

I disegni leonardiani di architettura del Ms. B: metodologia di ricerca storica applicata al processo ricostruttivo 3D

Daniela Smalzi¹

Introduzione: *Information & Communication Technologies* per l'architettura

Le tecnologie informatiche per la comunicazione (ICT), da alcuni decenni, sono oramai entrate a far parte di molti ambiti di ricerca, fra cui quello delle scienze umane e sociali e delle discipline architettoniche, in particolare nelle pratiche di valorizzazione e divulgazione dei beni culturali dove, sempre più spesso, ci si avvale della modellazione tridimensionale per diffondere e veicolare conoscenze acquisite o nuovi traguardi della ricerca. L'impiego di modelli 3D risulta infatti estremamente efficace per l'analisi conoscitiva e il restauro di un manufatto architettonico, potendo fungere da nucleo aggregativo di un complesso sistema di informazioni e dati – consultabile in maniera diretta, georeferenziabile e costantemente implementabile – in grado di fornire verifiche preventive sulle possibili scelte da impiegare nel restauro di un singolo edificio o di un intero complesso monumentale (GAIANI 2000; 2012; DE LUCA ET AL. 2010; APOLLONIO ET AL. 2012; BRUSAPORCI ET AL. 2016).

All'interno della disciplina storico-architettonica, la modellazione tridimensionale è stata spesso impiegata per finalità legate alla conoscenza e alla divulgazione dell'opera di singoli architetti, come nel noto caso delle ricerche condotte da Guido Beltramini e Marco Gaiani sulle architetture palladiane in collaborazione con il Centro Internazionale di Studi di Architettura "Andrea Palladio" di Vicenza (BELTRAMINI, GAIANI 2012). La conoscenza di architetture non realizzate, ovvero di progetti che non hanno trovato effettiva concretizzazione nella pratica edilizia, è un ulteriore ambito di interazione fra storia dell'architettura e modellazione 3D (BELTRAMINI 2000; DOCCI 2007; CANCELLA 2018): il presente intervento si inserisce in questo ambito dal momento che i disegni leonardiani di architettura costituiscono un *corpus* non omogeneo di appunti testuali e schizzi grafici che non hanno trovato ulteriore definizione compositiva né immediata realizzazione pratica, ma che per la loro importanza sono comunque diventati elementi di riferimento nell'orizzonte culturale degli artisti di epoca moderna e degli studi storico-architettonici contemporanei.

¹ Ha seguito l'attività degli studenti nel gruppo di lavoro sul "Progetto urbano" nell'ambito del Seminario "Leonardo da Vinci, il cartografo, l'ingegnere idraulico, il progettista di città e territori: l'attualità di un pensiero visivo".

1. Premesse alla metodologia scientifica: i principi delle Carte di Londra e Siviglia

L'ampia diffusione della modellazione tridimensionale come elemento comunemente impiegato per la comunicazione dei beni culturali ha aperto la strada ad una serie di riflessioni sull'affidabilità delle ricostruzioni virtuali e, quindi, sulla necessità di applicare metodi di visualizzazione dotati di rigore scientifico: a partire dal 2009, la Carta di Londra ha fornito alla comunità internazionale delle linee guida metodologiche generali che, come enunciato nel primo principio, si auspicava venissero implementate per ogni ambito di studi; nel 2011 è stato dunque formulato un ulteriore documento, la Carta di Siviglia, che rendeva attuativi i contenuti della Carta di Londra per le specificità disciplinari dell'archeologia, ambito per molti versi affine a quello architettonico (BRUSAPORCI, TRIZIO 2013, 61). Tali documenti hanno dunque costituito il punto di riferimento per la realizzazione dei modelli virtuali dei disegni leonardiani presentati in Mostra.²

Le indicazioni del terzo e quarto principio della Carta di Londra inerenti alle fonti di ricerca e alla documentazione prescrivono infatti che

per assicurare l'integrità intellettuale dei metodi e dei risultati della visualizzazione digitale, le *fonti rilevanti* devono essere identificate e valutate *in maniera documentata e strutturata*; [...] dovrebbe essere resa *disponibile la lista completa delle fonti usate nella ricerca* comprensiva delle indicazioni relative alla loro provenienza [...] e] la *documentazione di ogni decisione valutativa, deduttiva, interpretativa o creativa* fatta nel corso del procedimento di visualizzazione digitale dovrebbe essere *resa disponibile* in maniera tale che le relazioni tra le fonti della ricerca, la conoscenza implicita, i ragionamenti espliciti e i risultati basati sulla visualizzazione possano essere comprese (CARTA DI LONDRA 2009, 3, 4.5, 4.6).

Come la Carta di Londra, anche la Carta di Siviglia ribadisce l'importanza della 'trasparenza' del processo ricostruttivo della visualizzazione digitale³ e, attraverso il principio della complementarietà, mette l'accento sul "carattere sostitutivo" delle visualizzazioni digitali nella circostanza in cui i resti archeologici siano andati distrutti:⁴ Tale elemento può trovare validità anche nel caso della visualizzazione di organismi architettonici mai realizzati che condividono, con gli scomparsi resti archeologici, la medesima mancanza di riscontri concreti e verificabili. Risulta quindi fondamentale l'enunciazione del quarto principio della Carta di Siviglia, dove si prevede la possibilità di realizzare interpretazioni virtuali alternative di uno stesso elemento,

² Si tratta della Mostra multimediale collegata al Convegno "Lo sguardo territorialista di Leonardo da Vinci. Il cartografo, l'ingegnere idraulico, il progettista di città e territori" e inaugurata a Empoli il 14 Novembre 2019.

³ "Se *vuelve indispensable la elaboración de bases documentales en las que quede recogido y expresado con total transparencia todo el proceso de trabajo desarrollado: objetivos, metodología, técnicas, razonamientos, origen y características de las fuentes de la investigación, resultados y conclusiones*" (CARTA DI SIVIGLIA 2011, 7.1).

⁴ "Las visualizaciones asistidas por ordenador podrán tener un carácter sustitutivo cuando los restos arqueológicos originales hayan sido destruidos" (CARTA DI SIVIGLIA 2011, 3). "Tali beni possono inoltre risultare inaccessibili anche perché l'oggetto della visualizzazione è andato perduto, si è danneggiato o è stato disperso, distrutto, restaurato o ricostruito" (CARTA DI LONDRA 2009, 6.1).

con uguale validità scientifica:⁵ tale indicazione si è rivelata valida per gli schizzi progettuali leonardiani che non hanno una compiutezza formale esplicitamente e univocamente individuabile, ma suggeriscono invece differenti ipotesi ricostruttive.

La redazione di una ‘scheda di tracciabilità’ del percorso di modellazione virtuale applicata ai disegni leonardiani vuole dunque essere un tentativo, seppur semplificato, per conseguire una corretta divulgazione dei contenuti storico-architettonici confluiti nell’immagine 3D secondo i dettami delle Carte internazionali.

2. La scheda di tracciabilità

Nell’ambito del seminario “Leonardo da Vinci, il cartografo, l’ingegnere idraulico, il progettista di città e territori: l’attualità di un pensiero visivo”, con il contributo scientifico di chi scrive, di Claudio Saragosa e di Giuseppina Carla Romby, sono stati realizzati alcuni modelli tridimensionali di note architetture leonardiane legate al tema della città. Gli studenti coinvolti nel progetto, suddivisi in piccoli gruppi,⁶ hanno lavorato sui disegni seguendo dei ‘protocolli procedurali’ redatti con lo scopo di ottenere elaborati finali adeguati alle metodologie scientifiche di visualizzazione digitale basate sui principi delle Carte di Londra e di Siviglia: è stata infatti messa a punto una scheda-tipo che, oltre a riportare una serie di informazioni generali inerenti alla campagna di schedatura, introduce specifici campi che consentono ai modellatori di esplicitare le fonti documentarie e bibliografiche utilizzate, nonché di tracciare le procedure storico-critiche impiegate nella ricostruzione tridimensionale (cfr. l’*Esempio di scheda-tipo* riportato al par. 4).

I tre disegni leonardiani esaminati, comunemente noti come edifici abitativi della ‘città ideale’, studi di canalizzazione, e “polita stalla”, sono conservati a Parigi, presso l’Institut de France, Ms. B, ff. 15v-16, 37v, 38v-39. Attraverso le riproduzioni anastatiche di tali documenti sono stati esaminati sia i dati grafici che i dati testuali forniti da Leonardo: tali elementi sono stati messi a confronto al fine di far emergere ed evidenziare le incongruenze presenti fin dalla genesi dei manoscritti, incongruenze che sono state poi trasposte nella modellazione tridimensionale attraverso differenti ipotesi ricostruttive come previsto dalla Carta di Siviglia (4.1).

Sono quindi stati vagliati, sulla base dei riferimenti bio-bibliografici sull’autore e sulla cultura costruttiva dell’epoca, dei possibili modelli di riferimento architettonici – più o meno coevi – che verosimilmente possono aver fatto parte del bagaglio di conoscenze leonardiane o di saperi diffusi che si sono materializzati in tali speculazioni architettonico-urbanistiche (BRUSAPORCI, TRIZIO 2013, 62); specifici campi della scheda hanno permesso infatti di dichiarare le fonti bibliografiche e iconografiche utilizzate, come raccomandato dal quarto principio della Carta di Londra (4.5).

⁵ “*En tanto en cuanto la disciplina arqueológica no es una ciencia exacta e incontestable, sino compleja, se debe apostar abiertamente por realizar interpretaciones virtuales alternativas siempre y cuando presenten igual validez científica. Cuando no exista esa igualdad se apostará únicamente por la hipótesis principal*” (CARTA DI SIVIGLIA 2011, 4.1).

⁶ Gli studenti facenti parte del gruppo di investigazione sono Giuditta Aspesi, Ivan Bertelli, Daniele Bufalo e Jessica Sanna, che ringrazio per l’entusiasmo e l’assidua partecipazione.

Le puntuali analisi comparative, metrologiche e proporzionali sono quindi confluite nel modello 3D insieme ad alcuni dati aggiuntivi scaturiti dalle considerazioni degli schedatori: l'interpretazione critica di tali dati e il processo traspositivo sono stati riportati nella scheda attraverso due campi descrittivi, dove di volta in volta sono state dichiarate le scelte attuative e le semplificazioni adottate nella modellazione, come raccomandato ancora dal quarto principio della Carta di Londra (4.6).

La finalità perseguita nella stesura della schedatura è stato dunque il conseguimento di una visualizzazione digitale fortemente correlata con l'esplicitazione del procedimento attuato, al fine di dare valore scientifico e verificabilità ai risultati virtuali prodotti: tale elemento assicura che i procedimenti e i risultati visivi ottenuti possano essere valutati da utenti esterni al gruppo di lavoro.

3. Nuove acquisizioni

Attraverso la nuova lettura dei disegni leonardiani di architettura è stato possibile indagare le modalità speculative del Vinciano: la mano del disegnatore sembra esser stata guidata da una doppia componente, una strettamente saldata alle riflessioni sulla funzionalità dell'edificio progettato (e dunque fortemente legata al funzionamento della città e dei suoi flussi di merci e persone), l'altra di carattere più propriamente estetico-formale dove si possono ravvisare contemporaneamente più proposte compositive, ovvero varianti architettoniche alternative all'interno di uno stesso disegno: nel caso della "polita stalla", ad esempio, come già rilevava Francesco Di Teodoro (2009, 78), esistono delle varianti costruttive nelle coperture delle navate degli stalli per i cavalli,⁷ mentre nel caso degli edifici abitativi della città ideale sono ravvisabili soluzioni compositive alternative nell'edificio gentilizio con corte centrale, in particolare nel livello del loggiato del piano nobile⁸ e nelle coperture.⁹

Nei modelli 3D si è deciso di conservare entrambe le versioni proponendo la compresenza delle due ipotesi ricostruttive (destra e sinistra) in quanto alternative progettuali con egual valore scientifico: ancora per la "polita stalla", ad esempio,

⁷ Il disegno leonardiano presenta caratteristiche architettoniche diverse nel lato destro e in quello sinistro della copertura degli stalli dei cavalli, ovvero volte a crociera a destra e volte in parte a crociera e in parte a botte (apparentemente prive del solaio di chiusura in corrispondenza della parte a botte) a sinistra.

⁸ Il loggiato del piano nobile sembra presentare archi su pilastri nella parte destra e archi su colonne a sinistra; inoltre, la campata 'tamponata' adiacente al vuoto del loggiato presenta l'ordine architettonico solamente nel volume di sinistra, mentre in quello di destra esso risulta assente: la differenziazione del lato destro e sinistro dello stesso disegno sembra dunque proporre due varianti progettuali dello stesso elemento, come del resto è riscontrabile anche in altri disegni leonardiani di cortili: Windsor Castle, RL 12585v (consultabile online all'indirizzo <<https://www.rct.uk/collection/912585/recto-a-design-for-a-musical-elephant-costume-verso-plans-and-sections-of>> - 05/2021).

⁹ Le coperture dell'edificio sembrano presentare nella porzione di sinistra un tetto a due falde, nella porzione di destra un tetto a padiglione: si noti infatti la differenza di rappresentazione della linea di colmo fra le due parti del disegno.

è stato riscontrato come la diversa soluzione architettonica delle volte di copertura abbia specifiche conseguenze sulla forma delle intercapedini per il trasferimento del fieno dal piano superiore alla mangiatoia sottostante,¹⁰ ed è stato constatato come tale differenziazione comporti una discordanza nell'impiego degli ordini architettonici a sostegno delle volte stesse (colonne/semicolonne), elementi che nel disegno leonardiano non sono chiaramente verificabili.¹¹

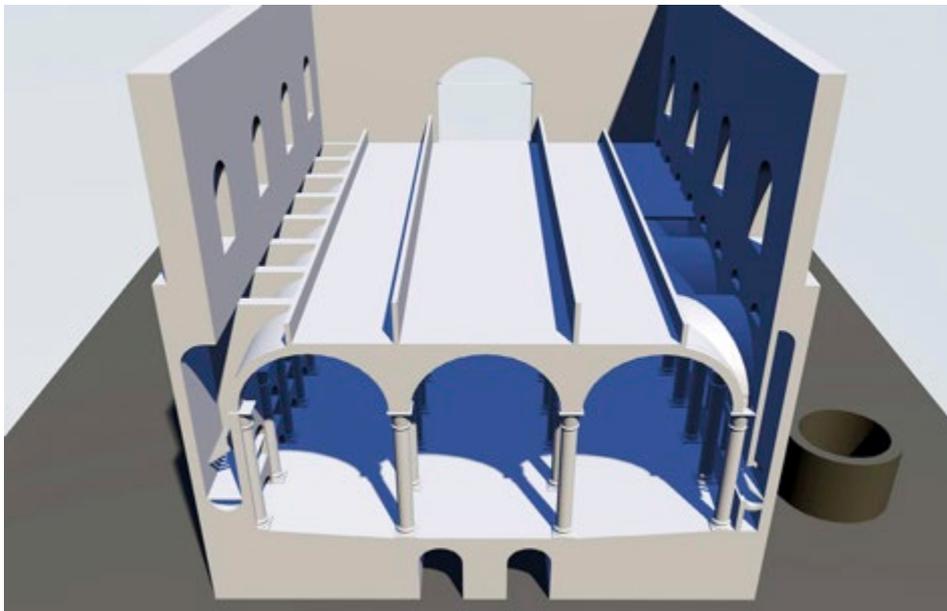


Figura 1. Modello 3D della “polita stalla” secondo l’interpretazione critica emersa durante il seminario tematico “Leonardo da Vinci, il cartografo, l’ingegnere idraulico, il progettista di città e territori: l’attualità di un pensiero visivo”, sezione “La città ideale”. Elaborazione: G. Aspesi, D. Bufalo, 2019.

La creazione dei modelli virtuali dei disegni parigini ha inoltre permesso di ‘sperimentare’ lo spazio leonardiano tramite le nuove possibilità offerte dalla realtà virtuale: attraverso l’uso di un visore è stato infatti possibile ‘entrare’ all’interno di questi progetti e ‘navigare’ liberamente nel modello, zoomando e ‘saltando’ di quota, consentendo cioè la partecipazione e immersione a 360 gradi del fruitore nell’ambiente virtuale realizzato.¹²

¹⁰ Le volte a crociera sembrano essere meno confacenti al funzionamento dei ‘flussi’ che contraddistinguono la stalla leonardiana: presupponendo la chiusura dei solai nei rinfianchi delle volte e quindi l’adduzione del fieno nelle intercapedini attraverso delle aperture lunettate alla base del muro di chiusura del fienile superiore, l’operazione di incanalare il fieno dentro le bocche dei condotti risulterebbe disagiata per un “ministro di stalla” posto nel camminamento intermedio e impedito dall’ostacolo fisico del muretto divisorio.

¹¹ La soluzione delle volte metà a crociera e metà a botte permetterebbe di sfruttare la pendenza della volta a botte per consentire al fieno di ricadere nelle intercapedini laterali facilitando il lavoro dei ministri di stalla, ma al contempo comporterebbe la necessità di adottare semicolonne addossate al muro (anziché colonne libere come sembra invece potersi evincere dal lato destro del disegno) per consentire il corretto posizionamento delle rastrelliere sopra le mangiatoie.

¹² Un ulteriore sviluppo delle possibilità comunicative delle visualizzazioni digitali messe a punto nel seminario didattico è stato indagato dal PERCLAB (Iacopo Bernetti, Elena Barbierato, Tommaso Borghini e Irene Capocchi, Università di Firenze) durante le giornate di convegno: i modelli 3D ottimizzati e fruibili in specifiche postazioni di realtà virtuale e realtà aumentata hanno, infatti, reso possibile un’interazione individuale degli utenti attraverso l’accesso a informazioni digitali aggiuntive collocate in aree sensibili e *hotspots*, conseguendo così una maggiore partecipazione dei fruitori stessi e, in ultima analisi, un accrescimento delle loro conoscenze.



Empoli, 15 Novembre 2019; a sinistra: **Figura 2.** Sperimentazione dello 'spazio leonardiano' durante il convegno "Lo sguardo territorialista di Leonardo" attraverso la stampa del modello 3D e l'impiego della realtà aumentata; a destra: **Figura 3.** Sperimentazione dello 'spazio leonardiano' del modello virtuale durante il convegno "Lo sguardo territorialista di Leonardo" tramite l'uso di un visore per la realtà virtuale.

Il modello, quale prodotto critico di un atto creativo-interpretativo, si costituisce come contributo di conoscenza sull'edificio e pertanto viene a costituirsi di per sé stesso quale nuovo documento. In questo senso si tratta di un nuovo testo documentale, dotato di un proprio valore storico-critico (BRUSAPORCI 2013, 19).

4. Esempio di scheda-tipo a supporto della visualizzazione digitale dei modelli 3D dei disegni leonardiani

SCHEDA N.
 NOME DEL PROGETTO:
 DATAZIONE DISEGNO:
 GRUPPO DI LAVORO:
 NOME SCHEDATORE:
 DATA:

Disegni analizzati	
Unità di misura adottata e conversione metrica	
Dimensioni metriche citate nel commento leonardiano e ulteriori elementi descrittivi del disegno	
Dimensioni metriche estrapolate dal disegno ed eventuali incongruenze	
Repertorio di possibili riferimenti architettonici coevi	
Bibliografia sintetica di riferimento	
Processo di restituzione dei modelli virtuali (campo descrittivo)	
Semplificazioni adottate nella modellazione	
Iconografia (campo immagini)	

Conclusioni

I modelli 3D dei disegni leonardiani hanno favorito lo sviluppo di analisi condotte nello 'spazio' virtuale, attraverso verifiche sia di tipo dimensionale/proporzionale, sia della forma architettonica, indagata nei suoi principi formali e geometrici costitutivi e in aderenza con il contesto storico-culturale e tecnologico-costruttivo della fine del Quattrocento. La modellazione tridimensionale ha consentito peraltro di esplicitare e di verificare la realizzabilità dei disegni leonardiani, evidenziando alcune incongruenze insite nei documenti originali rimasti allo stadio di schizzi di studio; i modelli digitali hanno pertanto assunto un valore interpretativo autonomo.

È stato dimostrato come la modellazione digitale possa essere considerata strumento per l'analisi e l'interpretazione critica e comunicazione del progetto di architettura, a patto che vengono rispettati i principi di scientificità invocati dalle Carte internazionali sulla visualizzazione digitale dei beni culturali.

Riferimenti bibliografici

- APOLLONIO F.I., GAIANI B., BENEDETTI B. (2012), "3D reality-based artefact models for the management of archaeological sites using 3D GIS: a framework starting from the case study of the Pompeii Archaeological area", *Journal of Archaeological Science*, n. 39, pp. 1271-1287.
- BELTRAMINI G. (2000), "Modelli digitali per la storia dell'architettura", in ID., GAIANI M. (a cura di), "Dall'analogico al digitale: modelli e metodi per lo studio e la conservazione dell'architettura storica", *Quaderni del Centro Ricerche Informatiche per i Beni Culturali*, vol. 10, pp. 11-21.
- BELTRAMINI G., GAIANI M. (2012 - a cura di), *Palladio Lab. Architettura palladiane indagate con tecnologie digitali*, CISAAP, Vicenza.
- BRUSAPORCI S. (2013), "Modellazione e rappresentazione digitale dei beni architettonici", in ID. (a cura di), *Modelli complessi per il patrimonio architettonico-urbano*, Gangemi, Roma, pp. 18-24.
- BRUSAPORCI S., TRIZIO I. (2013), "La 'Carta di Londra' e il Patrimonio Architettonico: riflessioni circa una possibile implementazione", *SCIRES-IT*, vol. 3, n. 2, pp. 55-68.
- BRUSAPORCI S., CENTOFANTI M., MAIEZZA P. (2016), "Tra 'HistoricalBIM' ed 'HeritageBIM': Building Information Modeling per la documentazione dei beni architettonici", in PARRINELLO S., BESANA D. (a cura di), *ReUSO*, EDIFIR, Firenze, pp. 42-51.
- CANCILLA A. (2018), *Dall'analisi storica alla ricostruzione digitale e musealizzazione del progetto di Giuliano da Sangallo per il Mausoleo di Giulio II*, Tesi di laurea magistrale in Ingegneria edile - Architettura, relatore M. Gaiani, Università di Bologna, Bologna.
- CARTA DI LONDRA (2009), *La Carta di Londra per la visualizzazione digitale dei beni culturali*, <http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_it.doc> (09/2021).
- CARTA DI SIVIGLIA (2011), *Principios internacionales de arqueología virtual*, <<http://smartheritage.com/wp-content/uploads/2016/06/PRINCIPIOS-DE-SEVILLA.pdf>> (09/2021).
- DE LUCA L., BUSARAYAT C., STEFANI C., RENAUDIN N., FLORENZANO M., VÉRON P. (2010), "An iconography-based modeling approach for the spatio-temporal analysis of architectural heritage", in *2010 Shape Modeling International Conference*, IEEE, Washington, pp. 78-89.
- DI TEODORO F.P. (2009), "Leonardo e le stalle medicee nell'area della Sapienza", in BELLUZZI A., FERRETTI E. (a cura di), *La sede della Sapienza a Firenze*, Istituto Geografico Militare, Firenze, pp. 69-86.
- DOCCI M. (2007), "La Basilica Vaticana non costruita. L'opera di Antonio da Sangallo", *Disegnare Idee Immagini*, n. 34, pp. 24-35.

- GAIANI M. (2000), "Strategie di rappresentazione digitale: modelli per la conservazione e il restauro", in BELTRAMINI G., GAIANI M. (a cura di). "Dall'analogico al digitale: modelli e metodi per lo studio e la conservazione dell'architettura storica", *Quaderni del Centro Ricerche Informatiche per i Beni Culturali*, vol. 10, pp. 47-69.
- GAIANI M. (2012), "Creare Sistemi informativi per studiare, conservare, gestire e comunicare sistemi architettonici e archeologici complessi", *Disegnare Con*, vol. V, n. 10, pp. 9-20.
- MARINONI A. (1990 - a cura di), "Il manoscritto B", trascrizione diplomatica e critica, in ID. (a cura di), *Leonardo da Vinci. I manoscritti dell'Institut de France*, Giunti Barbera, Firenze, pp. 5-26; 53-57.
- PEDRETTI C. (1978), *Leonardo architetto*, Electa, Milano.