

La documentazione digitale della superficie musiva pavimentale del sito delle Bestie Ferite ad Aquileia

Emanuela Faresin (*), Michele Bueno (*), Cristina Boschetti (*), Matteo Turchetto (**),
Monica Salvadori (*), Giuseppe Salemi (*)

(*) Università degli Studi di Padova, Dipartimento dei Beni Culturali (dBC), Palazzo Liviano, Piazza Capitanio 7,
35139 Padova, Italia, tel: 0498274635, e-mail: giuseppe.salemi@unipd.it

(**) Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale (DICEA),
Università degli Studi di Padova, via Venezia 1, 35131 Padova, Italia

Riassunto

Il sito della Casa delle Bestie Ferite ad Aquileia è ubicato nel settore settentrionale della città romana, lungo il proseguimento della Via Annia. La sequenza stratigrafica documenta una frequentazione dell'area almeno a partire dall'età augustea, quando l'insediamento si strutturò nella forma di edificio residenziale.

Lo studio del pavimento musivo ha richiesto l'applicazione di diverse metodologie di indagine: dall'analisi storica e archeologica alla caratterizzazione geometrica e formale, con l'utilizzo del rilievo tridimensionale multirisoluzione. L'integrazione tra le diverse categorie di dati è stata adeguatamente pianificata, in modo tale da permettere di leggere il sito in modo completo.

L'intero pavimento musivo è stato acquisito con due differenti sistemi a scansione laser: il primo a tempo di volo per l'inquadramento morfologico dell'intero scavo, il secondo a triangolazione per l'acquisizione dei dettagli figurativi particolarmente significativi.

Il modello tridimensionale così ottenuto, in modalità multirisoluzione, consente non solo di enfatizzare gli aspetti decorativi, ma anche di riconoscere, attraverso un'attenta analisi metrica, eventuali differenze nella messa in opera, da parte di differenti mosaicisti.

Infine, procedure di *Rapid Prototyping*, hanno permesso di congelare fisicamente l'attuale stato di conservazione del pavimento musivo prima della sua totale copertura in attesa di un'adeguata musealizzazione, fornendo, così, uno strumento utile per la conoscenza e la valorizzazione del sito.

Abstract

The site of Casa delle Bestie Ferite in Aquileia, is located in the northern part of the Roman town, along the continuation of Via Annia. The stratigraphic sequence has identified an occupation since the age of Augusto, when the settlement was structured as residential building.

The study of the mosaic floor, applying the three-dimensional survey, includes different methods: from the archaeological and historical approach, to the geometric analysis. The research activity was structured in order to integrate the different systems of data, allowing a comprehensive interpretation of the context. The whole surface of the floor was acquired with two different laser scanning systems: time of flight for the morphological classification of the entire site, and triangulation system for the acquisition of the meaningful details of the decoration. The multiresolution 3d models, allow to highlight the decorative features, opening the possibility to identify, by metric analysis, the possible intervention of different mosaicists.

Finally the rapid Prototyping system allowed to freeze the present situation of the mosaic, before it was covered, waiting for a proper musealization, providing a useful tool for a better knowledge and fruition of the site.

Inquadramento storico

Nel 2012 si è svolta la sesta campagna di scavo della casa delle Bestie Ferite, ubicata nel settore settentrionale della città di Aquileia, lungo il proseguimento urbano della via Annia.

Le indagini stratigrafiche e gli interventi conservativi sono stati condotti dal gruppo di ricerca del Dipartimento dei Beni Culturali dell'Università di Padova, diretto dalla prof.ssa Monica Salvadori, e sono state realizzate grazie ad un finanziamento della Fondazione CRUP. Le attività di scavo della campagna 2012, condotte all'interno della casa delle hanno avuto l'obiettivo di riportare alla luce il cosiddetto mosaico delle Bestie Ferite, a cinquanta anni dalla sua prima scoperta (Bertacchi, 1963).

Il recupero di un pavimento musivo, già precedentemente indagato, consente oggi di proporre uno studio integrato del manufatto condotto con un approccio interdisciplinare, tale da integrare il dato stratigrafico con l'analisi tecnico-archeometrica ed iconografica.

Il mosaico, databile alla fase edilizia di IV secolo d.C., rivestiva una vasta aula absidata ed era organizzato con una decorazione complessa, dove numerosi motivi geometrici si combinano con una varietà di elementi figurati.

Ad ovest, in prossimità dell'ingresso, il vano era decorato da una composizione di ottagoni e croci, caricate da figure di uccelli e foglie d'acanto, mentre lo spazio centrale del vano presentava una composizione a corona di otto cerchi, caricati dalle figure delle bestie ferite, da cui la casa prende il nome. Al centro, i cerchi disegnano un ottagono dai lati concavi, decorato da una scena di caccia, che si conserva limitatamente a pochi lacerti. Ai quattro vertici della composizione, entro quadrati, trovano posto le personificazioni delle stagioni, di cui sopravvivono l'Estate e, in maniera estremamente frammentaria, la Primavera e l'Autunno, bordati da una greca. Ad est, l'abside, che si poteva raggiungere salendo un gradino, superando una fascia decorata da una scena di caccia alla lepre, conserva la porzione centrale di un fitto intreccio di viticci, che si sviluppano da un cespo d'acanto, posto al centro.

Questo pavimento, per le notevoli dimensioni e per la complessità del programma decorativo, è un significativo caso di studio, per mettere a punto metodologie integrate di rilievo 3D e per l'analisi del mosaico antico, avanzando ipotesi sulle modalità di messa in opera delle tessere e proponendo un rapporto tra superficie decorata ed organizzazione delle maestranze.

Obiettivi e procedure di acquisizione

Il contributo si inserisce in un progetto di ricerca che si propone l'individuazione di nuove modalità per la fruizione e gestione del patrimonio musivo, basate sull'integrazione di differenti tecnologie di rilievo. Una delle caratteristiche che rendono i mosaici particolarmente interessanti per l'indagine digitale è la loro complessità geometrica e materica: essi hanno un'intrinseca struttura tridimensionale dovuta alla dimensione e posizione delle tessere. Tuttavia, la documentazione fotografica standard non permette di restituire la volumetria e fornisce immagini piatte e bidimensionali senza restituire le informazioni utili per lo studio dell'andamento altimetrico dei pavimenti e per l'osservazione degli interventi, nello stesso mosaico, di diversi mosaicisti.

Le potenzialità applicative dei modelli sfruttate fino ad ora sono molteplici e spaziano dai sistemi informativi alle ricostruzioni digitali, dalla documentazione dello stato di conservazione al restauro virtuale (Manferdini, Cipriani, 2012).

In passato, sono stati studiati i problemi legati all'acquisizione con laser scanner di reperti musivi con differenti caratteristiche di complessità geometrica e materica (Salemi et al., 2008).

Sono stati, inoltre, illustrati i risultati del confronto tra laser scanner e tecniche fotogrammetriche nel rilievo del pavimento musivo della Basilica di San Marco a Venezia (Brumana et al., 2007). Va sottolineato, però, che questo caso studio non utilizza laser a triangolazione ottica con risoluzione inferiore al mm e, quindi, non evidenzia le complessità geometriche di dettaglio per lo studio delle differenti messe in opera.

È stato anche affrontato il problema della semplificazione dei modelli caratterizzati da un livello di dettaglio molto complesso (Manferdini, 2010) e sono stati confrontati diversi metodi di rilievo di apparati musivi (Manferdini et al., 2011).

Diversi lavori hanno trattato della modellazione multi-scalare e dei problemi connessi all'organizzazione delle procedure di rilievo, su reperti che non appartengono al repertorio musivo ma che, comunque, presentano analoghe caratteristiche geometriche e difficoltà nella gestione delle informazioni acquisite (Remondino et al., 2009), (Callieri et al., 2011).

Obiettivo dell'indagine è documentare le condizioni di conservazione costruendo un modello di riferimento digitale utile, da un lato per la comunicazione e la condivisione delle conoscenze tra ricercatori e fruitori, e dall'altro per promuovere e musealizzare il patrimonio storico, artistico e culturale.

Il mosaico oggetto della nostra ricerca riveste una vasta aula absidata e, attraverso la rappresentazione digitale, è possibile proporre una ricostruzione del pavimento, inserito nel suo contesto architettonico. Per effetto del degrado, la superficie del mosaico presenta variazioni altimetriche diffuse e non complanarità che non permettono un'agevole analisi autoptica e che impongono l'utilizzo di strumenti e procedure diversificate (Figura 1).



Figura 1. Casa delle Bestie Ferite: variazioni altimetriche nel pavimento musivo dovute al degrado.

Il contesto indagato è stato ampiamente studiato da un punto di vista storico – artistico, ma le caratteristiche tecniche del mosaico sono state trascurate. Alcuni dettagli quali la messa in opera delle singole tessere, presentano un forte potenziale di ricerca, sia dal punto di vista archeologico, che conservativo. Per queste ragioni, si è scelto di digitalizzare il sito mediante scansione a triangolazione in modo da ottenere, per le aree particolarmente significative, una densità di campionamento inferiore ad 1 mm.

Poiché l'area ricoperta dal pavimento musivo è di circa 100 mq e, vista la necessità di scegliere aree particolari, si è deciso di eseguire una doppia acquisizione utilizzando un sistema TOF, per l'inquadratura generale.

La necessità di ottenere una documentazione completa, che soddisfi il livello di dettaglio ed il contesto architettonico è un punto fondamentale: elevata definizione ed accuratezza del modello 3D sono due requisiti necessari così che, all'acquisizione della superficie, si aggiunge anche lo studio delle stratificazioni e l'analisi metrica delle singole tessere.

Un approccio multirisoluzione permette di ottenere geometrie molto dettagliate a differenti livelli per differenti classi di utenza scientifica, tali da poter essere esplorate anche interattivamente ad elevati livelli di zoom. Tuttavia, i vincoli tecnici dello scanner a triangolazione (distanza di acquisizione, piccola porzione di area rilevata in ogni acquisizione e difficoltà nel documentare tutte le variazioni altimetriche) hanno reso difficoltosa la fase di rilievo.

Il rilievo è stato eseguito in 4 giorni, utilizzando lo scanner Konica Minolta VI-910. Le aree selezionate sono state 12, scelte in base alla presenza di motivi figurati o geometrici di particolare interesse artistico ed archeologico. Ogni porzione è stata rilevata, a seconda delle dimensioni e della complessità, con un numero di scansioni che varia da 4 a 150 (Tabella 1). Le scansioni sono state eseguite ogni 40 cm in orizzontale e 20 cm in verticale, al fine di ricoprire l'intera area in esame ed assicurare una sufficiente sovrapposizione tra riprese successive per facilitare la fase di allineamento. Inoltre, è stato realizzato un supporto che permettesse di mantenere lo scanner in posizione zenitale rispetto al mosaico.

Tipo di scanner	Konica Minolta VI-910; 0,5 mm
Tempo di acquisizione	4 giorni
Numero di aree	12
Numero di <i>range map</i> acquisite	255
Area più piccola acquisita	Dimensioni: 598,28 x 518,53 mm Numero scansioni: 2 Numero di vertici: 228836
Area più grande acquisita	Dimensioni: 1640,85 x 1629,35 mm Numero scansioni: 150 Numero di vertici: 2115845

Tabella 1. Dati della campagna di rilievo sul mosaico delle Bestie Ferite.

Post processing dei dati e generazione dei modelli 3D

Il *post processing* è avvenuto quasi interamente in laboratorio, dopo il completamento della fase di rilievo. Un primo allineamento di piccole porzioni, per verificare la bontà e la completezza dei dati acquisiti, è stato eseguito *in situ*. In fase di allineamento, è stato sfruttato l'algoritmo ICP (*Iterative Closet Point*) che utilizza la ridondanza tra scansioni contigue per calcolare l'allineamento in un unico sistema di riferimento comune a tutte le *range map*. Effettuato questo procedimento, fino al completamento di ogni singolo modello, è stato eseguito un affinamento dell'allineamento con *best-fit* ai minimi quadrati. Il passo successivo all'allineamento è stato quello di creare una superficie unica per ogni area campione (Figure 2 e 3).

Nell'elaborazione dei modelli 3d una problematica ricorrente è stata la decimazione "intelligente" dei dati per facilitare la gestione della grande quantità di informazioni acquisite, senza perdere il necessario livello di dettaglio richiesto per le analisi morfometriche.

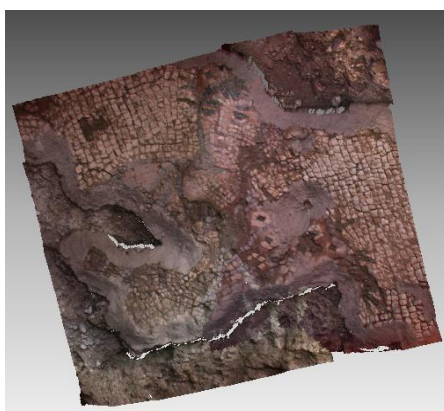


Figura 2. Casa delle Bestie Ferite, mosaico raffigurante la Primavera (2 acquisizioni; 598,28 x 518,53 mm; 228836 vertici).

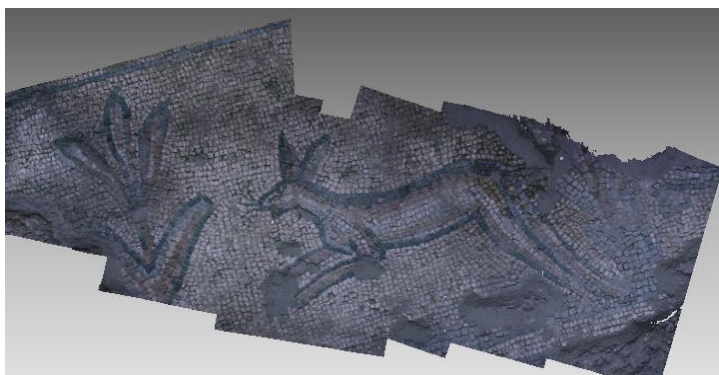


Figura 3. Casa delle Bestie Ferite, mosaico raffigurante una lepre
(10 acquisizioni; 1604,31 x 586,20 mm; 617469 vertici).

Il modello digitale, oltre che a livello quantitativo, deve rappresentare l'oggetto a livello qualitativo, riportando, nella maniera più fedele possibile, il comportamento della superficie del mosaico rispetto alla riflessione della luce ambiente.

Essendo un rilievo effettuato *in situ*, in condizioni di luce non controllate e sfruttando la telecamera CCD integrata nello scanner, ciò che si acquisisce sono le informazioni inerenti il colore riflesso o apparente, strettamente dipendenti dalle condizioni di illuminazione esistenti al tempo di acquisizione e variabili per le condizioni meteo durante l'acquisizione stessa.

Per ovviare al problema, prima della campagna di rilievo è stata effettuata una calibrazione del bianco e, nel tentativo di limitare l'influenza della luce, di volta in volta l'area acquisita è stata coperta ai bordi con un telo opaco ed illuminata con luce LED.

Nelle zone più ampie, tuttavia, i tempi di acquisizione si sono allungati notevolmente e la strumentazione utilizzata non ha consentito di ottenere una *texture* omogenea in termini di caratterizzazione cromatica del modello finale (Figura 4).



Figura 4. Casa delle Bestie Ferite, mosaico raffigurante la Pantera
(150 acquisizioni; 1640,85 x 1629,35 mm; 2115845 vertici)

Rapid Prototyping

Le tecnologie di *Rapid Prototyping* permettono di produrre copie reali di modelli 3d impiegando differenti materiali. Nell'ambito dei Beni Culturali, il materiale più utilizzato è il gesso; in questo settore si è diffuso ed apprezzato l'utilizzo di stampe a colori nel formato VRML o WRL. Questi sistemi utilizzano processi "additivi", ossia costruiscono i pezzi con aggiunta di materiale in strati successivi (*layer by layer*) offrendo la possibilità di realizzare prototipi, anche particolarmente complessi dal punto di vista morfologico; completata la stampa, il modello viene stabilizzato termicamente per circa 90 minuti ad una temperatura di 37°.

La stampante utilizzata è la ZPrinter450 della ZCorp con una risoluzione di 300 x 450 dpi; dimensioni di costruzione pari a 203 x 254 x 203 mm; spessore dello strato di 0,089-0,102 mm e velocità verticale di costruzione pari a 23 mm/ora.

I modelli solidi del mosaico, in scala 1:1 e 1:10, sono stati realizzati con *off-set* di 4 mm della superficie acquisita, impostando uno spessore costante su tutto il modello per garantirne la solidità meccanica (Figure 5 e 6).

Le repliche, siano esse reali o in scala, dimostrano la possibilità di aumentare la percezione dei dettagli e di enfatizzare particolari iconografici e di esecuzione.



Figura 5. Casa delle Bestie Ferite, in rosso il particolare prototipato della croce.

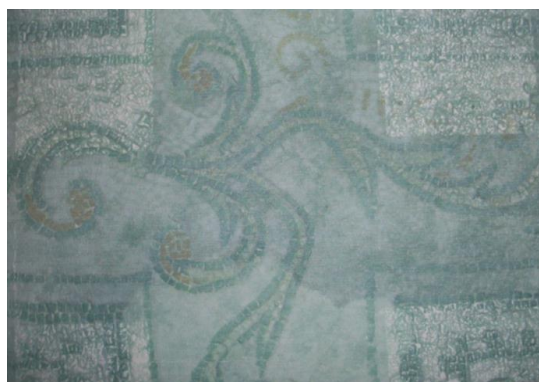


Figura 6. Particolare iconografico della croce prototipato in gesso in scala 1:10.

Conclusioni

Questo progetto vuole individuare metodologie d'indagine che, con i rilievi 3D ed i prototipi, possano essere applicate allo studio e conservazione dei mosaici antichi.

La costruzione di modelli digitali costituisce un importante ausilio sia per la pianificazione degli eventi di restauro e di futura musealizzazione dei siti, permettendo di costruire archivi digitali con informazioni complete e dettagliate, di alta qualità dal punto di vista metrico.

I problemi che restano aperti riguardano i livelli di dettaglio nella multi-scalarità del modello, la gestione del colore e delle enormi quantità di dati acquisiti.

In un rilievo che si propone un'indagine dettagliata ed accurata, risulta necessaria una scelta preliminare delle aree campione ed una valutazione sui metodi di semplificazione dei dati in *post processing*, in modo da gestire più agevolmente modelli di notevole complessità.

La qualità del dato RGB nelle aree più grandi potrebbe essere migliorata ri-mappando la *range map* con fotografie acquisite utilizzando una camera ad altissima risoluzione, limitando quindi i problemi legati al colore diffuso.

Le metodologie di *Rapid Prototyping* hanno dimostrato come le repliche in scala reale possono essere utili per enfatizzare gli aspetti decorativi, ponendo l'attenzione sulle eventuali differenze di messa in opera da parte di differenti mosaicisti; le repliche in scala 1:10, invece, sono un valido ausilio per la micro definizione del terreno e per analizzare singolarmente gli elementi musivi mantenendo, comunque, una visione d'insieme.

La capacità dei modelli digitali e dei prototipi di rimanere inalterati e l'interattività con cui possono essere interrogati dagli utenti per l'estrazione di informazioni, li rende strumenti utili per la conoscenza e la fruizione dei siti archeologici, come quello della Casa delle Bestie Ferite, attualmente in corso di scavo ed in attesa di essere oggetto di un intervento di musealizzazione.

Bibliografia

- Bertacchi L. (1963), Nuovi mosaici figurati di Aquileia, *Aquileia Nostra*, 34, 19-84
- Brumana R., Fregonese L., Monti C., Monti C. C., Monti G., Vio E. (2007), Complex analyses of surface, modelling and comparison of the 3D orthophoto to the real scale with historical cartography: mosaic surface of basilica of San Marco in Venice, *e-Perimetreon*, 2(4), 224-244
- Callieri M., Chica A., Dellepiane M., Besora I., Corsini M., Moyés, J., Brunet P. (2011), Multiscale acquisition and presentation of very large artifacts: The case of Portalada, *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 3(4), 1-20
- Manferdini A. M. (2010), Digital survey of ancient mosaics of Ravenna, *Proceeding of the ISPRS Commission V Mid-Term Symposium "Close Range Image Measurement Techniques"*, 1501, 434-439
- Manferdini A. M., Cipriani L. (2012), Digitalizzazione tridimensionale di apparati musivi, *Disegnarecon*, 5(10), 311-319
- Manferdini A. M., Cipriani L., Kniffitz L. (2011), Methodologies for digital 3D acquisition and representation of mosaics, *Proceeding of the SPIE Optical Metrology 20th International Congress of Photonics in Europe*, 8085, 1-12
- Remondino F., Girardi S., Rizzi A., Gonzo L. (2009), 3D modeling of complex and detailed cultural heritage using multi-resolution data, *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 2(1), 2
- Salemi G., Achilli V., Ferrarese M., Boatto G. (2008), High resolution morphometric reconstruction of multimaterial tiles of an ancient mosaic, *Proceedings of the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 303-307