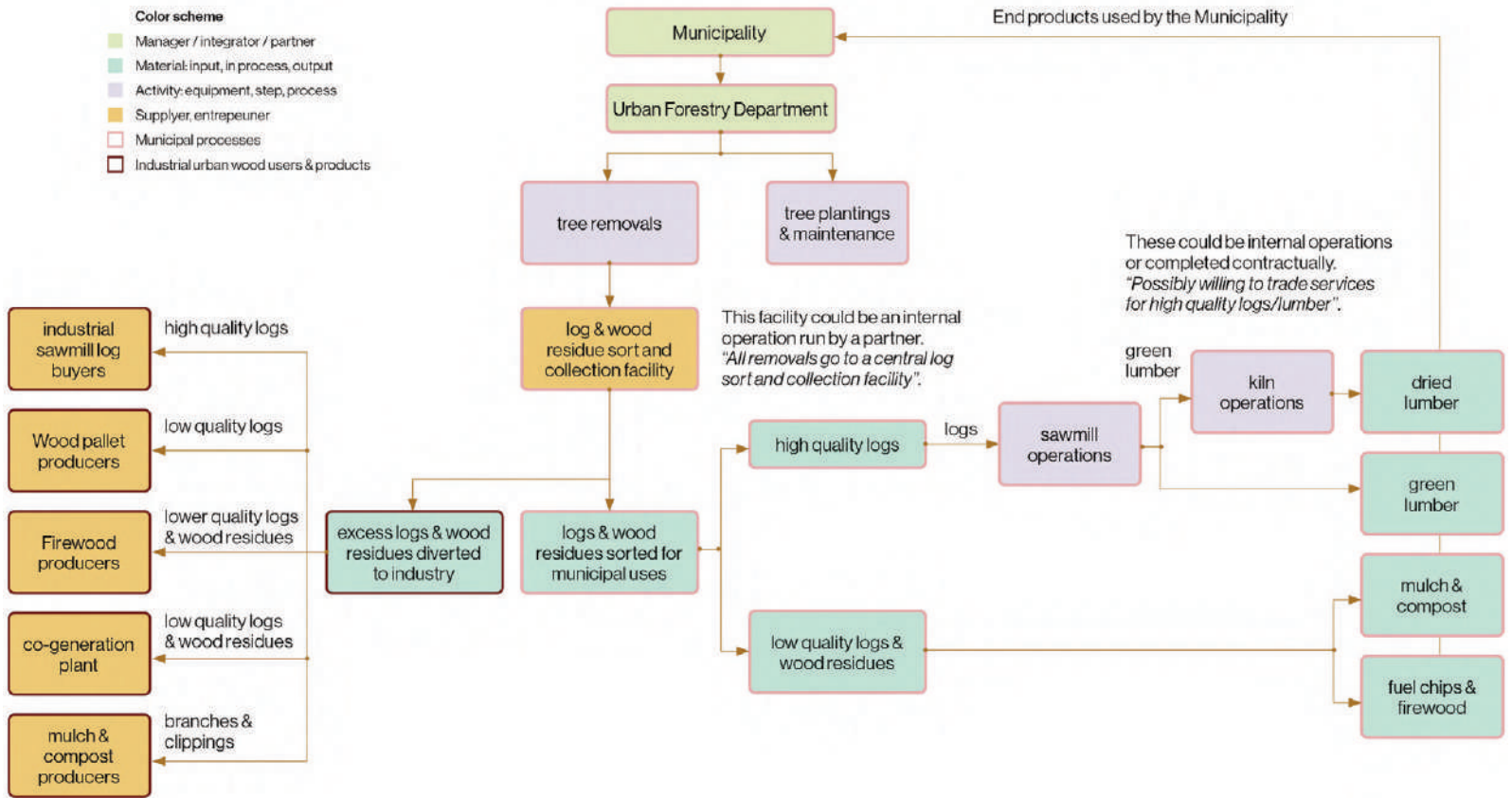
tonnellate di scarti di legno sono state riutilizzate e trasformate in panchine, tavoli, credenze, oggetti decorativi, prodotti funzionali e persino scenografie per film e spettacoli teatrali. Il progetto ha ricevuto un importante riconoscimento internazionale, vincendo nel 2017 l'IF Social Impact Prize (IF Staff, n.d.).

Discussione | Il riuso dei rifiuti legnosi prove-

niente dal verde urbano presenta molteplici sfide. In primo luogo, in molti Paesi tra cui il Brasile, manca una mappatura della distribuzione degli alberi di città, della quantità e del tipo di rifiuti (dimensioni, forme, specie, età, salute dell'albero, alternative di utilizzo), sebbene i ricercatori brasiliani hanno già attivato linee di ricerca caratterizzanti queste specie e individuato le potenzialità per l'utilizzo dei loro residui (Tab. 1).

L'organizzazione sistematica di queste informazioni aiuta a gestire le possibili richieste, i contesti e le capacità produttive locali per lo sviluppo del prodotto secondo i principi dell'economia circolare. In secondo luogo, le politiche pubbliche relative alla gestione dei rifiuti urbani legnosi dovrebbero caratterizzarsi per una maggiore componente tecnologica e favorire le destinazioni più appropriate a seconda del tipo

Urban wood flowchart



Baltimore Urban Wood Project – Fresh Cut Process Flow Chart Model

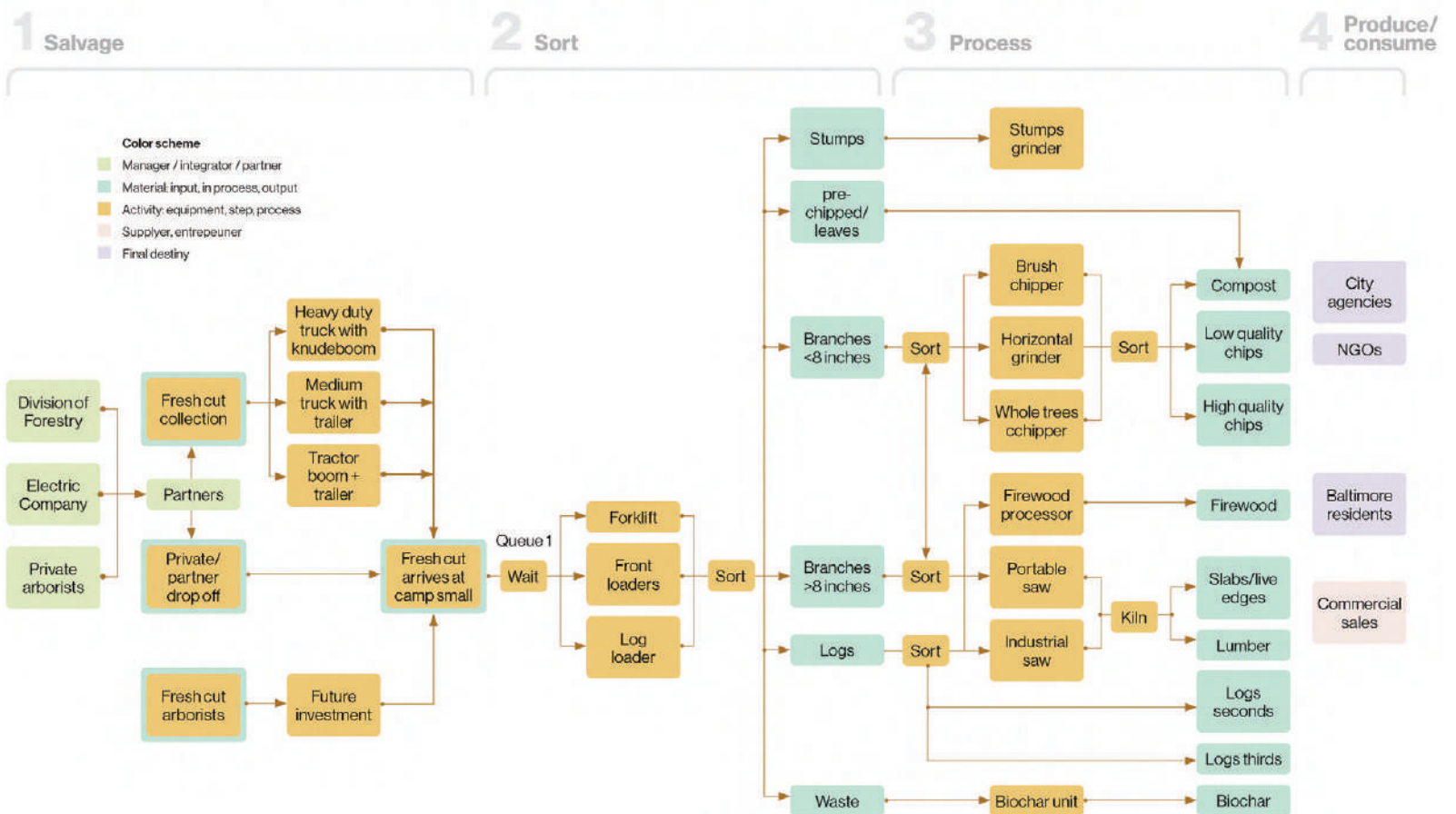


Fig. 7 | Urban wood flowchart (source: Urban Wood Network, 2019; adapted by the authors).

Fig. 8 | Baltimore Urban Wood Project: fresh-cut process flow chart model (source: Quantified Ventures, 2019; adapted by the authors).



di rifiuti – come accade nella Serraria Ecológica e nel Baltimore Wood Project: ciò include l'addestramento del personale, l'acquisizione di attrezzature appropriate, l'individuazione dei luoghi di smistamento e la lavorazione primaria del materiale, senza trascurare lo sviluppo dei metodi di tracciabilità e dei sistemi di certificazione, garantendo la certezza dell'origine del materiale e la valorizzazione del prodotto finale, come nella strategia del Madeira Urbana®.

Un'altra sfida consiste nell'ottimizzare il sistema di recupero dei rifiuti, la rete di partner e di fornitori di servizi, la gamma di prodotti e i corrispondenti modelli di lavorazione. Pertanto, è essenziale comprendere le caratteristiche del contesto locale, il potenziale dei rifiuti esistenti, le migliori opportunità di mercato, il livello tecnologico e l'infrastruttura produttiva esistente. Poste tali condizioni, l'attività di progettazione diviene l'asse portante del processo, alla ricerca di soluzioni dal valore aggiunto, secondo una gerarchia di utilizzo a cascata: essa genera esperimenti, promuove indagini formali ed estetiche, trae il maggior vantaggio dalle caratteristiche del materiale e dai processi di definizione degli impieghi ottimali, e crea un linguaggio specifico. La progettazione può anche contribuire all'ottimizzazione dell'intero sistema: stoccaggio, flusso dei materiali e processo produttivo, standardizzazione dei prodotti semilavorati e dei componenti, qualificazione del team operativo, definizione delle strategie per l'inserimento nel mercato, ecc. In tal senso, buone pratiche di successo sono rappresentate dalle esperienze di Pedro Petry e del Wood from the Hood.

Ulteriore sfida è quella di integrare questi sistemi di recupero con le politiche pubbliche di inclusione sociale, di programmi creativi e formativi che generino reddito, di partecipazione comunitaria, di miglioramento del paesaggio urbano e della qualità della vita nelle città, nel contesto degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite: l'Ecofábrica Criativa e il Baltimore Wood Project presentano risultati eccellenti rispetto a questi temi. In ultimo bisogna promuovere un processo continuo di produzione e diffusione della conoscenza, innovazione, trasferimento tecnologico, sviluppo della ricerca ponendo particolare attenzione ai metodi di gestione e all'investigazione di nuovi materiali: i Centri di ricerca, i Fablab e le Università dovrebbero assumere questo ruolo. In questo contesto è cruciale la funzione svolta dalla progettazione in quanto azione concettuale che impiega metodi abduuttivi e di indagine sperimentale e processi prototipici che portano a soluzioni tangibili e innovative.

Conclusioni | Lo studio illustrato dimostra che, nonostante la gestione dei rifiuti da vegetazione urbana sia un'attività complessa, si posso-

no fornire soluzioni promettenti per la sua valorizzazione di cui si riconosce la fattibilità sia nel settore pubblico sia in quello privato. Nelle iniziative private, il design d'autore può essere un valido alleato nella costruzione di un'identità che, fondandosi su una radicata dialettica con il materiale, produca un concept estetico ed una propria logica produttiva che, in alcuni casi, trasformi un difetto – che potenzialmente porterebbe allo scarto in un processo convenzionale – in un punto di forza. Un altro approccio è quello che vede la progettazione quale vettore per mettere a sistema l'intera catena produttiva (attività di potatura e rimozione degli alberi, tracciabilità e certificazione, lavorazione primaria e standardizzazione del materiale, definizione della gamma di prodotti, flusso produttivo secondario e strategie di marketing).

Quando l'attore principale del processo è il settore pubblico, la possibilità di articolare l'iniziativa tramite macrostrutture di supporto si amplia: possono essere varate nuove leggi, avviati nuovi programmi di istruzione e inclusione e si possono coinvolgere nuovi partner aumentando la portata dell'iniziativa, sia in termini di volume raccolto e lavorato sia di raggio d'azione, coprendo una più ampia regione geografica e generando benefici economici, ambientali e sociali maggiori. Nelle iniziative pubbliche, il design può dare un contributo decisivo anche ai programmi di formazione per l'inclusione sociale, generando impieghi e reddito e proponendo soluzioni creative che hanno una collocazione nel mercato. Un'altra prospettiva è lo sviluppo di prodotti orientati alle richieste del settore pubblico stesso o applicati allo spazio urbano.

Il ruolo della progettazione messo a fuoco nei vari modelli, dimostra il suo potenziale nello sviluppo degli scenari futuri in cui la seconda vita di materiali e prodotti, insieme alla conservazione delle risorse naturali, fa parte di una logica di supporto allo sviluppo sostenibile e di una condotta etica sociale. A scale diverse, e in approcci e contesti diversi, è possibile valorizzare una sostenibilità basata sui principi dell'economia circolare, tra cui in particolare l'utilizzo a cascata senza trascurare, al livello gerarchico superiore, la realizzazione di prodotti ad alto valore aggiunto. L'attuazione di adeguati modelli per la gestione degli scarti della vegetazione urbana implica una continuità di produzione, una sistematizzazione e diffusione della conoscenza, per la quale può essere importante il ruolo delle Università nel trasferimento tecnologico sia per il settore pubblico sia per quello privato, così da migliorare la qualità della vita e la resilienza delle città.

Quale prospettiva futura e risultato finale del progetto menzionato all'inizio dell'articolo, per la fine del 2022 verrà formulato e attuato un progetto pilota per la gestione sostenibile dei residui arborei in collaborazione con l'Università di San Paolo. Il progetto include anche la promozione di corsi e laboratori incentrati sia sui processi produttivi che utilizzano i residui legnosi come materiale grezzo sia sulla sperimentazione e lo sviluppo di componenti edili, arredi, manufatti e prodotti in generale. Iniziative di questo genere, svolte in collaborazione con partner esterni – i precursori qui menzionati, la rete Fab Lab Livre SP (Secretaria Mu-

Fig. 9 | Set of solid wood vases (credit: R. Schmidt, 2020).

Fig. 10 | Coffee tables in the living room: interior design exhibition (credit: M. D. Nero, 2019).

Fig. 11 | Shou sugi ban technique applied to wooden stools and sculpture (credit: R. Schmidt, 2020).

Fig. 12 | Coded sawn solid wood, designed by Madeira Urbana (credit: D. Klingenberg, 2019).

nicipal de Tecnologia e Inovação, 2020) e altri – contribuiranno alla qualificazione professionale, alla generazione di reddito e ai processi organizzativi per la realizzazione di prodotti a valore aggiunto, con una particolare attenzione nell’offerta di soluzioni utili per la comunità universitaria e la società urbana in generale.

L’approccio scientifico si sta consolidando e sta divenendo multidisciplinare, grazie a una rete di collaborazione, nazionale e internazionale, che include ricercatori, Centri di Ricerca, Fablab e rappresentanti del settore pubblico, che contribuiscono anche ad ampliare la scala d’azione. All’interno di questo più ampio contesto la ricerca includerà, tra gli altri aspetti: il monitoraggio della vegetazione e la definizione di un inventario arboreo; la strutturazione di modelli di tracciabilità degli scarti; la proposizione di azioni per il trasferimento tecnologico e la valorizzazione della gestione dei residui da vegetazione urbana e la sistematizzazione di processi integrati, a guida dei quali porre le metodologie progettuali proprie del design e dell’architettura.

The world is quickly urbanizing. Some studies predict that, in 2050, 70% of the world population will live in cities, which makes sustainable urban development crucial to ensure people’s quality of life (Salbitano et alii, 2016). The present article was developed within this context, taking as its object of reflection the management of city trees, with an emphasis on the perspective of using woody residues through design, and with the State of São Paulo (Brazil) as the locus of investigation. The theme has aroused the interest of public managers, researchers, designers and architects in several countries and the use of these materials in an innovative way has indicated promising market niches, as well as potential for income generation, as evidenced in the 13th International Seminar NUTAU 2020 – Valorization of Residues from Urban Forests (Sousa et alii, 2020). In this event, the important role of design was observed in the development of answers to the problem, where the University, through the teaching-research-extension tripod, acts as a driving force in the exploration of languages based on the understanding and reflection on the subject (Figg. 1-4).

In November 2020, the authors of this article (responsible for the aforementioned event organization and as an offshoot of it) elaborated the project entitled Valorization of Woody Residues from Tree Management – Contribution to Management for Sustainability at the Armando Salles de Oliveira Campus of the University of São Paulo. It was awarded by a request for proposals from the University’s Superintendence of Environmental Management, aimed at reducing CO₂ emissions on the Campus itself (USP Staff, 2020).

In this context, the research presented here presents reflections that originate from the following question: what kind of parameters can support, from a design point of view, potential management models that use solid wood residues from urban tree pruning in the production of building components, urban and domestic furniture

and Small Wooden Objects (SWO), capable of integrating the public sector, service providers, the production sector, the market and Universities? To answer it, the following methodological steps were adopted: a) Consolidation of the theoretical knowledge and state of the art, through narrative bibliographic review of aspects related to the productive chain, including tree management, wood processing and manufacturing of final products; b) Detailed study of the four selected initiatives, covering collection of institutional material, in-depth interviews with managers and owners, photographic records, species identification and parts of the tree residues used, product portfolio and analysis of production flows; c) Definition of the main aspects to consider to systematize plans and models to value waste from city trees, to strengthen and multiply existing initiatives.

The text develops from the framework of the circular economy; its principles are presented, together with the challenges of managing the resources obtained from urban greenery handling activities. International experiences both in public and private spheres are analysed in order to understand the main guidelines, the best management practices to change these residues into useful products, different production chains, and their connection with public policies. In-depth analysis of four Brazilian pioneering initiatives is realized, to support further discussions on the perceived challenges and the crucial role of design for the success in implementing wood waste recovery systems connected to the management of city trees.

Taking into account the accelerated urbanization process that currently takes place on a planetary scale, and the importance of urban afforestation for the mitigation of climate change, the quality of life and resilience of cities, the systematization of developed urban waste management models from the analysis of local contexts can represent a contribution to the international scientific community. International research networks can be structured around highly complex issues such as this one, which requires coordinated and multidisciplinary action, in order to enable effective technology transfer actions, appropriate to the diversity of human settlements and their environmental, socio-political, economic and social conditions.

Circular economy and urban afforestation management

Circular Economy (CE) is a framework of systemic solutions underpinned by upstream design principles that aim to restore and regenerate natural systems by keeping products in use for as long as possible, and materials in ‘closed-loops’ to be used and reused at the highest value, eliminating the concept of ‘waste’ (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Cities that embed CE principles become more thriving, liveable and resilient by changing the way materials and products are designed, managed and moved around; materials are sourced locally and from renewable feedstocks, where possibilities and jobs emerge. Hence, a CE contributes to the delivery of many of the United Nations’ Sustainable Development Goals (SDGs), especially: SDG 12 – to ensure sustainable consumption and production patterns; SDG 9 – to

build resilient, inclusive and sustainable industrialization, together with infrastructure and innovation; and SDG 11 – to make cities inclusive, safe, resilient and sustainable (United Nation, 2019).

Urban forests – as networks or systems that encompass peri-urban greenery and woodlands, city parks and urban greenery > 0.5 ha, pocket parks and gardens with trees < 0.5 ha, and trees on streets or in public squares and other green spaces with trees (Salbitano et alii, 2016) – play an important role in large cities. If properly planned and managed, they may fulfil several environmental, aesthetic, and public health functions such as: air purification, noise reduction, urban soil permeability, ‘heat islands’ mitigation and, therefore, contributing to the resilience of cities against global warming (Baró et alii, 2014; Ulmer et alii, 2016). In addition, they promote significant effects on landscaping, creating greater scenic beauty, shaded areas, resting environments, contemplation, and social interaction, acting as stress relievers and promoting better life quality for the population (Chang, Tsou and Li, 2020).

However, the management of urban greenery is quite complex, requiring governance, politics, a legal framework, planning, design and management. In addition, given the desirable prospect of increasing tree cover in cities, the complexity of the process tends to increase, requiring efficient strategies that optimize resources – among them, the activity of tree pruning and removal. It acquires great complexity, due to the volume and heterogeneity of the material, requiring skilled labour to sort and to give them proper destination (Palacio et alii, 2018). Despite the challenges to deal with these residues, there is a great potential (economic, social, and environmental) wasted, residing in their use in products with higher value, instead of simple disposal (Speak et alii, 2020). In addition, «[...] these sources of wood can play key roles in responding to urban needs for wood products while helping reduce pressure on natural forests and woodlands due to overexploitation» (Salbitano et alii, 2016, p. 90).

The international experience in valuing waste from urban greenery

International experiences, mainly in USA, demonstrate success in the waste management of city trees, in a systemic approach to the problem, intending to realise the integration of public and private agents, the scientific community, as well as local and regional markets. Architects, designers, and entrepreneurs have developed projects that use part of these materials – mainly solid wood – in an innovative way, opening up promising opportunities for the Circular Business Models (CBM). The main mentioned difficulties are (Bratkovich et alii, 2008): low wood quality, wood quantity and supply fragmentation, non-developed markets, few comprehensive urban tree inventories, lack of consistent urban wood utilization plans; low involvement and support from the community and local governments. On the other hand, the potential applications of these residues (Solid Waste Association of North America, 2002) in products with higher added value are wide: furniture and products in series or on-demand, floors, pallet stairs, raw sawn wood, engineered

wood products, etc. Of course, the residues supply, the available processing capacity, and the local demands should be previously analysed. However, as a general principle, the 'cascading use' is recommended (Urban Wood Network, n.d.).

Concerning the production chain, the main steps are collection, sorting and trimming, milling, drying, storing and market entry (Delta Institute, 2014). More strategic activities should be included in the process such as (USDA Forest Service, n.d.): assessing local urban wood resources; diverting the material from the waste stream; designing ways to recover good wood; recovering areas where the wood was removed, for example by planting new trees. 'Toolkits', 'planning worksheets' and 'workbooks' provide detailed guidelines for implementing systems and adapting enterprises, observing two approaches: community or public sector plan, and private business plan. In the first one, the starting point is represented by guidelines related to aspects (Simons and Weatherspoon, 2009): needs and opportunities, inventory and resource availability, capacity assessment, product development opportunities, building public-private partnerships, community planning, administration and outreach. In the second one, the key aspects on which the scripts are organized vary according to the profile of the entrepreneurs and the activities of the recovery chain that they include (Delta Institute, 2014). They include land managers, foresters and homeowners (collection); tree care companies (collection, sorting and trimming); wood manufacturers and wood users (milling, drying, storage, market entry); designers, architects and developers (product development and market entry).

Some flowcharts illustrate different approaches and emphases, the sequence of activities from waste collection to the definition of products for entry into the market (Fig. 5), the diversified portfolio, the network of partners and the flows of materials and products (Bratkovich and Fernholz, 2010; Fig. 6). They indicate municipality as the process manager (Fig. 7), responsible for removing trees and selecting woody residues, defining their preferred destination. With the same perspective, the Baltimore Wood Project (USDA Forest Service, n.d.; Quantified Ventures, 2019; Fig. 8) focuses on the equipment and their functions, as well as the generated base materials, whose classification follows a hierarchy similar to that of the previous flowchart, adding the separation by size and quality. Finally, the literature review carried out reveals the importance of multidisciplinary and inclusion of different actors (Bratkovich and Fernholz, 2010; Urban Wood Network, n.d.).

Brazilian pioneering initiatives | The following are four pioneering initiatives in the use of urban wood in the State of São Paulo. From the analysis of the cases, it is possible to observe multiple possible paths, with promising and inspiring results, where design is a key element, be it in the business conception, in the systematization of flows, in the optimization of the use of resources, in the construction of synergistic partnerships, in training teams with social inclusion, and in the development of new aesthetic lan-

guages, applied in products of high added value. The methodological procedures included conducting online semi-structured interviews and guided tours. The technical script topics for the interviews covered aspects such as: initial motivations and challenges, experience route, identification and selection of local productive contexts, stages and characteristics of the production process flow (pruning/suppression operation, transportation, classification, storage, treatment, drying, primary processing, secondary processing, storage, product shipping), origin and means of obtaining tree residues, typology and style of the final products, labour qualification, and external partnerships.

The creator of Madeira Urbana®, forest engineer Rodolpho Schmidt, wished to create products from the waste of city trees, as he believed in its potential. To this end, he created a team to provide pruning and tree removal services, structured a waste selection and processing unit, and articulated partnerships with architects and designers. Currently, he operates in the entire production chain, through a group of companies, Brazilian Company of Tropical Forests, which include environmental licensing, cutting and pruning of urban trees, tracking and certification platform, primary processing, production of furniture and wooden objects, as well as planting trees to recompose and expand the urban vegetation cover. His biggest challenge was to develop a system for the processing of wood that included: courtyard organization (by species and type of waste), continuous flow of waste input and output of higher added value products, and investment/return planning.

The tree pruning and removal company operates in private urban and rural areas in the metropolitan region of Campinas/SP. The service is carried out upon the client's request and issuance of authorization or license exemption by the competent bodies. The received material is classified in a primary courtyard and identified with a QR-Code that records the origin of the wood used: the portion that can be used is used for firewood production (8 to 20 cm in diameter) or sawn wood (> 20 cm); the rest is crushed and destined to composting (< 8 cm). In the process of loading and unloading the material, Munck trucks are used, and then sorting is carried out: the firewood and the finer crushed waste are transported in dumpsters. Part of the logs are sent to the unfolding and subsequent drying of the planked boards; the rest of them are deployed according to demand. A small tailor-made greenhouse – equipped with a furnace, forced ventilation and humidity control – is eventually used to speed up the drying of the pieces. Complementarily, the pieces are treated with termiticide. In a third courtyard, equipped with joinery equipment – saw, router, lathe, drill and sandpaper – products are developed on demand – tables, benches, shelves, small decorative objects, kitchen utensils and toys – choosing between the wood species available, with the application needs. The final product receives a new QR-Code that records the entire history of the wood used (Fig. 9-12).

The entrepreneur Pedro Petry, with a 35-year career, has applied from the beginning principles of sustainability and circular economy: he

has valued the origin and characteristics of wood, minimized waste and extended the useful life of materials. In this way, he has built his own language, based on research and experimentation. In his creative process, he dialogues with wood and combines other materials, such as metal, glass and acrylic. His constructive solutions incorporate cracks, faults, holes, cracks and irregularities; part of the personality and originality of his pieces come from these details, which are generally considered 'defects' – such as in the process of 'sewing' cracks, withdrawn, cooked and bleached 'cipó-titica' (*Heteropsis flexuosa*).

As a young man, following the process of tree management and the operational steps of a furniture factory, he realized that raw material (chips) was wasted along the production chain; he looked for opportunities to use the rejected material and, after identifying them, he tried to train himself, taking courses in Brazil and Germany. Today his studio (located in a 2,000 sqm shed in the City of Itu/SP) has a showroom, stock, warehouse, complete joinery and metalwork, in addition to a 3,000 sqm storage courtyard, where wood pieces are classified according to species, dimensions and typology. The raw material used (on average, 12 cubic meters per month of raw wood) comes from logging companies that practice certified forest management in the Amazon region and pruning and suppression of trees in particular urban areas. When interacting with autonomous pruners, he indicates in advance the best cutting modes, in order to obtain larger pieces that generate higher value-added products. When a tree is completely removed, even the roots are harnessed.

The management of the received material is done with a forklift (small logs) or with a Munck truck (large logs). Wood pieces are numbered, catalogued and remain in the courtyard for drying – on average, for two years. The removal of branches, followed by the pre-cutting of the woods, favours production on a larger scale, as it standardizes the dimensions, speeds up drying, reduces the occupied volume, facilitates the storage on pallets and the inventory of the material. The studio has worked with more than 320 species, both exotic and native, whose samples make up a rich xylotheque. The characteristics of his production process are the development of appropriate tools and the constant training of his team of carpenters, with a focus on structuring a product line, based on different scales, which covers from decorative objects to interior design, from unique pieces, produced on demand, to serial pieces, sold at retail (Fig. 13-17).

Guarulhos is the second-largest city in the State of São Paulo, Brazil, and through its Municipal Environment Secretariat, it has been investing for more than a decade in sustainable practices that aim, above all, to value urban tree waste management aiming at qualification of public spaces with wood products from such waste. The municipality produces about 20 cubic meters of waste per day from pruning and tree removal in the urban area. In the first half of 2020, when more than 1,900 pruning activities were carried out, 80% of the waste – volume made up of leaves and branches – was destined for composting, and the other 20% (logs, thick

branches and suppression of condemned trees) was used to manufacture furniture, playgrounds, decks, slats and other utensils for public areas of the municipality. In the first four months of 2020, 882 linear meters of wood were produced, in addition to 48 tons of composting material.

The processing of larger diameter logs takes place at the Serraria Ecológica [lit. Ecological Sawmill], a unit that, since 2018, has been seen as a model for other municipalities that still allocate their vegetable waste to landfills. According to the unit supervisor, Irenio Mota, material is distributed according to the following uses: a) leaves and branches of smaller dimensions are crushed, pass through composting, and organic fertilizer is used in the planting of trees, the production of seedlings and the landscaping of green areas in the municipality; b) branches of intermediate diameter are used as firewood; c) trunks with a larger diameter are unfolded and used in civil construction (slats, rafters, beams and props), in the production of public furniture, educational toys and SWO; d) the sawdust from the machining processes is donated to rural properties. The destination of each type of wood depends on their density, durability, appearance and original shape of the tree residue.

The City of Santos/SP is part of the Creative Cities Network for Education, Science and Culture (UNESCO, n.d.) whose objective is to promote international cooperation between places that invest in creativity, through sustainable urban development, social inclusion and cultural vitality. In this context, EcoFábrica Criativa [lit. Creative EcoFactory] was opened in June 2016, linked to the City Hall, in partnership with Santos Design Club (IF Staff, n.d.), in order to: reuse raw materials, discarded and collected by the public service called Cata-Treco; improve the life quality of the local population with income generation, through the training of new carpentry professionals, using design and participative creative processes; strengthen environmental education with a focus on recycling wood and derived materials; reduce the amount of waste deposited in landfills. Located in the city Municipal Market, a strongly degraded area, the initiative has contributed to the revitalization of the surroundings.

In the joinery course, coordinated by the Social Solidarity Fund, students learn to make pieces for urban furniture and interior decoration in two modules. In the first, lasting three months, apprentices are trained; in the second, of nine months, the students become professionals in carpentry. In the meanwhile, in the Creative Encounters, coordinated by designer Alvaro Guillermo, designers and architects design projects to be produced by students during the course. The pieces and products are exhibited and sold in about 50 stores associated with the Design Club and the proceeds from the sale are reverted to the Institution. In three years of activities, about three tons of discarded wood were reused and transformed into benches, tables, sideboards, decorative objects, utilitarian products and even scenarios for films and theatre plays. The project was recognized abroad in 2017, winning the international design award iF Social Impact Prize (IF Staff, n.d.).

Discussion | The implementation of wood waste recovery systems connected to the management of urban greenery presents several challenges. Firstly, in several countries, especially in Brazil, there is a lack of systematized information concerning distribution of trees in the urban space, waste quantification and qualification, (dimensions, shapes, species, age, health, and use alternatives). However, Brazilian researchers have shown a great effort in characterizing these species to point out potentialities for the use of their residues (Tab. 1). This organized information helps in identifying possible demands, contexts and local productive capacities for product development, according to the principles of the circular economy. Secondly, public policies related to afforestation and urban tree management programs should provide for better technological routes and favour the most appropriate destination by type of waste – as occurs at the Serraria Ecológica and the Baltimore Wood Project. This includes personnel training, appropriate equipment acquisition, sorting units planning and material primary processing. This challenge also includes the development of traceability methods and certification systems, guaranteeing the reliability of the origin of the material and valuing the final product – Madeira Urbana® strategy.

Another challenge is to structure the waste recovery system: partners and service providers' network, product mix and corresponding processing models. For this, it is essential to understand the characteristics of the local context, the potential of existing waste, the best market opportunities, the technological level and the available productive infrastructure. From the given conditions, the design activity becomes the guiding axis of the process, in search of solutions of higher value, according to the hierarchy of the cascading use. It conducts experiments, promotes formal and aesthetic investigations, takes the best advantage of the characteristics of the material and processes to define its best uses, and creates a unique language. This approach can even contribute to the optimization of the entire system: stock, material flow and the production process, standardization of semi-finished products and components, qualification of the operational team, definition of strategies for insertion in the market, etc. This challenge is successfully overcome in the experiences of Pedro Petry and Wood from the Hood studios.

The fourth challenge is to integrate these recovery systems with public policies of social insertion, creative and training programs with income generation, community participation, improvement of urban landscape and life quality, in the context of UN's Sustainable Development Goals – EcoFábrica Criativa and Baltimore Wood Project present excellent results in this area. The fifth and final challenge is to promote a continuous process of knowledge production and diffusion, innovation, technology transfer, research development with a focus on management methodologies and investigation of new materials. Research Centres, Fablabs and Universities should play this role. In this context, the role of design is crucial, with its intrinsic characteristic of reflexive action, use of abductive processes, experimental



Fig. 13 | Set of turned wooden ice buckets, *Mangifera indica* L., diam. 32 x h 30 cm (credit: Atelie Pedro Petry).

Fig. 14 | Irregular edge bowl, *Cupressus sempervirens* L., diam. 32 x h 30 cm (credit: Atelie Pedro Petry).

Fig. 15 | Irregular edge vase, coffee tree, diam. 18 x h 20 cm (credit: Atelie Pedro Petry).

Fig. 16 | Set of pens of various species of wood (credit: Atelie Pedro Petry).

Fig. 17 | Turning process (credit: Atelie Pedro Petry).

Origin	Scientific Name	Family	Kg/m3*	Source	Potential Uses
Softwood			< 500		
native	<i>Ceiba speciosa</i>	Bombacaceae	360	Vale et alii, 2005	SWO – Small Wooden Objects: ashes, tool handles, decorations, jewelry boxes, pen or card holders, pot holders, small vases, frames, pastille panels, etc.
exotic	<i>Delonix regia</i>	Fabaceae	447	Klingenberg et alii, 2018	
exotic	<i>Ficus sp.</i>	Moraceae	397	Klingenberg et alii, 2018	
native	<i>Inga sessilis</i>	Fabaceae	461	Gonçalves et alii, 2019	
exotic	<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	440	Vale et alii, 2005	
native	<i>Schinus molle</i>	Anacardiaceae	462	Gonçalves et alii, 2019	
native	<i>Schinus terebinthifolia</i>	Anacardiaceae	381	Gonçalves et alii, 2019	
exotic	<i>Spathodea campanulata</i> Benv.	Bignoniaceae	370	Vale et alii, 2005	
exotic	<i>Terminalia catappa</i>	Combretaceae	460	Klingenberg et alii, 2018	
exotic	<i>Tipuana Tipu</i>	Fabaceae	522	Klingenberg et alii, 2018	
Medium hardwood			> 500 to < 700		
exotic	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	Fabaceae	527	Gonçalves et alii, 2019	Furniture and wooden ornamental wares
native	<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	Fabaceae	654	Klingenberg et alii, 2018	
exotic	<i>Ligustrum lucidum</i> Ait.	Oleaceae	550	Vale et alii, 2005	
exotic	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	520	Vale et alii, 2005	
native	<i>Nectandra megapotamica</i>	Lauraceae	545	Klingenberg et alii, 2018	
native	<i>Peltophorum dubium</i> Taub.	Fabaceae	610	Vale et alii, 2005	
exotic	<i>Syzygium jambolana</i> D.C.	Myrtaceae	550	Vale et alii, 2005	
Hardwood			> 700		
native	<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart.	Fabaceae	730	Vale et alii, 2005	Beams, doors, fixtures, decks, floors, building components, furniture, design arts and architecture
exotic	<i>Leucaena Leucocephala</i>	Fabaceae	735	Bartholomeu et alii, 2020	
native	<i>Tabebuia avellanedae</i>	Bignoniaceae	796	Luz, 2012	

Tab. 1 | 20 current tree species in urban afforestation of São Paulo cities – branches density and uses (credit: the authors).

investigation methods and prototyping processes that lead to tangible and innovative solutions.

Conclusions | This research report demonstrates that, although the problem of waste management in urban greenery is complex, promising answers can be given for its valorisation. Their viability appears in both public and private sectors. In private initiatives, the path of authorial design can be a strong ally in the construction of an identity that, based on a deep dialogue with the material, creates an aesthetic concept and its own productive logic that, in some cases, changes a defect – which would lead to disposal in a conventional process – into a strength. Another approach is to adopt design as the driving force behind the integration of the entire production chain (pruning and tree removal activities, traceability and certification, primary processing and standardization of the material, definition of the product mix, secondary productive flow and marketing strategies).

When the inducing agent of the process is the public sector, the possibility of articulating the initiative with other support macro-structures expands: new laws and education and inclusion programs can be instituted, and new partners can be integrated. The scale increases as well, both in terms of collected and processed volume, together with the scope, which covers a larger geographic region and, therefore, can generate broader economic, environmental and social benefits. In public initiatives, design can provide a strong contribution to training programs for social inclusion, generating jobs and income, proposing creative solutions that have a place in the market. Another perspective is the development of products geared to the demands of the public sector itself or applied to the urban space.

The role of design in the various models shown demonstrates its potential in the construction of future scenarios, where the second life of materials and products, as well as the conservation of natural resources, are part of the de-

velopment logic, ethical behaviour and lifestyle of society. At different scales, approaches and contexts, it is possible to strengthen a sustainability-valuing culture, based on the principles of the circular economy, in particular the ‘cascading use’ with value-added products at the highest hierarchical level of waste utilization. The implementation of models for urban afforestation waste management based on the identified challenges involves the continuous production, systematization, and dissemination of knowledge, which emphasizes the role of universities in technology transfer for both public and private sectors, to improve life quality and resilience of cities.

As a future perspective and as a final result of the project mentioned at the beginning of the article, by the end of 2022, a pilot project for the sustainable management of urban tree residues shall be formulated and implemented, with a focus on the use of woody material, together with the University of São Paulo Mayor. The project also includes the promotion of courses and work-

shops focusing both on manufacturing processes employing wood residues as the main raw material, and on experimenting and developing building components, furniture, artefacts and products in general. Such initiatives carried out in collaboration with external partners – the pioneers mentioned here, Fab Lab Livre SP Network (Secretaria Municipal de Tecnologia e Inovação, 2020) and others – shall contribute to professional qualification, income generation and or-

ganization of processes for added value products manufacturing, with a focus on offering useful solutions for the University community and urban society in general.

Besides, the scientific approach is strengthening and becoming multidisciplinary, with new researchers joining the group in a collaborative network, at national and international levels, as well as through the contribution of Research Centres, Fablabs Networks and public sector repre-

sentatives, thus also broadening the action scale. Within this broader context, the research shall encompass, among other aspects: monitoring systems and arboreal inventory definition, models of waste origin traceability and identification, formulation of technology transfer initiatives to value management of residues from city trees, and integrated processes systematizing, with project methodologies in design and architecture as the main driving force.

References

- Baró, F., Chaparro, L., Gómez-Baggethun, E., Lange-meyer, J., Nowak, D. J. and Terradas, J. (2014), “Contribution of Ecosystem Services to Air Quality and Climate Change Mitigation Policies – The Case of Urban Forests in Barcelona, Spain”, in *Ambio*, vol. 43, issue 4, pp. 466-479. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s13280-014-0507-x [Accessed 08 April 2021].
- Bartholomeu de Souza, C., Sousa, C. S. M. and Brazolin, S. (2020), “De árvore invasora à matéria-prima – pesquisa sobre o potencial de uso da leucena para o design de produtos – From invasive tree to raw material – A research on the potential use of leucena wood for product design”, in *Estudos em Design*, vol. 28, issue 2, pp. 155-169. [Online] Available at: doi.org/10.35522/eed.v28i2.992 [Accessed 08 April 2021].
- Bratkovich, S. and Fernholz, K. (2010), *Using industrial clusters to build an urban wood utilization program – A twin case study*. Dovetail Partners. [Online] Available at: new.cloudvault.usda.gov/index.php/s/6yxFQcj8zrqkzgm#pdfviewer [Accessed 23 March 2021].
- Bratkovich, S., Bowyer, J., Fernholz, K. and Lindburg, A. (2008), *Urban Tree Utilization and Why It Matters*, Dovetail Partners. [Online] Available at: dovetail-inc.org/report_pdfs/2008/dovetailurban0108ig.pdf [Accessed 23 March 2021].
- Chang, P., Tsou, C. and Li, Y. (2020), “Urban-greenway factors’ influence on older adults’ psychological well-being – A case study of Taichung, Taiwan”, in *Urban Forestry and Urban Greening*, vol. 49, 126606. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126606, pp. 1-9 [Accessed 23 March 2021].
- Delta Institute (2014), *Wood Utilization Best Management Practices*. [Online] Available at: nforests-service.gov/Urban/pdf/CommunityUrban-Wood-BMP.pdf [Accessed 23 March 2021].
- Ellen MacArthur Foundation (2013), *Towards the Circular Economy – Economic and business rationale for an accelerated transition*, vol. 1. [Online] Available at: ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf [Accessed 23 March 2021].
- Gonçalves, R., Garcia, G. H. L., Brazolin, S., Bertoldo, C. and Ruy, M. (2019), “Methodology for the mechanical characterization of elastic constant of wood from tree branches”, in *BioResources*, vol. 14, issue 4, pp. 8439-8454. [Online] Available at: doi.org/10.15376/biores.14.4.8439-8454 [Accessed 23 March 2021].
- IF Staff (n.d.), “EcoFábrica Criativa Santos | Creative Ecofactory Santos”, in *IF World Design Guide*. [Online] Available at: ifworlddesignguide.com/social-prize/if-social-impact-prize-2017-supported-projects?#/pages/page/entry/238061-ecofabrica-criativa-santos [Accessed 29 March 2021].
- Klingenberg, D., Nolasco, A. M. and Dias Júnior, A. F. (2018), “Propriedades físicas de sete espécies provenientes da arborização urbana”, in Calil Junior, C., Lahr, F. A. R., Dias, A. A., Martins, G. C. A., Brito, L. D. and Molina, J. C. (eds), *Anais eletrônicos do XVI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras – III Congresso Latino-americano de Estruturas de Madeira, São Carlos, Brasil, March 26-28, 2018*, pp. 1-12. [Online] Available at: researchgate.net/publication/346419244_Propriedades_fisicas_de_sete_especies_provenientes_da_arborizacao_urbana [Accessed 18 March 2021].
- Luz, S. (2012), *Aproveitamento de madeiras de podas da arborização urbana: áreas do traçado inicial de Maringá/PR*, Master’s Thesis, Universidade Estadual de Maringá. [Online] Available at: repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/3541 [Accessed 18 March 2021].
- Palacio, J. C. E., Santos, J. J. C. S., Renó, M. L. G., Furtado Júnior, J. C., Carvalho, M., Reyes, A. M. M. and Orozco, D. J. R. (2018), “Municipal Solid Waste Management and Energy Recovery”, in Al-Bahadly, I. H. (ed.), *Energy Conversion – Current Technologies and Future Trends*, IntechOpen Limited, London. [Online] Available at: doi.org/10.5772/intechopen.79235 [Accessed 18 March 2021].
- Quantified Ventures (2019), *Fresh Cut – The Business Viability of Processing Freshly Cut Urban Wood in Baltimore City*, Baltimore City Recreation and Park’s Forestry Division, Humanim & USDA Forest Service. [Online] Available at: baltimorewoodproject.org/pdf/FreshCut_BaltimoreUrbanWood_v3_2019.05.14.pdf [Accessed 16 March 2021].
- Salbitano, F., Borelli, S., Conigliaro, M. and Chen., Y. (2016), *Guidelines on urban and peri-urban forestry*, FAO Forestry Paper n. 178. [Online] Available at: fao.org/3/i6210e/i6210e.pdf [Accessed 24 March 2021].
- Secretaria Municipal de Tecnologia e Inovação (2020), “Fab Lab Livre SP”, in *Cidade de São Paulo*, 29/12/2020. [Online] Available at: prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/inovacao/inclusao_digital/index.php?p=194463 [Accessed 27 April 2021].
- Simons, J. and Weatherspoon, A. (2009), *Community urban wood utilization planning worksheet*, Southeast Michigan Resource Conservation and Development Council. [Online] Available at: urbanforestrysouth.org/resources/library/tresources/community-urban-wood-utilization-planning-worksheet [Accessed 24 March 2021].
- Solid Waste Association of North America (2002), *Successful Approaches to Recycling Urban Wood Waste*, General Technical Report FPL-GTR-133. [Online] Available at: nforests-service.gov/Urban/pdf/USFS_UW_Re-cycle.pdf [Accessed 16 March 2021].
- Sousa, C. S. M., Shimomura, A. R. P., Michalski, R. L. X. N., Ornstein, S. W. and Barata, T. Q. F. (2020), *13th International Seminar NUTAU 2020 – Urban forest waste valuing potential for research and projects on urbanism, architecture and design*, vol. 8, n. 3, Blucher, University of São Paulo, São Paulo. [Online] Available at: proceedings.blucher.com.br/article-list/nutau2020-350/list#articles [Accessed 24 March 2021].
- Speak, A., Escobedo, F. J., Russo, A. and Zerbe, S. (2020), “Total urban tree carbon storage and waste management emissions estimated using a combination of LiDAR, field measurements and an end-of-life wood approach”, in *Journal of Cleaner Production*, vol. 256, article 120420, pp. 1-9. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120420 [Accessed 24 March 2021].
- Ulmer, J. M., Wolf, K. L., Backman, D. R., Tretheway, R. L., Blain, C. J., O’Neil-Dunne, J. P. and Frank, L. D. (2016), “Multiple health benefits of urban tree canopy – The mounting evidence for a green prescription”, in *Health and Place*, vol. 42, pp. 54-62. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.healthplace.2016.08.011 [Accessed 24 March 2021].
- UNESCO (n.d.), *Santos*. [Online] Available at: en.unesco.org/creative-cities/santos [Accessed 29 March 2021].
- United Nations (2019), *The Sustainable Development Goals Report*. [Online] Available at: unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019.pdf [Accessed 08 March 2021].
- Urban Wood Network (2019), *The urban wood toolkit*. [Online] Available at: urbanwoodnetwork.org/wp-content/uploads/2019/01/The-Urban-Wood-Toolkit.pdf [Accessed 29 March 2021].
- Urban Wood Network (n.d.), *Business Benefits*. [Online] Available at: urbanwoodnetwork.org/business-benefits [Accessed 29 March 2021].
- USDA Forest Service (n.d.), *The Baltimore Wood Project – Rethinking the wood in the city*. [Online] Available at: baltimorewoodproject.org/ [Accessed 23 March 2021].
- USP Staff (2020), “Resultado do concurso de projetos de fomento às iniciativas de gestão ambiental”, in *Superintendência de Gestão Ambiental*, 23/11/2020. [Online] Available at: sga.usp.br/resultado-do-concurso-de-projetos-de-fomento-as-iniciativas-de-gestao-ambiental/ [Accessed 27 April 2021].
- Vale, A. T., Sarmento, T. R. and Almeida, A. N. (2005), “Caracterização e uso de madeiras de galhos de árvores provenientes da arborização de Brasília, DF”, in *Ciência Florestal*, vol. 15, issue 4, pp. 411-420. [Online] Available at: scielo.br/j/cflo/a/kcmxb64XHfMPnZnwKS9tr/abstract/?lang=pt# [Accessed 27 April 2021].