

Ricostruzioni Virtuali dal sito archeologico al videogioco

Daniele Ferdani¹

L'impiego della realtà virtuale nel settore dei Beni Culturali e dell'Archeologia risale ormai alla fine degli anni Ottanta ed il primo a combinare i due mondi con un neologismo fu Paul Reilly che nel 1990 introdusse il termine Virtual Archaeology per descrivere modelli simulativi del patrimonio culturale:

«What does the term virtual archaeology mean here? The key concept is virtual, an illusion to a model, a replica, the notion that something can act as a surrogate or replacement for an original. In other words, it refers to a description of an archaeological formation or to simulated archaeological formation» (Reilly 1990, p.133).

¹ Daniele Ferdani è archeologo specializzato in archeologia digitale e modellazione tridimensionale di contesti archeologici e architettura antica. Si laurea con lode in Conservazione dei Beni Culturali nel 2006 presso l'Università di Parma, consegue un master di 2° livello in Geotecnologie per l'Archeologia e un Dottorato di ricerca in Archeologia Medievale all'Università di Siena. Lavora come ricercatore presso il CNR-ISPC dove si occupa dello sviluppo di metodologie integrate per la ricostruzione di contesti di età classica e medievale con lo scopo di rappresentarne i processi storici. I progetti di cui si è occupato spaziano dall'attività di rilievo e modellazione tridimensionale, finalizzate alla ricostruzione virtuale di paesaggi, siti e manufatti, alla realizzazione di contenuti digitali per applicazioni multimediali e di realtà virtuale dedicati alla valorizzazione e comunicazione del patrimonio. Ha partecipato a numerosi progetti nazionali (Arcus – Museo virtuale della valle del Tevere, Genus Bononiae, PRIN Aquae Patavinae) ed europei (V-Must Net, REVAL, CEMEC) incentrati sul tema del legame tra nuove tecnologie ed il Cultural Heritage.

Dalle prime sperimentazioni si è registrato un progressivo interesse verso la fusione tra le scienze umane e le scienze dure con l'obiettivo di realizzare ricostruzioni virtuali scientifiche del passato. Sulla base degli studi potremmo definire l'archeologia virtuale come un processo di acquisizione, analisi ed interpretazione finalizzato a ricostruire e simulare il passato mediante l'uso di tecnologie digitali ed un approccio scientifico teorico e multidisciplinare (Pescarin 2009, Barcelo, Forte, Sanders 2000).

La continua sperimentazione e cross-fertilization fra queste due ambiti disciplinari ha portato alla genesi di nuovi orizzonti di ricerca. Da una parte ha aperto a prospettive e problematiche di ricerca prima impensabili (rilevazione, simulazione, analisi e conservazione) dall'altra ha portato all'ideazione e sviluppo di tecnologie specifiche per il settore culturale o all'assimilazione ed adattamento di paradigmi e tecnologie sviluppate in altri settori.

Più recentemente è stato dedicato grande interesse a quelle tecnologie e media finalizzati a supportare la fruizione del patrimonio, la leggibilità e comprensione mediante applicazioni multimediali di realtà virtuale – applicazioni immersive, realtà aumentata, serious games, etc - trasformando e adattando il dato scientifico in unità divulgativa. Dopo un inizio zoppicante dovuto alla scarsa diffusione di soluzioni tecnologiche adeguate e una scienza dell'informazione ancora impreparata a formulare linguaggi e paradigmi di comunicazione appropriati a questa nuova realtà, i quali non favorivano la diffusione di applicazioni culturali (troppo complesse o prive di attrattiva per l'utente comune), si assiste oggi ad un impiego sempre più oculato delle medesime all'interno di musei. Complice anche lo sviluppo di approcci emozionali e ludici che attraverso l'uso della drammatizzazione, dello storytelling e della gamification fanno leva sulla parte emotiva per coinvolgere l'utente e trasferire conoscenza (Pietroni, Pagano, Fanini 2018; Mortara et al 2014).

Archeologia Virtuale e Serious Game

Tra le realtà più innovative che si stanno affermando c'è proprio quella del videogioco culturale o serious game ovvero l'adattamento di una tecnologia interattiva nota per l'utilizzo nell'industria dell'entertainment applicata, in questo caso, al Patrimonio Culturale non solo a scopo a ludico ma con finalità di formazione e divulgazione (Bellotti et al 2011). Tralasciando in questo contributo il dibattito tra i vari ambiti disciplinari (dalla sociologia alla psicologia e scienze cognitive) e le reazioni generate da questi media rispetto ai vari orientamenti generazionali e culturali –

aspetti affrontati in capitoli precedenti – non possiamo che registrare il crescente e reciproco interesse che si sta sviluppando tra videogiochi e cultura (Mortara et al 2014; Champion 2016). L’impatto e l’importanza del gaming e della realtà virtuale nel settore culturale è testimoniato da numerosi casi virtuosi due dei quali degni di nota.

Nel 2017, Il Museo Archeologico Nazionale di Napoli ha prodotto il Videogioco “Father and Son” (www.fatherandsongame.com), un’esperienza narrativa in cui un figlio, attraverso il viaggio che tocca epoche diverse, dall’antica Roma fino alla Napoli odierna, scopre la storia del padre archeologo mai conosciuto. Si tratta del primo videogioco al mondo pubblicato da un museo archeologico. Il secondo caso significativo riguarda Ancient Egypt, il discovery tour dell’ultimo capitolo della saga di Assassin’s Creed realizzato dalla famosa compagnia di videogame Ubisoft Entertainment (www.ubisoft.com)². Si tratta di un progetto che prevede una modalità didattica del gioco in cui l’utente può esplorare scenari ricostruiti mediante visite guidate divise in 5 argomenti tematici di intrattenimento e apprendimento (fig.1). La grande novità è proprio l’approccio innovativo alle ricostruzioni storiche degli scenari la cui attendibilità è stata affidata ad un team di storici ed egittologi.

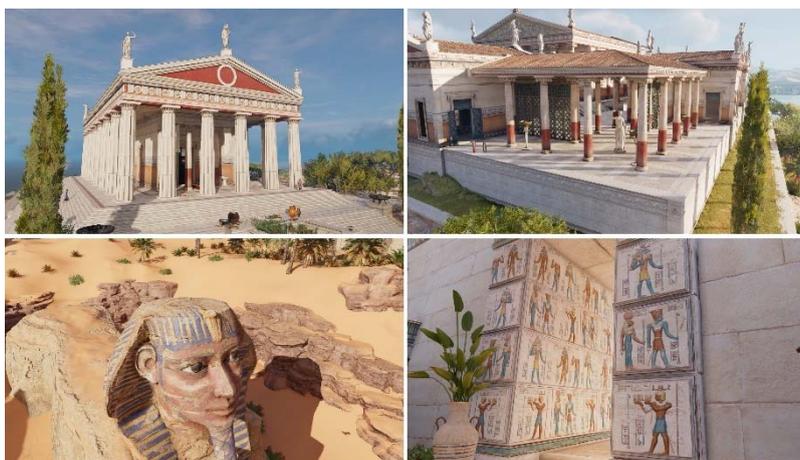


Figura 1: Ricostruzioni3D di asset culturali nelle ambientazioni di Assassin’s Creed Origins Discovery Tour: Ancient Egypt realizzato dalla Ubisoft Entertainment

In questo genere di videogiochi, gli *asset* tridimensionali e le ricostruzioni virtuali rivestono un ruolo fondamentale diventando lo scenario in cui si

² Si veda in questo volume il capitolo di Coco.

svolge l'esperienza di gioco ed il cui successo e credibilità dipende proprio dalla loro accuratezza e attendibilità storica delle ricostruzioni.

La componente storica si inserisce e si integra a quella fantastica. In un'intervista recente, Maxime Durand, storico del team di Ubisoft, afferma che sebbene il videogioco sia intrattenimento e non sostituisca lo studio della storia, ricopre il ruolo di supporto alla didattica ed offre un'esperienza educativa, pertanto il livello di accuratezza storica deve essere il maggiore possibile (Coclite 2018).

Anche nel settore della ricerca applicata i progetti orientati alla maggiore integrazione tra patrimonio e videogiochi, il coinvolgimento delle *creative industries* e l'inserimento di questi media nei musei per avvicinare il pubblico e aumentare interazione e intrattenimento nel corso delle visite sono in aumento come testimoniano i bandi di sviluppo di Europa Creativa e Horizon 2020. Il laboratorio VHLab (Virtual Heritage e Musei Virtuali) del CNR ISPC (ex ITABC) è uno dei partner del progetto Reveal (www.revealvr.eu), finanziato nell'ambito del Programma Europeo Horizon 2020 e supportato dalla *Sony Interactive Entertainment*. Il progetto nasce con l'obiettivo di utilizzare la piattaforma di gioco *Sony Play Station* (www.playstation.com), come strumento di diffusione della conoscenza del patrimonio storico-artistico-archeologico europeo. Il progetto svilupperà una serie di strumenti cognitivi che potranno essere utilizzati dagli sviluppatori di videogiochi³.

Tra i dimostratori realizzati, significativo è il caso del videogioco dal titolo "A night in the forum" interamente ambientato nel Foro di Augusto, a Roma, nel I secolo d. C (fig. 2). Qui l'esperienza culturale del videogioco non si esaurisce nell'esplorazione degli spazi ricostruiti in mediante un visore di realtà virtuale immersiva ma l'utente grazie a strumenti di interazione in tempo reale diventa attore e può approfondire la sua conoscenza interagendo con repliche digitali di *asset* culturali e svolgendo attività storicamente autentiche secondo il paradigma pedagogico dell'*environmental storytelling* e del *learning-by-doing* (Fernandez-Vara 2011; Kebritchi 2008) cioè raccontare attraverso gli spazi e imparare attraverso il fare (il giocatore in qualità di custode dello spazio pubblico e sacro del foro deve svolgere una serie di compiti come la sistemazione degli archivi, l'accensione di bracieri nell'aula sacra dove è conservata la statua colossale dell'Imperatore ecc.). Accuratezza storica, validità scientifica e autenticità sono dunque le parole chiave che caratterizzano i mondi virtuali

³ Si veda in questo volume anche l'articolo di Pescarin et al.

dei videogiochi culturali. Ma come vengono realizzati e soprattutto quale impegno e competenze comporta la loro produzione?



Figura 2: “A night in the forum” - scenario ricostruttivo del foro di Augusto all’inizio del I sec. d.C. durante una fase di test degli asset tridimensionali all’interno di un motore grafico realtime.

Ricostruzioni Virtuali e *asset* culturali

I modelli 3D realizzati nelle ricostruzioni degli scenari di gioco sono definiti “figurativi”, cioè rappresentano in maniera verosimile la realtà. Seppure la loro complessità sia ottimizzata per rispondere ad esigenze operative, essi soddisfano alcune caratteristiche importanti quali la riconoscibilità della geometria di base che compone l’oggetto e la caratterizzazione delle superfici con informazioni cromatiche derivate da fotografie o immagini procedurali (*texture*) (Borgogni, Ippolito 2011). Questi possono essere di pura invenzione, ispirati a dei modelli storici o basati su dati reali a seguito di rilievi diretti in base alle esigenze. Le ricostruzioni virtuali realizzate per “A night in the Forum” - sia che si tratti della rappresentazione del sito archeologico attuale, che della sua ricostruzione – sono state create sulla base di rilievi diretti caratterizzati da grande precisione e affidabilità e attività di studio ed interpretazione basate su approcci scientifici e principi propri dell’archeologia virtuale⁴. Tale operazione

⁴ London Charter (2009): <http://www.londoncharter.org/>; Principle of Seville (2011), International Principle of Virtual Archaeology: <http://www.arqueologiavirtual.com/carta/>.

garantisce l'attendibilità storica del modello ma richiede un flusso di lavoro articolato e multidisciplinare che per convenzione potremmo dividere in due segmenti principali. Il primo, di acquisizione e modellazione, riguarda maggiormente l'aspetto della ricerca, il secondo, di rappresentazione e simulazione, è connesso invece all'aspetto comunicativo (NB: Il flusso di lavoro di seguito descritto si riferisce solo alla creazione di *asset* culturali e non è esaustivo di tutte le fasi di sviluppo di un videogioco per le quali si rimanda alla letteratura specifica). Nel **primo segmento** opera un *team* composto da diverse figure professionali tra cui informatici, grafici, rilevatori, modellatori, archeologi, architetti e storici. Lo scopo è quello di studiare il manufatto con approccio multidisciplinare e ottenerne la ricostruzione attraverso una serie di attività (Demetrescu et al. 2016):

Acquisizione: questa attività è propedeutica alla fase interpretativa. Si tratta della raccolta di tutta la documentazione esistente sul manufatto archeologico in questione. Da una parte abbiamo la documentazione tecnica proveniente da rilievo, ovvero il dato geometrico necessario alla conoscenza formale del manufatto. Le tecnologie e gli strumenti per la digitalizzazione sono moltissimi: dal rilievo tridimensionale (laser scanner e fotogrammetria digitale) al rilievo topografico, ognuna con caratteristiche differenti quali accuratezza, precisione, portabilità, costi e automazione (fig. 3).

Il rilevatore valuta caso per caso quali siano le tecniche più adatte ai suoi scopi tenendo conto delle problematiche inerenti al manufatto/sito e del prodotto finale. Nel nostro caso il modello fotogrammetrico del foro e di alcuni elementi architettonici conservati in museo (fig.3 e fig. 4) oltre a fornire una buona base scientifica per la ricostruzione del modello sono stati utilizzati come asset all'interno del gioco. I modelli, costruiti su dati reali, assicurano un altro grado di realismo in termini di coerenza formale e resa estetica (Kontogianni, Georgopoulos 2015). Dall'altra abbiamo la documentazione storico-archeologica, ovvero tutti gli studi pregressi, le fonti scritte ed iconografiche a supporto della ricostruzione filologica. L'attendibilità della ricostruzione è determinata dalla meticolosità del lavoro di raccolta e gestione dei dati (Gabellone et al. 2017).



Figura 3: Digitalizzazione del sito archeologico del foro di Augusto con tecniche fotogrammetriche. L'immagine mostra il modello poligonale con e senza la texture.



Figura 4: Fasi del lavoro di ricostruzione su piattaforme di modellazione 3D: a sinistra, scansione tridimensionale di un elemento scultoreo del foro conservato presso il Museo dei Fori Imperiali; a destra, anastilosi virtuale del frammento scultoreo con ricollocazione nella sua posizione originaria (riquadro rosso); modellazione ricostruttiva del tempio di Marte Ultore direttamente sulla replica digitale del sito archeologico acquisito con tecniche fotogrammetriche.

Interpretazione: Tutti i dati raccolti ed elaborati nella prima fase vengono di seguito analizzati e discussi insieme ai consulenti scientifici competenti nelle diverse problematiche (archeologiche, storiche, architettoniche, strutturali etc.) al fine di formulare un'ipotesi ricostruttiva verosimile. In seguito, il modellatore elabora le prime ricostruzioni ipotetiche conferendo

ai resti archeologici la completezza architettonica e decorativa che sarà poi soggetta ad ulteriore validazione da parte dei consulenti. Il continuo coinvolgimento e rapporto tra le diverse figure professionali garantisce la scientificità della ricostruzione virtuale. Ogni nuova versione della ricostruzione virtuale è verificata fino all'approvazione della versione definitiva scartando quelle che in corso d'opera si rivelano meno probabili.

Modellazione 3D: Questa attività consiste nella creazione di modelli virtuali ricostruttivi attraverso l'uso della computer grafica. Nella realizzazione di modelli ricostruttivi, la disponibilità del rilievo tridimensionale del manufatto nel suo attuale stato di conservazione facilita il processo e garantisce una maggior accuratezza. Nel caso della ricostruzione del tempio di Marte Ultore nel foro di Augusto, il dato oggettivo è stato fondamentale nel disegno dei volumi secondo i rapporti e le misure corrette e nel posizionamento degli elementi architettonici caratterizzati da ritmi (colonne, architravi, scalini ecc). Manufatti non più presenti *in situ* ma conservati in musei possono essere riposizionati e integrati con tecniche di anastilosi virtuale (fig. 4). Studi e disegni ricostruttivi possono essere utilizzati da supporto all'integrazione delle lacune (fig. 5). Questa attività avviene quasi simultaneamente a quello di validazione scientifica. L'output finale del nostro lavoro influenzerà inevitabilmente l'approccio alla modellazione (il tipo di piattaforma utilizzato per l'implementazione dei modelli nel videogioco, i *device* impiegati in fase di interazione ecc). È proprio in vista del prodotto finale infatti che si deciderà la resa estetica e le varie ottimizzazioni da apportare al modello come il dettaglio delle *mesh* poligonale e delle *texture*.

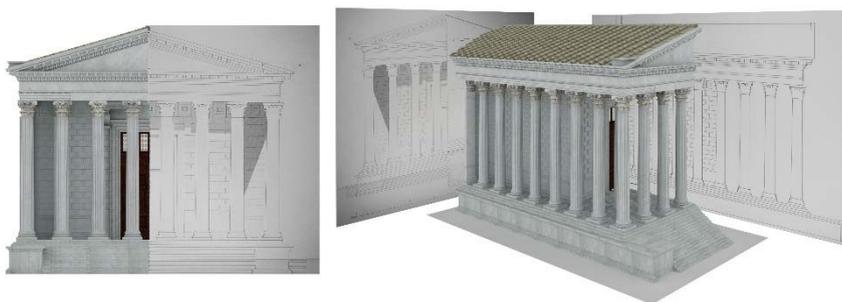


Figura 5: La ricostruzione virtuale del tempio oltre a basarsi sul rilievo tridimensionale è supportata da disegni ricostruttivi basati sui resti archeologici.

In computer grafica la *mesh* è il reticolo composto da punti, segmenti e poligoni che costituiscono il modello 3D. Come regola generale, più fitta è la risoluzione poligonale della maglia, maggiore sarà dettaglio formale del

modello ricostruttivo. Tuttavia, la topologia e la quantità di geometria del modello incidono fortemente sulla *performance* del motore grafico del videogioco e pertanto è necessario ovviare operando alcune semplificazioni. Queste però non devono inficiare l'aspetto estetico e soprattutto fedeltà e realismo del modello.

La schematizzazione geometrica deve comunque permettere il riconoscimento del manufatto rappresentato. L'ottimizzazione pertanto è operata in due modi: sia tramite la creazione di livelli di dettaglio (LOD) sia attraverso la creazione di *texture*.



Figura 6: Mappatura UV del modello dell'Aula del Colosso nel Foro di Augusto. Nell'esempio i poligoni della pavimentazione vengono "appiattiti" e posizionati sull'area della texture corrispondente caratterizzata da lastre marmoree bicrome.

Nel primo caso vengono realizzate diverse versioni del modello con una risoluzione geometrica progressivamente inferiore che poi verranno gestite dal motore grafico del videogioco il quale sceglierà tra le varie versioni del modello in base alla distanza dell'utente dallo stesso. Nel secondo caso il dettaglio del modello è simulato dall'uso di *texture* invece che dalla geometria. Tra le più utilizzate troviamo le *texture* di albedo, *normal* e *roughness* il cui impiego rientra nello standard della computer grafica al fine di regolare l'aspetto ed il comportamento fisico delle superfici dei modelli.

L'albedo determina l'informazione cromatica e viene creata o partire da fotografie oppure attraverso disegni realizzati da grafici. La simulazione di motivi e cromatismi di elementi specifici, quali affreschi, stucchi, marmi etc., richiede il confronto con la documentazione storico-archeologica. La *normal* simula invece la complessità del rilievo delle superfici senza doverle descrivere topologicamente (ad esempio bassorilievi, modanature etc.) e in genere viene generata a partire dal modello col maggior livello di dettaglio. Infine, la *roughness* determina il micro-rilievo che influenza il

comportamento della luce sulla superficie in base al tipo di materiale rappresentato (marmo, bronzo, travertino ecc).

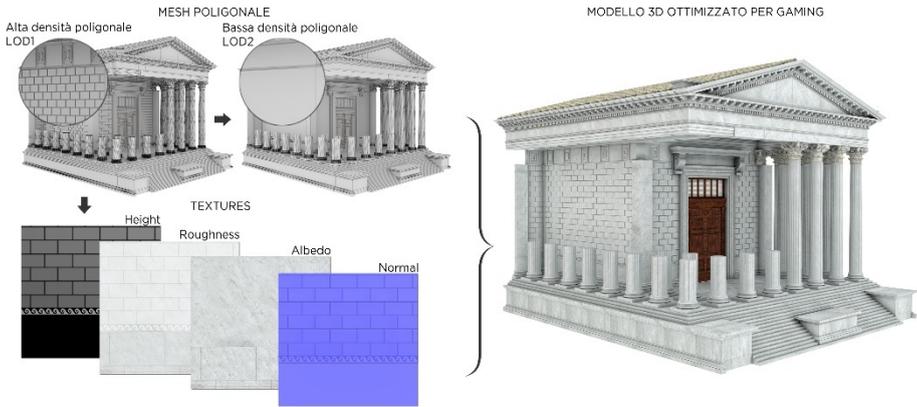


Figura 7: Ottimizzazione del modello per l'implementazione in motori grafici di gioco.

La combinazione di queste *texture* determina il realismo del modello sofferendo alla schematizzazione topologica delle geometrie. Queste vengono applicate al modello mediante tecnica di mappatura UV in cui i poligoni della *mesh* vengono svolti e associati al piano bidimensionale della *texture* (fig. 6). Nel caso del tempio di Marte Ultore il modello ricostruttivo ad alta risoluzione presenta un alto dettaglio geometrico. Come si può osservare in fig. 7, sul muro esterno della cella la decorazione a bugnato e la fascia continua con meandro a onde sono modellate rispettando le misure originali registrate in fase di acquisizione. Il modello ottimizzato impiegato nel gioco invece presenta una geometria più semplificata dove il dettaglio degli elementi sopracitati è puramente visuale e determinato dalla combinazione delle *texture*. La percezione estetica è pressoché identica e la coerenza formale al manufatto storico è garantita.

Il **secondo segmento** di lavoro viene sviluppato quasi simultaneamente al primo. L'attività è svolta del programmatore del videogioco e dal modellatore e supportata da grafici ed esperti di *user experience*. Tale segmento riguarda l'aspetto comunicativo ed estetico in cui il lavoro di ricostruzione virtuale scientifica viene sintetizzato in una rappresentazione visiva. In altre parole, il modello ricostruttivo viene importato all'interno dei *game engine* - software che permettono di visualizzare in tempo reale gli scenari e gli *asset* di gioco ed effettuare operazioni di programmazione che andranno a definire i comportamenti e le dinamiche di gioco – per assemblare

la scenografia virtuale ricostruttiva e determinare la resa grafica che si basa sulle scelte creative effettuate in fase di progettazione e *design* del gioco.

Nel video gioco “A night in the forum”, tutto il *gameplay* si sviluppa interamente di notte alla luce della luna e delle lanterne e pertanto era necessario, da una parte, assemblare le architetture e inserire elementi scenografici funzionali alle dinamiche di gioco, dall’altra settare la resa dei materiali e la “fotografia” per ottenere una rappresentazione coerente all’idea e alle esigenze narrative dello *storyboard*. Vediamo cosa comporta la realizzazione di questi aspetti.

Per prima cosa vengono importati i modelli tridimensionali precedentemente realizzati e assemblati al fine di costruire lo scenario di gioco. In questa fase dunque oltre alle strutture architettoniche principali vengono disposti gli *asset* culturali funzionali alla narrazione (guidano l’utente attraverso dei percorsi) e che arricchiscono la storia dettagli. Nel foro di agosto è stato volutamente inserita un’area di cantiere mostrando una parte ancora in costruzione. Tale espediente ha permesso di affrontare alcune tematiche relative alle tecnologie e pratiche di cantiere adottate dai romani. L’intervento di specialisti è sempre necessario per garantire la consistenza storica, ad esempio, nel caso delle luci, suggerendo, tra le diverse tipologie di fonti luminose ricostruite - bracieri, torce, lanterne, lucerne – quali fossero le più adatte ad essere collocate in determinati ambienti e quali i parametri corretti a simularne la resa (decadimento, temperatura e colore della luce). In questo tipo di giochi culturali, bisogna sempre tenere a mente che la progettazione dell’architettura dello spazio narrante pone grossi vincoli. Mentre nei videogiochi standard non c’è limite alla fantasia e gli spazi sono creati in funzione alle esigenze di gioco, qui abbiamo il problema contrario. È il gioco che deve adattarsi agli spazi che per ovvie ragioni di consistenza storica non possono essere modificati.

Il secondo aspetto riguarda la resa estetica. In questa fase s’interviene su elementi che andranno a determinare lo stile ed il realismo dell’esperienza: lo *shading*, ovvero la creazione di materiali associati ad ogni modello (marmi, pietre, metalli, vetri, etc.) ed il loro comportamento fisico (riflessioni e trasparenze); il *lighting*: fotografia di scena con la creazione e posizionamento delle fonti di illuminazione.

Considerazioni conclusive

La ricostruzione virtuale è un grande strumento didattico in quanto migliora i processi cognitivi rendendo facilmente comprensibile a chiunque il dato storico ed archeologico e all’interno di un videogioco tale potenziale

è rafforzato dalle dinamiche di *storytelling* e *learning-by-doing*. Tuttavia, come emerge dal quadro precedentemente descritto le ricostruzioni virtuali del passato richiedono un grande sforzo determinato dall'assicurare la consistenza e affidabilità scientifica dell'ipotesi ricostruttiva rappresentata. Tale elemento triplica i tempi e costi di produzione e richiede il coinvolgimento di esperti nelle varie tematiche culturali e professionisti con formazione ibrida capaci di dialogare con entrambi i mondi, quello della computer grafica e dell'archeologia. Il ruolo della ricerca può avere un peso determinante nell'aiutare gli sviluppatori, ed in particolare quelli privi dei budget delle grandi aziende di *game entertainment*, attraverso la creazione di collezioni di asset culturali. Da tempo molte università centri di ricerca realizzano ricostruzioni di siti e manufatti secondo approcci scientifici.

La realizzazione di librerie che distribuiscano modelli ricostruttivi di asset culturali dotati di un "certificato" contenente metadati sia sulle caratteristiche dell'oggetto (periodo, funzione, contesto culturale etc.) sia sulle fonti usate per la sua ricostruzione, potrebbe diventare un utile servizio per le aziende o altri ricercatori e velocizzare i flussi di lavoro. Non mi riferisco solamente a modelli architettonici per i quali l'utilizzo è più circoscritto ma soprattutto agli elementi scenografici comunemente definiti come *props*. Nel caso di "A night in the forum", i *props* realizzati sono stati moltissimi, dai tavoli alle sedie, alle lanterne ai bracieri, dalle statue alle colonne e tutti realizzati seguendo un processo filologico sia nella definizione delle forme che dei materiali (fig. 8).

Tale logica di condivisione, secondo *policy* da definire, potrebbe ricalcare quella adottata per la realizzazione di collezioni digitali del patrimonio, che riuniscono contributi di tutti i paesi a scopo di conservazione e diffusione, attraverso progetti come Europeana (www.europeana.eu), Carare (www.carare.eu), 3D Icons (3dicons-project.eu) e molti altri.

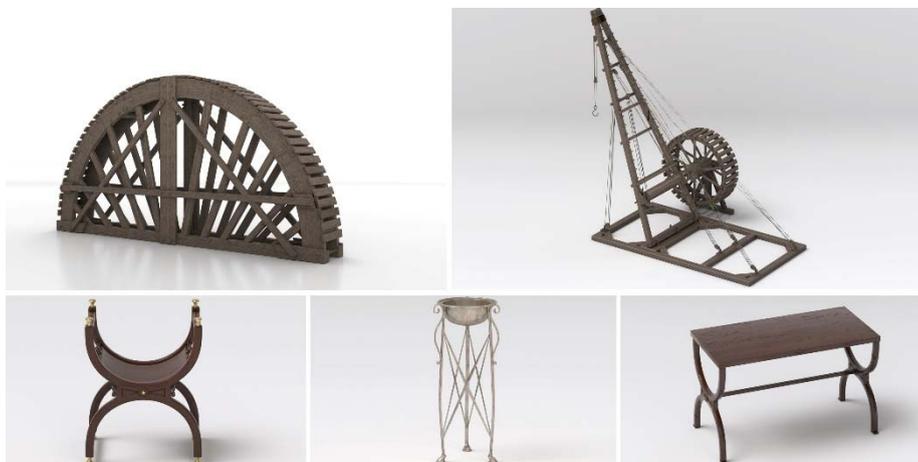


Fig. 8: Alcuni dei props realizzati per il videogioco “A night in the forum”

Ringraziamenti

Si ringraziano i funzionari del Museo dei Fori Imperiali –Mercati di Traiano, ed in particolare la dott.ssa Lucrezia Ungaro e il dott. Paolo Vigliarolo per la consulenza nelle ricostruzioni, il team di modellazione CNR: dott.sse Maria Claudia Piccioli, Fabiana Carboni e Cristina Crucianelli ed infine tutto il consorzio REVEAL.

Bibliografia

- Bellotti F., Berta R., De Gloria A., Panizza G., Pellegrino M., Primavera L. (2011). *Designing serious games for cultural heritage purposes*. Digital Games and Learning, pp. 252-261.
- Borgogni F., Ippolito A. (2011). *I modelli 3D nei rilievi di architettura. Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*. Roma: Gangemi editore., P.71-72
- Champion E. (2016). *Entertaining the similarities and distinctions between serious games and virtual heritage projects*. Entertainment Computing, 14, 67-74.;
- Coclite A. (2018). *Rolling stones* 26 Febbraio 2018. Disponibile al link: <https://www.rollingstone.it/cultura/gaming/assassins-creed-lo-storico-di-ubisoft-spiega-perche-si-puo-studiare-con-i-videogiochi/403688/#Part1>. Ultimo accesso 13/02/2019
- Champion E. (2016). *Entertaining the similarities and distinctions between serious games and virtual heritage projects*. Entertainment Computing, 14, 67-74.;
- Demetrescu E., Ferdani D., Dell'Unto N., Touati A. M. L., & Lindgren S. (2016). *Reconstructing the original splendour of the House of Caecilius Iucundus*. A

- complete methodology for virtual archaeology aimed at digital exhibition.* SCIRES-IT-SCientific RESearch and Information Technology, 6(1), pp. 51-66.
- Fernandez-Vara C. (2011). *Game Spaces Speak Volumes: Indexical Storytelling.* 2011 DiGRA International Conference: Think Design Play;
- Gabellone F. et al. (2017), *From remote sensing to a serious game: Digital reconstruction of an abandoned medieval village in Southern Italy.* In Journal of Cultural Heritage, Volume 23, Supplement, 2017, Pages 63-70, ISSN 1296-2074
- Kebritchi M. (2008). *Examining the pedagogical foundations of modern educational computer games.* Computers & Education, 51(4), pp. 1729-1743
- Kontogianni G., Georgopoulos A. (2015). *Exploiting textured 3d models for developing serious games.* International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 40
- Mortara M., Catalano C. E., Bellotti F., Fiucci G., Houry-Panchetti M., & Petridis P. (2014), *Learning cultural heritage by serious games.* Journal of Cultural Heritage, 15 (3), pp. 318-325.
- Pescarin S. (2009), *Reconstructing Ancient Landscapes*, Budapest; Barcelo J.A., Forte M., Sanders D. (2000), *Virtual Reality in Archaeology*, Bar International Series 843, Oxford
- Pietroni E., Pagano A., Fanini B. (2018). *UX Designer and Software Developer at the Mirror: Assessing Sensory Immersion and Emotional Involvement in Virtual Museums.* Studies in Digital Heritage, 2(1), pp. 13-41.
- Reilly P. (1990), *Towards a Virtual Archaeology*, CAA 1990, p. 133