

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA
FACOLTA' DI INGEGNERIA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA

**MODELLAZIONE, RENDERING E STAMPA 3D
DI BASSORILIEVI DELL'ARCA DI SANT'AGOSTINO
CONSERVATA NELLA BASILICA DI
SAN PIETRO IN CIEL D'ORO A PAVIA**

Relazione discussa in sede di esame finale
dal candidato: **Matteo CASARINI**

Relatore: **Chiar.mo Prof. Virginio CANTONI**

A.A. 2016/2017

MODELLAZIONE, RENDERING E STAMPA 3D DI BASSORILIEVI DELL'ARCA DI SANT'AGOSTINO
CONSERVATA NELLA BASILICA DI SAN PIETRO IN CIEL D'ORO A PAVIA

Sommario

Prefazione	4
Capitolo 1: Tecnologie digitali per il patrimonio culturale	5
1.1 Modellazione digitale applicata al patrimonio culturale	5
1.2 Scene della vita di sant'Agostino realizzate	8
Capitolo 2: L'arca di Sant'Agostino	13
2.1 La basilica di San Pietro in Ciel d'Oro	13
2.2 L'Arca del Santo	15
2.3 Personaggi delle scene ricostruite	17
Capitolo 3: Modellazione 3D	24
3.1 Programmi di modellazione 3D: Blender e Fuse	24
3.2 Morphing e rigging con Fuse	25
3.3 Modeling con Blender	27
Capitolo 4: Rendering	32
4.1 Applicazione delle textures	32
4.2 Immagini 2D dai modelli 3D	34
Capitolo 5: Stampa 3D	38
5.1 Le scene digitali diventano reali	38
Conclusioni	41
Appendice delle definizioni	43

Prefazione

Il lavoro svolto è consistito nell'uso di programmi software di modellazione 3D per ricreare dei modelli digitali di tre scene principali della vita di Agostino di Ippona scelte dai bassorilievi del terzo registro dell'Arca di Sant'Agostino, monumento in marmo bianco di Carrara contenente le spoglie del santo, situata nella basilica di San Pietro in Ciel d'Oro a Pavia. Le tre scene realizzate sono: il battesimo di Agostino che riceve l'abito di catecumeno da Sant'Ambrogio, l'istituzione dell'ordine agostiniano nella quale Agostino dà la Regola ai monaci e il funerale di santa Monica madre di Agostino.

Completata la ricostruzione tridimensionale delle scene dei bassorilievi, sono state aggiunte delle textures per colorare i modelli e passare al processo di rendering per produrre immagini a due dimensioni delle quali si può scegliere illuminazione e punto di vista del modello 3D da cui vengono generate. I modelli saranno utilizzati per ottenerne delle versioni materiali, fedeli ai bassorilievi originali dell'Arca, mediante una stampante 3D.

I modelli realizzati contribuiranno al progetto del corso di Computer Vision della laurea magistrale in Computer Engineering dell'Università di Pavia. L'Arca fu concepita come un monumento isolato visitabile su tutti i quattro lati ma la sua altezza e la sua posizione sopra l'altare la rendono difficilmente osservabile. Il progetto del corso ha come obiettivo finale la riproduzione in modelli 3D delle numerose parti che compongono l'Arca che verranno sottoposti a rendering, per ottenerne delle immagini con le quali verrà realizzato un libro dedicato al monumento e alla vita di sant'Agostino, e a stampa 3D per poter essere esposti al pubblico che potrà scoprire e apprezzare tutti i lati dell'Arca ricchi di scene, personaggi e decorazioni.

Capitolo 1

Tecnologie digitali per il patrimonio culturale



Figura 1. Modello 3D di una chiesa scolpita in un bassorilievo dell'Arca di Sant'Agostino

1.1 Modellazione digitale applicata al patrimonio culturale

Per salvare, valorizzare e rendere accessibile a tutti l'immenso e variegato patrimonio culturale e artistico italiano entra in campo la tecnologia mediante le tecniche di modellazione digitale. Il lavoro svolto riguarda l'applicazione di tecniche digitali di modellazione tridimensionale applicate a monumenti appartenenti al patrimonio culturale pavese. Il monumento preso in esame è

l'Arca di Sant'Agostino¹, scultura riccamente decorata con personaggi, scene e decorazioni, contenente le spoglie del santo. L'arca, datata 1362, è una scultura gotica in marmo bianco di Carrara concepita come un monumento isolato scolpito su tutti i quattro lati ed è posta sopra l'altare della basilica di San Pietro in Ciel d'Oro a Pavia.

A causa dell'altezza e della posizione sopra l'altare, l'Arca risulta difficile da osservare e quindi non si può apprezzarne appieno la bellezza e la grande varietà di bassorilievi e decorazioni di cui è composta. Da ciò nasce l'idea di utilizzare dei software di modellazione 3D al fine di ricostruire dei modelli digitali delle varie parti del monumento. Tali modelli saranno utilizzati nel processo di rendering per ottenere delle immagini a colori delle persone e delle scene ricostruite con le quali si potrà realizzare un libro dedicato al monumento.

Inoltre gli stessi modelli diventeranno reali e tangibili come i bassorilievi originali grazie alle stampanti 3D che permettono di ottenerne delle copie in polimero termoplastico (PLA) o in calcio solfato emiidrato (composto da una finissima polvere minerale di colore bianco latte) esponibili al pubblico.²



Figura 2. Lato frontale dell'Arca di Sant'Agostino

Grazie alla produzione di questi modelli materiali di opere d'arte

che non sono facilmente disponibili o accessibili, la stampa 3D è diventata uno strumento conveniente ed efficace per permettere l'accessibilità delle opere d'arte anche agli ipovedenti e i non vedenti attraverso le sensazioni tattili. Esistono vari tipi di stampanti 3D che si differenziano in base alla precisione di

lavoro e al relativo costo: si parte da semplici stampanti a basso costo per uso personale fino a stampanti professionali usate per la meccanica di precisione o la riproduzione di figure umane che possono arrivare a costare decine di migliaia di euro. Grazie alle stampanti di nuova generazione è ormai diventato possibile stampare qualsiasi tipo di strumento.⁴

I modelli 3D possono essere utilizzati per diversi scopi:

- Ricostruzione: da frammenti di immagini, documenti o altre fonti, possono essere ricostruiti modelli 3D di parti di monumenti rovinati o distrutti. Ad esempio nel bassorilievo della scena del battesimo di Agostino, una parte del portico (fig. 3) è rovinata. Tale parte è invece presente nel modello 3D stampato, ricostruita usando come riferimento la parte analoga integra;
- Replicazione: per la conservazione degli originali, che sono troppo fragili per essere spostati o potenzialmente soggetti a rovinarsi col tempo, o semplicemente per rendere disponibili commercialmente delle repliche come in questo caso nel quale le repliche verranno usate per l'esposizione al pubblico superando i problemi legati all'altezza e alla posizione del monumento originale che ne rendono difficile l'osservazione;
- Interpretazione: per comprendere il passato di un oggetto o di un'architettura ripercorrendo la storia del monumento e i suoi bassorilievi ricchi di scene, personaggi e strutture;
- Indagine: mediante lo studio di dipinti di scene analoghe a quelle dei bassorilievi e alla consultazione dell'iconografia dei santi e dei personaggi si è potuto scegliere in modo coerente i colori degli abiti delle



Figura 3. Dettaglio del portico. A destra si può notare lo spazio lasciato dalla parte andata distrutta

persone modellate nelle scene poiché il monumento in marmo bianco è ovviamente monocromatico;

- **Condivisione:** Dai modelli digitali si ricaveranno immagini e modelli reali simili ai bassorilievi originali che potranno essere esposti in apposite mostre o utilizzati per la stesura di libri dedicati.⁵

I modelli realizzati verranno inclusi nel progetto del corso di Computer Vision della laurea magistrale in Computer Engineering dell'Università di Pavia che ha come obiettivo la costruzione di modelli tridimensionali di numerosi personaggi e scene che adornano l'Arca di Sant'Agostino (costituita da quasi un centinaio di statue e 50 bassorilievi di scene varie ricche di dettagli) che verranno sottoposti a rendering e stampa 3D per allestire un'esposizione che permetterà al pubblico di scoprire le varie parti del monumento. Per la creazione dei modelli si è fatto uso dei software di modellazione 3D Fuse⁶ (per creare i personaggi) e Blender⁷ (per la creazione di oggetti, abiti, architetture e delle scene finali).

1.2 Scene della vita di Sant'Agostino realizzate

Il lavoro svolto ha riguardato la modellazione di tre bassorilievi dell'Arca che mostrano importanti scene della vita di Sant'Agostino: il battesimo durante il quale riceve l'abito da catecumeno, l'istituzione dell'Ordine agostiniano dove consegna la Regola ai monaci e il funerale di santa Monica madre di Agostino.

Il battesimo di Agostino

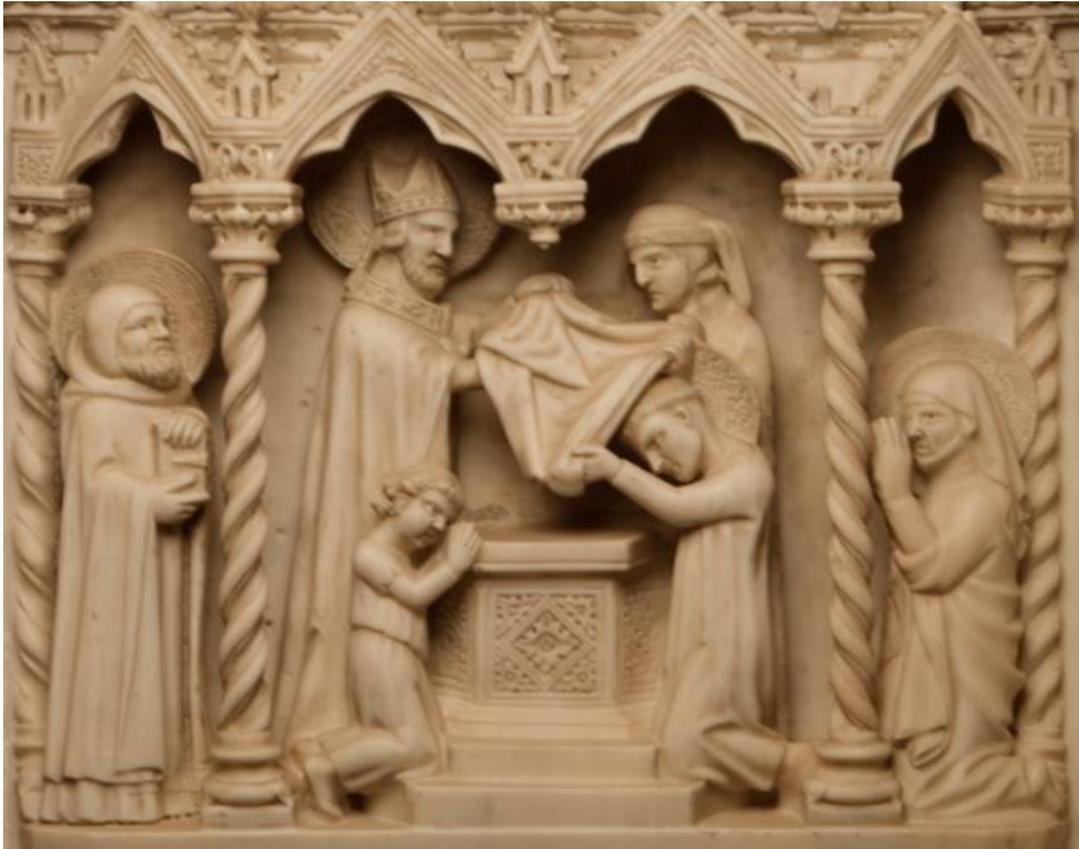


Figura 4. Bassorilievo dell'Arca riguardante il battesimo di Agostino

<< *Dio ama ognuno di noi come se ci fosse solo uno di noi.* >>
da *Confessioni* di Sant'Agostino

Un portico dalle arcate gotiche e dalle colonne attorcigliate definisce il luogo dove si svolge il battesimo avvenuto a Milano nel 387: simula l'interno di una chiesa con il fonte battesimale. Al centro Ambrogio e probabilmente Alipio⁸ (amico di lunga data di Agostino) porgono la veste di catecumeno ad Agostino che è inginocchiato assieme ad Adeodato⁹ (figlio di Agostino nato da una relazione illecita con una giovane donna della quale in nome non è mai stato riportato e che non sposò nonostante il forte legame). Sotto l'arcata di destra si nota la madre Monica mentre sotto l'arcata sinistra si affaccia a osservare la scena il sacerdote Simpliciano. In questa rappresentazione è dato maggior spazio alla vestizione più che al battesimo.¹⁰

L'istituzione dell'Ordine agostiniano



Figura 5. Bassorilievo dell'Arca riguardante l'istituzione dell'Ordine agostiniano

<< La fede è credere a ciò che non vediamo; e la ricompensa per questa fede è il vedere ciò che crediamo. >>
da *Confessioni* di Sant'Agostino

Nella scena Agostino svolge un papiro che riporta la Regola agostiniana. Diciotto monaci, alcuni in piedi, altri inginocchiati, osservano il santo in devoto raccoglimento. Sant'Agostino, nel percorrere il suo cammino di esperienza umana e cristiana, approdò a una particolare intuizione di vita monastica e fissò il suo pensiero in un testo intitolato "Regola per i servi di Dio". La Regola agostiniana è un codice stabile di norme che organizzano e orientano la vita comune sulla base dei principi di povertà, castità e obbedienza. La motivazione che spinse il santo alla scrittura della Regola è legata ai monasteri da lui fondati e che richiamavano continuamente le sue attenzioni e premure. La data d'origine si colloca verso l'anno 400, nel momento più intenso della vita pastorale di Agostino. La Regola agostiniana è molto breve, essenziale e scende ai

particolari solo quando è necessario, invece su altri aspetti, dopo aver dato le indicazioni fondamentali, lascia spazio alla libertà e alla maturità della comunità.¹¹

Il funerale di santa Monica, madre di Agostino



Figura 6. Bassorilievo dell'Arca riguardante il funerale di santa Monica

<< Coloro che amiamo, ma che abbiamo perduto, non sono più dove erano, ma sono sempre dovunque noi siamo. >>
da *Confessioni* di Sant'Agostino

A sinistra otto monaci sostengono le spoglie di Monica, coperto da un lenzuolo riccamente ricamato. Agostino osserva da vicino il viso della madre. Altre tre persone osservano la salma: potrebbero essere Alipio, Adeodato ed Evodio (un agente d'affari che lasciò la sua carriera per seguire Agostino nella vita monastica). Due alberi costituiscono il paesaggio di sfondo. Il corteo si sta avvicinando a una chiesa con la porta aperta. Alcune case presso la Chiesa completano il quadro accentuando lo squilibrio delle proporzioni architettoniche. Da alcuni passi delle *Confessioni* di Agostino si può leggere come il santo abbia provato grande dolore per la scomparsa della madre.¹²

Confessioni è un'opera autobiografica in tredici libri di Agostino scritta intorno al 400. È unanimemente ritenuta tra i massimi capolavori della letteratura cristiana: in essa, sant'Agostino, rivolgendosi a Dio (da qui il termine

confessione), narra la sua vita e in particolare la storia della sua conversione al cristianesimo.¹³

¹ Sacchi D., Ferreri C. (1930). *L'Arca di S. Agostino esistente nella basilica di S. Pietro in Ciel d'Oro in Pavia*, Bruni-Marelli Arti Grafiche, Pavia.

² Cantoni V., Karastoyanov D., Mosconi M., Setti A. (2016). *Pavia, la Battaglia, il Futuro. 1525-2015 Niente fu come prima. CVML e SMART Lab alla Mostra*, Pavia University Press, 112 pp.

³ Mazura M., Horjan G., Vannini C., Antlej K., Cosentino A. (2015). *eCult Vademecum A Guide for Museums to Develop a Technology Strategy & Technology Providers to understand the Needs of Cultural Heritage Institutions*. URL:<http://www.ecultobservatory.eu/sites/ecultobservatory.eu/files/documents/Vademecum_PDF_V2.0.pdf>, consultato in settembre 2017.

⁴ *Il 3D salverà il patrimonio culturale artistico italiano* (2017) da Formanotizie, Anno 7, Numero 1, pp. 36-41.

⁵ *3D-COFORM Tools & Expertise for 3D Collection Formation*.

URL: <<http://www.3d-coform.eu/index.php>>, consultato in settembre 2017.

⁶ URL: <<http://www.adobe.com/it/products/fuse.html>>, consultato in luglio 2017.

⁷ URL: <<https://www.blender.org/>>, consultato in luglio 2017.

⁸ URL: <https://it.wikipedia.org/wiki/Alipio_di_Tagaste>, consultato in settembre 2017.

⁹ URL: <[https://it.wikipedia.org/wiki/Adeodato_\(figlio_di_Agostino\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Adeodato_(figlio_di_Agostino))>, consultato in settembre 2017.

¹⁰ URL: <<http://www.cassiciaco.it/navigazione/iconografia/cicli/trecento/pavia/battesimo.html>>, consultato in settembre 2017.

¹¹ URL: <<http://www.agostiniani.it/spiritualita/la-regola/>>, consultato in settembre 2017.

¹² URL: <<http://www.cassiciaco.it/navigazione/iconografia/cicli/trecento/pavia/monica.html>>, consultato in settembre 2017.

¹³ URL: <<https://it.wikipedia.org/wiki/Confessioni>>, consultato in settembre 2017.

Capitolo 2

L'Arca di Sant'Agostino



Figura 1. L'Arca di Sant'Agostino

2.1 La basilica di San Pietro in Ciel d'Oro

La basilica di San Pietro in Ciel d'Oro è una chiesa di Pavia così chiamata per via dei soffitti dorati della cupola interna.¹ È sorta sul luogo dove era sepolto san Severino Boezio, filosofo romano fatto uccidere dal re ostrogoto Teodorico il Grande nel 525. La chiesa vanta grande notorietà nel mondo cattolico in quanto ospita spoglie e reliquie di sant'Agostino d'Ippona e di san Severino Boezio. La tradizione vuole che la basilica sia stata fondata dal re longobardo Liutprando per proteggere le spoglie di sant'Agostino che erano state custodite fino al 722 a Cagliari dove erano giunte nel 504 dalla città di Ippona in Algeria. Il re Liutprando, infatti, temeva che i saraceni potessero trafugare una così

importante reliquia nel corso delle loro frequenti scorrerie sulle coste del Mediterraneo. Come gran parte delle chiese pavesi, fu ricostruita in epoca romanica, alla fine del XII secolo. Nel 1796 le truppe al seguito di Napoleone



Figura 2. Facciata della basilica

Bonaparte entrarono in città e spogliarono la chiesa, che fu sconsacrata e usata come stalla o deposito, mentre i frati venivano cacciati ed i conventi affidati ai militari. L'Ottocento fu deleterio per l'edificio ormai all'abbandono: la navata destra e la prima campata

della navata centrale crollarono e gli affreschi subirono gravi danni. Di fronte a questa condizione, la "Società Conservatrice de' monumenti pavesi dell'arte cristiana" trattò con l'esercito il riacquisto della basilica e dell'antico convento degli agostiniani, avvenuto nel 1884. I lavori di restauro furono eseguiti fra il 1875 e il 1896 e riportarono il prestigioso complesso romanico all'antico splendore ricostruendo le navate mancanti, la cripta ed eliminando alcune manomissioni che si erano susseguite sull'impianto medievale della basilica. Le opere si conclusero dopo la solenne riapertura al culto della basilica, avvenuta il 15 giugno 1896. Le spoglie di sant'Agostino, che erano state trasferite nel Duomo, furono riportate nella chiesa, assieme all'Arca che le conservava. San Pietro



Figura 3. Il "Ciel d'Oro" e l'Arca

in Ciel d'Oro si presenta come molte altre chiese pavesi dell'epoca: un edificio in

mattoni, a tre navate con transetto, abside e cripta. Esternamente sulla sinistra c'è il convento dei Canonici Regolari di S. Agostino, ora caserma dei Carabinieri; sulla destra, invece, c'è il convento di S. Agostino, abitato dai frati agostiniani e sede del Centro culturale agostiniano ONLUS, dedicato a Benedetto XVI, e da lui stesso inaugurato nella sua storica visita del 22 aprile 2007. Sulla facciata della basilica una lapide riproduce una terzina di Dante che fa riferimento alla sepoltura di san Severino Boezio.²

2.2 L'Arca del Santo

L'arca contenente le spoglie di Sant'Agostino è datata 1362 ed è una scultura in stile gotico realizzata in marmo bianco di Carrara.³ Sono andati perduti tutti gli originali documenti relativi alla sua commissione e risultano pertanto ignoti gli artisti che vi lavorarono. Tuttavia alcuni studiosi hanno formulato diverse ipotesi su chi sia stato l'autore di un tale capolavoro: in particolare vanno ricordate l'opera di Defendente Sacchi che attribuiva la creazione dell'Arca a Giovanni di Balduccio, e quella di Mons. Rodolfo Majocchi che nel 1901 esprimeva la certezza che l'opera fosse stata cominciata nell'anno 1350 e che in realtà la data 1362 incisa sull'Arca sia la data in cui i lavori terminarono, probabilmente troncati



Figura 4. L'Arca di Sant'Agostino

dalla morte dell'autore che si sarebbe spento a Pavia dopo il 1360. A seguito della soppressione del monastero, a partire dal 1786, l'arca ebbe una travagliata

vicenda: fu smontata e ricostruita prima nella chiesa del Gesù e poi nel Duomo, finché fu ricollocata nella sede attuale, solo dopo il restauro della basilica, il 7 ottobre 1900 e posizionata sull'altare maggiore.⁴

Il monumento funebre fu concepito come un monumento isolato, visibile da tutti e quattro i lati, a differenza di molti dei monumenti coevi concepiti per essere addossati ad una parete. Il monumento funebre si sviluppa su tre registri narrativi.



Figura 5. I quattro lati dell'Arca di Sant'Agostino

Sul primo registro dal basso, che funge da basamento e che contiene il sarcofago, si alternano statue di santi e apostoli alle rappresentazioni delle Virtù, che sporgono a formare dei pilastri che continuano nei registri superiori, con statue di vescovi, papi e santi.

Al di sopra del basamento nel registro mediano c'è una cella sostenuta da pilastri, che contiene una statua che rappresenta il corpo giacente del santo mentre con le mani regge un libro aperto. Il lenzuolo su cui giace il corpo è sostenuto da diaconi circondati dai Dottori della Chiesa. Il soffitto della cella è interamente coperto da centinaia di cherubini, fra i quali sporgono busti di santi, gli arcangeli Raffaele e Michele e, al centro, il Cristo.

Nel registro superiore ci sono nove riquadri con episodi principali della vita di Agostino coronati in alto dai miracoli compiuti dal santo entro timpani triangolari alternati con figure angeliche. Gli episodi narrati nei riquadri del

terzo registro riguardano Agostino che ascolta sant'Ambrogio predicare, la conversione e il battesimo di Agostino, la trasposizione del corpo del santo, il funerale della madre Monica, l'istituzione dell'ordine agostiniano, il santo che ammaestra e battezza. Tra i miracoli e gli episodi dei timpani triangolari si possono osservare la liberazione di un prigioniero, la guarigione di una indemoniata, la discussione con degli eretici e un'apparizione miracolosa ad un gruppo di pellegrini.⁵

Complessivamente l'Arca è composta da 95 statue e 50 bassorilievi per un totale di 408 personaggi, oltre a vegetazione, oggetti, animali e rappresentazioni schematiche di città. Le sue dimensioni complessive sono: 307 cm x 168 cm x 393 cm.

2.3 Personaggi delle scene ricostruite

Sant'Agostino



Figura 6. Agostino d'Ippona

Agostino d'Ippona nacque il 13 novembre del 354 d.C. a Tagaste in Algeria. Apparteneva a una famiglia di ceto medio, ma non facoltosa: il padre Patrizio era un piccolo proprietario terriero e membro dei consiglieri municipali della città. La madre Monica era una donna intelligente, affettuosa e di carattere forte. Agostino ebbe un fratello, Navigio, e una sorella di cui non si conosce il nome, ma della quale si sa che, rimasta vedova, diresse un monastero femminile fino alla morte.

Agostino ricevette da Monica un'istruzione cristiana e fu iscritto fra i catecumeni. Una volta, quando era molto malato, chiese il battesimo, ma,

essendo presto svanito ogni pericolo, decise di posticipare il momento della ricezione del sacramento, adeguandosi ad una diffusa usanza di quel periodo di attendere l'età matura. Patrizio, orgoglioso del successo del proprio figlio nelle scuole di Tagaste e Madaura, decise di mandarlo a Cartagine per prepararlo alla carriera forense, ma ci vollero mesi per raccogliere il denaro necessario ed Agostino trascorse il suo sedicesimo anno a Tagaste, in un ozio in cui si scatenò una grande crisi intellettuale e morale fino a provare quasi attrazione per il peccato. Non molto tempo dopo essere giunto a Cartagine nel 370 Agostino confessò a sua madre Monica di avere una relazione con una donna (il cui nome non è mai stato riportato in alcun testo), che gli aveva dato un figlio, Adeodato (nato nel 372), e con la quale visse in concubinato per quindici anni. Si separarono nel 386.

Al termine dei suoi studi scelse la carriera letteraria. In veste di professore incantò i suoi alunni, uno dei quali, Alipio, poco più giovane di lui, fu in seguito battezzato insieme a lui a Milano.

Nel 383 Agostino, all'età di 29 anni, soddisfò il desiderio di recarsi in Italia. Fece domanda per un posto vacante come professore a Milano e dopo aver fatto visita al vescovo Ambrogio, si sentì attratto dai suoi discorsi e iniziò a seguire regolarmente le sue predicazioni. La frequentazione



Figura 7. Battesimo di Agostino

con l'anziano sacerdote Simpliciano, che aveva preparato Ambrogio all'episcopato, ispirò Agostino alla conversione. Verso l'inizio della quaresima del 387, Agostino si recò a Milano dove assieme ad Adeodato ricevette il battesimo da Ambrogio. Ad agosto dello stesso anno la madre Monica morì a 56 anni.⁶

Vendette tutti i suoi beni e donò gli incassi ai poveri. Lui ed i suoi amici si ritirarono nel suo appezzamento di terreno per condurre una vita comune in povertà, in preghiera, e nello studio della letteratura sacra. Agostino non era interessato a diventare sacerdote ma un giorno, dopo essere stato chiamato ad Ippona, un gruppo di persone implorò il vescovo Valerio di elevarlo al sacerdozio; nonostante i suoi timori, Agostino fu ordinato nel 391. Il novello sacerdote considerò la sua ordinazione come una ragione in più per riprendere la vita religiosa a Tagaste e Valerio gli mise a disposizione delle proprietà della chiesa permettendogli di fondare un monastero.

Nel 430 Agostino fu colpito da una malattia fatale e il 28 agosto dello stesso anno morì all'età di 75 anni. Nel 718 il suo feretro, venerato per secoli a Cagliari fu fatto trasportare dalla Sardegna a Pavia, ad opera del re longobardo Liutprando. Da allora le sue spoglie sono custodite nella basilica di San Pietro in Ciel d'Oro.⁷

Sant'Ambrogio



Figura 8. Sant'Ambrogio

Aurelio Ambrogio nacque nel 339 da un'importante famiglia senatoria romana a Treviri in Germania, dove il padre esercitava la carica di prefetto del pretorio delle Gallie. La famiglia di Ambrogio era cristiana da alcune generazioni ed egli era terzogenito dopo due fratelli, Marcellina e Satiro, anch'essi venerati poi come santi. Destinato alla carriera amministrativa sulle orme del padre, frequentò le migliori scuole di Roma partecipando poi alla vita pubblica della città.⁸

Nel 374, alla morte del vescovo ariano Assenzio di Milano, Ambrogio, ai tempi governatore della Lombardia, Liguria ed Emilia, si recò in una chiesa di Milano per incoraggiare il popolo a scegliere il nuovo vescovo in un clima di dialogo e rispetto reciproco tra

cattolici e ariani. All'improvviso si sarebbe sentita la voce di un bambino gridare “Ambrogio vescovo!”, a cui si unì quella unanime della folla radunata nella chiesa. I milanesi volevano un cattolico come nuovo vescovo. Ambrogio però rifiutò decisamente l'incarico, sentendosi impreparato poiché non aveva ancora ricevuto il battesimo e non aveva nemmeno studiato teologia. Il popolo decise di risolvere la questione appellandosi all'autorità dell'imperatore Valentiniano, cui Ambrogio era alle dipendenze. Fu allora che accettò l'incarico, ritenendo che questa fosse la volontà di Dio nei suoi confronti, e decise di farsi battezzare: nel giro di sette giorni ricevette il battesimo e, il 7 dicembre 374, venne ordinato vescovo.

Dopo la nomina a vescovo, Ambrogio prese molto sul serio il suo incarico e si dedicò ad approfonditi studi biblici e teologici. Decise di rompere ogni legame con la vita precedente donando le sue ricchezze ai poveri, le sue terre e proprietà alla Chiesa, lasciando solo una piccola parte per provvedere alla sorella Marcellina.⁹

Ambrogio studiava e usava ciò che aveva imparato per pregare, scrivere e predicare e il suo modo di fare aveva talmente affascinato Agostino da contribuirne alla conversione. Si rendeva sempre disponibile ad ascoltare e ad aiutare i fedeli che lo ammiravano. Morì il 4 aprile 397 a Milano all'alba del Sabato Santo.

Santa Monica

Nacque a Tagaste nel 331 da una famiglia in buone condizioni economiche e profondamente cristiana; contrariamente al costume del tempo, le fu permesso di studiare e lei ne approfittò per leggere la Sacra Scrittura e meditarla.

A 22 anni ebbe il primogenito Agostino e in seguito



Figura 9. Santa Monica

nasceranno un secondo figlio ed una figlia. Diede ai suoi tre figli una profonda educazione cristiana con efficacia.

Monica rimase vedova a 39 anni e dovette prendere in mano la direzione della casa e l'amministrazione dei beni, ma la sua preoccupazione maggiore era il figlio Agostino che da giovane inseguiva i piaceri del mondo mettendo in dubbio persino la fede cristiana. Le vicende della vita di Monica sono strettamente legate a quelle di Agostino: lei rimasta a Tagaste continuò a seguire con trepidazione e con le preghiere il figlio, trasferitosi a Cartagine per gli studi e che contemporaneamente iniziò una convivenza con un'ancella cartaginese dalla quale ebbe il figlio Adeodato. Dopo aver tentato in ogni modo di riportarlo sulla buona strada, Monica gli proibì di ritornare a casa. Pur amando profondamente sua madre, Agostino non si sentì di cambiare vita e una volta terminati con successo gli studi a Cartagine decise di spostarsi con tutta la famiglia a Roma. Ella non si arrese ed eroicamente continuò la sua opera per la conversione del figlio: nel 385 s'imbarcò anche lei e lo raggiunse a Milano. Qui Monica ebbe la consolazione di vederlo frequentare la scuola di sant'Ambrogio e poi il prepararsi al battesimo con tutta la famiglia, compreso il fratello Navigio e l'amico Alipio.¹⁰

Monica morì a 56 anni il 27 agosto del 387 ed è venerata come Santa della Chiesa cattolica, patrona delle donne sposate, madri e vedove.

San Simpliciano

Simpliciano nacque a Beverate di Brivio nel 320 e fu arcivescovo di Milano. Il legame tra Simpliciano e Ambrogio fu sempre riconosciuto come molto forte: fu infatti quest'ultimo, quando ancora doveva ricevere il battesimo, a chiedere all'allora sacerdote Simpliciano di completare la sua istruzione religiosa. Simpliciano svolse lo stesso ruolo nell'esperienza religiosa di Agostino da Ippona, che grazie a lui fu spinto alla carriera religiosa. Fu sant'Ambrogio stesso, morendo il 4 aprile 397, a volere Simpliciano quale suo successore

sebbene egli avesse quasi ottant'anni, dando vita a un episcopato di appena quattro anni a causa della morte avvenuta nel 401. Nella diocesi di Milano se ne celebra la memoria il 14 agosto.¹¹

Sant'Alipio

Alipio di Tagaste nacque nella città africana nel 360. Strinse una forte amicizia con sant'Agostino: dopo aver studiato retorica a Cartagine si recò a Roma per studiare diritto e da lì accompagnò Agostino a Milano. Con lui ricevette il battesimo il 25 aprile 387 e nel 391 lo seguì nel monastero d'Ippona. Fu eletto vescovo di Tagaste nel 394, quando Agostino era ancora prete, e si presume che fosse ad Ippona per la morte del santo nel 430, anno nel quale morì anche Alipio.¹²

Adeodato

Adeodato nacque nel 372 da una relazione tra Agostino e una giovane donna dal nome ignoto. Il padre lo chiamò Adeodatus (dono di Dio) per la gioia che provava. Non è stata mai tramandata la ragione per cui i genitori non si sposarono nonostante fosse presente un legame molto forte tra loro. La donna tornò nella sua casa a Cartagine e decise di chiudersi in un monastero lasciando il figlio con il padre. Ricevette il battesimo a quindici anni dalle mani di sant'Ambrogio da Milano assieme al padre. Si ritiene che sia morto nel 388 poco dopo il compimento del sedicesimo anno di età.¹³

Sant'Evodio

Evodio di Tagaste era un agente d'affari per l'imperatore. Decise di abbandonare la sua carriera per battezzarsi e seguire Agostino nella sua esperienza monastica. Raggiunse il santo a Roma e gli fu accanto alla morte di Monica; ritornarono insieme in Africa dove dopo alcuni anni divenne vescovo di una città della provincia di Cartagine nella quale fondò un monastero.¹⁴

¹ URL: <https://it.wikipedia.org/wiki/Basilica_di_San_Pietro_in_Ciel_d%27Oro>, consultato in agosto 2017.

² URL: <<http://www.agostiniani.it/comunita-agostiniane-provincia/basilica-san-pietro-in-ciel-doro/>>, consultato in settembre 2017.

³ Sacchi D., Ferreri C. (1930). *L'Arca di S. Agostino esistente nella basilica di S. Pietro in Ciel d'Oro in Pavia*, Bruni-Marelli Arti Grafiche, Pavia.

⁴ URL: <<http://www.lombardiabeniculturali.it/opere-arte/schede/PV300-00010/>>, consultato in agosto 2017.

⁵ URL: <https://it.wikipedia.org/wiki/Arca_di_sant%27Agostino>, consultato in agosto 2017.

⁶ URL: <<http://www.santiebeati.it/dettaglio/24250>>, consultato in agosto 2017.

⁷ URL: <https://it.wikipedia.org/wiki/Agostino_d%27Ippona>, consultato in agosto 2017.

⁸ URL: <<https://it.wikipedia.org/wiki/Sant%27Ambrogio>>, consultato in settembre 2017.

⁹ URL: <<http://www.santiebeati.it/dettaglio/25500>>, consultato in settembre 2017.

¹⁰ URL: <<http://www.santiebeati.it/dettaglio/24200>>, consultato in settembre 2017.

¹¹ URL: <https://it.wikipedia.org/wiki/San_Simpliciano>, consultato in settembre 2017.

¹² URL: <https://it.wikipedia.org/wiki/Alipio_di_Tagaste>, consultato in settembre 2017.

¹³ URL: <[https://it.wikipedia.org/wiki/Adeodato_\(figlio_di_Agostino\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Adeodato_(figlio_di_Agostino))>, consultato in settembre 2017.

¹⁴ URL: <<http://www.cassiciaco.it/navigazione/monachesimo/agiografia/santi/evodio.html>>, consultato in settembre 2017.

Capitolo 3

Modellazione 3D



Figura 1. Loghi di Blender e Fuse Character Creator

3.1 Programmi di modellazione 3D: Blender e Fuse

Per realizzare i modelli 3D delle scene dei bassorilievi dell'Arca si è ricorso a due noti programmi di modellazione 3D.

Fuse Character Creator¹, prodotto dalla compagnia Mixamo di San Francisco e successivamente acquisito dalla Adobe Systems, è stato utilizzato per la creazione dei modelli di personaggi dei quali è possibile personalizzare aspetto, lineamenti del volto e caratteristiche fisiche. Un servizio online offerto dalla Mixamo permette l'applicazione di uno speciale algoritmo di rigging che aggiunge uno scheletro al modello del personaggio utilizzabile in altri software per potergli assegnare una posa. È possibile usare il software mediante una licenza di versione beta gratuita.

Blender² è un programma di modellazione 3D inizialmente distribuito come software proprietario gratuito dalla Not a Number Technologies. Dopo la bancarotta della società avvenuta nel 2002, una campagna di raccolta fondi ha permesso la pubblicazione del codice sorgente di Blender rendendolo open source e guidato dall'organizzazione no-profit Blender Foundation. Il software è diventato uno dei più diffusi nel settore della modellazione tridimensionale e le

nuove versioni che si sono susseguite hanno aggiunto numerose funzionalità di modellazione, texturing, illuminazione, animazione e post processing video che gli hanno praticamente permesso di raggiungere la potenza dei software 3D proprietari. Un vasto set di scorciatoie da tastiera permette di impartire la maggior parte dei comandi fondamentali più usati rendendo più comodo il lavoro di modellazione delle scene.³

Si è sviluppata una vivace comunità di semplici appassionati o professionisti di modellazione 3D attiva su vari siti dedicati all'utilizzo di Blender che rendono disponibili numerosi videotutorials e guide che sono tornati utili per imparare le basi dell'uso efficace del programma e le tecniche più adatte a modellare le scene. Blender è stato utilizzato per aggiungere gli abiti e i capelli ai personaggi creati con Fuse, modellare tutti gli oggetti e le strutture presenti nelle scene, applicare delle textures per colorare i modelli ed effettuare il rendering per ottenere delle immagini 2D scegliendo illuminazione e punto di vista.

3.2 Morphing e rigging con Fuse

Mediante il software Fuse sono stati realizzati tutti i personaggi delle scene. Il programma permette di generare modelli 3D di persone personalizzabili nell'aspetto partendo da uno dei modelli di base offerti (fig. 2).

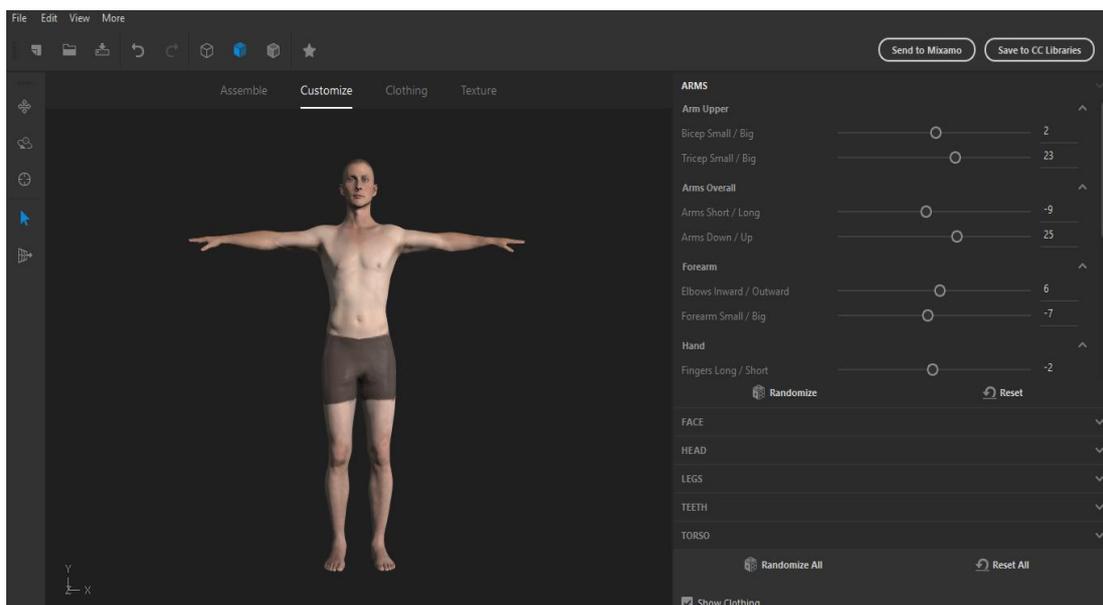


Figura 2. Interfaccia e personaggio base di partenza in Fuse

Attraverso la modifica dei valori assegnati ad ogni parte del corpo o dei lineamenti del volto è possibile rimodellare il personaggio di base per dargli l'aspetto finale desiderato (morphing). Un altro metodo più intuitivo per modificare i lineamenti viene applicato agendo con il mouse sulla parte del volto che si vuole modificare per assegnarle forma e dimensioni a scelta libera (fig. 3).

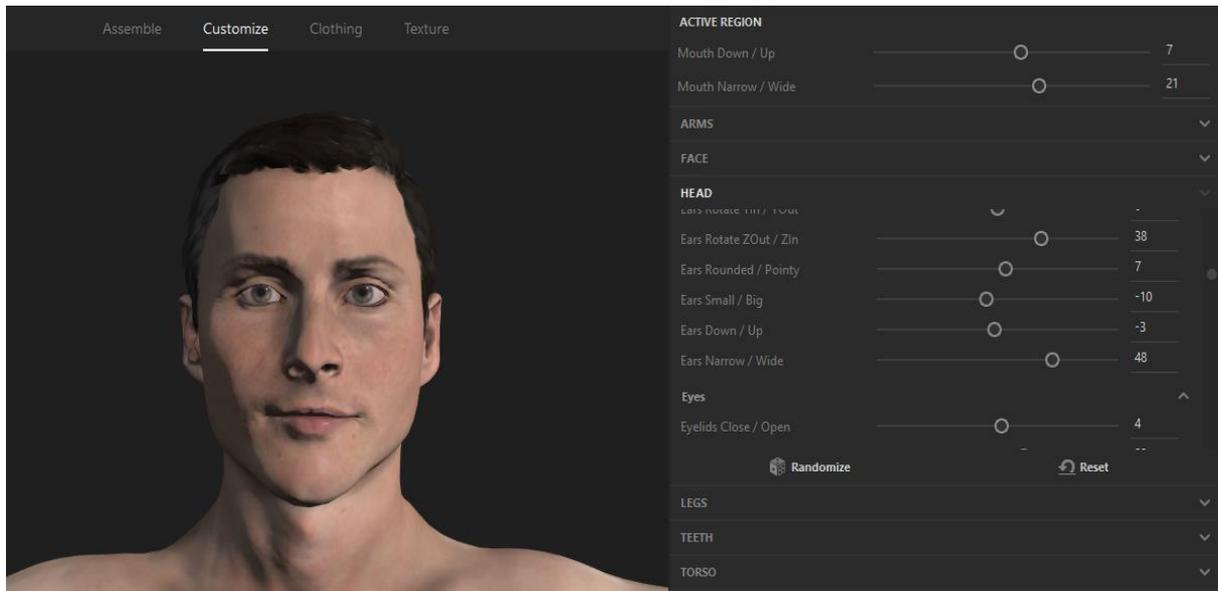


Figura 3. Modifica dei lineamenti del volto del personaggio mediante il menù sulla destra

Fuse dà anche la possibilità di aggiungere dei vestiti con colori e tessuti di vario tipo ma non sono stati utilizzati per realizzare i personaggi delle scene poiché gli abiti come le tuniche non sono presenti e verranno quindi realizzati successivamente con Blender.

Il personaggio, terminata la personalizzazione, viene inviato al servizio online della Mixamo⁴ che permette, mediante un particolare algoritmo di rigging, l'aggiunta di uno speciale scheletro manipolabile in Blender per assegnargli una posa a scelta (fig. 4). La posa iniziale assegnata al personaggio viene

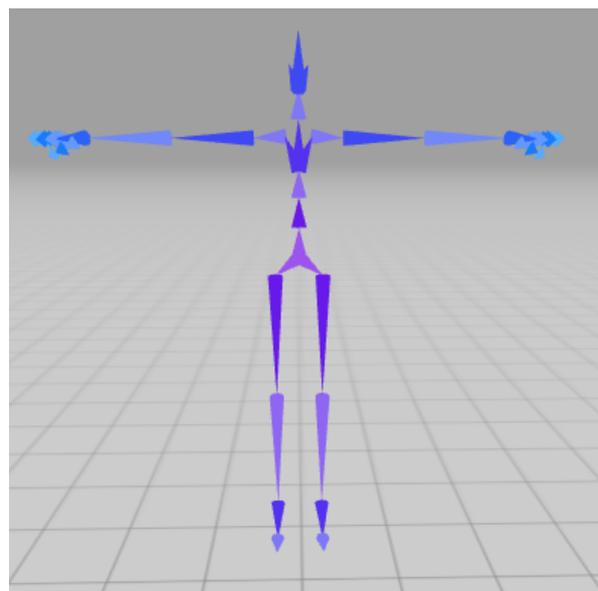


Figura 4. Scheletro in T-Pose applicato al personaggio tramite l'algoritmo di rigging

definita in T-Pose per la forma assunta dallo scheletro (in piedi, con le braccia parallele al suolo).

Il modello del personaggio con lo scheletro collegato è scaricabile in formato FBX (FilmBoX, un formato file di proprietà di Autodesk⁵ che permette l'interoperabilità tra le applicazioni di creazione di contenuti digitali). Il file verrà poi importato in Blender (o in un altro software di modellazione tridimensionale compatibile) per poter sistemare la posa del personaggio e aggiungergli dei vestiti appositamente modellati.

3.3 Modeling con Blender

Attraverso Blender è stato possibile creare l'intera scena con tutti i suoi oggetti, architetture e personaggi in pose diverse con vestiti appositamente creati.

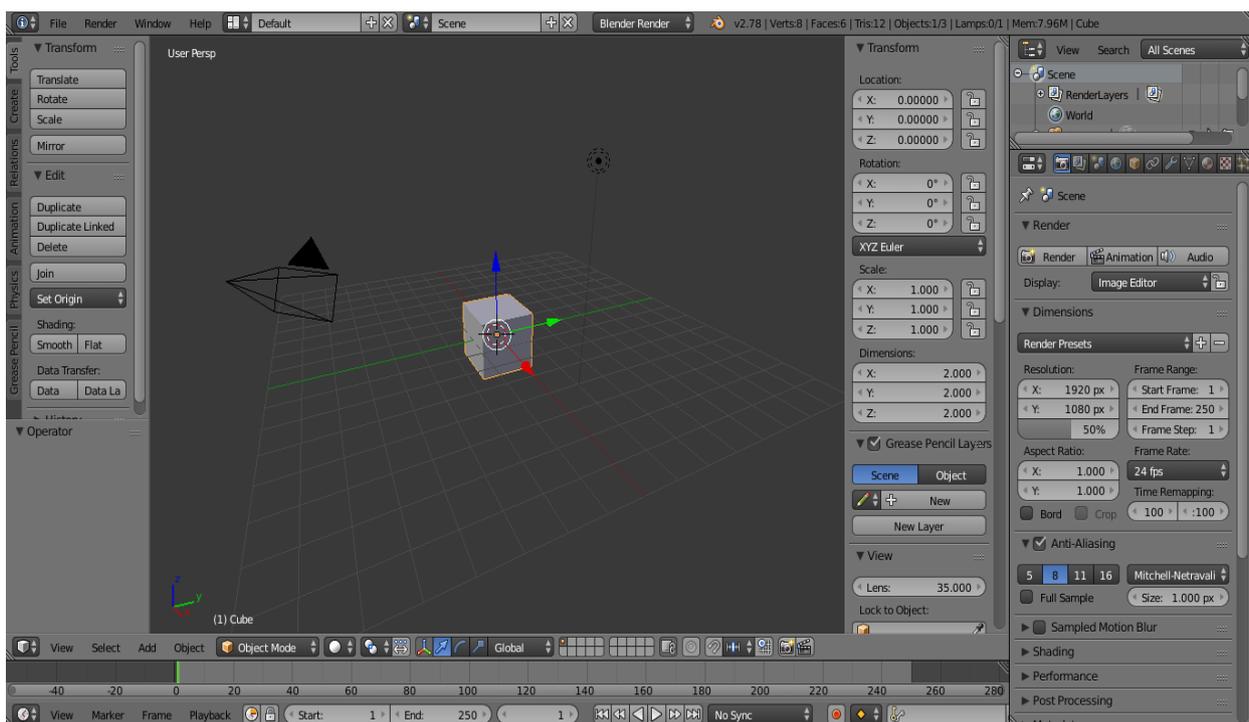


Figura 5. Interfaccia di Blender

Modellazione di oggetti e architetture mediante Box modeling

La tecnica più usata per creare gli elementi delle scene è chiamata Box modeling: essa consiste nel partire da una forma di base chiamata Primitiva (ad

esempio cubi, sfere, cilindri, coni, toroidi, figure piane) per poi procedere estrudendo le facce di cui è composta o muovendone i vertici e gli spigoli per ottenere una Mesh poligonale (l'oggetto geometrico definito da vertici, spigoli e facce) più elaborata e dettagliata.

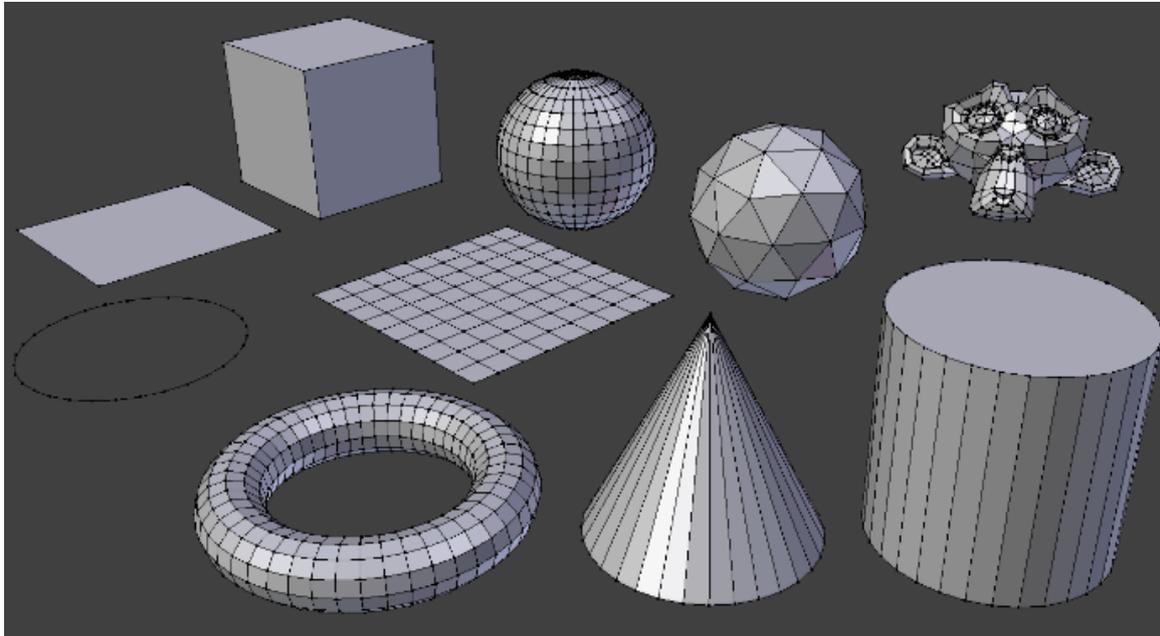


Figura 6. Primitive standard di Blender

Vertici e spigoli possono essere inseriti manualmente sulle facce per ottenere nuove facce da estrudere. Questa tecnica è stata applicata per ricreare tutti gli oggetti (il libro, il fonte battesimale, gli alberi, ecc.) e le strutture (le case, la chiesa, il portico) presenti nei tre bassorilievi modellati. Gli elementi più complessi e dettagliati delle scene originali, in particolar modo la chiesa e il portico, sono stati scomposti in più parti modellate singolarmente e successivamente combinate per ottenere il modello finale. Più un elemento della scena originale è

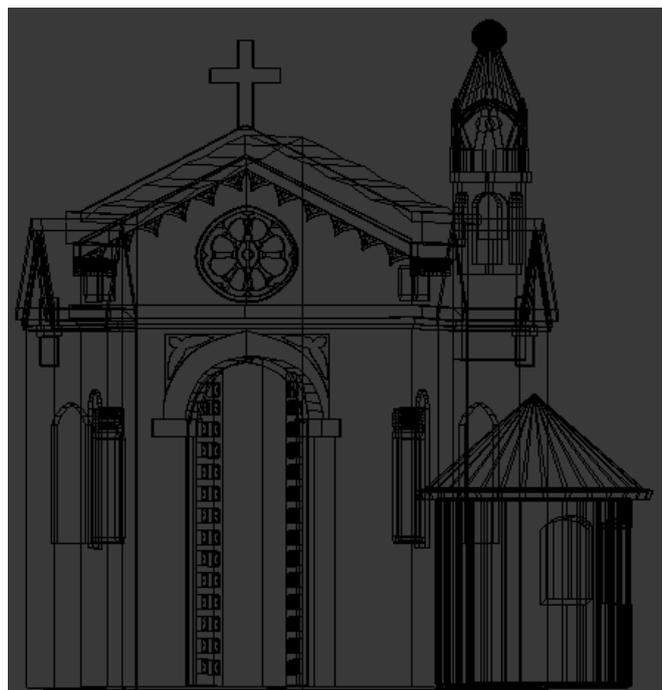


Figura 7. Wireframe della chiesa modellizzata (mostrato senza vertici)

complesso, più articolata sarà la rete (Wireframe) composta da numerosi vertici e spigoli per poter ottenere un oggetto il più fedele possibile all'originale.

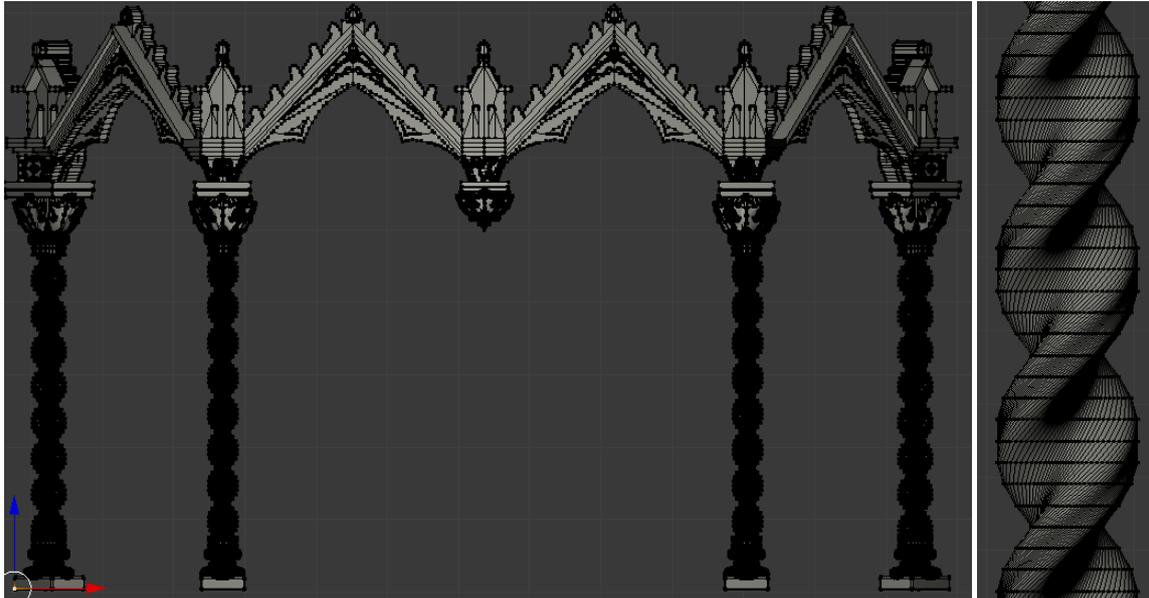


Figura 8. Wireframe del portico (con vertici in evidenza) e dettaglio della colonna

Pose dei personaggi e modellazione degli abiti con la scultura digitale

Una volta importati in Blender i modelli in formato FBX dei personaggi, si può procedere ad assegnar loro una posa coerente a quella assunta nel bassorilievo originale. Ciò è possibile mediante la Pose mode del programma: in questa modalità è possibile muovere tutti gli arti del personaggio (gambe, braccia, dita, ecc.) selezionando e spostando o ruotando il relativo “osso” dello scheletro generato in fase di rigging.

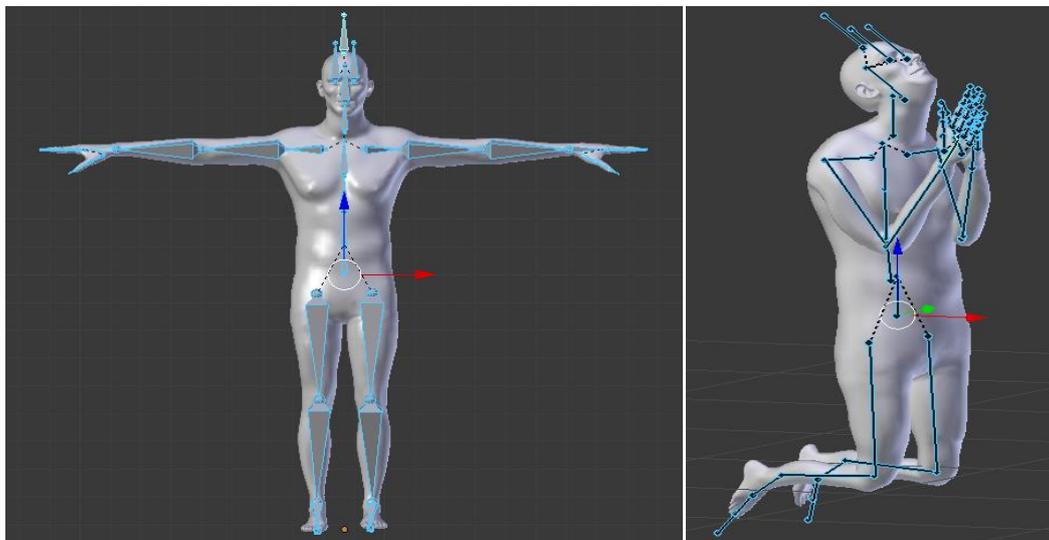


Figura 9. Scheletro in T-Pose in Blender e posa assegnatagli per ottenere un monaco inginocchiato in preghiera

È possibile assegnare ogni genere di posa con un buon grado di libertà grazie al livello di dettaglio dello scheletro permettendo, ad esempio, di far inginocchiare un monaco, di congiungergli le mani in gesto di preghiera e di sistemare la posizione della testa compatibilmente con la direzione in cui è voltato nella scena originale (fig. 9).

Per la realizzazione dei vestiti si è fatto ricorso alle primitive di Blender: combinando cilindri (ad esempio per le maniche e il corpo), sfere, coni e toroidi (per esempio per ricavarne i cappucci) è stato possibile comporre la struttura di partenza degli abiti di tutti i personaggi. Successivamente, per plasmare correttamente la forma e la superficie degli abiti in base al corpo e alla posa del personaggio, si è fatto ricorso alla scultura digitale mediante la quale è possibile agire su porzioni della superficie degli oggetti come se si stesse modellando della creta. Per poter applicare con successo questa tecnica è necessario prima suddividere le mesh degli oggetti incrementandone il numero dei vertici poiché la scultura agisce su gruppi di essi. Una “spazzola”, attivabile usando la Sculpt mode di Blender, permette di selezionare una certa area di superficie e i vertici in essa contenuti vengono alterati in base al tipo di spazzola scelta (fig. 10).

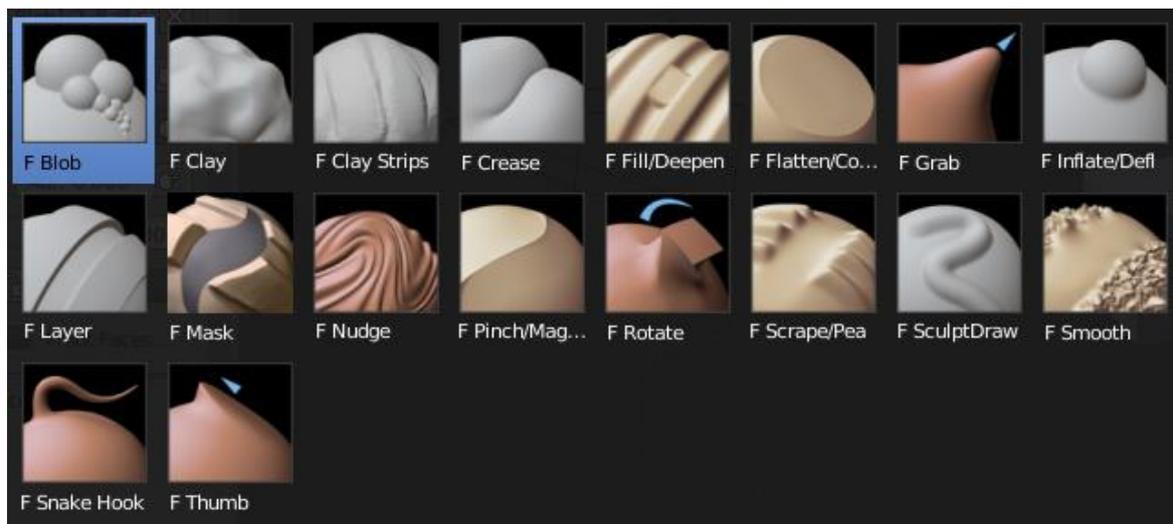


Figura 10. Lista dei tipi di spazzole offerte da Blender per la scultura digitale

Tra le spazzole più usate ci sono: Flatten (per appiattare la superficie), Grab (per spostare un gruppo di vertici), Smooth (per ammorbidire la superficie), Inflate/Deflate e SculptDraw (per aggiustare il volume e le pieghe dei vestiti).

Per aumentare la realistica degli abiti rendendoli più morbidi come dei tessuti veri si è applicato ad essi uno speciale modificatore (uno strumento di Blender che altera la struttura e la geometria degli oggetti) chiamato Subdivision Surface: esso suddivide la superficie degli oggetti incrementando il numero di vertici, spigoli e facce e successivamente ne smussa la forma⁶ (fig. 11).



Figura 11. Abiti e capelli del monaco creati dalla combinazione di primitive come cilindri, coni e toroidi prima e dopo l'applicazione delle tecniche di scultura digitale e del modificatore Subdivision Surface offerti da Blender

È stato così possibile realizzare e plasmare tutti gli abiti e i capelli dei personaggi delle scene per poi essere colorati coerentemente con i colori usati nell'iconografia o nei quadri rappresentanti scene analoghe a quelle dei bassorilievi modellati.

¹ URL: <<http://www.adobe.com/it/products/fuse/features.html>>, consultato in luglio 2017.

² URL: <<https://www.blender.org/>>, consultato in luglio 2017.

³ URL: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Blender_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Blender_(software))>, consultato in luglio 2017.

⁴ URL: <<https://www.mixamo.com/>>, consultato in luglio 2017.

⁵ URL: <<https://www.autodesk.com/products/fbx/overview>>, consultato in agosto 2017.

⁶ URL: <<https://www.blender.it/modificatori/subdivision-surface/>>, consultato in luglio 2017.

Capitolo 4

Rendering



Figura 1. Esempio di immagine 2D ottenuta dal processo di Rendering

4.1 Applicazione delle textures

Terminata la modellazione tridimensionale delle scene, si è passato ad aggiungere i colori per decorare e preparare i modelli al processo di rendering.

Il rendering consiste nella generazione di un'immagine a partire dalla descrizione matematica di una scena tridimensionale che viene interpretata da particolari algoritmi che definiscono il colore di ogni punto dell'immagine digitale finale. Un motore di rendering è un programma che, per realizzare le immagini bidimensionali in diversi tipi di formato come PNG, JPEG o TIFF, si basa su una combinazione di metodologie e procedure appartenenti a varie discipline come la fisica della luce, la percezione visiva, la matematica e lo

sviluppo software. Il rendering è un processo tipicamente lento, di durata variabile in base alla complessità del modello 3D e delle textures applicate, e richiede un gran numero di elaborazioni da parte della CPU.¹

Le textures sono immagini che vengono applicate sulla superficie di un oggetto tridimensionale al fine di colorarla e aumentarne la realistica. Blender permette la creazione delle textures partendo da un colore di base e aggiungendo delle trame o dei motivi di colore diverso per personalizzarla in base all'aspetto che si vuole dare all'oggetto su cui verrà applicata. In Blender una o più textures combinate prendono il nome di Materiale: esso è dotato di parametri che permettono di regolare le caratteristiche delle superfici alle quali viene applicato come, ad esempio, intensità dei colori, lucidità, quantità di luce riflessa e ombreggiatura.²

Le trame offerte da Blender sono altamente personalizzabili mediante dei valori associati che ne regolano l'aspetto. Una trama utilizzata è stata quella che simula le venature del marmo al fine di ottenere una texture marmorea applicabile ad elementi come il portico e il fonte battesimale. Blender permette di gestirne alcuni parametri attraverso i quali si possono modificare complessità e quantità delle venature nel materiale da applicare (fig. 2).

In un singolo oggetto è possibile applicare materiali diversi semplicemente selezionando le

facce e assegnando loro un materiale scelto tra quelli creati. Ciò è risultato utile soprattutto per decorare le case e la chiesa usando materiali diversi per le porte, le finestre, le decorazioni e il tetto.

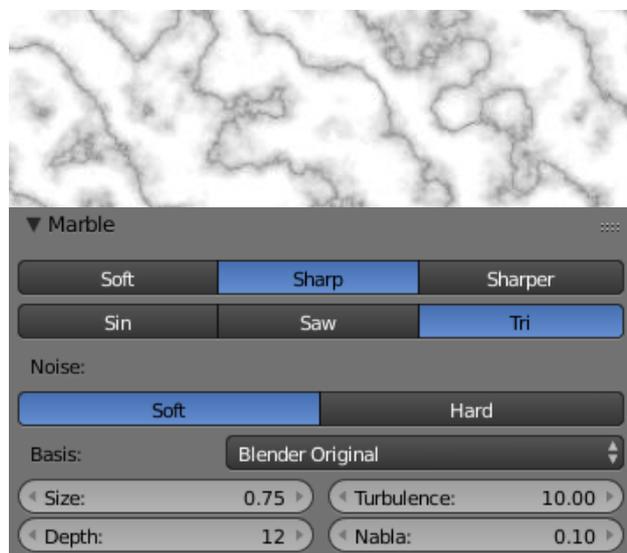


Figura 2. Texture marmorea con forma delle venature personalizzata mediante pulsanti e valori

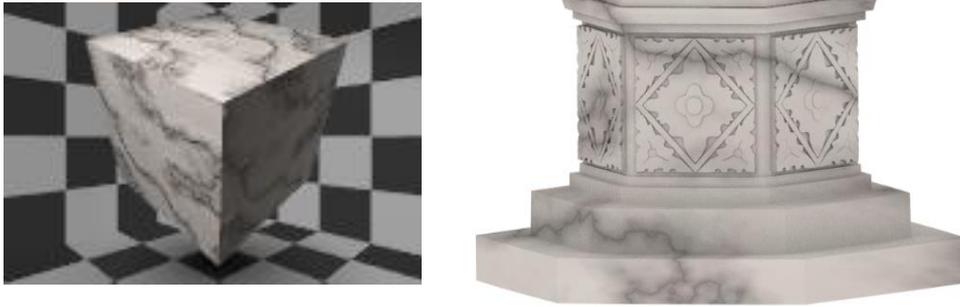


Figura 3. Anteprima del materiale marmoreo in Blender ed esempio di applicazione su un oggetto

¹ URL: <<https://it.wikipedia.org/wiki/Rendering>>, consultato in agosto 2017.

² URL: <<https://www.blender.it/materiali-e-texture/>>, consultato in luglio 2017.

4.2 Immagini 2D dai modelli 3D

Una volta conclusa la creazione delle textures e l'applicazione dei materiali su tutti gli oggetti delle scene si può procedere con l'ultima fase che precede il rendering: il posizionamento degli oggetti Luce e Fotocamera (fig. 4). Questi due oggetti sono fondamentali per ottenere le immagini delle scene finali: il primo permette l'illuminazione della scena regolandone intensità e punto di origine, il secondo serve a

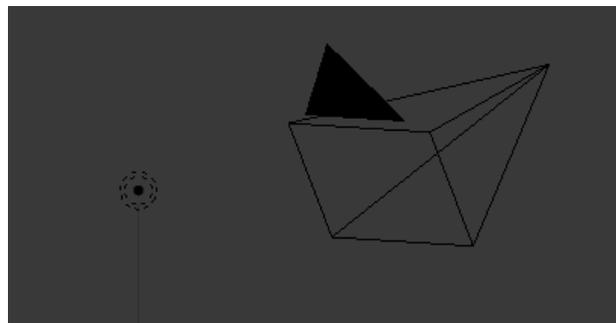


Figura 4. Oggetti Luce (a sinistra) e Fotocamera (a destra) in Blender

determinare il punto di vista con cui ottenere la foto del modello tridimensionale permettendo di scegliere l'inquadratura della scena, il livello d'ingrandimento e la risoluzione dell'immagine prodotta.

La luce è stata posizionata frontalmente e in alto rispetto alle scene per simulare l'illuminazione ambientale con un'intensità tale da permettere di osservare chiaramente l'intera scena. La fotocamera è stata puntata frontalmente alle scene, inquadrandole interamente, al fine di riprodurre lo stesso punto di vista dei bassorilievi originali.

Di seguito sono presentate le immagini delle tre scene realizzate, abbinate ad una loro versione che fornisca un'anteprima del modello reale che si otterrà con la stampante 3D.

Il battesimo di Agostino



Figura 5. Il battesimo di Agostino



Figura 6. Anteprima della stampa 3D del battesimo di Agostino

L'istituzione dell'Ordine agostiniano



Figura 7. L'istituzione dell'Ordine agostiniano



Figura 8. Anteprima della stampa 3D dell'istituzione dell'Ordine agostiniano

Il funerale di santa Monica, madre di Agostino



Figura 9. Il funerale di santa Monica, madre di Agostino



Figura 10. Anteprima della stampa 3D del funerale di santa Monica

Capitolo 5

Stampa 3D

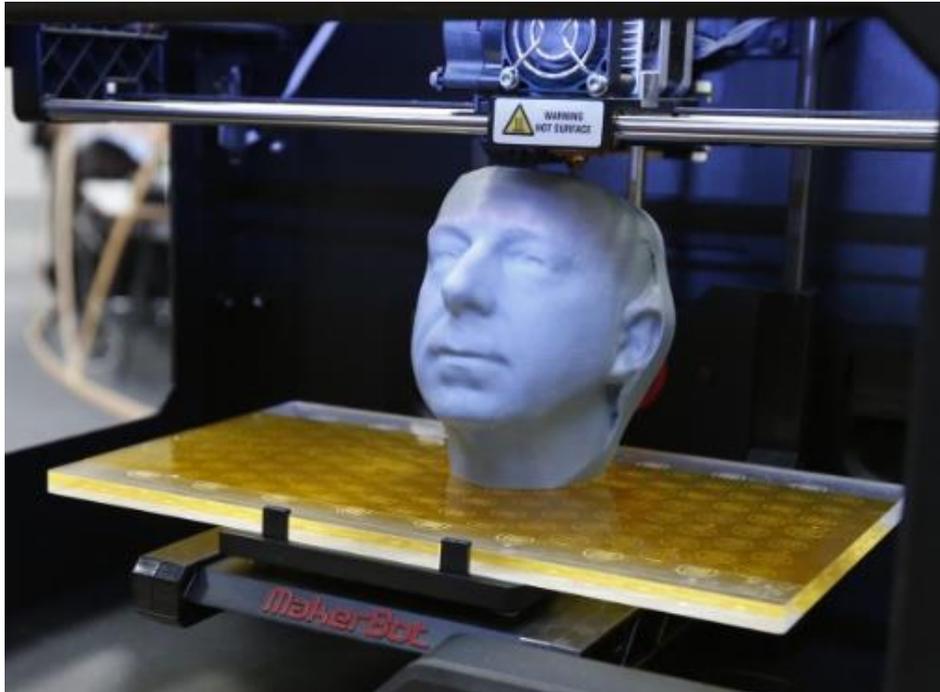


Figura 1. Stampante 3D all'opera per realizzare un volto umano

5.1 Le scene digitali diventano reali

Dopo aver spostato gli elementi delle scene in modo da intersecarli tra loro o con la superficie di sfondo per ricreare la composizione del bassorilievo reale, i modelli tridimensionali sono finalmente pronti ad essere sottoposti alla stampa 3D. Si potrà così ottenere delle versioni reali dei modelli che potranno essere esposti in mostre dedicate all'Arca di Sant'Agostino e alla vita del santo.

I modelli vengono caricati con software appositi, come Slic3r¹, per lo slicing degli oggetti da stampare in 3D. Lo slicing consiste nel tradurre un modello 3D in una serie di fette o strati orizzontali, che saranno poi realizzati uno sopra l'altro mediante la deposizione di materiale fuso dall'estrusore di una stampante FDM (Fused Deposition Modeling).² Slic3r codifica il modello virtuale (in

linguaggio G-code che prepara il lavoro del dispositivo) e programma per la stampante i movimenti da effettuare, la velocità, la quantità di materiale da depositare, l'altezza degli strati (ovvero la definizione dell'oggetto).

Un esempio di stampante FDM è la Sharebot NG (fig. 2) che permette di eseguire stampe monocromatiche. Il materiale



Figura 2. Stampante 3D Sharebot NG

utilizzato per i modelli prodotti da questa stampante è un polimero termoplastico (PLA), uno dei più diffusi per questo tipo di stampanti. Completato il processo di slicing, la stampante 3D scalda la termoplastica fino a renderla semi-liquida e la deposita in minuscole perle lungo il percorso di estrusione. Nel caso fossero necessari dei supporti per realizzare alcune parti dei modelli che non hanno strati sottostanti a reggerli, evitandone la rottura durante la loro produzione, la



Figura 3. Stampante 3D ProJet 460Plus

stampante 3D deposita del materiale rimovibile che compone una struttura di sostegno prescelta durante lo slicing. A stampa conclusa, è possibile rimuovere manualmente il materiale di supporto o dissolverlo con un'apposita soluzione liquida.³

Sul mercato esistono stampanti che permettono di ottenere modelli colorati. Un esempio è la stampante a colori 3D ProJet

460Plus (fig. 3) ed è una delle più convenienti al mondo per la facilità d'uso offerta. Incorpora 3 canali CMY a colori e opera con il materiale VisiJet PXL Core (calcio solfato emiidrato, composto da una finissima polvere minerale di colore bianco simile al gesso, contenente speciali additivi che la rendono immune all'umidità). La stampante offre una risoluzione di 300x450 dpi, genera strati di spessore di 0,1 millimetri, ha volume di costruzione massima 203x254x203 mm e supporta vari formati di file di dati in input tra cui FBX. Un software associato alla stampante consente di progettare, pianificare, dirigere e realizzare prototipi o produrre parti funzionali, dispositivi e di assemblaggio in maniera rapida ed efficiente.⁴

I modelli reali che verranno esposti potranno quindi essere stampati sia in una versione monocromatica che riproduca l'aspetto originale dell'Arca, sia in una versione a colori per ottenere scene intere o anche solo singoli personaggi realistici.

¹ URL: <<http://slic3r.org/>>, consultato in ottobre 2017.

² URL: <<https://it.wikipedia.org/wiki/Slicing>>, consultato in ottobre 2017.

³ URL: <<http://www.stratasys.com/it/stampanti-3d/technologies/fdm-technology>>, consultato in ottobre 2017.

⁴ Cantoni V., Karastoyanov D., Mosconi M., Setti A. (2016). *Pavia, la Battaglia, il Futuro. 1525-2015 Niente fu come prima. CVML e SMART Lab alla Mostra*, Pavia University Press, 112 pp.

Conclusioni

Il lavoro compiuto ha permesso di ricreare in versione digitale tre importanti scene della vita di sant'Agostino tratte dal monumento contenente le sue spoglie partendo da delle foto dei bassorilievi originali. Attraverso le varie fasi della modellazione tridimensionale e del rendering è stato possibile ottenere delle immagini digitali a colori di queste scene che potranno contribuire alla realizzazione di un libro dedicato alla vita del santo.

L'utilizzo della stampa 3D applicata ai tre modelli realizzati, e a tutti quelli che verranno prodotti dagli studenti del corso di Computer Vision, permetterà di ottenere un'ampia raccolta tangibile delle parti che compongono l'Arca di sant'Agostino. I modelli stampati permetteranno ai visitatori di un'esposizione dedicata al monumento del santo di poter osservare da vicino le sculture e i bassorilievi dell'Arca, cosa che risulta piuttosto difficile con l'originale a causa della sua posizione e della sua altezza.

Ciò evidenzia come l'utilizzo delle tecnologie digitali, come i software di modellazione tridimensionale e i dispositivi di stampa 3D, permetta e semplifichi la fruizione dei monumenti offerti dal ricco patrimonio culturale italiano. La modellazione 3D permette quindi di creare collezioni digitali di sculture e manufatti (inclusi quelli non più disponibili o gravemente danneggiati) facilmente accessibili e sempre a disposizione, utilizzabili anche in ambiti diversi dalla fruizione museale come, ad esempio, la ricostruzione e la conservazione delle opere d'arte che risulta fondamentale in un paese ricco di storia e arte come il nostro.

Per quanto riguarda il tema dell'accessibilità delle esposizioni museali risulta evidente come la produzione di modelli tangibili abbinabili a descrizioni realizzate in caratteri Braille, anch'esse ottenibili con efficacia grazie alle

stampanti 3D, permettano di rendere le mostre fruibili anche a persone ipovedenti o non vedenti.

I modelli e le immagini digitali potranno anche essere utilizzati congiuntamente alle nuove tecnologie digitali come l'interazione oculare e gestuale che stanno emergendo per rendere più coinvolgenti e interessanti le esperienze dei visitatori delle mostre.¹

¹ Cantoni V., Karastoyanov D., Mosconi M., Setti A. (2016). *Pavia, la Battaglia, il Futuro. 1525-2015 Niente fu come prima. CVML e SMART Lab alla Mostra*, Pavia University Press, 112 pp.

Appendice delle definizioni

Modellazione 3D

La modellazione tridimensionale o modellazione 3D è il processo atto a definire una forma tridimensionale in uno spazio virtuale generata su computer; questi oggetti, chiamati modelli 3D vengono realizzati utilizzando particolari programmi software, chiamati modellatori 3D, o più in generale software 3D.

Mesh poligonale

Una mesh poligonale è un insieme di vertici, spigoli e facce che definiscono la forma di un oggetto tridimensionale. È una delle basi costituenti della computer grafica 3D. La modellazione 3D costituisce la serie di tecniche che sottendono alla creazione di una mesh poligonale.

Wireframe

Il wireframe è un tipo di rappresentazione in computer grafica di oggetti tridimensionali. Con questo metodo vengono disegnati soltanto i bordi dell'oggetto, il quale, di fatto, resta trasparente al suo interno (sembrando costruito con il "fil di ferro"). Questo metodo richiede calcoli molto più semplici rispetto alla rappresentazione di superfici solide, ed è quindi considerevolmente più veloce.

Skeletal animation

La skeletal animation è una tecnica dell'animazione digitale nella quale un personaggio è rappresentato in due parti: una rappresentazione superficiale utilizzata per disegnare il personaggio (la mesh chiamata anche skin) e un

insieme gerarchico di ossi interconnessi (chiamato skeleton o rig) impiegato per animare (pose) la mesh.

Texture

Il termine texture si riferisce all'insieme di variazioni cromatiche e morfologiche possedute da qualsiasi materiale presente nella realtà. Una texture, in computer grafica, è comunemente un'immagine bidimensionale in formato bitmap che viene riprodotta su una o più facce di un modello tridimensionale poligonale.

Rendering

Il rendering è un termine che in senso esteso indica la resa (o restituzione) grafica, ovvero un'operazione compiuta da un disegnatore per produrre una rappresentazione di qualità di un oggetto o di un'architettura (progettata o rilevata). Nell'ambito della computer grafica identifica il processo di generazione di un'immagine a partire da una descrizione matematica di una scena tridimensionale interpretata da algoritmi che definiscono il colore di ogni punto dell'immagine digitale.

Stampa 3D

Per stampa 3D s'intende la realizzazione di oggetti tridimensionali mediante produzione additiva partendo da un modello 3D digitale. Il modello digitale viene prodotto con software dedicati e successivamente elaborato per essere poi realizzato, strato dopo strato, attraverso una stampante 3D.

Slicing

Lo slicing è una delle fasi principali del processo che consente di passare da un modello tridimensionale di un oggetto alla sua realizzazione con una stampante 3D basata sulla soluzione della modellazione a deposizione fusa. Nella fase di

slicing il modello tridimensionale viene tradotto in una serie di “fette” piane orizzontali che saranno realizzate una sopra l'altra per deposizione di materiale fuso dall'estrusore della stampante 3D.

Tratto da <<https://www.wikipedia.org/>>.