

# Prove di laboratorio sulla densità di bambù italiani

Lorenzo Bartoli

## Titolo originale

Caratterizzazione fisico-meccanica di culmi di bambù di cinque specie coltivate in Italia

## Relatore

Ing. Lando Menestrà

## Sede

Università Politecnica delle Marche

## Anno

2019

## Laurea

Ingegneria Edile (L-23)

Nella ricerca di valide alternative ai materiali utilizzati in edilizia, il bambù si dimostra avere un ruolo chiave per le proprie caratteristiche e potenzialità. Nonostante la forte propensione globale verso l'edilizia sostenibile (*green building*), ancor oggi la presenza di alcuni fattori ne ostacola la piena diffusione; infatti, la mancanza di informazioni, l'assenza di una legislazione opportuna e i costi di costruzione significativi sono le problematiche maggiormente individuate e dalle quali partire per costituire un sistema di conoscenze appropriato che possa favorire l'impiego di tecnologie *green*.

Partendo dalla conoscenza del bambù da un punto di vista geografico, anatomico e morfologico e arrivando allo studio delle sue caratteristiche fisico-meccaniche, si vuole con questo lavoro affrontare uno studio sistematico ed oggettivo della densità di alcune specie native in Italia con l'intento di fornire risultati utili alla ricerca scientifica nell'ambito dei materiali strutturali.

## Criticità e punti di forza

Ricercando le principali caratteristiche del bambù, ci si trova di fronte un elemento abbondantemente sostenibile, come dimostra la rapida crescita e maturazione (bambù di 3-5 anni già utilizzabili per applicazioni strutturali), l'assenza di lavorazioni del terreno, la grande produzione di ossigeno corrisposta all'elevata sottrazione di CO<sub>2</sub> e la presenza di un apparato radicale estremamente fitto che aumenta la stabilità del terreno. A questi aspetti si aggiunge la possibilità di utilizzare il bambù per opere di riqualifica ambientale di aree degradate e dismesse. Inoltre, permette la gestione di situazioni di emergenza abitativa sfruttando la veloce reperibilità di materiale e la facilità di posa in opera e assemblaggio degli elementi.

La durabilità e la forma dell'elemento sono aspetti importanti da tenere conto nel progetto. Il bambù, essendo un materiale naturale, oltre ad essere irregolare, è soggetto a degrado se non trattato opportunamente; esistono diverse tecniche che aumentano la durabilità del materiale che impiegano il boro e, più raramente, il rame, come agente chimico di conservazione. Tuttavia lo scoglio che ne pregiudica la diffusione in ambito strutturale è dato dall'assenza di una normativa tecnica a riguardo. Si tratta di

un vincolo non solo puramente formale e che è necessario affrontare. Forse è doveroso considerare la possibilità di ricreare filiere di bambù in loco per abbattere i costi di trasporto del materiale, essendo la pianta dotata di grande adattabilità a situazioni climatiche e ambientali diverse. È noto, infatti, che il bambù non è propriamente di origine europea, ciononostante esistono specie che si adattano bene anche a climi più rigidi di quelli tropicali che sono l'habitat di maggior diffusione.

## Gli usi strutturali

Sin dall'antichità, nei paesi in cui cresce spontaneamente (Sudamerica, Sud-Est asiatico, Africa), il bambù viene utilizzato come materiale da costruzione, sia strutturale sia per finiture e rivestimenti; ne sono un esempio le Nipa Hut filippine, le Ikra indiane e le Bahareque colombiane, unità abitative simbolo culturale di questi paesi e ancora oggi costruite nelle comunità rurali. Con il progresso tecnologico nuove frontiere si sono aperte, come l'introduzione dei biocompositi (plybambù, GluBam®, Lamboo®, ecc.) a base di bambù, ovvero prodotti prefabbricati dove i culmi vengono laminati e trattati con resine sintetiche. Questi materiali, oltre che essere un'alternativa al legno, hanno permesso la realizzazione di architetture di ogni tipologia e forma utilizzando elementi ingegnerizzati e connessioni innovative. Inoltre, grazie alle straordinarie prestazioni meccaniche di cui gode il materiale, architetti e ingegneri hanno impiegato i culmi come unici elementi di design in strutture moderne.



Fig.1 Dettaglio di un provino

## Le proprietà fisiche e meccaniche

Gli studi condotti sulle proprietà fisico-meccaniche del bambù, dei quali si ricordano i pionieri Janssen e Arce-Villalobos, hanno permesso di identificare il bambù dal punto di vista strutturale. Le caratteristiche fisiche, dovute all'anatomia della pianta, influenzano il comportamento meccanico.

Il bambù presenta una struttura anatomica caratterizzata da fibre, che per la maggior parte sono presenti nella parte esterna della sezione del



Fig.2 Tavolo di lavoro: i provini di bambù e la bilancia elettronica usata per stimare il loro peso

culmo, e dal parenchima, molto presente nella parte più interna; quest'ultima rende la pianta fortemente igroscopica, poiché il tessuto parenchimatico è incline all'accumulo di acqua. Questa caratteristica rende il bambù sensibile a variazioni di contenuto di umidità le quali posso creare deformazioni e ritiri, incidendo sulla resistenza e sulla durabilità dei culmi.

La densità delle fibre varia all'interno del culmo, in particolare essa aumenta dall'interno verso l'esterno della parete e lungo lo sviluppo verticale, ossia verso l'alto. Alla densità è legata la resistenza meccanica della pianta, poiché al crescere della prima aumenta anche la seconda. Quindi c'è una forte dipendenza fra densità del materiale e resistenza: ad esempio, Janssen stimò che la resistenza ultima a flessione è circa 0,14 volte la densità. Nel dettaglio, la resistenza del bambù a compressione e a trazione è notevole se il piano di sollecitazione è parallelo alle fibre, raggiungendo valori paragonabili alla resistenza di alcuni acciai dolci. Al contrario, sollecitazioni ortogonali alle fibre, dove è prevalente la matrice

parenchimatica, forniscono valori di resistenza assai limitati. Inoltre, è opportuno far notare che le zone di nodo si comportano diversamente da quelle di internodo, sia in compressione che trazione, dovuto ciò alla presenza di un diaframma e di fibre trasversali in corrispondenza dell'area nodale. Per quanto riguarda la resistenza a flessione dei culmi, anch'essa può raggiungere valori soddisfacenti per applicazioni strutturali, con massimi che toccano i 150 MPa. La resistenza a taglio è l'aspetto meccanico più delicato, come dimostrano gli studi sulle connessioni delle strutture in bambù, poiché, non presentando fibre trasversali, la resistenza a questa sollecitazione è affidata alla matrice debole del tessuto parenchimatico. Si stima approssimativamente che essa è l'8% della resistenza a trazione (con un aumento nelle zone nodali).

## La sperimentazione

La densità del bambù è forse l'aspetto più interessante, poiché, come detto, essa è il filo



Fig.3 Dettaglio di culmi prima dei test

Specie	Densità bambù [kg/m³]		
	Zona	Valore medio [kg/m³]	Dev. Standard [kg/m³]
<b>Bambusoides</b>	Alta	820,39	1,75
	Bassa	812,56	2,90
	Tot	<b>817,26</b>	1,98
<b>Edulis</b>	Alta	907,26	3,36
	Bassa	887,32	2,50
	Tot	<b>897,29</b>	2,92
<b>Iridescens</b>	Alta	872,42	1,79
	Bassa	848,09	4,07
	Tot	<b>860,21</b>	3,19
<b>Violascens</b>	Alta	691,92	2,57
	Bassa	638,54	9,03
	Tot	<b>665,23</b>	7,22
<b>Vivax</b>	Alta	772,97	2,27
	Bassa	750,71	2,86
	Tot	<b>761,84</b>	2,80

conduttore tra la struttura anatomica della pianta e le sue proprietà meccaniche. Si è deciso quindi di approfondire il discorso sulla densità del bambù, in particolare selezionando culmi di cinque specie coltivate in Italia. Le specie analizzate, conservate nel laboratorio PMS della Facoltà di Ingegneria dell'Università Politecnica delle Marche sono: *Phyllostachys bambusoides* (BAM), *Phyllostachys edulis* (EDU), *Phyllostachys iridescens* (IRI), *Phyllostachys violascens* (VIO), *Phyllostachys vivax* (VIV). La stima della densità è stata eseguita utilizzando il "principio della spinta di Archimede" e una bilancia analitica con un particolare kit per la determinazione della densità costruito in laboratorio.

Inizialmente, dopo aver redatto un protocollo di prova, è stato eseguito il taglio dei provini dai culmi con annotazione di specie, di numero campione e lettera d'identificazione della zona di culmo (A = zona alta, B = zona bassa). In seguito, per la misura del contenuto di umidità, è stato necessario pesare i campioni una prima volta e ne è stata annotata la massa umida, ossia quella alle condizioni di laboratorio. I provini sono stati poi posti in forno per 24 ore al termine delle quali sono stati trattati con un prodotto spray impermeabilizzante, il cui peso è risultato trascurabile; il ciclo essiccazione-trattamento è stato ripetuto una seconda volta per garantire una tenuta all'acqua più efficace durante il processo di pesatura in immersione. Trascorso un ulteriore giorno, i campioni sono stati pesati prima in aria, poi nel liquido ausiliario (acqua demineralizzata) e di nuovo in aria, previa asciugatura, per valutare l'efficienza dell'impermeabilizzazione; dai valori ottenuti. Tale trattamento è risultato ottimo (efficienza del 99,5%). La bilancia ha così restituito tre valori differenti: peso secco, peso immerso e peso asciugato. Si è ricavata, infine, la percentuale di contenuto di umidità media presente nelle cinque specie, dove con un valore di 11,45% EDU è risultata essere la più propensa ad assorbire

umidità dall'aria circostante, mentre con il 10,88% VIO quella meno propensa (BAM 11,31%, IRI 11,18%, VIV 10,96%).

La determinazione della densità attraverso il principio di Archimede ha richiesto qualche "rimaneggiamento algebrico" dal momento che la stessa densità dell'acqua dipende dalla sua temperatura. Pertanto, partendo da uno studio affine sulla densità dell'acqua e costruendo un'espressione analitica per interpolazione con le temperature rilevate, si sono potuti quantificare i rispettivi valori di densità dell'acqua. Conoscendo tali valori in funzione della temperatura è stato possibile ricavare la densità del bambù per ogni provino, la densità media relativa alla zona di culmo (alta o bassa) e la densità media di ogni specie. I risultati hanno mostrato come la zona alta del culmo sia dotata di maggior densità rispetto alla parte bassa. La specie con più alta densità media è risultata essere EDU, mentre VIO quella con densità media più bassa. L'affidabilità dei dati è dimostrata dalla bassa percentuale di scarto quadratico medio.

In conclusione, ricordando l'influenza della densità sul comportamento meccanico del bambù, dove all'incremento della percentuale di fibre e quindi di densità corrisponde un aumento della resistenza meccanica, la specie EDU risulterebbe essere, in via teorica, quella con migliori proprietà meccaniche, questione che dovrà essere accertata con le opportune prove di resistenza.

Il presente articolo è disponibile sotto la licenza *Creative Commons* con le seguenti caratteristiche: [Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 4.0 Internazionale](#). Questo significa che chiunque può copiare, distribuire, condividere con il pubblico l'articolo solo per scopi non commerciali citando l'autore ma nessuno può distribuire opere derivate basate sullo stesso articolo.

