OrtogOnBlender

Documentazione Ufficiale

1ª EDIZIONE

CICERO MORAES • GUIDO SANTANDREA

CICERO MORAES ● GUIDO SANTANDREA

OrtogOnBlender

Documentazione Ufficiale

1ª EDIZIONE

SINOP-MT
Cicero Andre da Costa Moraes
2019

MORAES, Cicero
SANTANDREA, Guido.
OrtogOnBlender
Documentazione Ufficiale
-- 1. ed. -- Sinop-MT:
CICERO ANDRE DA COSTA MORAES, 2019.
94 p.: il.

ISBN **978-65-901308-2-2**

Contenuto:

1 OrtogOnBlender - Che cos'è e Aspetti Tecnici **1**
1.1 Che cos'è OrtogOnBlender? . . . 1
1.2 Aspetti tecnici dettagliati . . . 2
1.2.1 Upgrade Script . . . 2
1.2.2 Patient's Name . . . 2
1.2.3 CT-Scan Manual Reconstruction . . . 3
1.2.4 CT-Scan Voxel Tools . . . 4
1.2.5 CT-Scan Auto 3D Reconstruction . . . 5
1.2.6 Graphic References . . . 6
1.2.7 Import Archs . . . 7
1.2.8 Segmentation . . . 10
1.2.9 Photogrammetry Start . . . 13
1.2.10 Photogrammetry Align & Scale . . . 14
1.2.11 Photogrammetry Modifers . . . 15
1.2.12 Anatomical Poins . . . 15
1.2.13 Cephalometry . . . 16
1.2.14 Osteotomy . . . 16
1.2.15 Dynamic . . . 18
1.2.16 Measuring Tools . . . 18
1.2.17 Kinematic . . . 19
1.2.18 Guide and Splint Creation . . . 19

2 Installazione di OrtogOnBlender in Windows **23**
2.1 Installare delle librarie di sistema . . . 28

3 Installazione di OrtogOnBlender in Mac OS X **31**

4 Installazione di OrtogOnBlender in Linux **35**
4.1 Installazione delle Librerie Richieste . . . 35
4.2 Scaricare e Installare i File Eseguibili . . . 35
4.3 Aggiornamento di OrtogOnBlender . . . 36

5 Come creare una chiavetta USB avviabile di Linux 3DCS **39**
5.1 Scaricare, decomprimere l'immagine ISO e formattare la chiavetta USB . . . 40
5.2 Clonazione di Linux 3DCS sull'unità USB . . . 43
5.3 Impostazione del BIOS su Avvio da chiavetta USB . . . 48
5.4 Ringraziamenti . . . 49

6 Protocollo di fotogrammetria facciale **51**
6.1 Come riprendere il soggetto . . . 51
6.2 Illuminazione e preparazione del viso . . . 57
6.3 Come organizzare gli archivi . . . 61
6.4 Letture raccomandate . . . 63
6.5 Ringraziamenti . . . 63

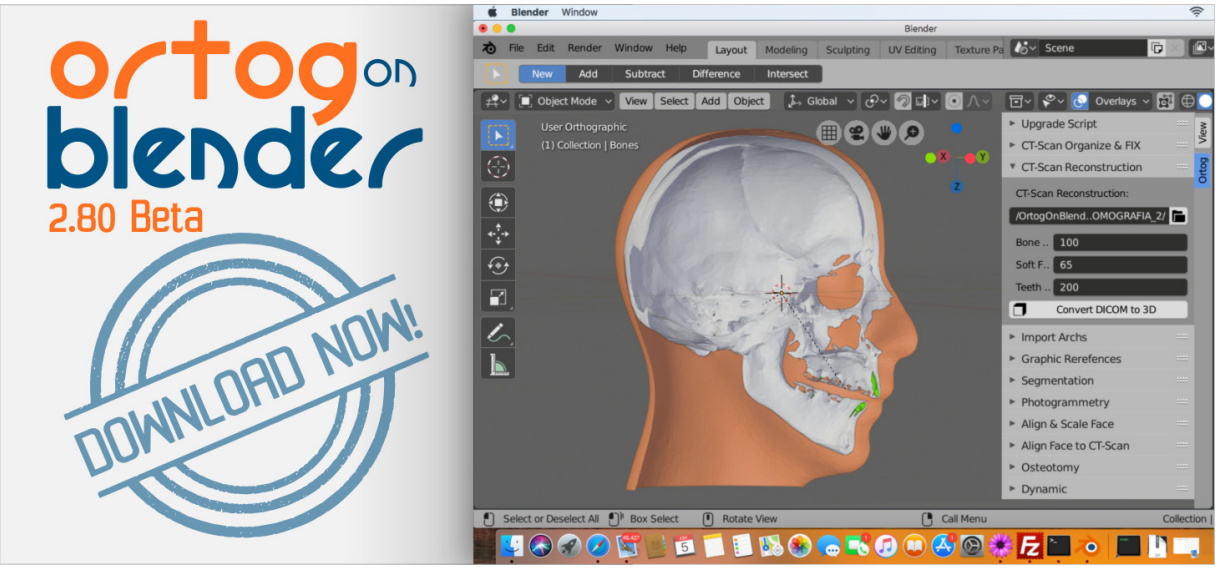
7 Semplice protocollo di fotogrammetria per cranio **65**
7.1 Come fare le foto al cranio . . . 65
7.2 Protocollo a doppio cerchio . . . 71
7.3 Letture consigliate . . . 71

8 Protocollo di tomografia per la pianificazione della chirurgia ortognatica **77**
8.1 Denti uniti . . . 77
8.2 Denti - Soluzioni per gli artefatti . . . 77
8.3 Problemi di importazione della sequenza . . . 85
8.4 Importare file in OrtogOnBlender . . . 85
8.5 L'importanza della fotogrammetria . . . 87
8.6 Ringraziamenti . . . 89

CAPITOLO 1

OrtogOnBlender - Che cos'è e Aspetti Tecnici

1.1 Che cos'è OrtogOnBlender?



OrtogOnBlender è un add-on per insegnare la pianificazione della chirurgia ortognatica creato da Cicero Moraes, Dr. Everton da Rosa e Dr. Rodrigo Dornelles.

Avvertimento: OrtogOnBlender e altri moduli non sono software diagnostici e di uso clinico, ma strumenti didattici per l'insegnamento della pianificazione chirurgica. **L'uso per qualsiasi scopo è di esclusiva responsabilità dell'utente**.

Come suggerisce il nome, funziona su Blender ed è scritto nel linguaggio di programmazione Python. Può girare su Windows, Linux e Mac OS X ed è facile da installare.

L'add-on è un insieme di comandi in sequenza organizzati e programmati per facilitare la pianificazione della chirurgia ortognatica, fornendo allo specialista non solo le soluzioni native di Blender, ma anche comunicando con programmi esterni che ne ampliano le potenzialità.

È sviluppato con software e licenza liberi, ma può funzionare in combinazione con strumenti chiusi e proprietari, come il software di fotogrammetria e gli scanner intraorali.

Importante: La versione italiana di questo materiale è stata possibile grazie al supporto di **Guido Santandrea**, utenti attivi di OrtogOnBlender sin dal suo inizio.

1.2 Aspetti tecnici dettagliati

Di seguito verranno presentate le varie sezioni di OrtogOnBlender e la funzione dei comandi principali di ciascuna di esse.

1.2.1 Upgrade Script

Il campo di aggiornamento dello script visualizza la versione corrente di OrtogOnBlender. Quando abbiamo il codice **VERSION: 20190710c**, ad esempio, significa che l'ultima programmazione è avvenuta nell'anno 2019, nel mese di luglio e il giorno 10. La lettera «c» indica che la directory è stata inviata al server per la terza volta nello stesso giorno.

Non appena l'utente clicca sul pulsante **UPGRADE ORTOG** l'addon viene aggiornato e il programma viene chiuso in modo da poterlo riaprire con l'ultima versione.

1.2.2 Patient's Name

Nel campo **Name:** viene inserito il nome del paziente e nel campo **Surname:** il cognome o i cognomi principali. Se l'utente inserisce Nome: John e Cognome: Simpson, ad esempio, il risultato finale sarà la directory: John_Simpson. Se sono necessarie ulteriori informazioni, l'utente è invitato a completarle con un segno di sottolineatura (_), come ad esempio: Nome: John, Cognome: Simpson.

Nel caso di lavori con lo stesso paziente in date diverse, è possibile integrare il cognome con la data, seguendo l'esempio del nome dell'aggiornamento dello script. Se il paziente John Simpson era stato curato nel luglio 2019, il completamento sarà così: Nome: John, Cognome: Simpson_201907.

L'indirizzo della directory dipende dal sistema operativo. Supponendo che il nome utente sia NoteOffice e quello del paziente John Simpson, abbiamo le seguenti situazioni:

In **Windows**: *C:/Users/NoteOffice/OrtogOnBlenderDir/John_Simpson/*

In **Mac OS X**: */Users/NoteOffice/OrtogOnBlenderDir/John_Simpson/*

In **Linux**: */home/NoteOffice/OrtogOnBlenderDir/John_Simpson/*

Il primo archivio creato sarà **Base-John_Simpson.blend**, e in questo caso si presenterà così:

~/OrtogOnBlenderDir/John_Simpson/Base-John_Simpson.blend (dove il segno **~** rappresenta la directory utente).

Avvertimento: Evitare l'uso di caratteri speciali come «ç, ś, ś, á, $» e spazio. Questo può causare problemi in alcune delle librerie utilizzate da OrtogOnBlender.

1.2.3 CT-Scan Manual Reconstruction

In **CT-Scan Preparing** l'utente seleziona la directory in cui si trovano i file DICOM e fa clic su **Organize** per consentire al sistema di copiare i file e organizzarli in directory corrispondenti al numero di serie CT.

Avvertimento: Nel caso di un singolo file DICOM (.DCM) l'utente dovrà aprirlo in Slicer ed esportarlo come sezioni. Per fare ciò, basta seguire questo tutorial: https://www.youtube.com/watch?v=5X2xJqlEiOo.

In **Threshold Setup** l'utente indica una directory creata nel processo precedente e quindi clicca su **Open Slicer!** per aprire Slicer e acquisire i valori dalla schermata Hounsfield.

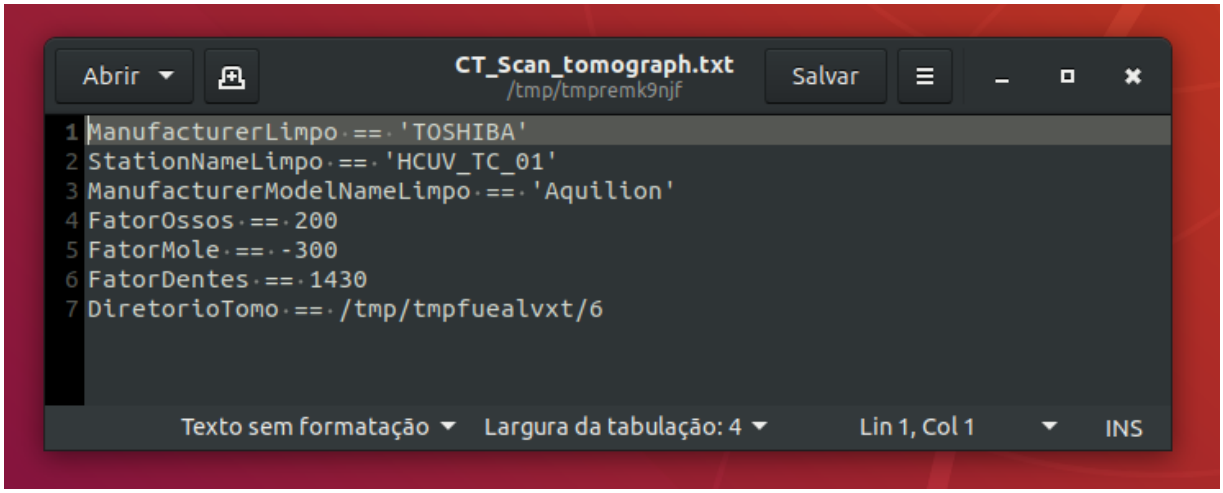


Fig. 1: Editor di testo si apre automaticamente dopo che l'utente clicca sul pulsante **Convert DICOM to 3D**.

In **CT-Scan Reconstruction** l'utente può selezionare la directory in cui si trovano i file DICOM e fare clic su **Convert DICOM** to 3D per procedere con la ricostruzione.

Suggerimento: Non appena si clicca il tasto OrtogOnBlender apre un file di testo con i dati del tomografo. Questi dati possono essere inviati automaticamente al database tomografico del sistema per future ricostruzioni.

I parametri **Bone Factor**, **Soft Factor** e **Teeth Factor** contengono dei valori predefiniti della scala di Hounsfield che funzionano nella maggior parte dei casi. Per impostazione predefinita sono settati su 200, -300 e 1430, numeri che funzionano sulla maggior parte delle scansioni CT elicoidali.

Facendo clic su **Save** si genera il seguente file: **CT_Scan-John_Simpson.blend**.

Avvertimento: Questa sezione sta cadendo in disuso a causa dell'evoluzione di **CT-Scan Auto 3D Reconstruction**. Tuttavia, perché il processo automatico funzioni è necessario che il tomografo sia registrato nel database di OrtogOnBlender.

1.2.4 CT-Scan Voxel Tools

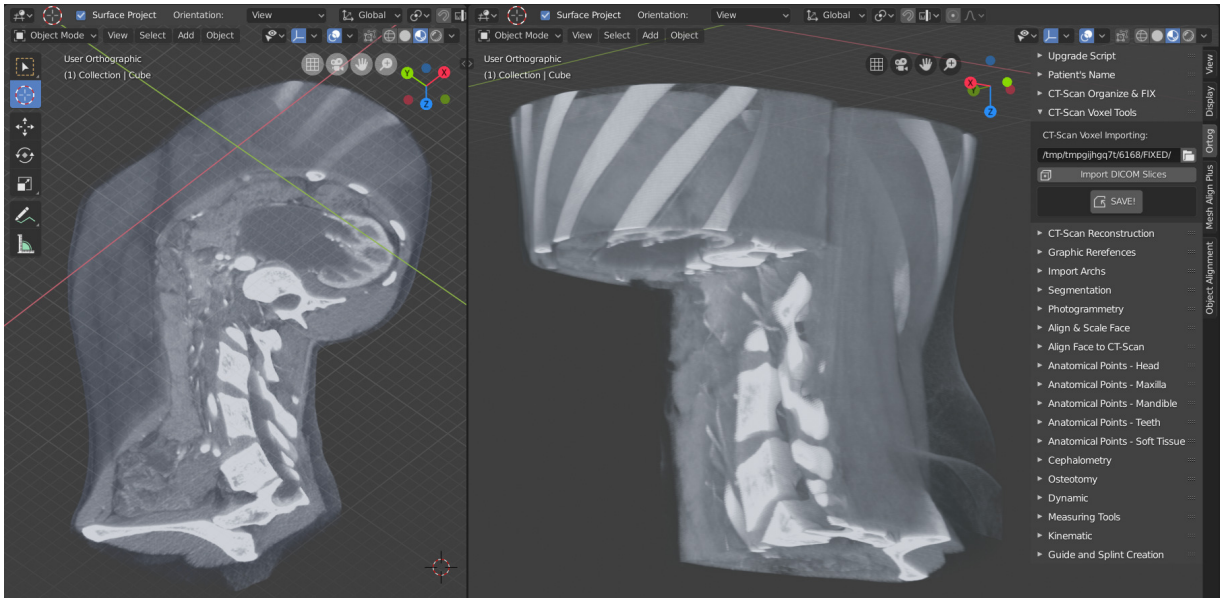


Fig. 2: Importazione di fette DICOM con booleana nella parte inferiore per vedere i dettagli interni

L'utente può importare le fette della tomografia sotto forma di dati voxel, basta impostare la posizione della tomografia nell'icona della directory e poi cliccare su **Import DICOM Slices**.

Durante l'importazione di voxel, l'utente ha a sua disposizione la possibilità di visualizzare le sue fette. Basta andare alla scheda Rendering, abilitare il pannello di destra (N) e fare clic su **Import CT-Scan IMG Slices** (in Ortog). Durante questa operazione, verranno presentate alcune informazioni sulla tomografia:

IMGPathSeq: Luogo in cui si trova la sequenza di immagini.

SliceThickness: Spazio (in millimetri) tra le fette.

PixelSpacingX: Valore di un pixel in X (in millimetri).

PixelSpacingY: Valore di un pixel in Y (in millimetri).

IMGDimX: Dimensione (in pixel) dell'immagine in X

IMGDimY: Dimensione (in pixel) dell'immagine in Y

C'è anche la possibilità per l'utente di modificare e creare una nuova sequenza di file DICOM. Basta apportare le modifiche, salvare una per una le immagini (Alt+S) e fare clic su **Export DICOM Slices**. Quando si ricostruisce automaticamente la scansione CT, il sistema crea una directory chiamata CT-Scan all'interno della cartella dei pazienti:

Conterrà le fette DICOM utilizzate nel processo, permettendo all'utente di utilizzarle successivamente, se necessario, senza dover utilizzare il DVD solitamente fornito dalla clinica o anche gli enormi file disponibili online.

Facendo clic su **Save** si genera il seguente file: **Voxel-John_Simpson.blend**.

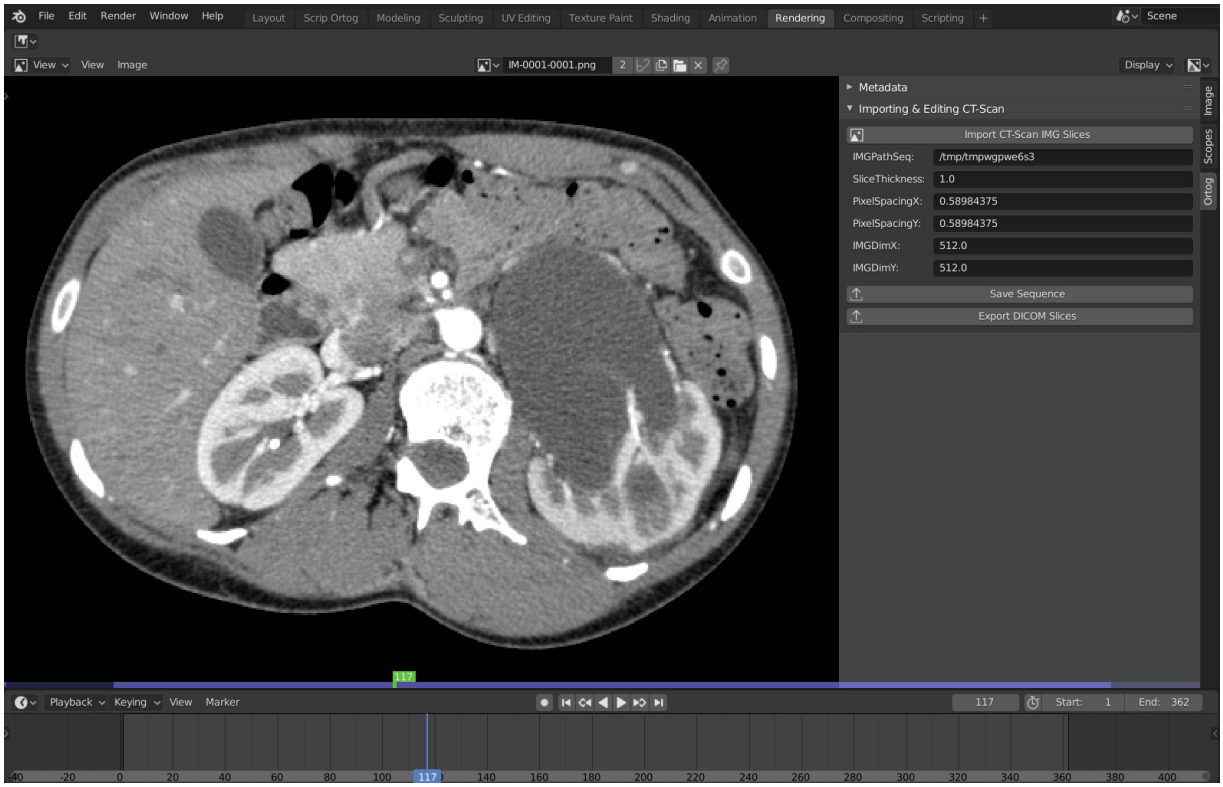


Fig. 3: CT-Scan IMG Slices.

1.2.5 CT-Scan Auto 3D Reconstruction

Ao clicar em **Save** será gerado o seguinte arquivo: **CT_Scan_Auto-John_Simpson.blend**.

Gli sviluppatori stanno raccogliendo i dati dei tomografi per fare la ricostruzione automaticamente senza l'intervento dell'utente. Non appena la registrazione sarà terminata basterà impostare l'ubicazione della directory con i DICOM, cliccare su **AUTOMATIC DICOM TO 3D** e il programma si occuperà di organizzare, scegliere la directory, correggere eventuali incompatibilità e ricostruire la tomografia in 3D.

Ricostruendo automaticamente la tomografia il sistema crea una directory chiamata **CT-Scan** all'interno della cartella del paziente:

Troverà le sezioni DICOM utilizzate nel processo, consentendo all'utente di utilizzarle in un secondo momento, se necessario, senza dover utilizzare il DVD generalmente fornito dalla clinica o anche gli enormi file disponibili online.

Facendo clic su **Save** si genera il seguente file: **CT_Scan_Auto-John_Simpson.blend**.

Importante: La ricostruzione di tomografie computerizzate direttamente da file DICOM è possibile solo grazie al software DicomToMesh, sviluppato da **Adrian Schneider**. A lui e a tutta l'equipe di AOT AG mandiamo i nostri ringraziamenti!

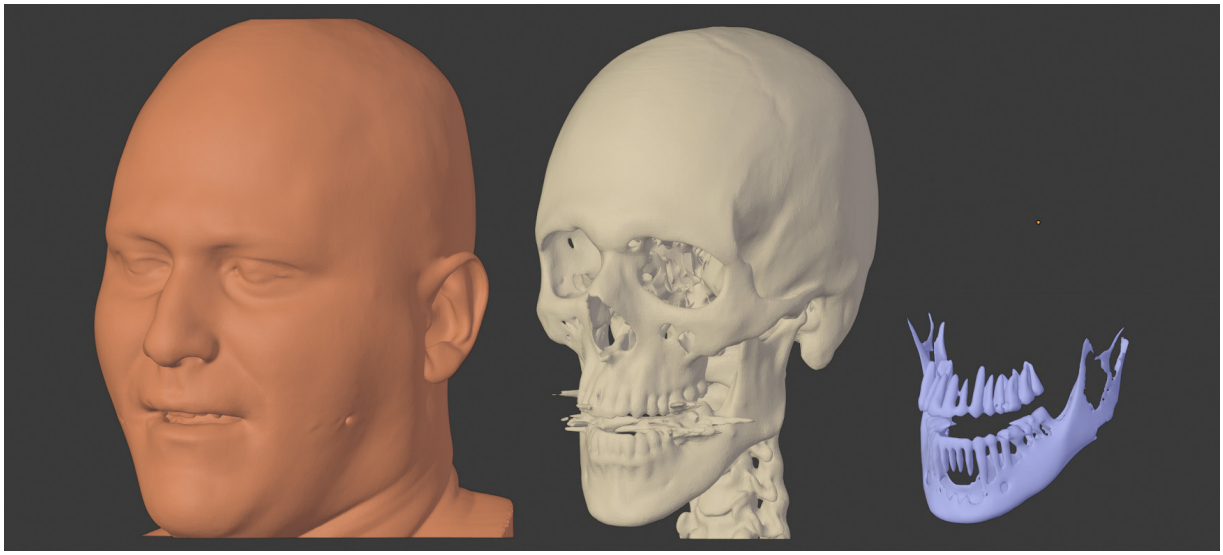


Fig. 4: Profilo delle ricostruzioni: tessuti molli, ossa, denti.

1.2.6 Graphic References

In **Mode** è possibile scegliere di posizionare il cursore o selezionare gli oggetti.

Nella sezione **Frankfurt Alignment** è possibile allineare il cranio secondo questo protocollo. Per questo, è sufficiente:

1. Selezionare **Cursor** in mode, cliccare sul punto del cranio corrispondente all'orbita destra e poi cliccare sul pulsante **Orbital right**.
2. Proseguire con il posizionamento dei punti **Orbital left**, **N point** e **Po left**.
3. Una volta che tutti i punti sono posizionati, fare clic su **Align!** e il cranio sarà allineato al piano di Francoforte.

Avvertimento: L'allineamento funziona solo se il cranio è denominato **Bones**, come accade quando la TAC viene importata. Se l'utente commette un errore durante l'inserimento di un punto, è meglio che lo cancelli manualmente e non utilizzi il comando undo (Ctrl+Z), poiché questo può cancellare tutti i punti posizionati in precedenza.

In **Reference Lines** l'utente ha a disposizione una serie di linee di riferimento preconfigurate:

- **Vertical Center Line**: Crea una linea centrale (guardando dal davanti) in direzione verticale.
- **Horizontal Center Line**: Crea una linea centrale (guardando dal davanti) in direzione orizzontale.
- **Horizontal Side Line**: Crea una linea laterale (guardando da destra) in direzione orizzontale.

Non appena le linee sono posizionate e il cranio allineato l'utente può quindi scollegare i tessuti molli o i denti dalle ossa, importati nelle sezioni precedenti, cliccando sul pulsante **UNGROUP!**.

Facendo clic su **Save** si genera il seguente file: **Ref-John_Simpson.blend**.

Avvertimento: È molto importante sganciare i tessuti molli dalle ossa, altrimenti l'addon presenterà un errore nell'attivare successivamente la dinamica dei tessuti, ruotando la faccia in modo incompatibile con il cranio.

1.2.7 Import Archs

Archs Teeth Import

La sezione **Import Archs** permette all'utente di importare anche le scansioni di TAC di arcate dentali, sia la replica del gesso che l'impronta, che può essere convertita in positivo invertendo le normali.

Per importare DICOM relativo all'arcata, è sufficiente indicare la directory e cliccare su **Archs Generator**.

Se il modello 3D delle arcate è stato generato in un software esterno, o anche da uno scanner intraorale, è sufficiente importare i modelli tramite il pulsante **Import STL**.

È quasi certo che le arcate vengano importate disallineate rispetto ai denti ricostruiti dalla tomografia, in considerazione di ciò sarà necessario che l'utente allinei le arcate con la tomografia.

Una volta che i modelli sono allineati al cranio, l'utente dovrà segmentare la regione di interesse dei modelli stessi.

Archs Collision

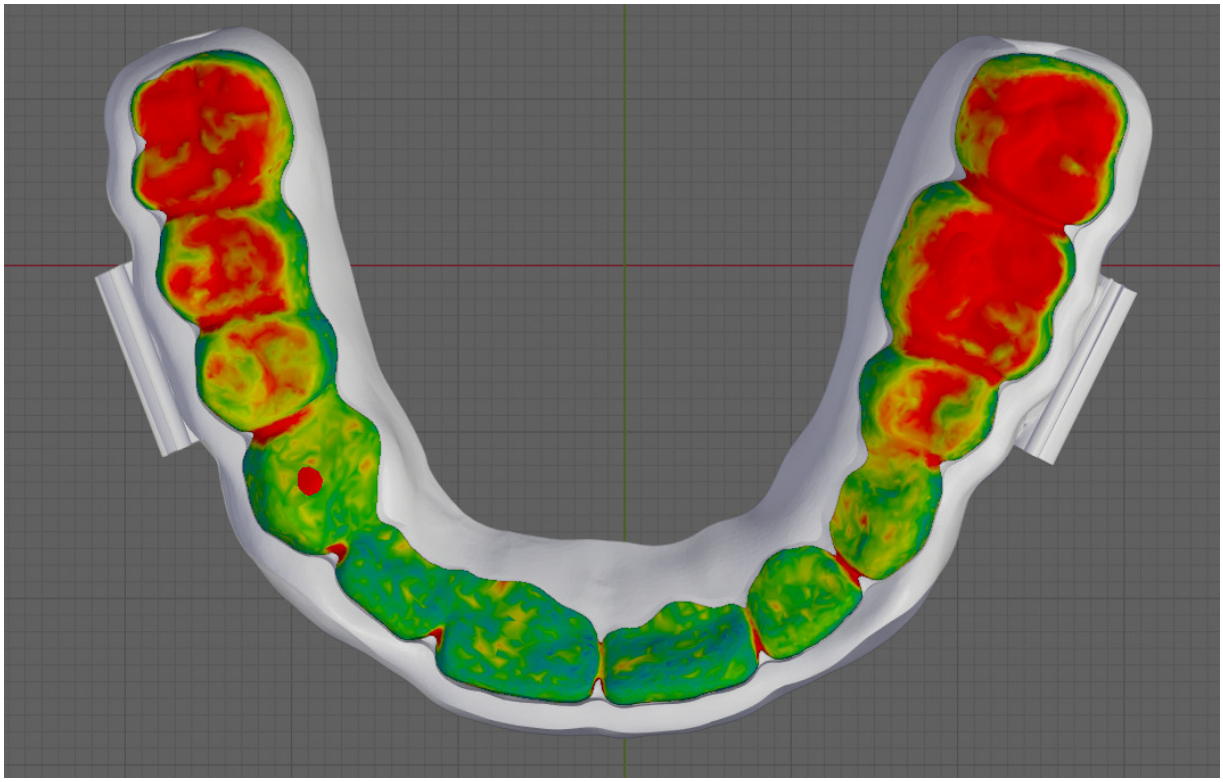


Fig. 5: Arch Collision: Contact Color.

Una volta importate le arcate è possibile, nella sezione **Archs Collision**, procedere con la simulazione di corpi rigidi per adattarli utilizzando la forza di gravità:

1. Selezionare le due arcate e fare clic su **Solve Collision**. Se l'adattamento non è buono, basta spostare le parti e ripetere il processo fino a quando il risultato risulterà soddisfacente per l'utente.
2. Una volta impostata la posizione, è possibile visualizzare la mappa dei colori di prossimità facendo clic su **Contact Color**. Il processo di solito dura da pochi secondi a pochi minuti, a seconda delle caratteristiche del computer.
3. Se tutto è andato bene, basta cliccare su ESC e poi sul pulsante **Apply!** per posizionare i denti in occlusione.

Aligment

Quando si importano le arcate superiore e inferiore, l'utente dovrà allinearle alla tomografia ricostruita. Per fare ciò, l'utente farà riferimento alla sezione **Alignment**:

1. Selezionare l'oggetto da allineare.
2. Posizionare i punti di ancoraggio sull'oggetto ORIGINE (non sull'oggetto selezionato!).: **Point 1a - Origin**, **Point 2a - Origin** e **Point 3a - Origin**.
3. Posizionare i punti di ancoraggio sull'oggetto selezionato: **Point 1b - Align**, **Point 2b - Align** e **Point 3b - Align**.
4. Una volta che sono tutti posizionati, cliccare su **ALIGN!**.
5. Se è necessario un allineamento più preciso, utilizzare il comando **Force ICP Align (Slow)**.

Avvertimento: Fare molta attenzione! Abbiamo due oggetti, quello **origine**, che è già allineato e quello da **allineare**, che deve essere selezionato prima di iniziare la procedura.

Importante: L'allineamento tramite ICP è stato reso possibile grazie all'add-on object_alignment sviluppato da **Patrick Ryan Moore** (patmo141).

Boolean Segmentation

Nella sezione **Boolean Segmentation** l'utente:

1. Seleziona l'oggetto da ritagliare.
2. Fa clic su **Draw Line** e disegna la regione da tagliare.
3. Elimina l'area desiderata:
    - Se si desidera eliminare ciò che si trova all'interno della regione, fare clic su **Subtract IN**.
    - Se si desidera eliminare ciò che si trova al di fuori della regione, fare clic su **Subtract OUT**.

Per unire gli oggetti, se necessario, è sufficiente selezionarli e fare clic su **MULTIPLE UNION**.

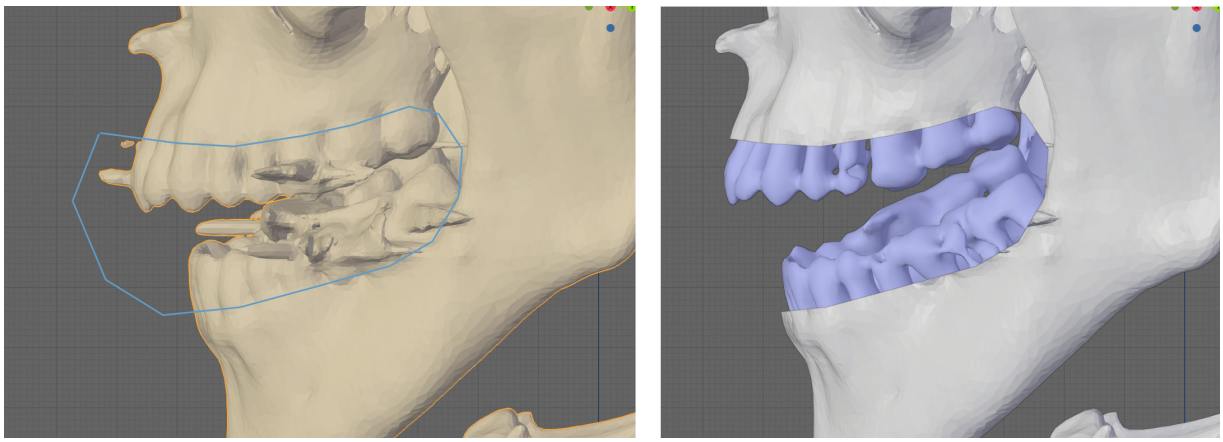


Fig. 6: Esempio di sottrazione interna (Subtract IN).

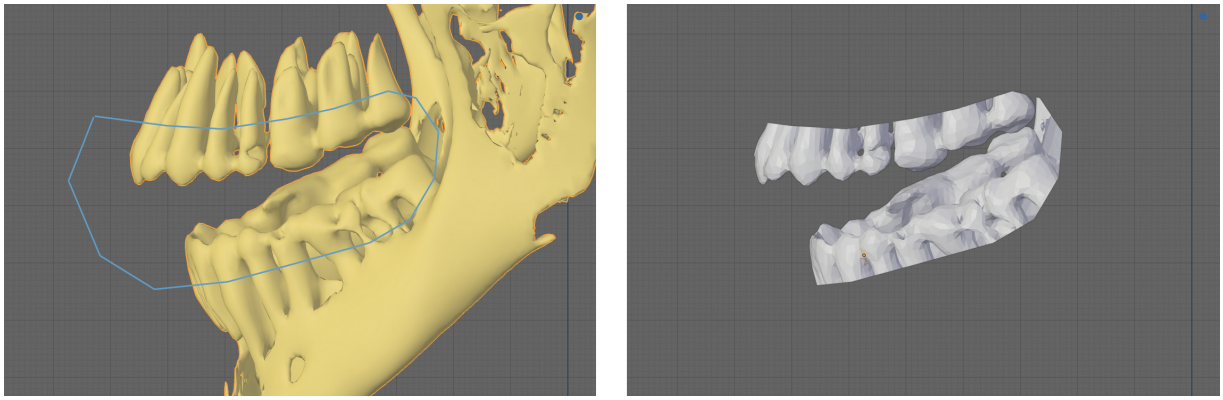


Fig. 7: Esempio di sottrazione esterna (Subtract OUT).

Simple Cut Segmentation

La segmentazione **Simple Cut Segmentation** offre la possibilità di tagliare un oggetto fuori area senza chiuderlo, come nel caso della segmentazione booleana:

1. Selecione o objeto a ser cortado.
2. Selezionare l'oggetto da tagliare.
3. Fare clic su **Draw Line** per disegnare una linea
4. Cancella la linea e la parte indesiderata (se necessario).

Reconstruction

Per chiudere semplici fori nella mesh (fori di superficie), basta selezionare l'oggetto desiderato e cliccare su **Close All Holes**.

OrtogOnBlender offre la possibilità di ricostruire la mesh con l'algoritmo di Poisson attraverso il pulsante **Poisson Reconstruction**. Lo strumento è utile nei casi in cui il taglio booleano e la chiusura dei fori non sono efficienti.

Facendo clic su **Save** si genera il seguente file: **Arch-John_Simpson.blend**.

1.2.8 Segmentation

Segmentation raggruppa strumenti di segmentazione generici e specifici.

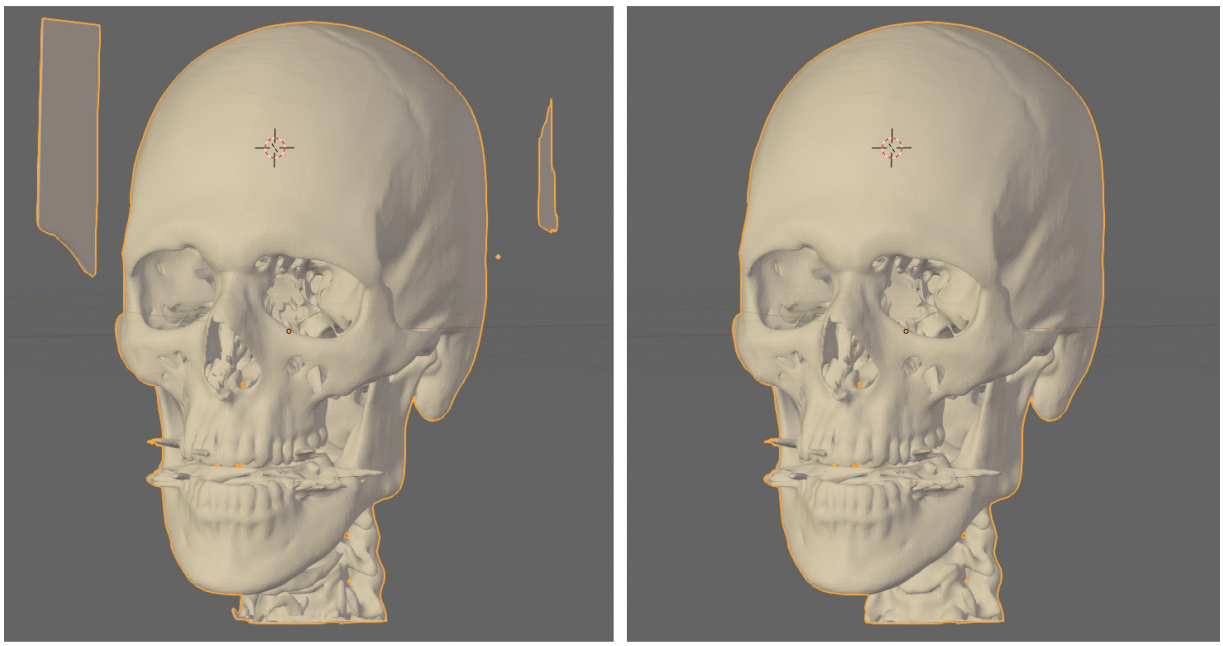


Fig. 8: Separated Linked:Oggetto originale con il 3D Cursor posizionato (sinistra) e oggetto risultante (destra).

Se l'utente vuole separare una regione con vertici collegati, come il cranio, da parti non necessarie ricostruite durante il processo, può posizionare il cursore sull'area di interesse cliccando su di essa e poi su **Separated Linked**, al termine rimarrà solo la mesh dove i vertici sono collegati da spigoli e facce.

La sezione **Boolean Segmentation** è già stata descritta precedentemente.

Il pulsante **Close All Holes** è già stato descritto in precedenza.

Boolean

I calcoli booleani sono strumenti essenziali per la pianificazione chirurgica, sia per la loro importanza nella generazione di osteotomie che nella creazione di splint e guide.

Gli strumenti offerti da OrtogOnBlender sono alcuni dei più robusti disponibili in computer grafica 3D per le scienze della salute.

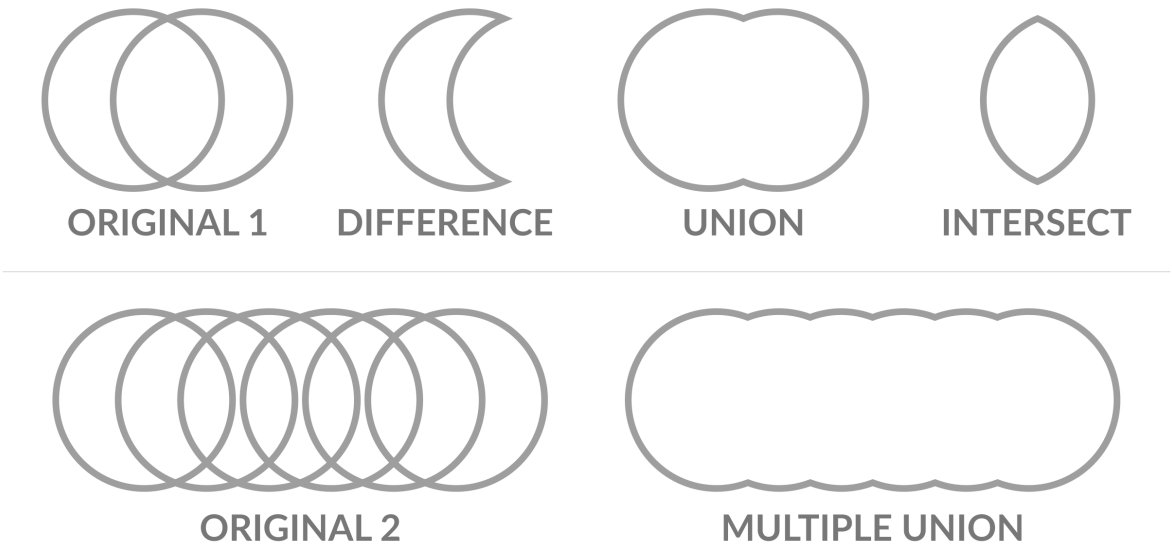


Fig. 9: Esempi di calcoli Booleani.

- **Difference**: Calcola Oggetto 1 – Oggetto 2 (A-B) o Oggetto 2 – Oggetto 1 (B-A)
- **Union**: Unifica A+B o B+A
- **Intersect**: Genera una mesh da intersezione di A e B
- **MULTIPLE UNION**: Unifica le mesh senza limiti di oggetto: A+B+C+D+E...

Importante: I potenti strumenti booleani sono stati resi possibili grazie alla biblioteca di Cork sviluppata da **Gilbert Bernstein** (gilbo).

Separated Teeth

Per utilizzare questa sezione è necessario impostare uno dei fattori di scala Hounsfield per il valore di separazione della regione condilo, che di solito è **655**.

Non appena la tomografia viene ricostruita:

1. Lasciare visibile solo l'oggetto con fattore 655 e dipingere l'esterno con **Weight Paint 1** e, se necessario, utilizzare **Weight Paint 0** che esclude il peso della zona.
2. Cancellare il peso 0 con il tasto **Delete Blue**.
3. Fare clic su **Separate Skull-Mandible** per separare la mandibola dal cranio.

Suggerimento: Questi strumenti servono anche per selezionare e deselezionare le facce, oltre a permettere di cancellare la parte con il peso 1 (rosso), molto utile nell'isolamento di oggetti esterni (facce) o interni (seni, vie aeree e simili).

Avvertimento: In Blender 2.80 lo strumento di disegno a peso sta selezionando oggetti nascosti e questo causa un errore in **Separate Skull-Mandible**. Invece di usare Weight Paint, entrare in modalità Edit Mode e dipingere l'area desiderata con la selezione **C** e la visualizzazione **Solid** attiva. Invertire la selezione con **CTRL+I** e cancellare le facce.

Teeth Touched

A causa della difficoltà di separare la mandibola, soprattutto nei casi in cui i denti si toccano tra loro, OrtogOnBlender offre ora una soluzione che facilita la segmentazione di questa parte anatomica in modo semiautomatico.

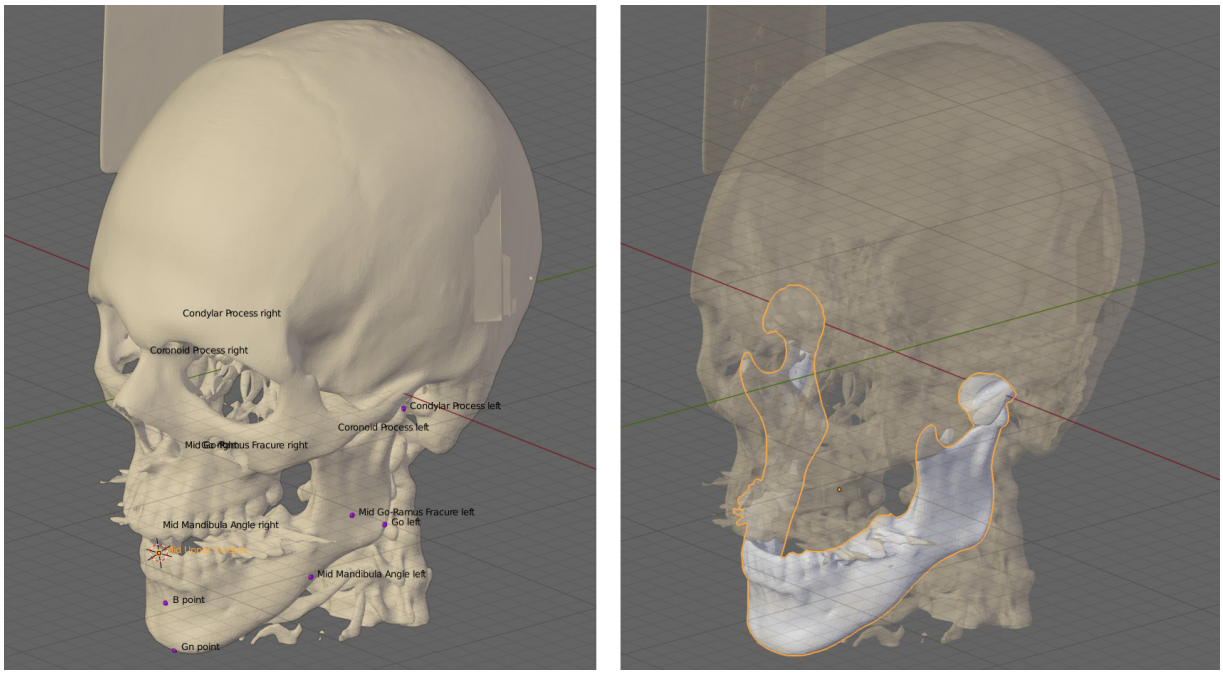


Fig. 10: Punti anatomici posizionati (a sinistra) e mandibola separata con **Mandible Segmentation** (a destra).

Come procedere con la segmentazione:

1. Posizionare tutti i punti anatomici disponibili nella sezione.
2. Cliccare su **Mandible Segmentation**.

3. Se necessario, cancellare le regioni della mesh in eccesso e quindi fare clic su **Separate Skull from Mandible**.

Other Tools

La funzione **Poisson Reconstruction** è già stata descritta precedentemente.

Il taglio con la linea è stato descritto precedentemente in **Simple Cut Segmentation**.

Per gli utenti senza tastiera numerica (NumLock) è possibile effettuare la selezione per vertici vicini, che consente un'altra forma di segmentazione. E' necessario entrare in Edit Mode, selezionare il vertice iniziale e cliccare su **Sel. More**. Automaticamente viene selezionato un gruppo di vertici vicini e il comando può essere attivato fino a quando l'area di selezione sarà completata su tutta la regione desiderata, in questo caso la mandibola. Se l'utente seleziona troppi vertici e supera la regione desiderata, può tornare indietro cliccando su **Sel. Less**.

Non appena viene selezionata la parte desiderata, basta cliccare su **Separate Selected!** e il sistema separerà la regione, uscirà dalla modalità Edit Mode e lascerà solo l'oggetto corrispondente alla selezione effettuata dall'utente.

C'è anche la possibilità di cambiare il punto di rotazione, in **Pivot Rotation**, se l'utente desidera testare, ad esempio, la rotazione della mandibola segmentata.

Facendo clic su **Save** si genera il seguente file: **Seg-John_Simpson.blend**.

1.2.9 Photogrammetry Start

In OrtogOnBlender è possibile scansionare volti e oggetti attraverso la fotogrammetria, in pratica, la scansione 3D dalle foto.

OpenMVG+OpenMVS (Standard)

Il processo è relativamente semplice, basta fare una sequenza di foto, copiarla in una directory che sarà indicata dall'utente e poi cliccare sul pulsante **Start Photogrametry!**.

Suggerimento: Se l'obiettivo è la scansione dei volti, non c'è bisogno di modificare i valori di **D Factor** e **Smooth Factor** che di default sono **6** e **16**. Nel caso di scansione di reperti archeologici, ad esempio, i valori sarebbero **4** e **4**, mentre nella scansione di modelli di arcate i valori saranno **1** e **1**.

Suggerimento: Nella documentazione di OrtogOnBlender sono previsti due protocolli per lo scatto di fotografie: **Protocollo di Fotogrammetria Facciale** e **Semplice Protocollo di Fotogrammetria per Teschi**. Cerca nell'indice.

Importante: I potenti strumenti per la fotogrammetria sono disponibili all'interno di Blender grazie alla libreria OpenMVG di Pierre Moulon, alla libreria OpenMVS di cdcseacave e la libreria AliceVision (Meshroom).

Oltre al sistema di fotogrammetria standard, OrtogOnBlender offre altre due alternative in caso di problemi con la prima:

Fig. 11: Digitalizzazione con texture attivata (a sinistra) e digitalizzazione con mesh ad alta risoluzione (a destra).

SMVS+Meshlab: più lento, ma generalmente con risultati migliori per scenari più ampi. La versione per Windows non dispone di generazione di texture.

Meshroom (AliceVision): Fornisce risultati inferiori alle altre due modalità, ma offre un'alternativa per la generazione di texture in Windows. Ancora non disponibile per Mac OS X.

Facendo clic su **Save** si genera il seguente file: **Photogram-John_Simpson.blend**.

1.2.10 Photogrammetry Align & Scale

La fotogrammetria fornita da OrtogOnBlender offre solitamente buoni risultati in relazione al volume del modello, tuttavia, quando viene generata, la mesh non ha dimensione reale, lasciando all'utente la possibilità di ridimensionare l'oggetto, mettendolo in scala.

A tal fine, è necessario seguire questa procedura passo dopo passo:

1. Selezionare l'oggetto risultante dalla fotogrammetria.
2. Fare clic sul punto cantale laterale destro (o punto di riferimento a destra dell'oggetto) e quindi premere **Cantal lateral Right**.
3. Fare clic sul punto cantale laterale sinistro (o punto di riferimento a sinistra dell'oggetto) e quindi premere **Cantal lateral Left**.
4. Fare clic su un punto più basso come il naso, il labbro, ecc. Successivamente premere **Down Point**.
5. Inserire la distanza tra i primi due punti (distanza intercantale) in **Real Size** e premere Enter (Invio).
6. Cliccare su **Align and Resize**.

Di seguito gli utenti hanno a disposizione una serie di strumenti per segmentare il modello nel modo che meglio si adatta alle loro esigenze.

Facendo clic su **Save** si genera il seguente file: **Align-John_Simpson.blend**.

1.2.11 Photogrammetry Modifers

Fig. 12: Scansione originale (a sinistra) e scansione con modificatori (a destra).

Una delle caratteristiche distintive della fotogrammetria di OrtogOnBlender è la possibilità di arricchire i dettagli in rilievo con modificatori assegnati automaticamente durante il processo di digitalizzazione.

Ci sono tre modificatori:

- **Smooth**: Leviga la mesh dandogli un aspetto più liscio.
- **Multires**: Suddivide la mesh aumentandone la risoluzione.
- **Displace**: Crea un rilievo nella mesh utilizzando la texture come riferimento.

Suggerimento: Se volete cambiare i parametri dei modificatori, andate in **Modifiers**, che si trova alla destra della 3D Viewport nel pannello Properties dove si vede l'icona di una chiave inglese.

1.2.12 Anatomical Poins

OrtogOnBlender dispone di un'ampia serie di punti anatomici per la regione della testa:

- Anatomical Points - Head.
- Anatomical Points - Maxilla.
- Anatomical Points - Mandible.

- Anatomical Points - Teeth.
- Anatomical Points - Soft Tissue.

Come procedere per inserire un punto:

1. Selezionare la modalità **Cursor** (posizionamento del cursore).
2. Fare clic sulla regione desiderata nella mesh 3D.
3. Premere il pulsante del punto anatomico desiderato.

Suggerimento: I punti hanno le proprie Collection nell'Outliner e l'utente può nasconderli per ridurre al minimo l'inquinamento visivo causato dalla loro presenza sull'oggetto.

Importante: La predisposizione degli strumenti per i punti di riferimento anatomici è stata resa possibile grazie all'aiuto costante del Dr. **Richard Gravalos**, al quale porgiamo i nostri più sentiti ringraziamenti!

1.2.13 Cephalometry

Questa sezione presenta gli angoli e le misure generate a partire dai punti anatomici.

Per visualizzare o aggiornare i valori, basta cliccare su **Calculate All!!!**.

1.2.14 Osteotomy

Questa sezione è responsabile della creazione di osteotomie craniche.

Simple Draw Cut!

Offre un'opzione semplice e diretta per il taglio delle superfici:

1. Selezionare o l'oggetto da tagliare.
2. Cliccare su **Draw Surface Line**, disegnare la linea di taglio sopra l'oggetto e cliccare su **ENTER**.
3. Cliccare su **Cut Line!** per generare il taglio.

Avvertimento: Questo strumento è ancora in fase di sviluppo e presenta un problema se utilizzato su oggetti appuntiti. Fino a quando non viene migliorata, provare ad utilizzare l'approccio di taglio disponibile in **Advanced Draw Cut!**.

Advanced Draw Cut!

Offre un'opzione più avanzata e modificabile per il taglio della superficie:

1. Selezionare o l'oggetto da tagliare.
2. Cliccare su **Draw Surface Line**, disegnare la linea di taglio sull'oggetto e premere **ENTER**.
3. Cliccare su **View Cut Line** per visualizzare la linea di taglio e modificarla se necessario.

4. Cliccare su **Cut Line!** per generare il taglio.

Importante: Gli oggetti originali e il piano di taglio risultante dal disegno della linea saranno inviati alla Collection **Copied_Objects**.

La sezione **Boolean Segmentation** è stata descritta precedentemente.

Surface Cut

Permette all'utente di tagliare la superficie della mesh.

Per effettuare un taglio:

1. Selezionare l'oggetto che deve essere tagliato.
2. Clicca su **Create Point** e clicca sulla regione che vuoi tagliare. Una volta terminato il disegno, fare clic con il tasto destro del mouse o **ESC**.
3. Per vedere la linea di taglio clicca su **Create Bezier** Line e modifica la linea se necessario.
4. Se si desidera effettuare un taglio semplice, cliccare su **Cut Line!**.
5. Se si desidera effettuare un taglio doppio e più affidabile, cliccare su **Cut Line Double**.

Avvertimento: Non dimenticare di cliccare sull"**ESC** dopo aver creato i punti desiderati, altrimenti il programma continuerà a creare punti in tutti i punti dove l'utente clicca con il tasto sinistro del mouse!

Auto Cut Planes

Fornisce la possibilità di inserire i piani di taglio in base alla posizione dei punti anatomici.

Come funziona:

1. Posizionare i punti anatomici riportati sui pulsanti della sezione.
2. Clicca su **Create Cut Planes** e tutti i piani di taglio saranno posizionati automaticamente.

Avvertimento: I piani di taglio inseriti sono posizionati in modo da facilitare il lavoro dell'utente. Pertanto, dopo l'inserimento automatico dei piani, sarà necessario migliorarne il posizionamento.

Surface Cut

Chin Plane: Crea un piano di taglio orizzontale nella regione del mento.

Left Ramus Plane e **Right Ramus Plane**: Crea piani di sezione verticale nelle regioni del ramo mandibolare.

Maxilla Plane: Crea un piano di taglio orizzontale diviso in due parti leggermente inclinate nella regione della mascella.

Boolean

Joint All (Union): Non appena l'utente inserisce e posiziona tutti i piani di sezione della mandibola, questi devono essere selezionati e il pulsante cliccato, in modo che possano essere convertiti in un unico oggetto e senza intersezioni interne.

Cut Boolean: Utilizzato per tagliare efficacemente le ossa mediante calcoli booleani. Si seleziona prima l'osso, poi il piano di taglio e poi si fa clic sul pulsante.

1.2.15 Dynamic

Configure Armature (Classic)

Dopo aver tagliato le ossa utilizzando l'osteotomia standard (a quattro tagli), l'utente dovrà selezionare le parti sezionate e cliccare su **Setup Osteotomy Auto** per colorare e rinominare le parti in base alla loro posizione.

Soft Tissue

Non appena l'utente configura tutte le osteotomie, deve selezionare la parte frontale del viso e cliccare su **Setup Soft Tissue Dynamics** in modo che le ossa irradino le regioni di deformazione che avranno un impatto sulla mesh del volto. Dopo questo comando quando si spostano le osteotomie si deforma la pelle del paziente virtuale.

Per visualizzare i dettagli interni o anche effettuare tagli tridimensionali della struttura, utilizzare il pulsante **Clipping Border**.

Auto Osteo + Soft Setup (Experimental)

A differenza della configurazione presentata in Soft Tissue questa sezione accetta un numero illimitato di osteotomie. Per effettuare la sua proiezione sui tessuti molli l'utente deve procedere nel modo seguente:

1. Selezionare la mesh relativa al viso e fare clic su **Set Face and Hide**.
2. Selezionare le mesh relative alle osteotomie e cliccare su **Setup Auto!**.

Parent Points

Se l'utente ha aggiunto punti anatomici e vuole metterli in relazione con la mesh in modo da seguirne la dinamica, basta cliccare su **Parent Points**.

Cliccando **Save** verrà generato il seguente file: **Dynamic-John_Simpson.blend**.

1.2.16 Measuring Tools

Una volta inseriti i punti anatomici, l'utente clicca su **Create Vertical Measurements**. Una linea orizzontale sarà creata all'origine della scena (0,0,0) e una serie di coordinate verticali partiranno dai denti 11, 21, 23, 23, 13, 16 e 26 fino alla linea creata.

Per nascondere/mostrare le quote, basta cliccare su **Show/Hide Measurements**.

1.2.17 Kinematic

Controllers

Responsabile della cinematica digitale pre e post-operatoria, questa sezione permetterà agli utenti di controllare tutti i fattori legati al tempo e allo spazio, potendo organizzare le osteotomie nelle posizioni iniziali cliccando su **Start** e nelle posizioni finali (post) cliccando su **End**.

È inoltre possibile visualizzare il movimento cliccando su play o tornare all'inizio cliccando sul play inverso.

Per creare fotogrammi chiave di un'osteotomia, è necessario che l'utente:

1. Posizionare il fotogramma desiderato sulla Timeline.
2. Selezionare l'osteotomia.
3. Apportare le modifiche necessarie.
4. Fare clic sull'icona della cinepresa per salvare le trasformazioni.

Piggyback

Questa sezione offre all'utente la possibilità di imparentare (piggyback) e sparentare oggetti tra di loro, semplicemente selezionandoli e cliccando sull'opzione desiderata.

Capturing

Una volta definita la cinematica, basta cliccare su **Generate Data Action** per generare una tabella degli spostamenti dei punti anatomici, che verrà visualizzata in un" output (colorato) del terminale.

Spreadsheet

Se l'utente vuole generare un foglio di calcolo .XLS (Excel) di tutte le cinematiche coinvolte (osteotomie e cefalometria), basta cliccare su **GENERATE REPORT**. L'add-on chiamerà il file explorer e LibreOffice per aprire il foglio di lavoro. Se l'utente non dispone del software, può aprirlo manualmente dal browser che già visualizza la directory esportata.

Cliccando su **Save** verrà generato il seguente file: **Kinematic-John_Simpson.blend**.

> **Avvertimento:** L'utente non deve dimenticare di configurare la posizione iniziale delle osteotomie, il che significa selezionarle tutte e cliccare sull'icona della cinepresa nel frame iniziale (1), altrimenti non creerà l'interpolazione desiderata con il frame finale.

1.2.18 Guide and Splint Creation

Free Draw Solid

Permette di disegnare a mano libera guide e oggetti sulla mesh.

1. Selezionare la mesh desiderata.

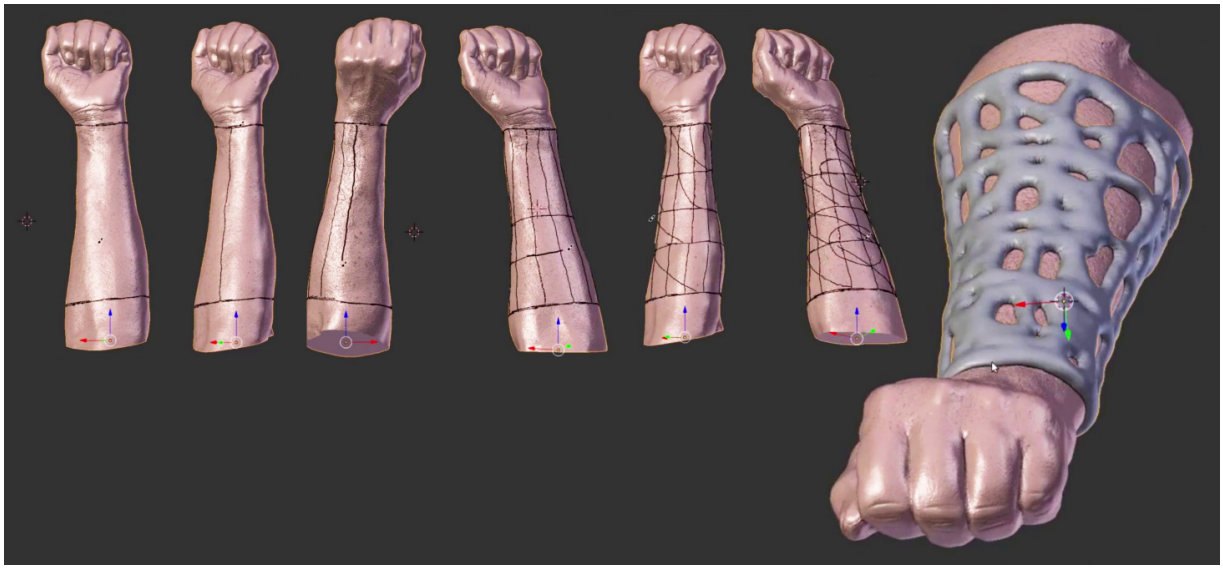


Fig. 13: Ortesi del braccio creata disegnando sulla mesh.

2. Cliccare su **Draw Surface Line**, disegnare la linea corrispondente all'oggetto desiderato e poi premere **ENTER**.
3. Cliccare su **Create Solid by Line** e l'oggetto verrà creato sopra la mesh.

Suggerimento: Per ispessire o perfezionare l'oggetto creato 1. Entrare in Edit Mode, 2. Selezionare tutti i vertici con A e 3. Usare il comando **ALT+S** in combinazione com lo spostamento del mouse.

Draw Line Tube

Permette la creazione di guide o oggetti basati su spline tubolari.

1. Selezionare l'oggetto dove saranno posizionati i punti.
2. Cliccare su **Create Points** e fare clic sulla regione che si desidera tagliare. Una volta terminato il disegno, fare clic con il tasto destro del mouse o fare clic sul pulsante **ESC**.
3. Cliccare su **Create Bezier Volume** e l'oggetto verrà creato sopra la mesh.

Suggerimento: L'utente può ispessire o perfezionare il nodo bézier selezionando uno o più di essi e cliccando su **ALT+S**.

Avvertimento: Non dimenticare di cliccare sul pulsante **ESC** dopo aver creato i punti desiderati, altrimenti il programma continuerà a creare punti in tutti i punti dove l'utente clicca con il tasto sinistro del mouse!

Boolean

Gli strumenti **Boolean** sono già stati descritti in precedenza.

Splint

Una volta che i punti sono già stati posizionati sulle arcate superiore e inferiore, l'utente deve solo cliccare su **Create Splint** in modo che lo splint venga generato automaticamente prendendo come riferimento i punti anatomici precedentemente posizionati.

La parte risultante viene quindi selezionata e il pulsante **Prepares 3D Printing** cliccato. In questo modo lo splint potrà essere stampato in 3D.

Affinché la mesh possa essere stampata, è possibile esportarla cliccando il pulsante **Export STL**.

CAPITOLO 2

Installazione di OrtogOnBlender in Windows

Windows è il sistema operativo più diffuso nei computer desktop di tutto il mondo. Pensando di semplificare la vita ai suoi utenti, abbiamo sviluppato un programma di installazione che fornisce già tutti i programmi, le librerie e le configurazioni necessarie affinché OrtogOnBlender e gli altri addon possano funzionare in modo ottimale.

Per prima cosa scaricare il programma di installazione da questo link:

https://drive.google.com/file/d/1rMS9yuNxan7dVfmnjxdbb9qFnPOUEFRk/view?usp=sharing

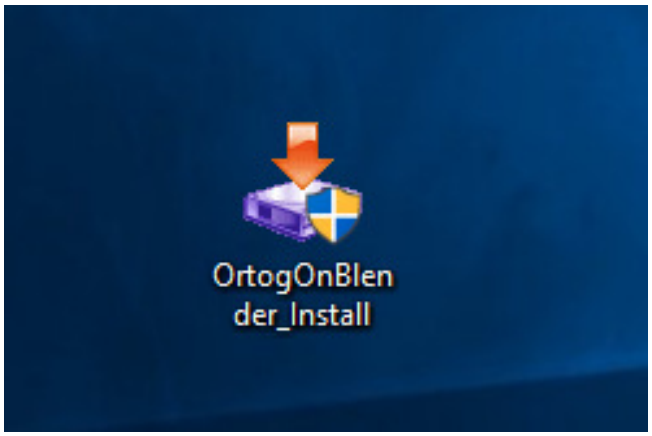


Fig. 1: Icona di installazione di OrtogOnBlender.

Una volta scaricato, fare doppio click su **OrtogOnBlender_install** (Fig. 1).

Nella finestra di conferma che si aprirà cliccare su **Si** (Fig. 2).

Una volta aperta la schermata di benvenuto cliccare su **Next** (Fig. 3).

Cliccare su **Si** per creare la directory OrtogOnBlender (Fig. 4).

Attendere che i file vengano copiati (Fig. 5).

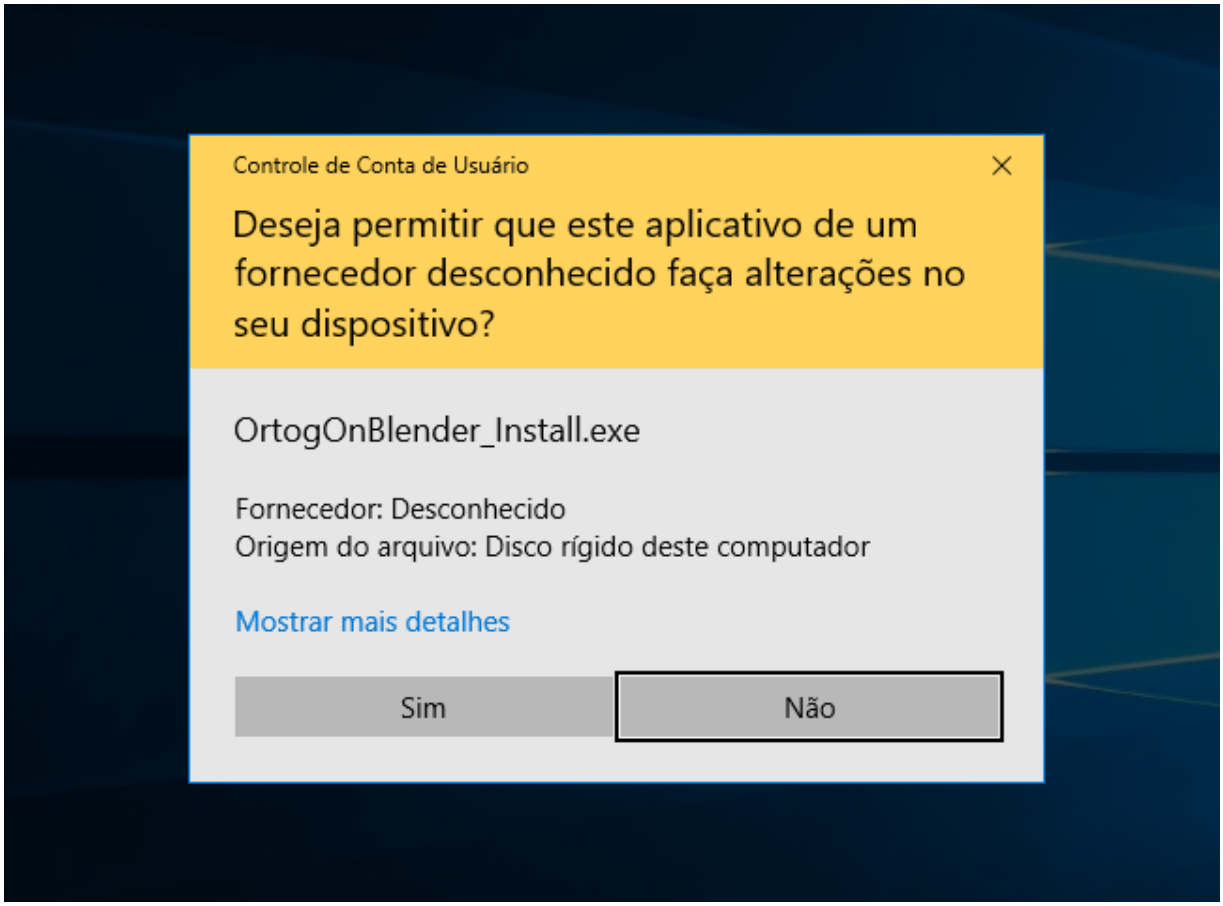


Fig. 2: Controllo Account Utente visualizzato prima dell'installazione.

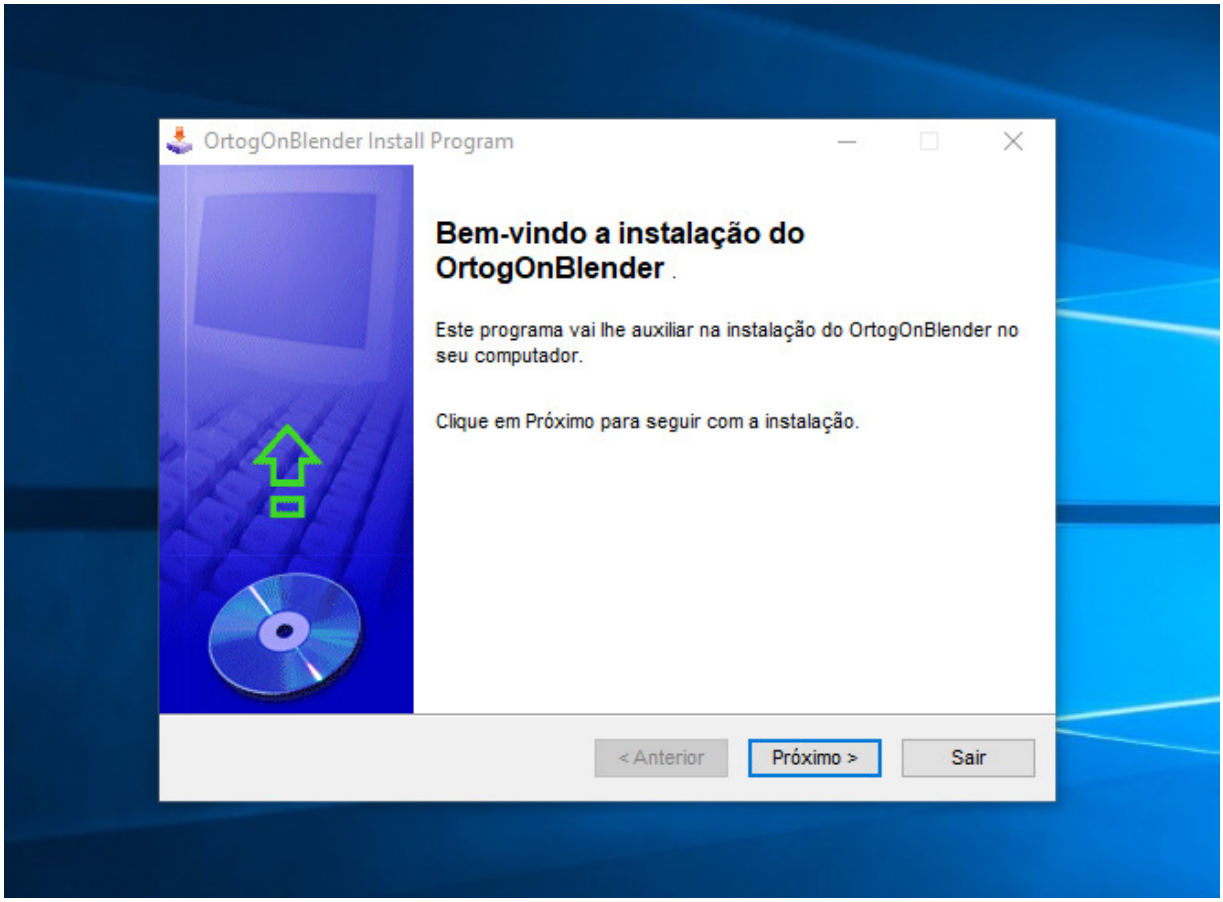


Fig. 3: Schermata di benvenuto di OrtogOnBlender

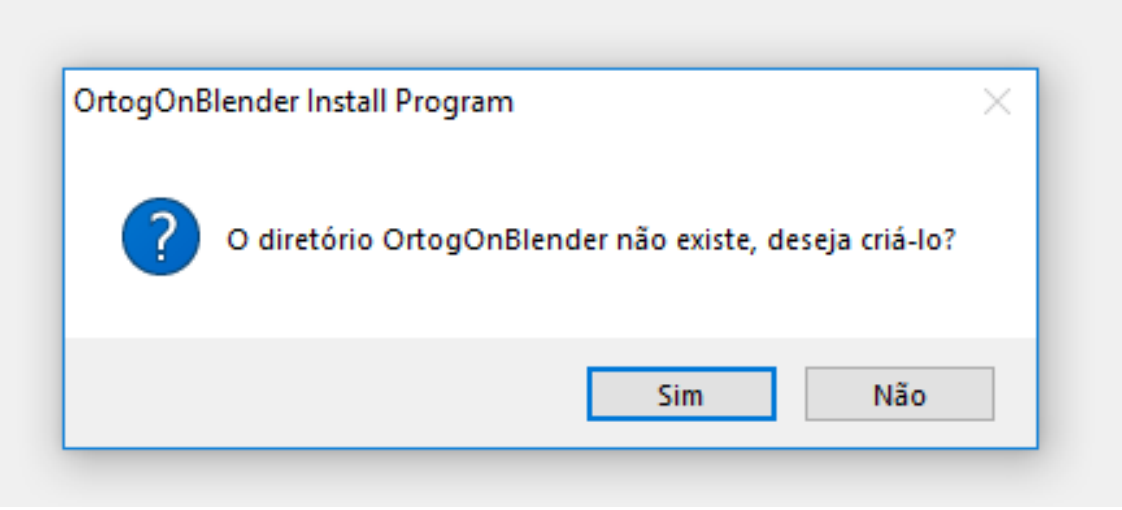


Fig. 4: Messaggio di creazione della directory (C:/OrtogOnBlender/).

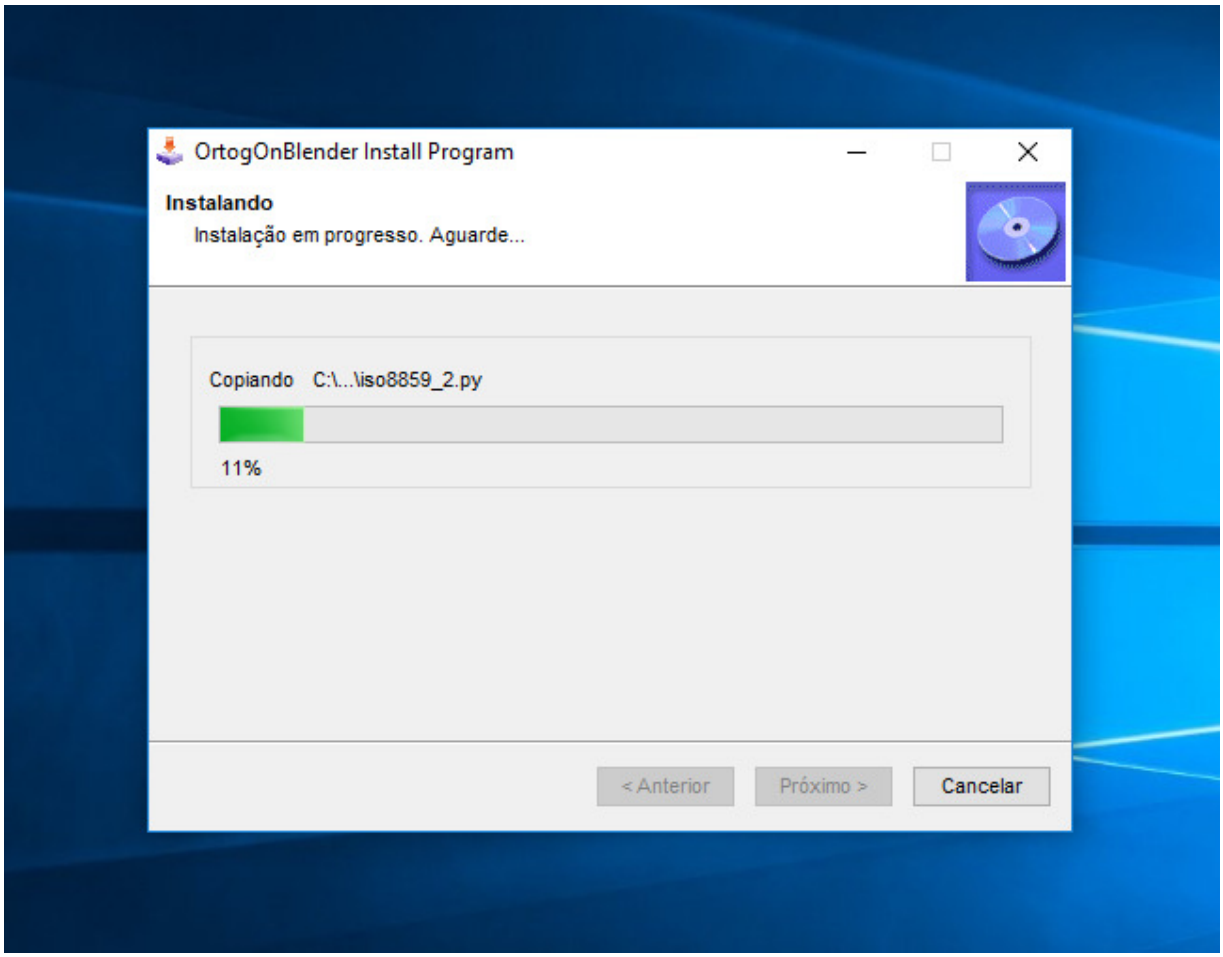


Fig. 5: Processo di copia degli archivi nella directory C:/OrtogOnBlender/.

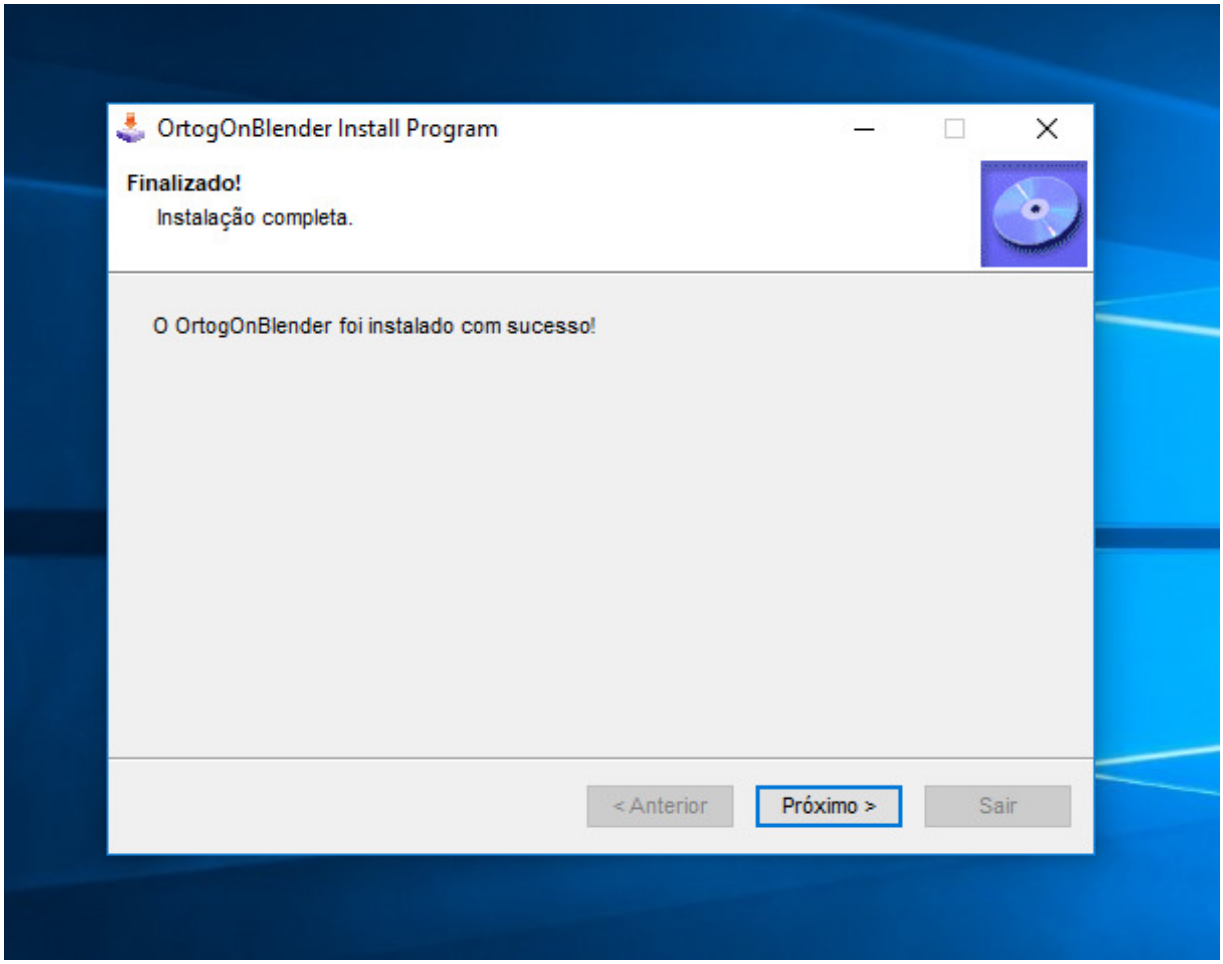


Fig. 6: Messaggio di installazione riuscita.

Una volta completata l'installazione fare click su **Next** (Fig. 6). (Fig. 6).

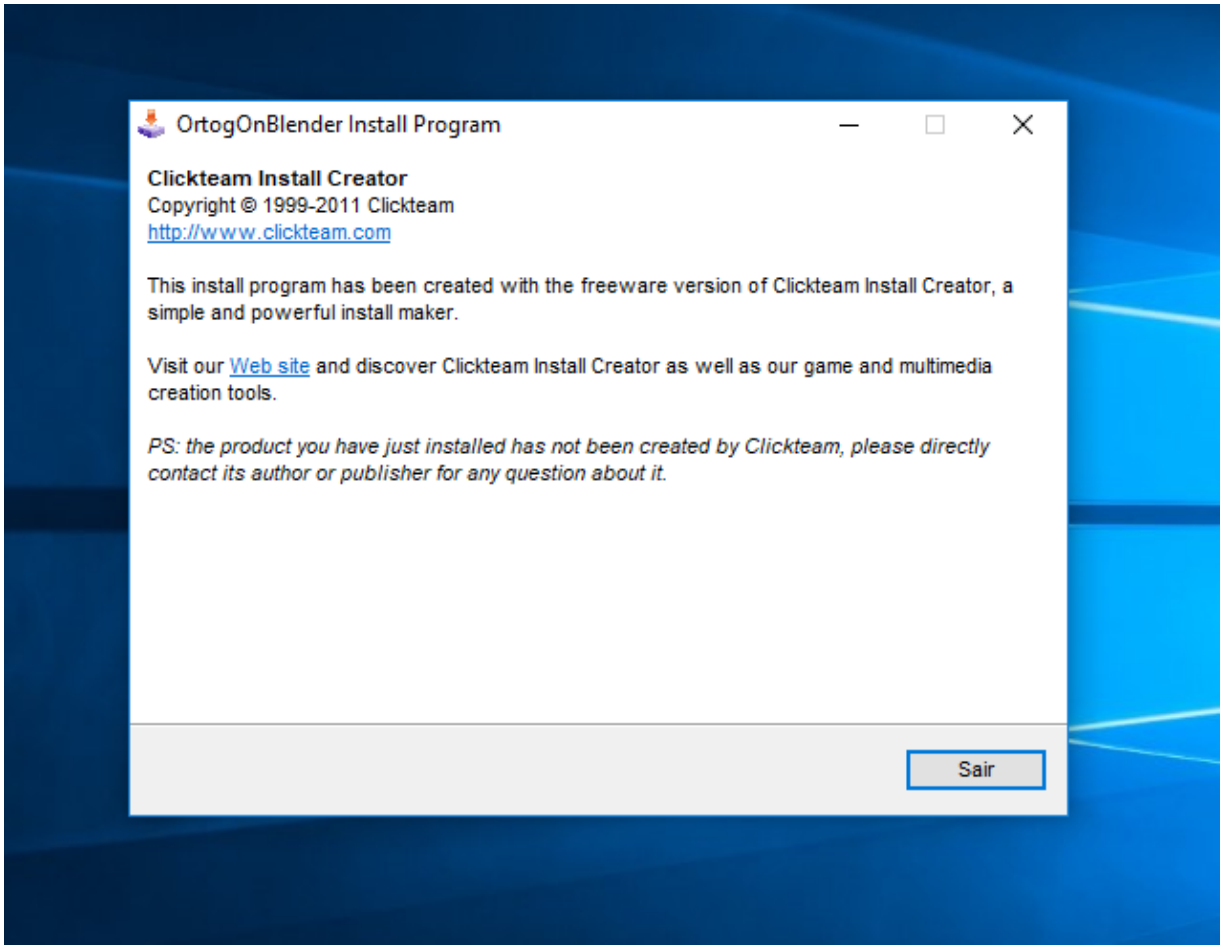


Fig. 7: Schermata finale dell'installazione.

E di seguito su **Finish** (Fig. 7).

Per aprire il programma già configurato con OrtogOnBlender trovate il collegamento sul desktop con il titolo **OrtogOnBlender** (Fig. 8).

Utilizzando il collegamento, Blender si aprirà insieme alla Toggle System Console (MS-DOS Prompt).

Avvertimento: Non chiudere la Console perchè chiudendola terminerà anche Blender.

Se OrtogOnBlender non è presente nel menu Start, l'eseguibile si troverà nella seguente posizione:

C:/OrtogOnBlender/Blender280/blender.exe

2.1 Installare delle librarie di sistema

Per evitare alcuni possibili messaggi di errore (MSCVP140.dll, MSCVP100.dll, MSVCP110.dll, e altri) relativi alle vostre librerie esistenti, è necessario installare alcuni componenti di Windows, disponibili nel sito Web di

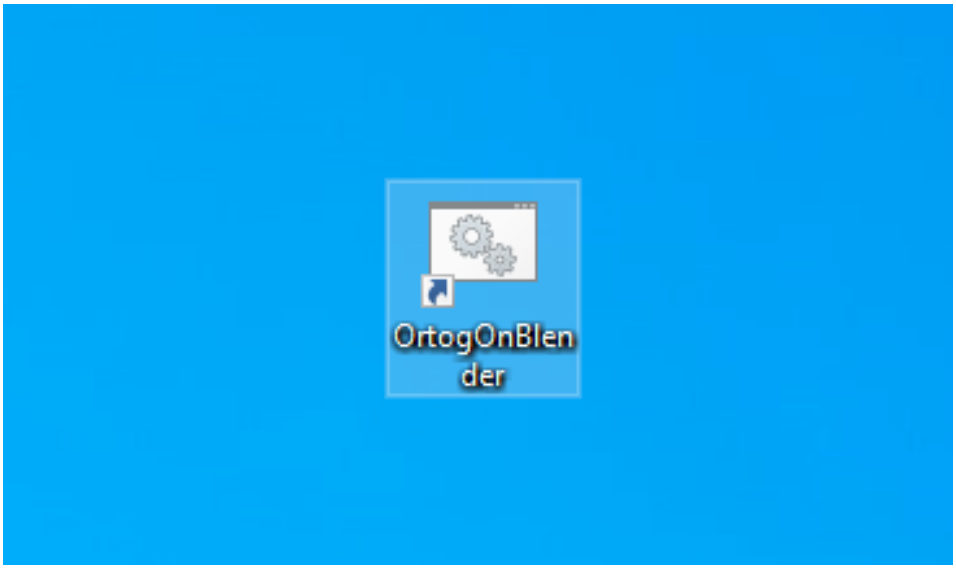


Fig. 8: Collegamento di OrtogOnBlender sul desktop di Windows.

Microsoft.

La prima libreria può essere scaricata qui:

https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=53840

Cliccare **Download** per scaricare Microsoft Visual C ++ 2015 Redistributable Update 3.

Scegliere l'opzione **vc_redist.x64.exe** e cliccare su **Next**.

Installare il file eseguibile

Il secondo può essere scaricato qui:

https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=26999

Cliccare **Download** , scegliere **vcredist_x86.exe**, e cliccare su **Next**.

Installare il file eseguibile.

Il terzo lo trovate qui:

https://www.microsoft.com/en-us/download/confirmation.aspx?id=30679

Installare il file eseguibile (**vcredist_x64.exe**).

Avvertimento: Prestare molta attenzione ai primi due link e ai due eseguibili da selezionare, uno a **64** bit e uno a **32** bit. Seguire rigorosamente le raccomandazioni proposte nel tutorial o i programmi non funzioneranno correttamente.

CAPITOLO 3

Installazione di OrtogOnBlender in Mac OS X

Avvertimento: Se stai leggendo questo documento in una versione tradotta da Google, ad esempio, non copiare e incollare i quattro comandi (testo nei rettangoli verdi) perché il traduttore ne modifica il contenuto e questo può compromettere il sistema operativo. **Utilizza il testo originale per i comandi!**

Avrai bisogno di alcune librerie per il funzionamento dei programmi e per questo è necessario aprire il terminale. Usa **CMD** + **Spazio** e digita **Terminal**. Prima di completare la parola apparirà l'icona corrispondente (Fig.1).

Una volta aperto il Terminale possiamo passare agli altri comandi (Fig. 2). Li abbiamo separati in modo che sia più facile identificare eventuali problemi durante il processo.

Avvertimento: Ad un certo punto sarà necessario inserire la password utente!

Preparare l'installazione eliminando i file indesiderati:

```
sudo rm -Rfv /OrtogOnBlender && \
sudo rm -Rfv /.DS_Store && \
rm -Rfv $HOME/Downloads/OrtogOnBlender* && \
rm -Rfv $HOME/Downloads/Blender* && \
rm -Rfv $HOME/Library/Application\ Support/Blender && \
rm -Rfv /Users/cogitas3d/Library/Application\ Support/.DS_Store
```

Scaricare tutte le librerie necessarie:

```
/usr/bin/ruby -e "$(curl -fsSL https://raw.githubusercontent.com/Homebrew/
↪install/master/install)" && \
brew install vtk gmp opencv ceres-solver cgal wget exiftool gdcm imagemagick
↪dcmtk
```

Scaricare i programmi e i file di configurazione:

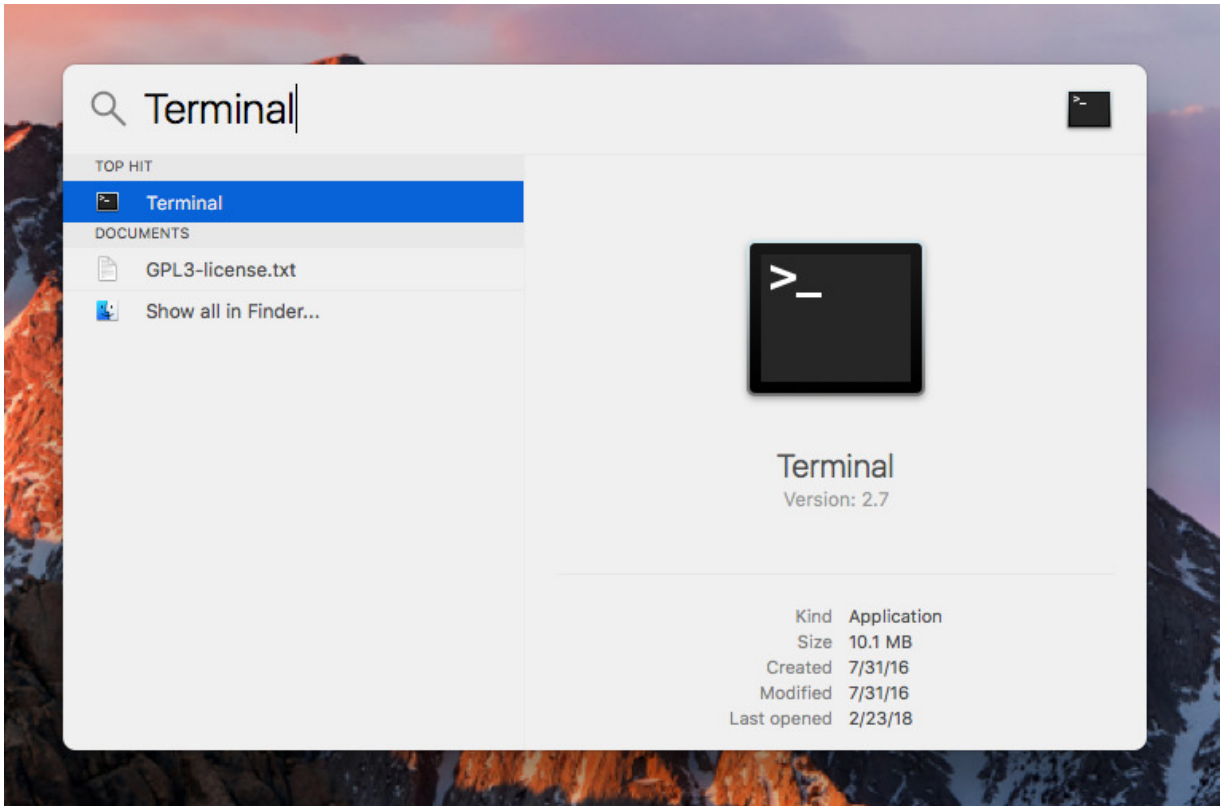


Fig. 1: Spotlight con il Terminale di ricerca.

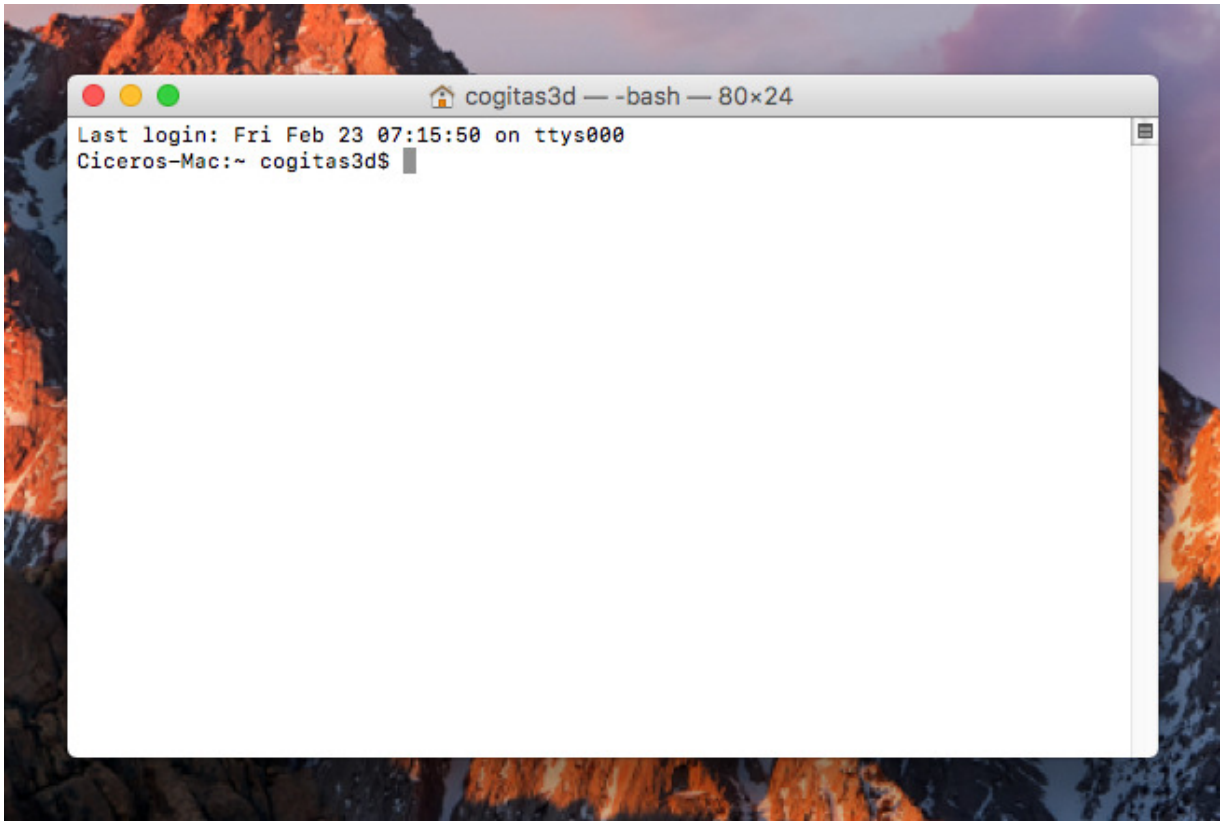


Fig. 2: Terminale aperto in Mac OS X.

```
cd $HOME/Downloads && \
wget http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/MacOSX/Blender.
 ↪zip && \
wget http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/MacOSX/
 ↪OrtogOnBlender.zip
```

Installazione di OrtogOnBlender e dei file di configurazione:

```
cd $HOME/Downloads && rm -Rfv .DS_Store && \
rm -Rfv __MACOSX && rm -Rfv OrtogOnBlender && \
unzip $HOME/Downloads/OrtogOnBlender.zip && \
sudo mv $HOME/Downloads/OrtogOnBlender / && \
cd $HOME/Downloads && rm -Rfv .DS_Store && \
rm -Rfv __MACOSX && rm -Rfv Blender && \
unzip $HOME/Downloads/Blender.zip && \
mv Blender $HOME/Library/Application\ Support/
```

Se tutto il procedimento è andato bene, aprire Blender:

```
/OrtogOnBlender/Blender280/blender.app/Contents/MacOS/blender
```

Se si vuole creare una scorciatoia che apre già Blender con la Toggle System Console, seguire questo tutorial:
https://www.youtube.com/embed/BrVF7tmJI1I

CAPITOLO 4

Installazione di OrtogOnBlender in Linux

OrtogOnBlender è stato inizialmente sviluppato su Linux e per molto tempo lo si è potuto utilizzare solo su questo sistema operativo. Attualmente i programmi che lo compongono risultano più veloci su questa piattaforma quando le prestazioni sono confrontate con Mac OS X e Windows. Quest'ultimo è il più lento di tutti.

Il programma è stato testato su **Ubuntu 18.04** ed è fortemente raccomandato l'utilizzo di questa versione.

4.1 Installazione delle Librerie Richieste

```
sudo apt-get install libgmpxx4ldbl libvtk6.3 libboost-program-options1.65.1
↪libboost-serialization1.65.1 libopencv-calib3d3.2  libboost-iostreams1.65.1
↪exiftool dcmtk vtk-dicom-tools imagemagick libheif-examples
```

4.2 Scaricare e Installare i File Eseguibili

Per prima cosa inserire la directory utente:

```
cd $HOME
```

Creare una directory **Programs**:

```
mkdir Programs && cd Programs
```

Scaricare gli eseguibili di OrtogOnBlender:

```
wget http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/Linux/
↪OrtogOnBlender.zip
```

Decomprimere il file:

```
unzip OrtogOnBlender.zip
```

Accedere ed eseguire Blender:

```
cd Blender && ./blender
```

Se tutto procede correttamente il programma si aprirà e gli Add-ons appariranno a sinistra.

Se si desidera eliminare il file scaricato per risparmiare spazio:

```
rm OrtogOnBlender.zip
```

Se OrtogOnBlender non viene visualizzato nelle schede a sinistra, procedere con i seguenti comandi:

Entrare nella directory Blender dell'utente:

```
cd ~/.config/blender/ && rm -Rfv 2.80*
```

Scaricare il file:

```
wget http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/Linux/2.80.zip
```

Decomprimere il file:

```
unzip 2.80.zip
```

Copiare la libreria DicomToMesh in /usr/lib:

```
cd ~/Programs/OrtogOnBlender/Dicom2Mesh/ && sudo cp libdicom2meshlib.so /usr/
↪lib/
```

Se si preferisce, creare un link simbolico.

4.3 Aggiornamento di OrtogOnBlender

Se si desidera aggiornare il programma, **procedere con l'installazione delle librerie necessarie descritte nei passaggi precedenti**. Successivamente spostare la directory OrtogOnBlender in una versione di backup:

```
cd ~/Programs/ && rm -Rfv OrtogOnBlender*
```

Scaricare gli eseguibili di OrtogOnBlender:

```
wget http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/Linux/
↪OrtogOnBlender.zip
```

Decomprimere il file:

```
unzip OrtogOnBlender.zip
```

Configurare la directory utente:

```
cd ~/.config/blender/ && rm -Rfv 2.80*
```

Scaricare e decomprimere i file utente:

```
wget http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/Linux/2.80.zip &&
↪ unzip 2.80.zip
```

Ora basta aprire Blender con il seguente comando:

```
~/Programs/OrtogOnBlender/Blender280/blender
```

CAPITOLO 5

Come creare una chiavetta USB avviabile di Linux 3DCS

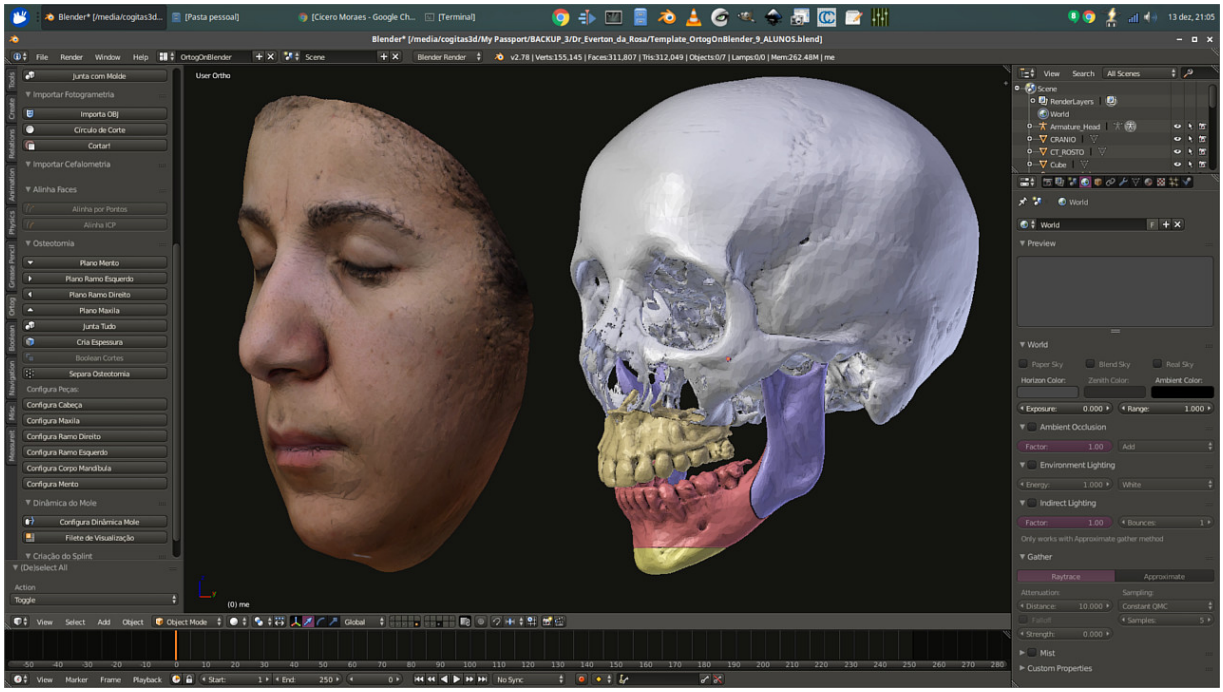


Fig. 1: Schermata di Linux 3DCS.

Avvertimento: Se si intende utilizzare Linux 3DCS in produzione, si consiglia vivamente di effettuare la clonazione su un dispositivo SSD, evitando così i continui crash dovuti al flusso di dati molto limitato delle unità flash. Che cos'è un dispositivo SSD? Leggi qui

Linux 3DCS, come suggerisce il nome, è una netinstall Linux basata su Ubuntu che può essere clonata («installata») su una chiavetta USB da un file immagine ISO, disponibile per il download da internet.

Il sistema viene fornito con un intero ambiente di lavoro configurato per l'uso di OrtogOnBlender e altri componenti aggiuntivi, lasciando all'utente la possibilità di installare il set di strumenti, oltre a software importanti come Slicer, Gimp, MeshLab e simili.

Sviluppato dal designer Cicero Moraes, è stato creato per servire come strumento di lavoro portatile in quanto la chiavetta USB può essere inserita in un gran numero di computer e notebook e funzionare come se il sistema fosse installato su di esso.

Serve anche come funzione per gli utenti che per qualche motivo non possono eseguire OrtogOnBlender in modalità nativa sul proprio computer.

5.1 Scaricare, decomprimere l'immagine ISO e formattare la chiavetta USB

La prima cosa da fare per creare la chiavetta USB avviabile è acquistare un dispositivo con almeno 16 GB di spazio. Non tutte le unità flash funzionano bene come dischi di avvio, la raccomandazione dello sviluppatore è di utilizzare il marchio SanDisk «Cruzer Blade 16GB».

Una volta che il dispositivo è disponibile, è il momento di scaricare l'immagine compressa dal seguente link:

http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/Linux3DCS/Linux3DCS_20190622.7z

Il file è di 5,2 GB, quindi potrebbe volerci un po" di tempo per scaricarlo. L'utilizzo di un download manager è essenziale per questo scopo.

Molte persone non sono a conoscenza del formato .7z, ma molti software di compressione offrono la possibilità di decomprimerlo. Se il vostro software non offre questa possibilità, potete scegliere la versione per il vostro sistema e scaricarlo da qui:

https://www.7-zip.org/download.html

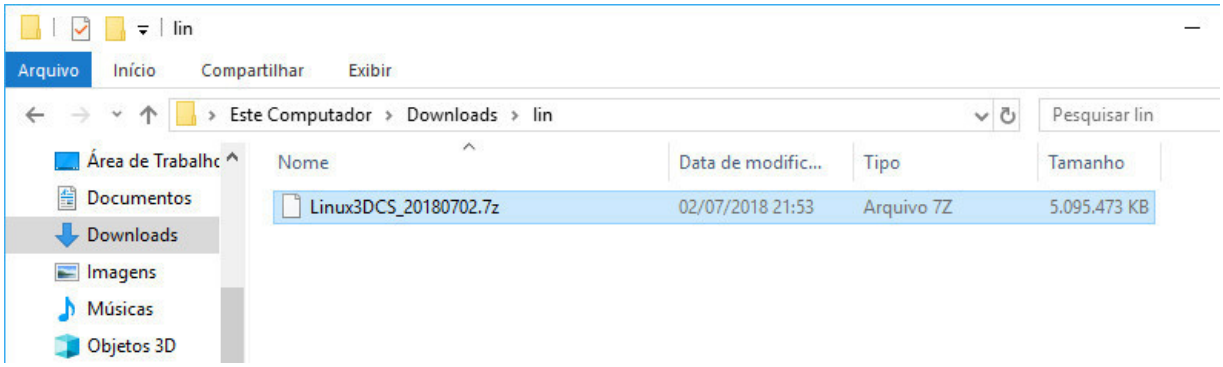


Fig. 2: I file scaricato viene visualizzato in Esplora risorse di Windows.

Una volta scaricato è necessario decomprimere il file .7z. Le prossime fasi verranno spiegate passo dopo passo utilizzando il sistema operativo Windows 10 a 64 bit, ma i comandi sono molto simili su Mac OS X e Linux.

Se sul sistema è stato installato 7-zip, basta cliccare con il tasto destro del mouse sul file e selezionare l'opzione "**7-Zip**" -> "**Extract Here**" (Fig. 3).

Il processo di decompressione inizierà, ma dobbiamo ricordare che si tratta di 5,2 GB di dati. Su un notebook con processore Intel i5, il tempo di decompressione era di 20 minuti (Fig. 4).

Per fare in modo che tutto funzioni correttamente, inserire la chiavetta e formattarla (Fig. 5).

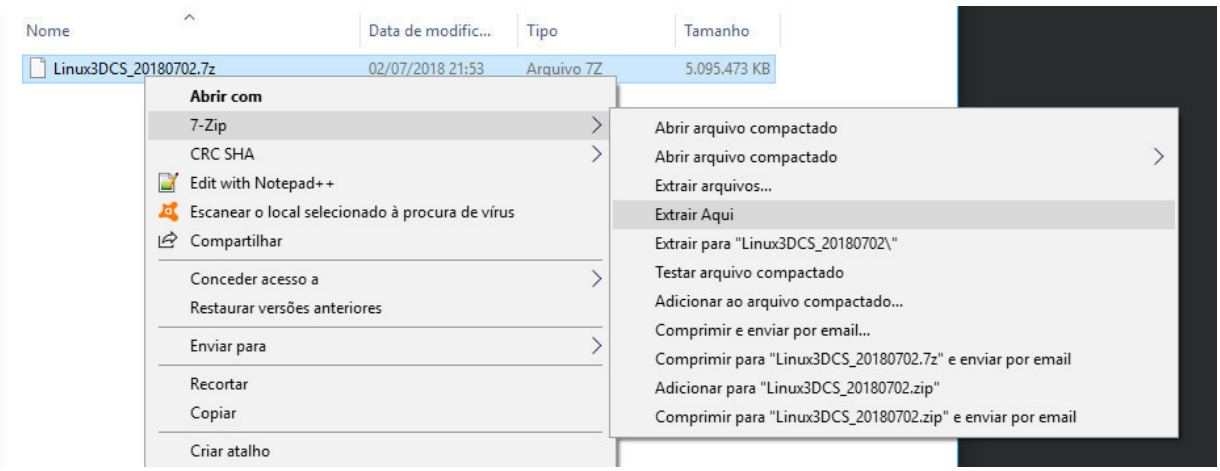


Fig. 3: Menu visualizzato dopo aver cliccato con il tasto destro del mouse sul file scaricato.

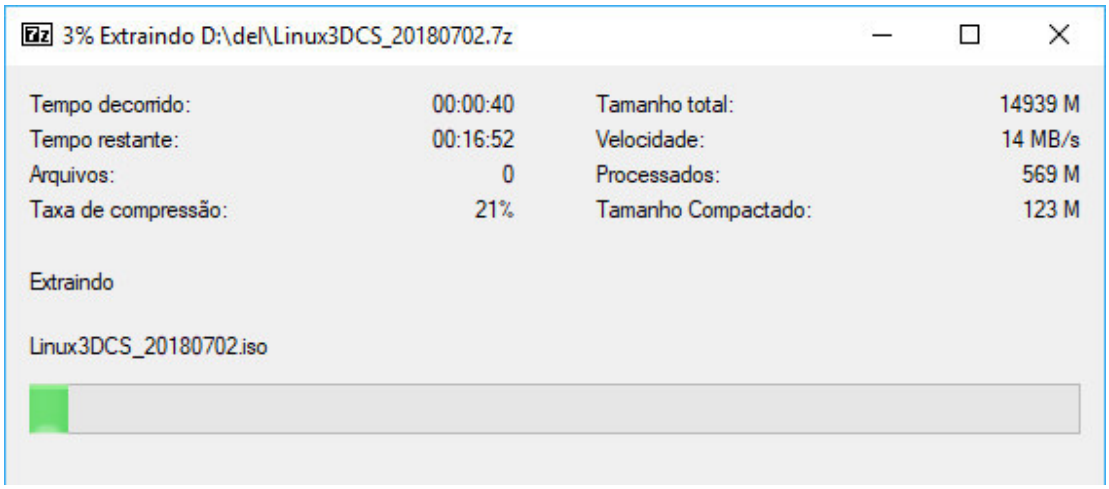


Fig. 4: File in fase di estrazione.

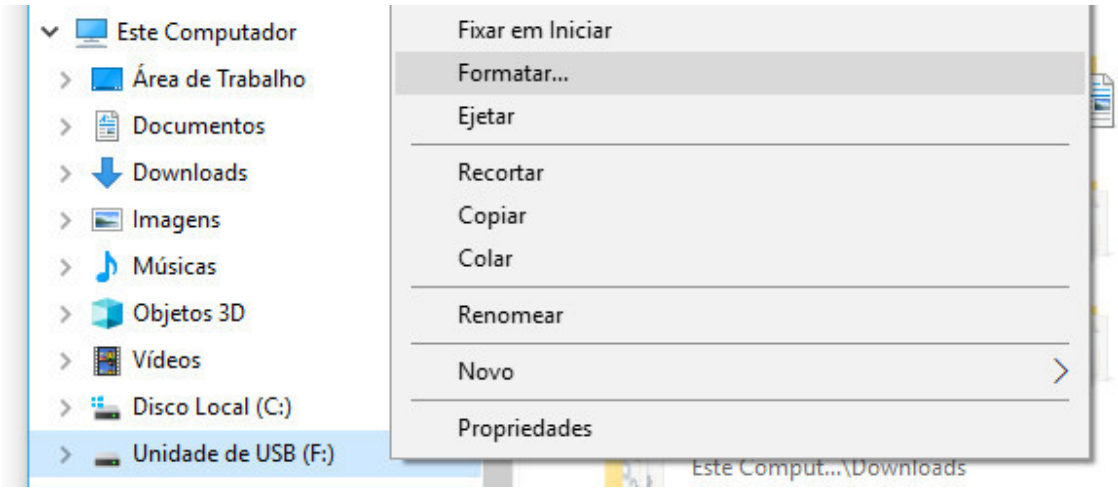


Fig. 5: Selezione del disco da formattare.

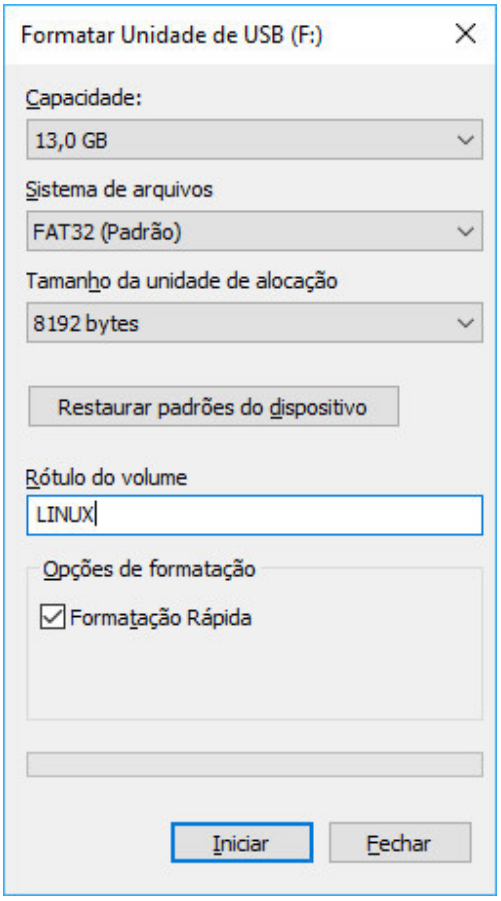


Fig. 6: Inserire il nome nell'unità.

Se si desidera è possibile dare un nome all'unità, in questo caso il nome scelto è stato LINUX (Fig. 6).

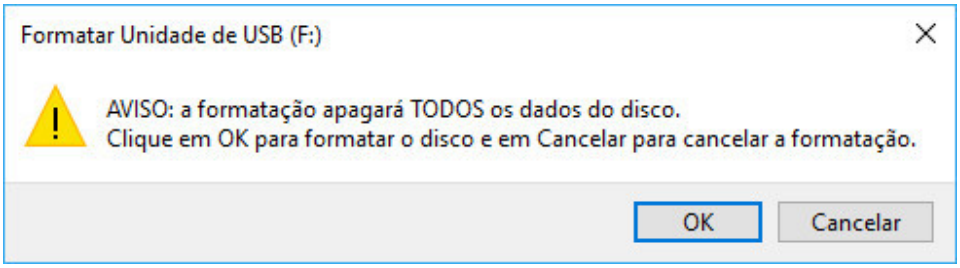


Fig. 7: Avviso di formattazione.

Non è mai troppo tardi per ricordare che TUTTI i dati sull'unità flash verranno cancellati (Fig. 7).

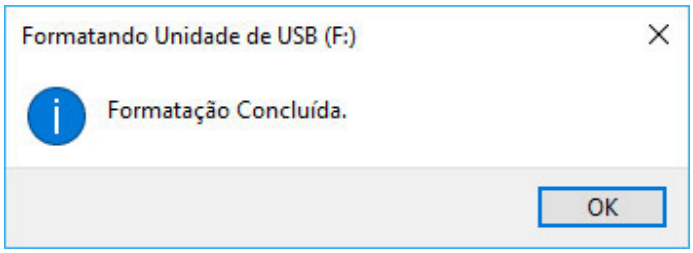


Fig. 8: Avviso di formattazione completata.

Dopo poco la chiavetta USB sarà formattata e pronta a ricevere l'immagine di Linux 3DCS (Fig. 8).

5.2 Clonazione di Linux 3DCS sull'unità USB

La clonazione di dispositivi è una pratica comune nella vita di chi ha bisogno di fare backup e ripristini, ma può sembrare un problema inconsueto per coloro che non hanno familiarità con tale operazione.

Molte persone si chiedono quale sia la differenza tra clonazione e copia. Nel caso di Linux 3DCS la clonazione è necessaria perché il sistema si basa su una struttura di file e partizioni, oltre che su settori di avvio primari e una serie di cose che richiederebbero molto lavoro anche per un utente esperto. Non sarebbe sufficiente copiare i dati sul dispositivo, collegarlo e attendere che il sistema si avvii.

Fortunatamente, c'è uno strumento di clonazione che ci permette di portare un'immagine ISO direttamente sulla chiavetta USB senza molte conoscenze da parte dell'utente.

Questo è **Etcher** e può essere scaricato nella versione per il vostro sistema operativo da qui: https://etcher.io/

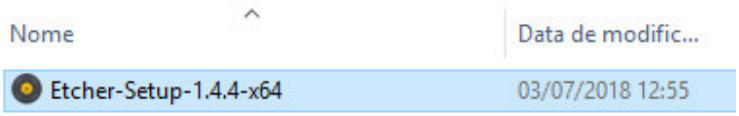


Fig. 9: File eseguibile per l'installazione di Etcher.

Per avviare l'installazione, fare doppio clic sul file eseguibile scaricato (Fig. 9).

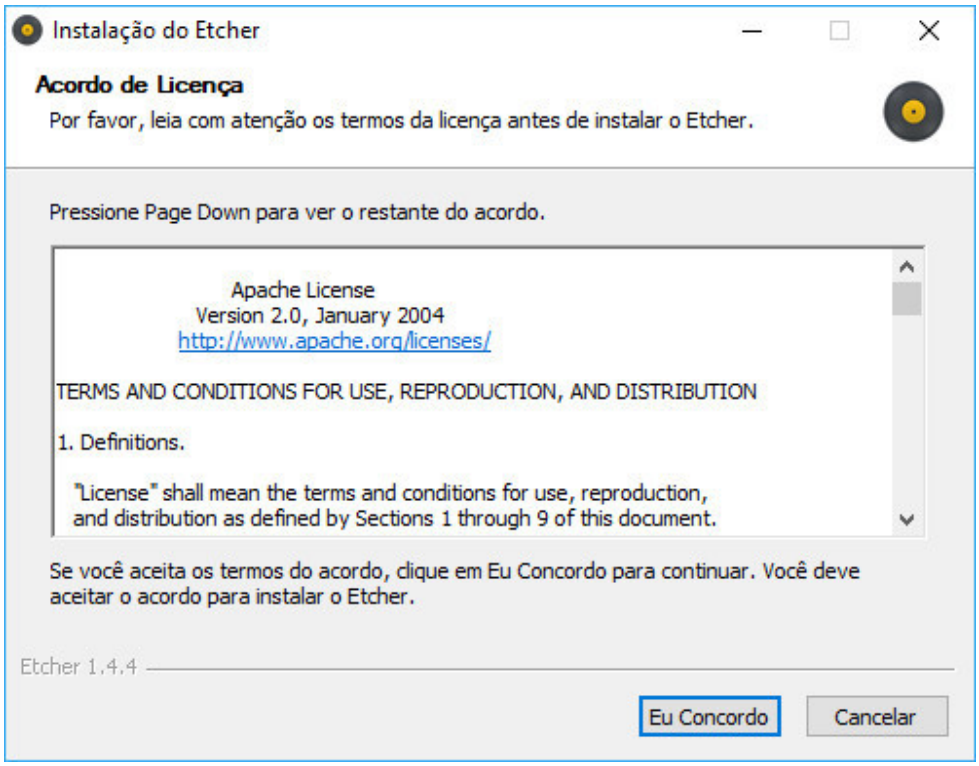


Fig. 10: Contratto di licenza Etcher.

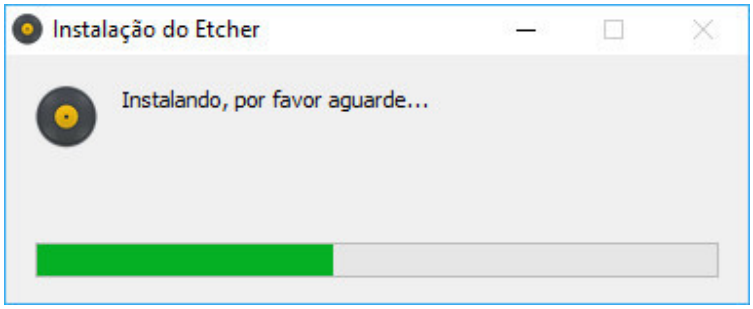


Fig. 11: Installazione in corso.

Di seguito cliccare su “**I Agree**” (Fig. 10). (Fig. 10).

Attendere il completamento dell’installazione (Fig. 11).

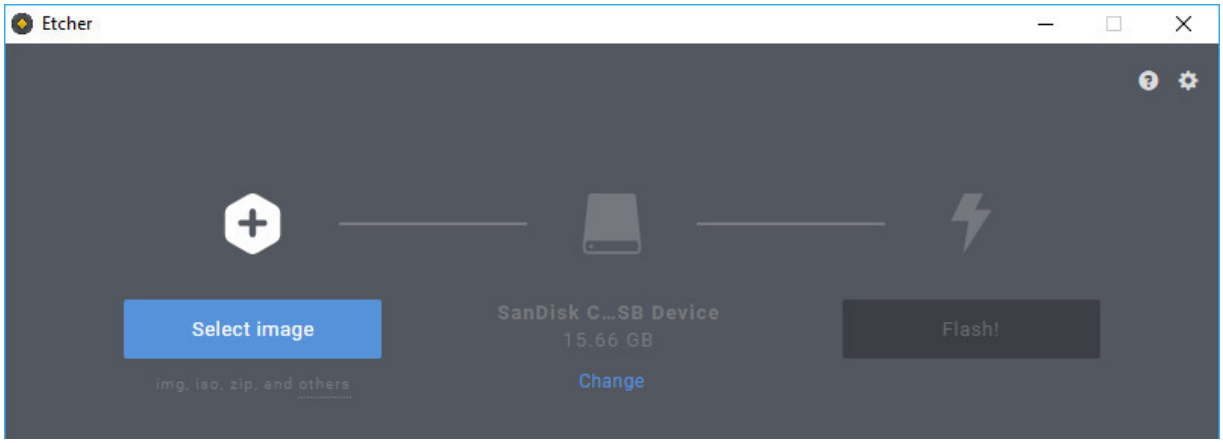


Fig. 12: Selettore dell’immagine.

Quando si apre Etcher fare clic su “**Select Image**” (Fig. 12).

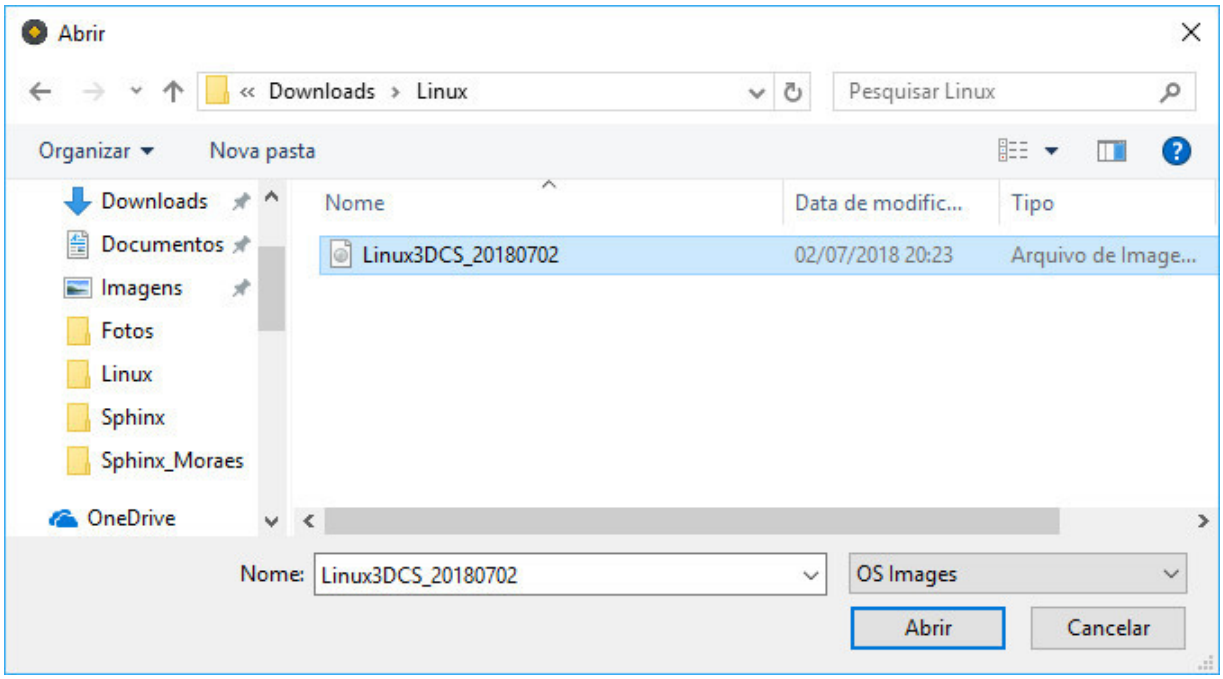


Fig. 13: Selezione dell’immagine di Linux 3DCS.

Inserire il percorso del file ISO precedentemente decompresso (Fig. 13).

Cliccare su «**Flash!**» per avviare il processo di clonazione (Fig. 14).

Il sistema vi chiederà l’autorizzazione a procedere con il comando. Cliccare su «**Yes**».

Il pulsante informa dello stato di avanzamento del processo e visualizza la percentuale di completamento del processo. Su un notebook con processore Intel i5 il processo ha richiesto un’ora.

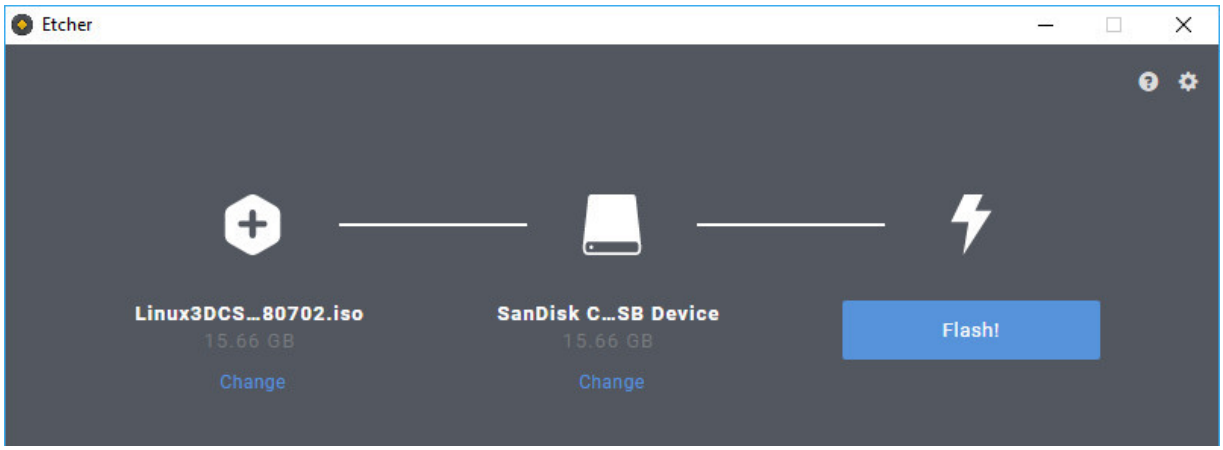


Fig. 14: Parametri di clonazione di Etcher.

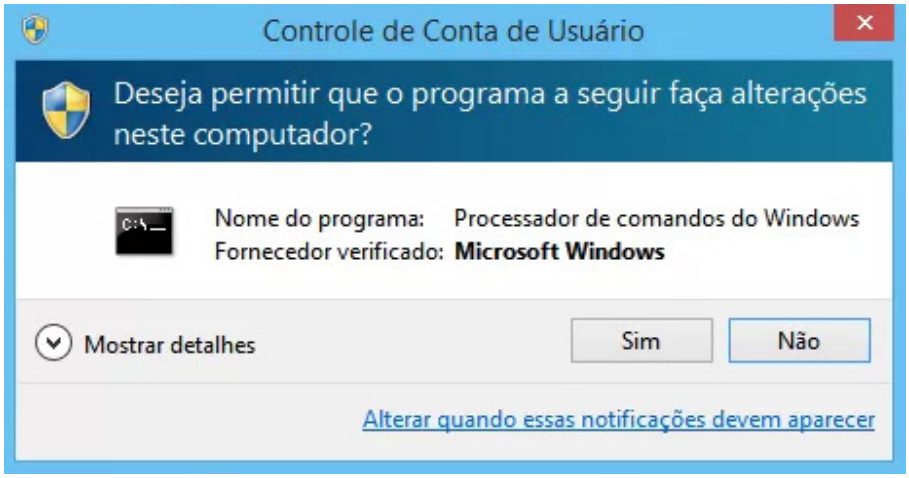


Fig. 15: Permesso di installazione.

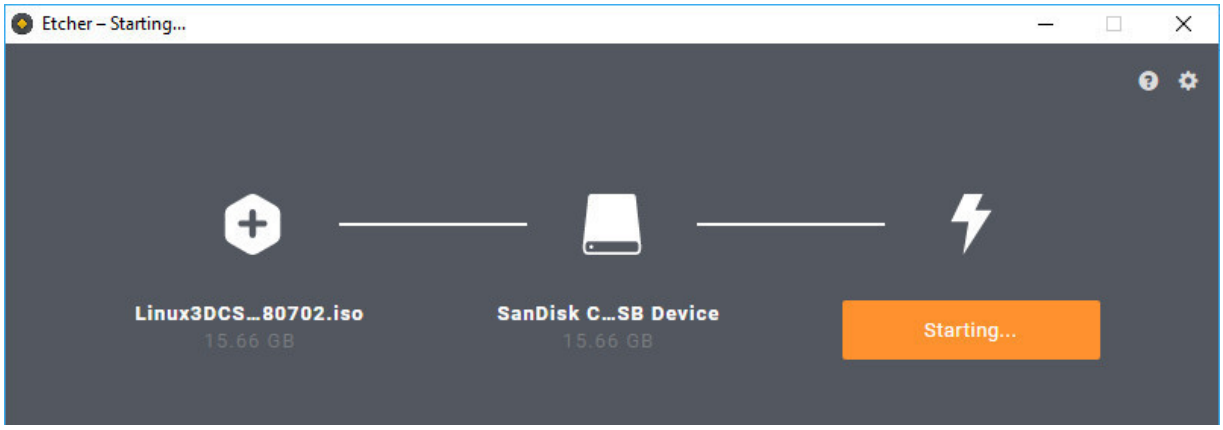


Fig. 16: Inizio della clonazione.

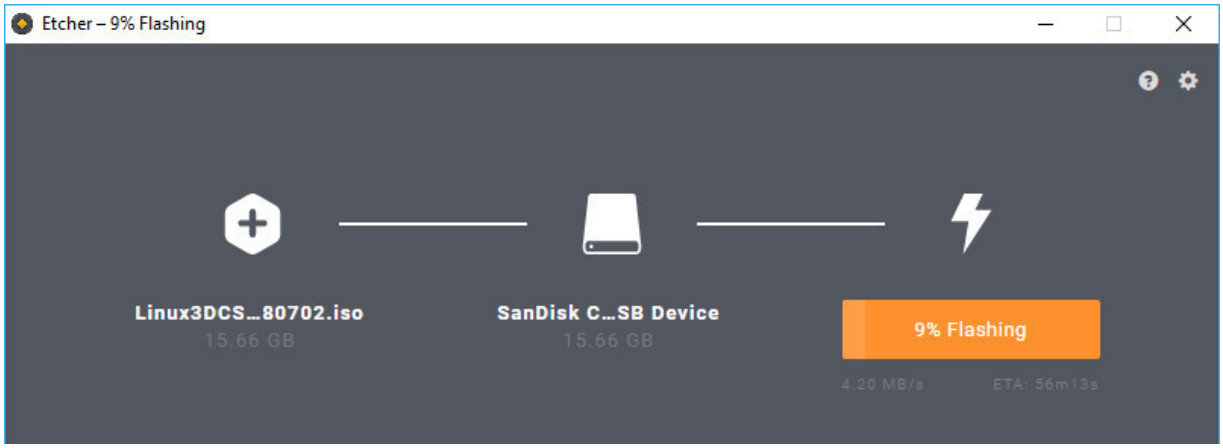


Fig. 17: Processo di clonazione delle immagini al 9%.

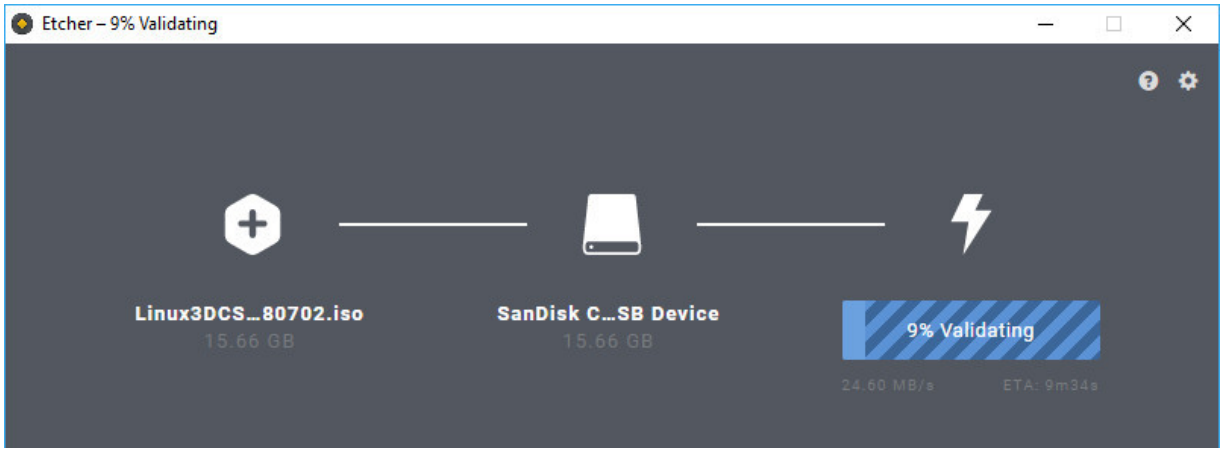


Fig. 18: Verifica della clonazione.

Completato il precedente processo inizia la verifica (Fig. 18).

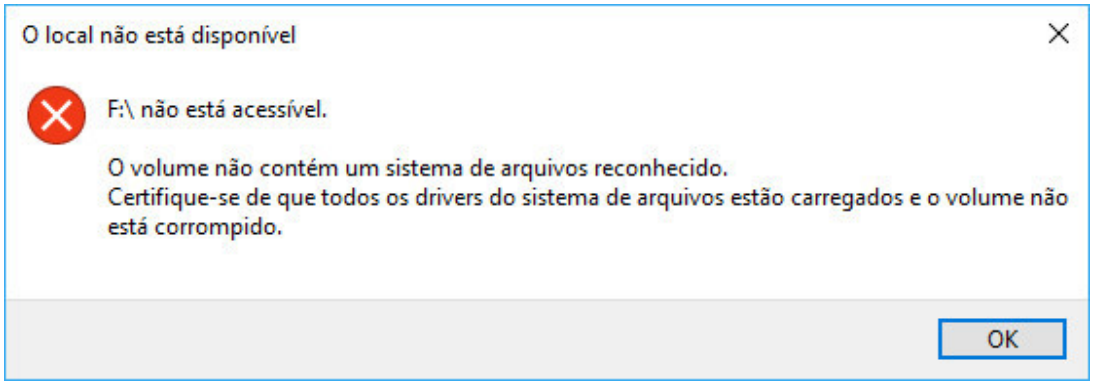


Fig. 19: Schermata di avviso dopo la verifica della clonazione.

E" possibile che durante il processo venga visualizzata la schermata di figura 19 (Fig. 19). **IGNORARE** il messaggio chiudendo la finestra.

Avvertimento: Fare attenzione, **NON** cliccare su OK!

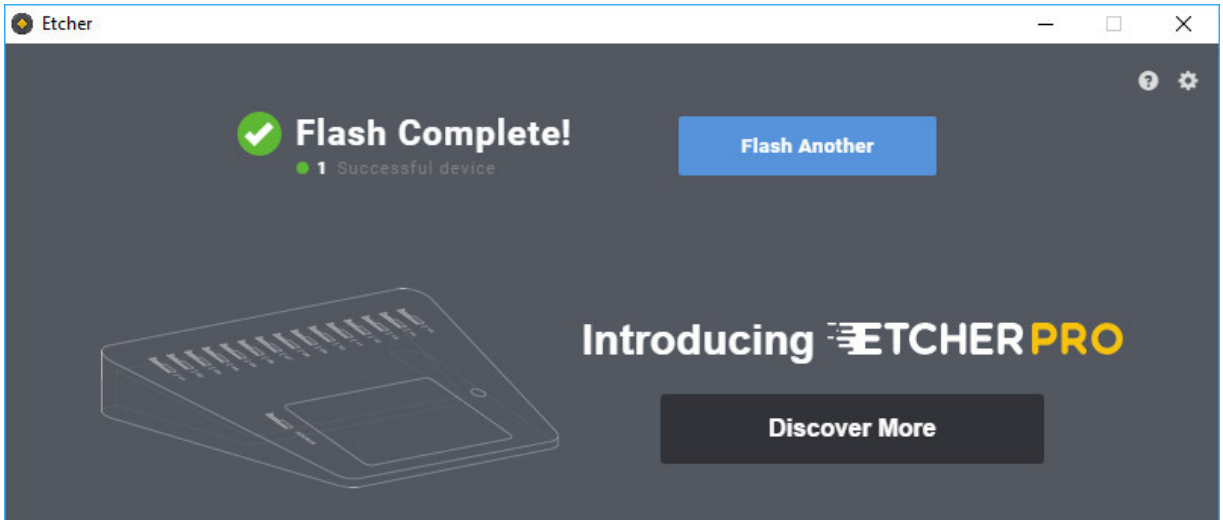


Fig. 20: Schermata di operazione completata.

Se tutto va bene verrà presentata la schermata della figura 20 (Fig. 20) che attesta il successo dell'operazione.

5.3 Impostazione del BIOS su Avvio da chiavetta USB

Fondamentalmente, per avviare il sistema dalla chiavetta USB, è necessario entrare nel BIOS e informare il sistema che deve essere avviato da un dispositivo USB.

Molti notebook e schede madri sono configurati per l'avvio da UEFI, questa opzione rende impossibile l'avvio da USB, quindi è necessario avviare il Supporto Legacy prima che Linux 3DCS possa avviarsi.

Ci sono molti modi per accedere al BIOS. Il più noto è quando appena acceso il computer si preme ripetutamente il tasto **DEL**. Questa operazione però può variare da modello a modello. In alcuni casi i tasti da premere potrebbero essere **F2** , **F8** , **F10** , **F12** , ecc.

Oltre alle differenze dei tasti, le interfacce variano notevolmente. Alcune sono programmate in modalità testo e altre con interfaccia grafica. Ma in generale il concetto è più o meno sempre lo stesso.

In questo video, un esempio di configurazione su notebook Lenovo: https://www.youtube.com/embed/1sWjmBSPcN4

Importante: Poiché si tratta di un file di grandi dimensioni, Linux 3DCS non ha sempre l'ultima versione di OrtogOnBlender. Si consiglia vivamente di installare e aggiornare all'ultima versione seguendo il tutorial *Installazione di OrtogOnBlender in Linux*.

5.4 Ringraziamenti

Al Dott. Adriano Rocha Campos, non solo per il prezioso consiglio relativo ad Etcher, ma anche per gli esperimenti su Mac OS X. Grazie mille!

CAPITOLO 6

Protocollo di fotogrammetria facciale

In questa sezione l'utente troverà un pratico protocollo di scansione facciale 3D mediante la tecnica della fotogrammetria.

Non si tratta di un documento dettagliato, ma di una piccola guida per coloro che desiderano entrare nel campo della fotogrammetria o che hanno difficoltà a svolgere i loro test o lavori legati a questa tecnica.

Importante: Lo scopo di questo documento è quello di affrontare la scansione del volto per la chirurgia ortognatica e la pianificazione della rinoplastica. Se si desidera adottare un altro approccio, come la scansione completa del viso, il materiale qui esposto potrebbe non essere applicabile.

6.1 Come riprendere il soggetto

Il modo in cui vengono scattate le foto definisce il successo o il fallimento del processo di scansione del volto.

Le fotografie devono includere un campo di 90 gradi tra il primo e l'ultimo scatto da un punto di vista dall'alto (**Fig. 1**).

La prima foto (**Foto 1**) di lato, la successiva che punta sempre al centro del viso fino a raggiungere la zona frontale del viso (**Foto 7**). Di seguito, lo stesso schema fino all'ultima foto sull'altro lato (**Foto 13**).

I principianti molto spesso scattano foto di profilo del viso e questo finisce per danneggiare il risultato del lavoro, spesso non generando il modello o compromettendone la qualità.

Se osserviamo le fotografie in figura 2 (Fig. 2), vedremo chiaramente che una di esse, oltre a nascondere un occhio, ha ancora la regione nasale sporgente.

Nell'altra abbiamo il volume del naso completamente all'interno del viso ed appaiono entrambi gli occhi. Il consiglio è che l'utente parta da un punto in cui questo accade, soprattutto che il naso non sporga dal viso, puntando di lato.

È essenziale che l'immagine venga scattata ben chiusa sul volto, altrimenti il rischio di errori di calcolo aumenterà notevolmente (Fig. 3).

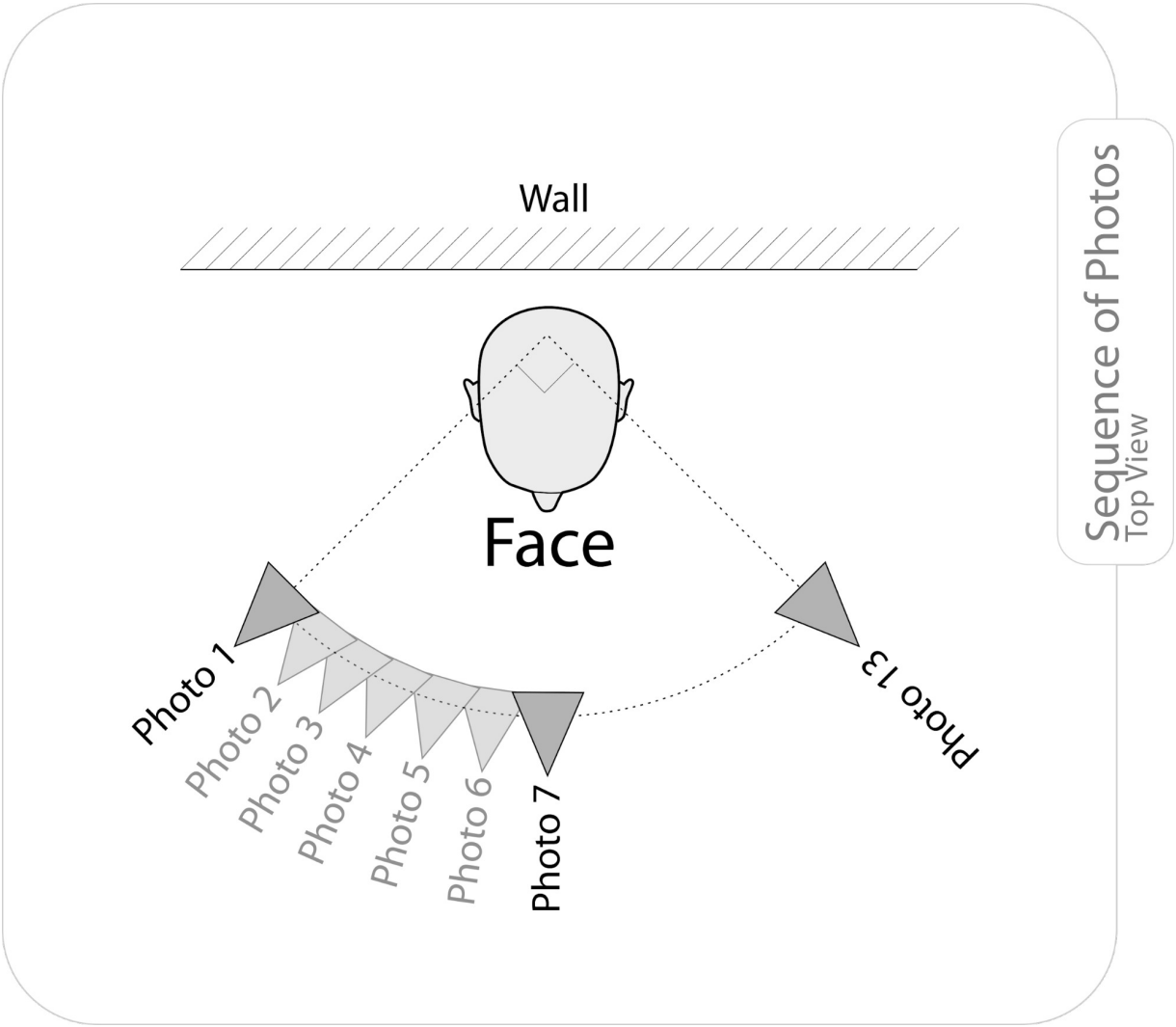


Fig. 1: Vista dall'alto con gli scatti fotografici.

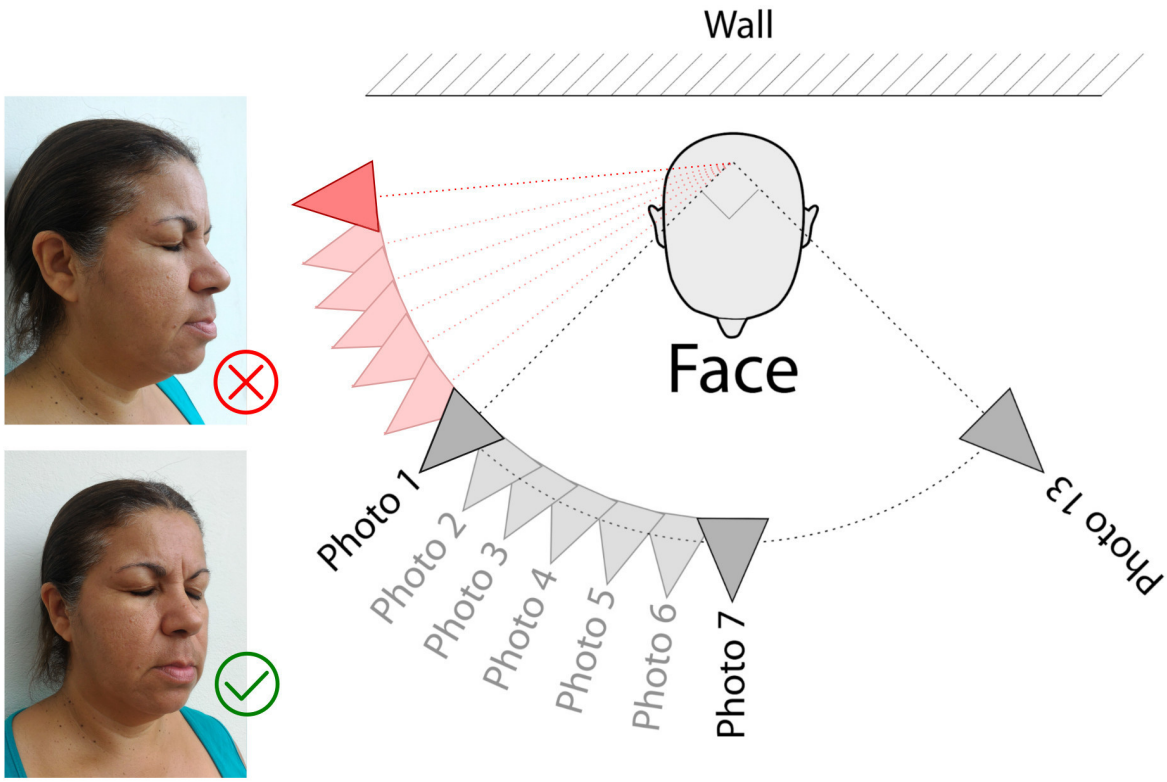


Fig. 2: Scatti fotografici inappropriati.

Fig. 3: Rilevamento del naso inappropriato (a sinistra) e ideale (a destra).

Fig. 4: Scatto indesiderato lontano dal viso (sinistra) e scatto ideale chiuso sul viso (destra).

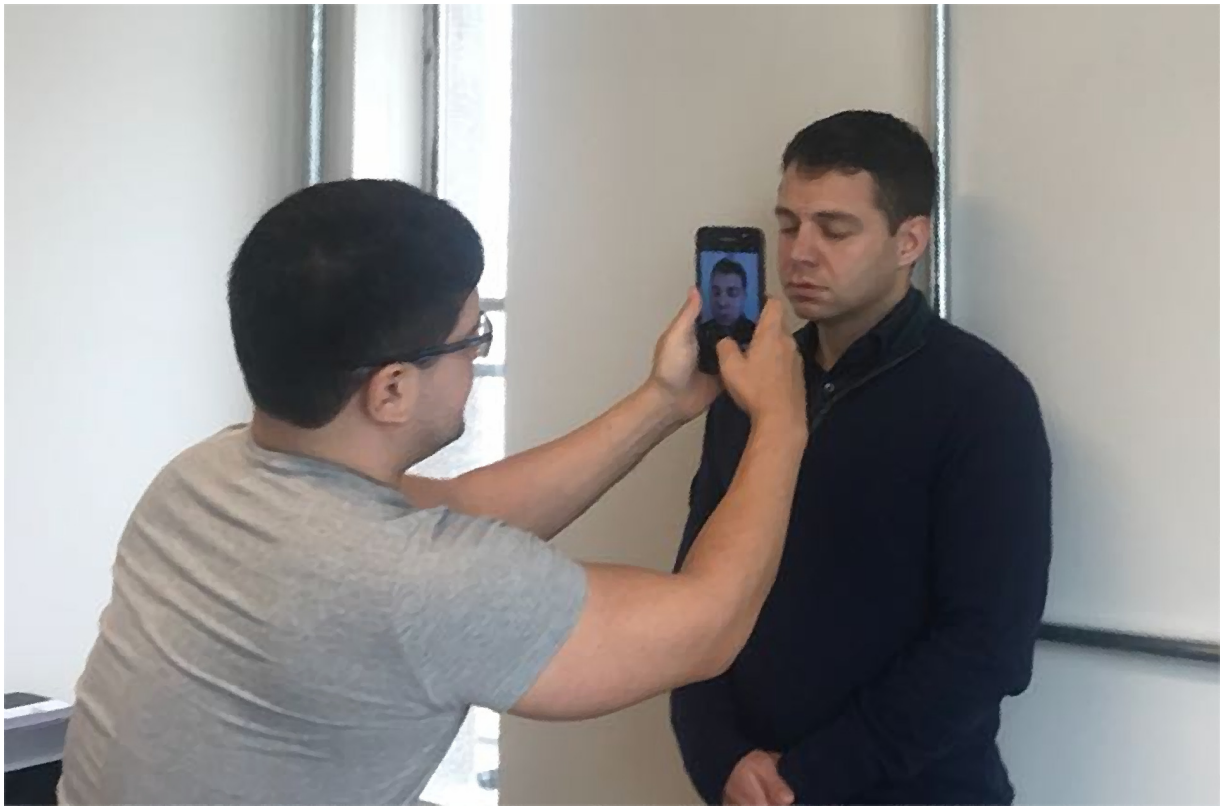


Fig. 5: Esempio della distanza ideale del dispositivo fotografico dal viso.

Quando si scatta, la fotocamera può avvicinarsi molto al viso, ma bisogna fare attenzione che nessuna parte del viso sia sfocata.

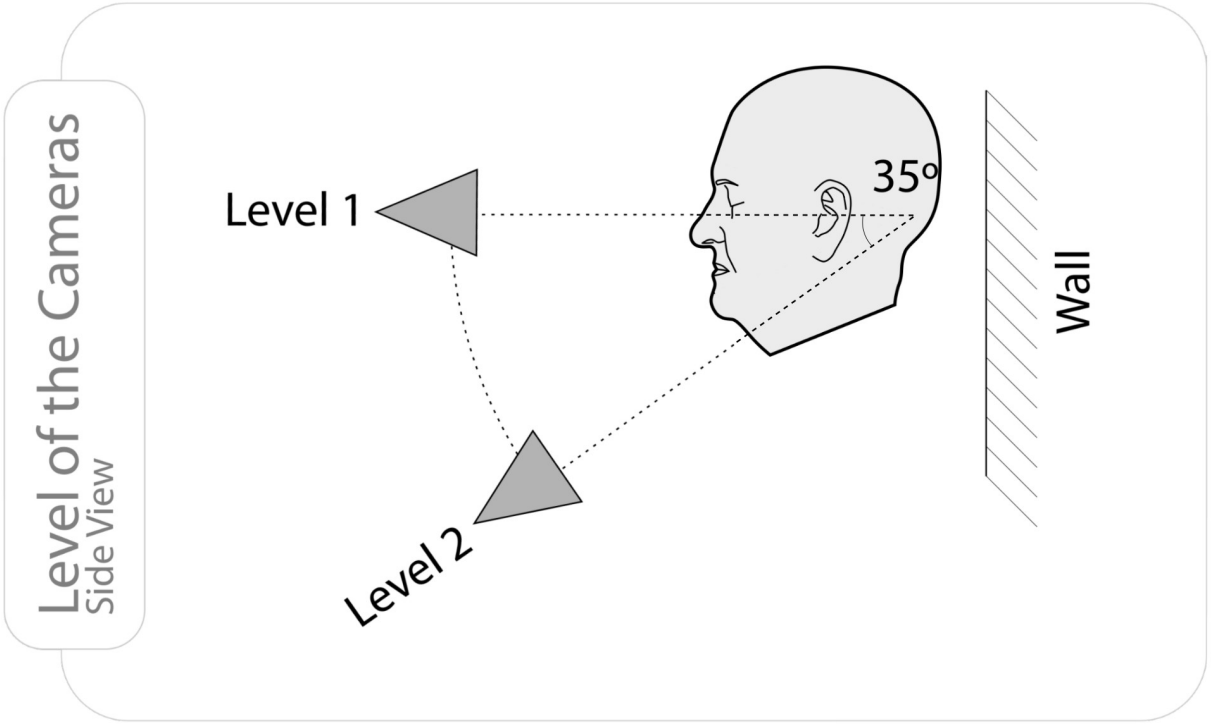


Fig. 6: Altezze ideali per entrambe le sequenze di foto del volto.

Sono necessari due archi fotografici per ottenere una buona area del viso (Fig. 6). Uno degli archi è realizzato all'orizzonte (Livello 1) mentre l'altro è preso circa 35 gradi più in basso (Livello 2) in modo da poter fotografare le vie respiratorie del naso.

Se nell'arco superiore gli scatti 1, 7 e 13 sono i fotogrammi di riferimento, nell'arco inferiore saranno gli scatti 14 (lato), 20 (centro) e 26 (lato opposto). Vedi figura 7 (Fig. 7).

In figura 8 (Fig. 8) abbiamo la sequenza di foto che rispettano il protocollo. In particolare, seguiamo l'osservazione del naso e degli occhi. L'utente non deve preoccuparsi eccessivamente degli angoli presi o anche del viso completamente centrato nelle foto 7 e 20 (l'esempio stesso ha una leggera rotazione). L'essenziale è che le foto non siano troppo distanti tra loro e che lo sfondo sia composto da un muro.

Avvertimento: Se la foto viene scattata in campo aperto, una parte significativa di ciò che si trova dietro il soggetto viene scansionata in 3D!

6.2 Illuminazione e preparazione del viso

Per garantire il successo della fotogrammetria, è necessario che l'utente conosca i limiti della tecnica, in modo da poter esplorare e utilizzare al meglio l'ambiente a sua disposizione.

Nella figura 9 (Fig. 9) abbiamo una tabella con diverse situazioni di illuminazione. Da un lato gli ambienti esterni ombreggiati, con luce diffusa e maggiore illuminazione da una direzione e dall'altro gli ambienti interni con illuminazione di un solo punto luce.

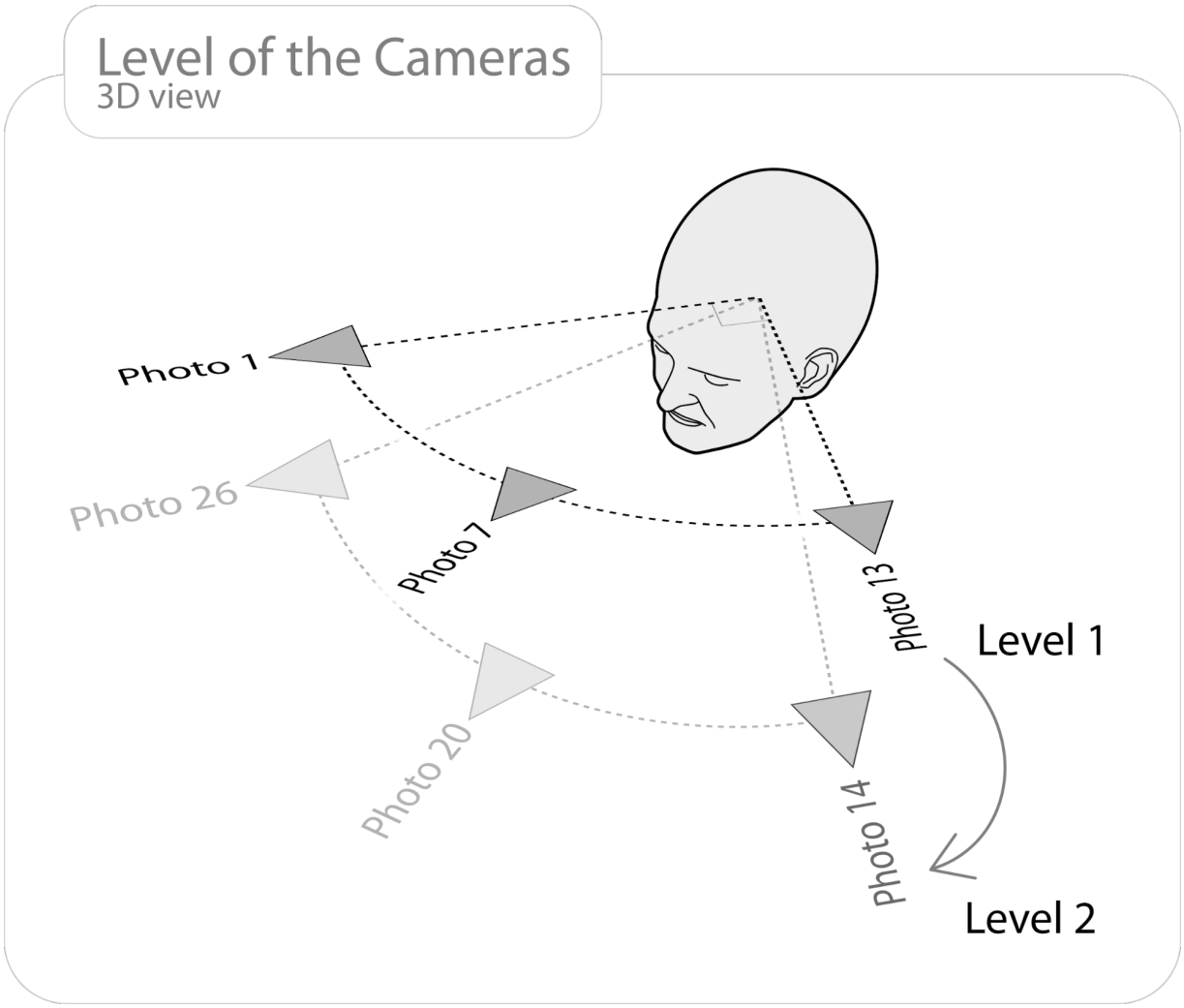


Fig. 7: Numero di foto e altezza di ciascuna di esse.

Fig. 8: Sequenza di fotografie del viso.

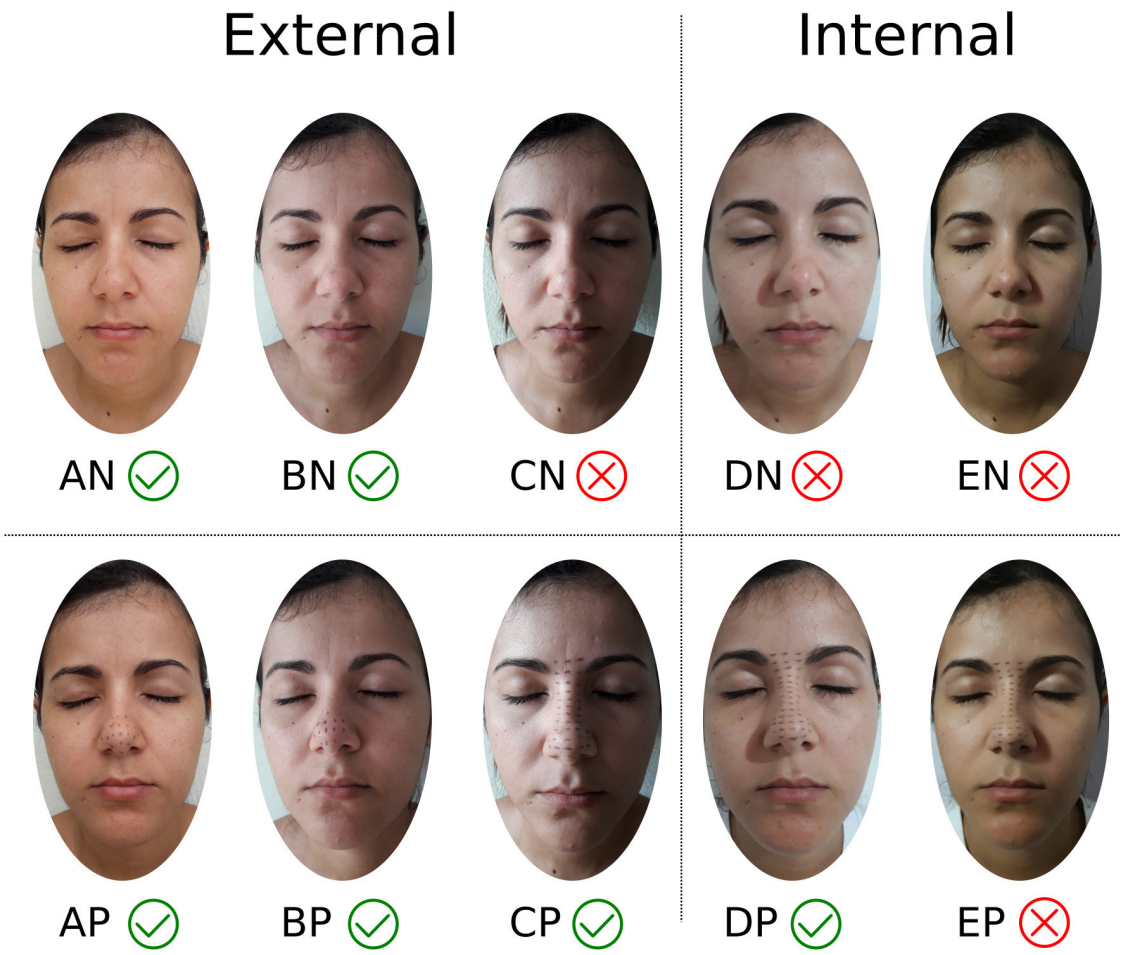


Fig. 9: Esempio di illuminazione in cui la fotogrammetria ha avuto successo (segno di spunta verde) e non ha avuto successo (X rossa).

- **AN**: Ambiente esterno ombreggiato con forte illuminazione diffusa.
- **BN**: Ambiente esterno curato con sorgente luminosa alla nostra sinistra.
- **CN**: Ambiente esterno coperto con scarsa illuminazione alla nostra sinistra.
- **DN**: Ambiente interno con un punto luce alla nostra destra.
- **DN**: Ambiente interno con un punto luce debole sulla sinistra.

Le icone accanto alle lettere rappresentano il successo e il fallimento nei tentativi di generare una mesh facciale. Nella parte superiore la maggior parte dei tentativi non ha avuto successo. Questo è successo perché il volto e la cattura delle immagini non hanno ricevuto alcun trattamento.

Nella linea inferiore il test è stato rifatto negli stessi ambienti, ma con due trattamenti:

Fig. 10: Viso che riceve un trattamento antiriflesso.

- Il naso ha ricevuto una spolverata di cipria (antiriflesso).

Fig. 11: Punti aggiunti per facilitare i calcoli fotogrammometrici da parte dell'algoritmo.

- Piccoli punti sono stati tracciati sul naso ogni 5 mm.

L'acquisizione è stata automatica e solo con questi piccoli cambiamenti quasi tutti i tentativi hanno avuto successo tranne EP. Guardare di nuovo la tabella nella figura 9 (Fig. 9) e confrontare i risultati.

Tuttavia, anche se la soluzione ha portato a risultati positivi nella maggior parte degli ambienti, non ha risolto tutti i casi.

Fortunatamente, le fotocamere digitali e gli smartphone (come in questo esempio) hanno una modalità di impostazione di acquisizione manuale mediante la quale l'utente può regolare e migliorare l'esposizione della luce, aumentando così le probabilità di successo nella fotogrammetria.

Avvertimento: L'utente dovrebbe evitare di esercitarsi per imparare la tecnica corretta fotografando i pazienti. Gli viene chiesto di allenarsi con persone vicine o collaboratori e di fotografare i pazienti solo dopo aver superato con successo gli esperimenti.

6.3 Come organizzare gli archivi

I file di fotogrammetria devono essere salvati in una directory contenente solo le foto scattate per tale operazione.

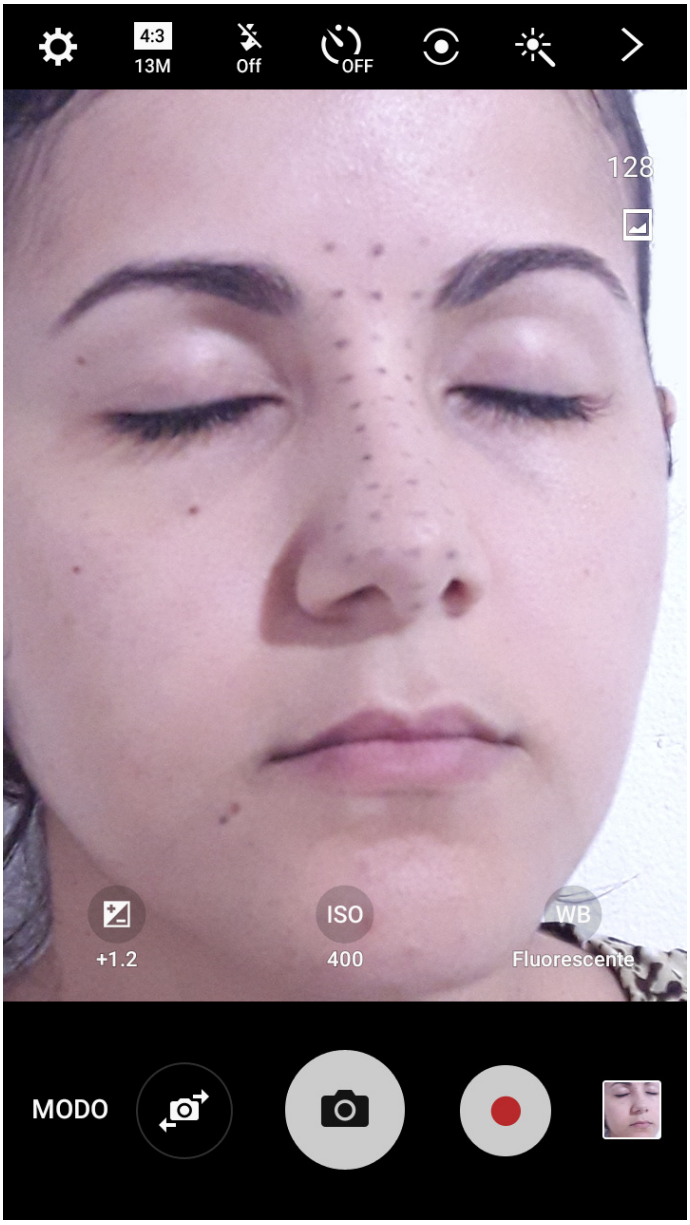


Fig. 12: Impostazione manuale ISO e altri elementi per una migliore acquisizione della luce.

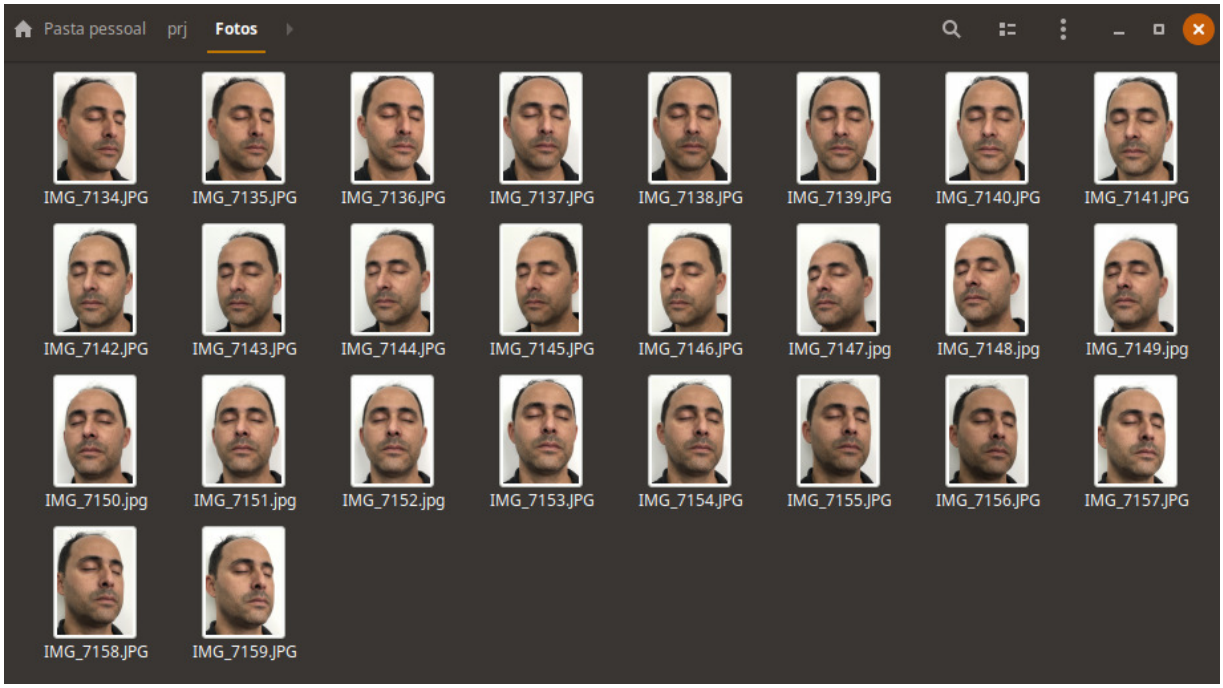


Fig. 13: Sequenza di 26 foto copiate nella directory.

Avvertimento: Non mischiare altre immagini o formati di file con gli scatti per fotogrammetria. Questo può portare ad errori nel processo di scansione 3D!

6.4 Letture raccomandate

Questa sezione presenta una piccola parte del materiale disponibile in General Protocol for Face Scanning applied to Orthognathic Surgery and Rhinoplasty Virtual Planning - Comparison between Tools, una pubblicazione con dati dettagliati e risultati relativi all'argomento trattato qui.

6.5 Ringraziamenti

All'insegnante Juecy de Quadros Ferreira e il Dott. Luciano Porto per aver fornito le immagini per gli studi. A Lis Caroline de Quadros Moura e Vanilsa Inez Pagliari per il contributo volontario alla produzione del materiale didattico sulla digitalizzazione facciale per la pianificazione della chirurgia ortognatica e della rinoplastica.

CAPITOLO 7

Semplice protocollo di fotogrammetria per cranio

Sebbene OrtogOnBlender non sia stato originariamente creato per la ricostruzione facciale forense, la ricostruzione della scena del crimine e la digitalizzazione del patrimonio culturale, con il programma queste attività possono essere svolte tranquillamente.

Questa sezione tratterà il protocollo di scansione del cranio, in modo che l'utente possa realizzarla nel modo più semplice e allo stesso tempo comprenderne i principi fondamentali.

7.1 Come fare le foto al cranio

Un modo efficace per scattare foto è quello di scegliere un'impostazione di sfondo monocromatico o infinito.

Se il cranio ha una mandibola è una buona idea inserirla e posizionare con cura le strutture sulla superficie. In figura 1 (Fig. 1) il cranio è stato posizionato su un foglio A3 con una serie di riferimenti per orientare il posizionamento dell'operatore e offrire anche le misure per il successivo ridimensionamento.

Se si desidera scaricare il PDF per la stampa su un foglio A3, è possibile farlo al seguente link: http://www.ciceromoraes.com.br/downloads/OrtogOnBlender/Base_Fotogrametria_Cranio_A3.pdf

Le foto devono essere scattate appena sopra il cranio, con un'inclinazione di circa 17° (Fig. 3).

Secondo questo protocollo sono necessarie 36 fotografie intorno al cranio, una ogni 10 gradi (Fig. 4).

Osservando più da vicino, è chiaro che le linee di angolazione coincidono con le tracce del foglio A3 (Fig. 5).

Tuttavia, come farà il fotografo a sapere che le foto sono state scattate ogni 10 gradi?

In primo luogo, non c'è bisogno che il fotografo muova la macchina fotografica intorno al cranio e, com'è stato scritto sopra, l'ideale per questo tipo di scatto è uno sfondo infinito.

La fotocamera può essere posizionata su un treppiede di fronte al cranio o addirittura tenuta con le mani. Con entrambe le mani appoggiate ai lati del foglio A3, il fotografo può ruotare leggermente il foglio. Poiché il cranio sarà al centro, esso funzionerà come peso e asse di rotazione (Fig. 6).

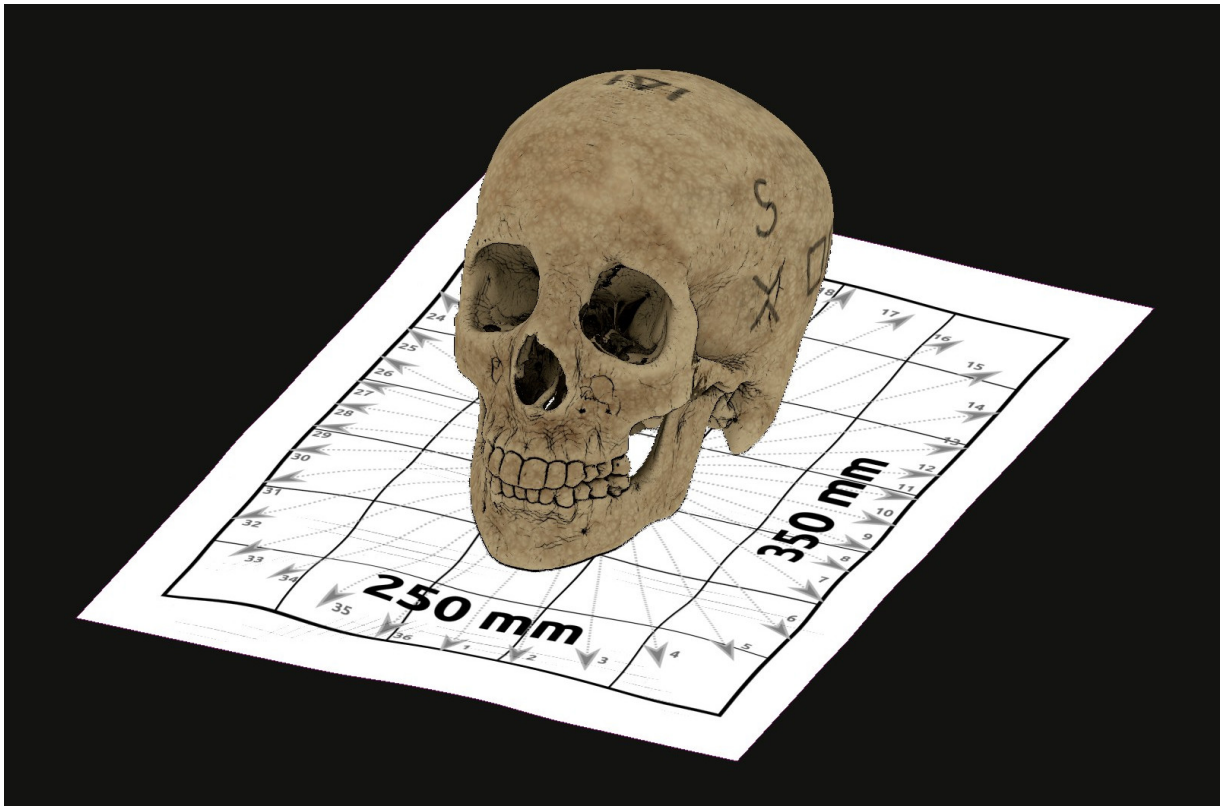


Fig. 1: Cranio posizionato sul foglio con misure di riferimento.

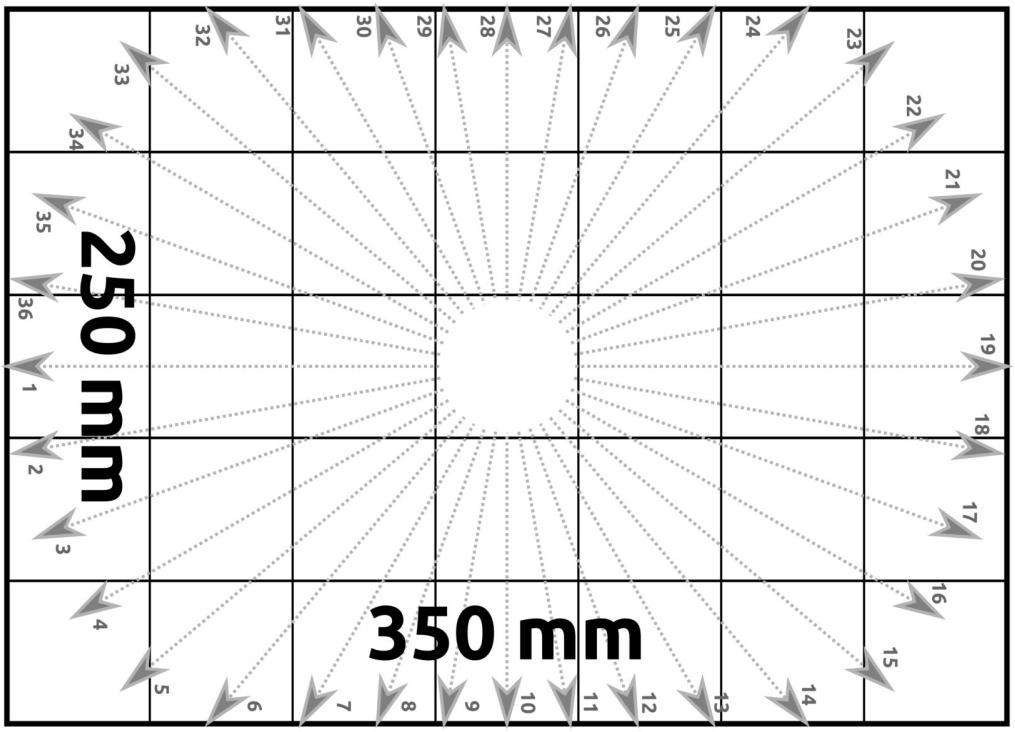


Fig. 2: Foglio di riferimento per la misurazione e posizionamento degli scatti fotografici (dopo la stampa è necessario misurare la figura per verificare la scala).

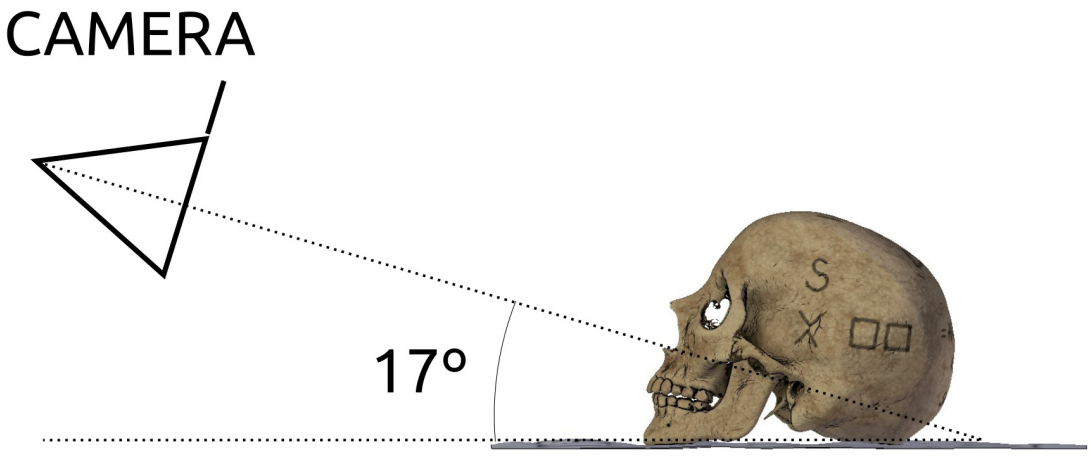


Fig. 3: Inclinazione proposta per le fotografie.

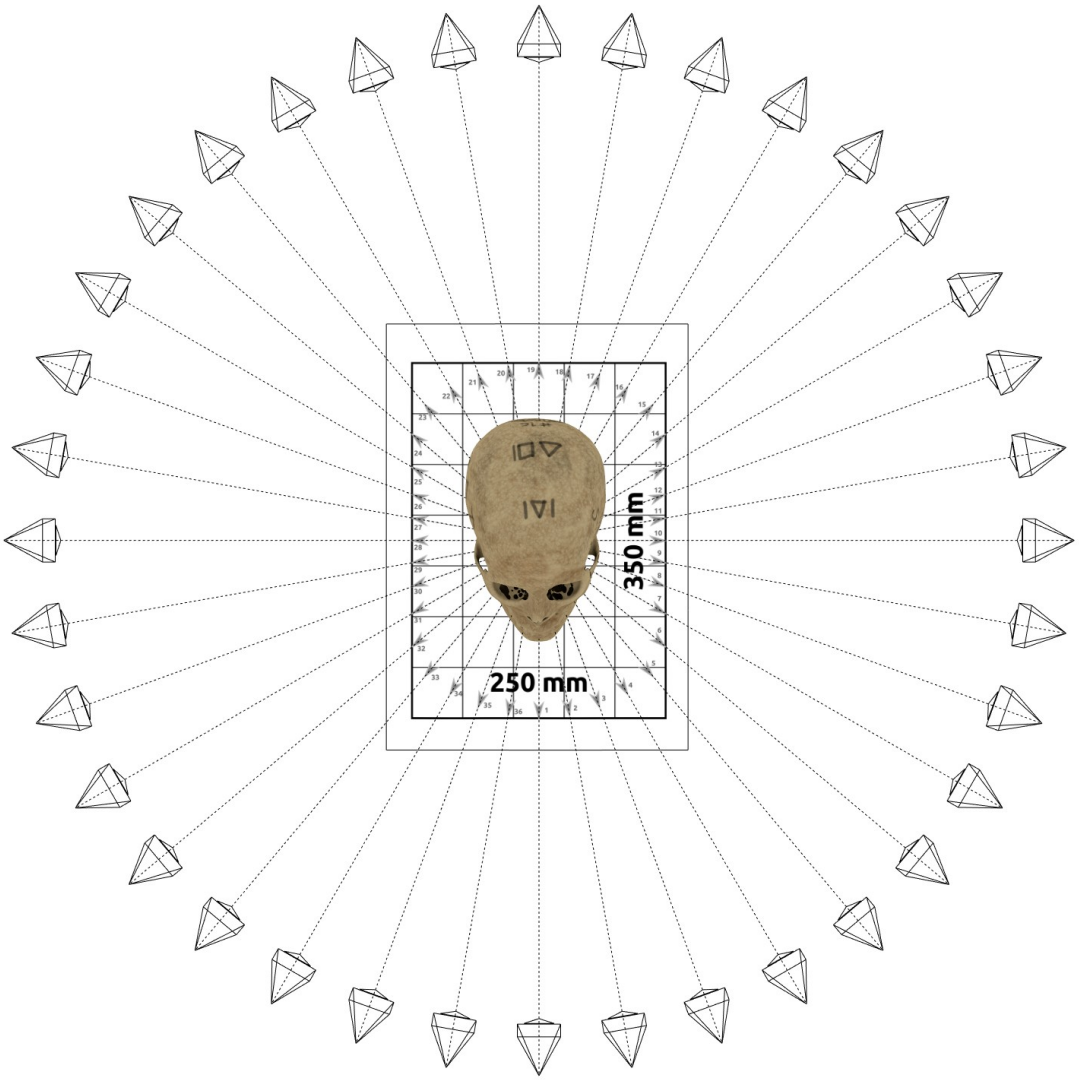


Fig. 4: Punti di tutti gli scatti fotografici.

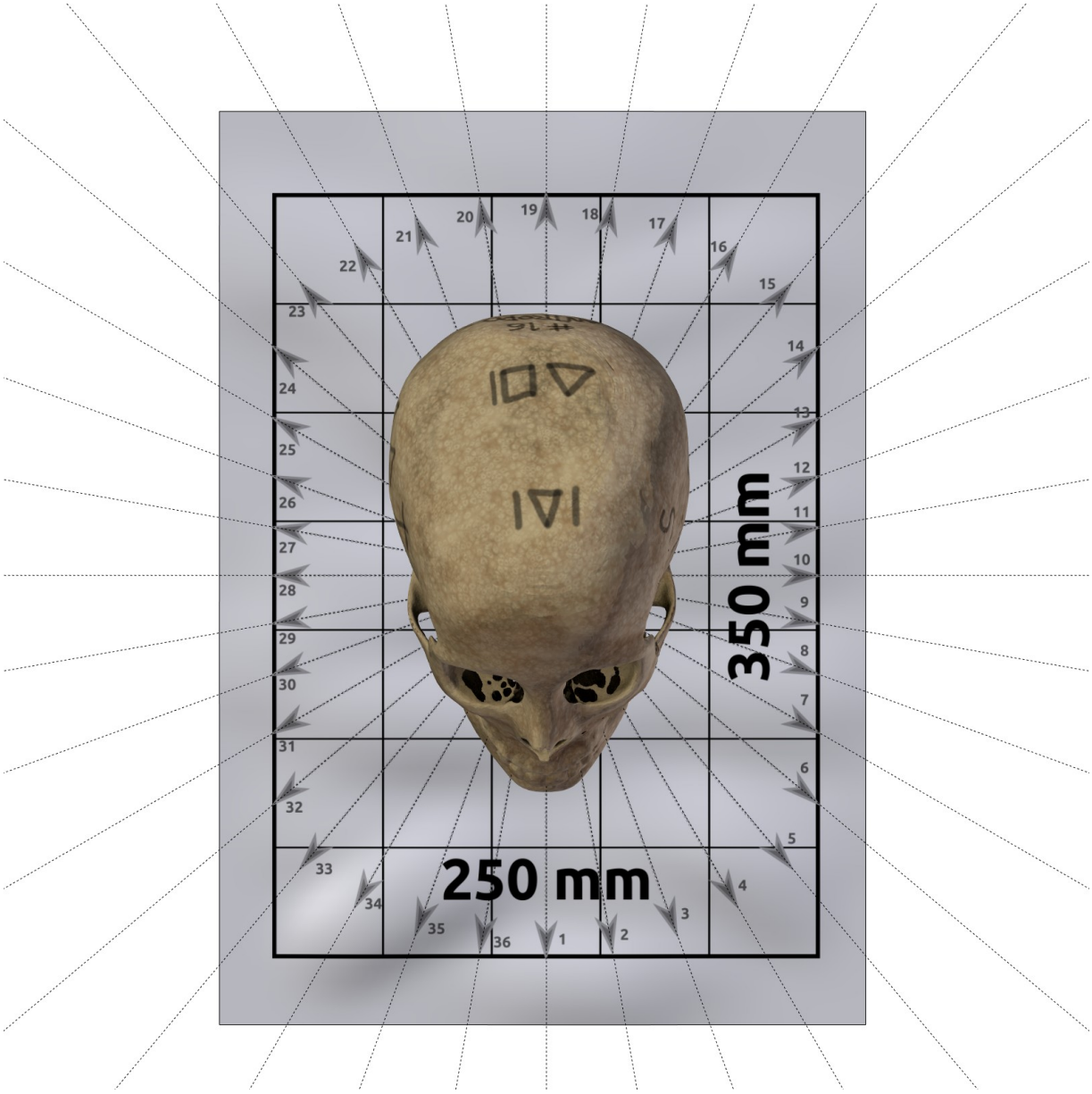


Fig. 5: Compatibilità degli scatti fotografici e le linee di riferimento proposte sul foglio.

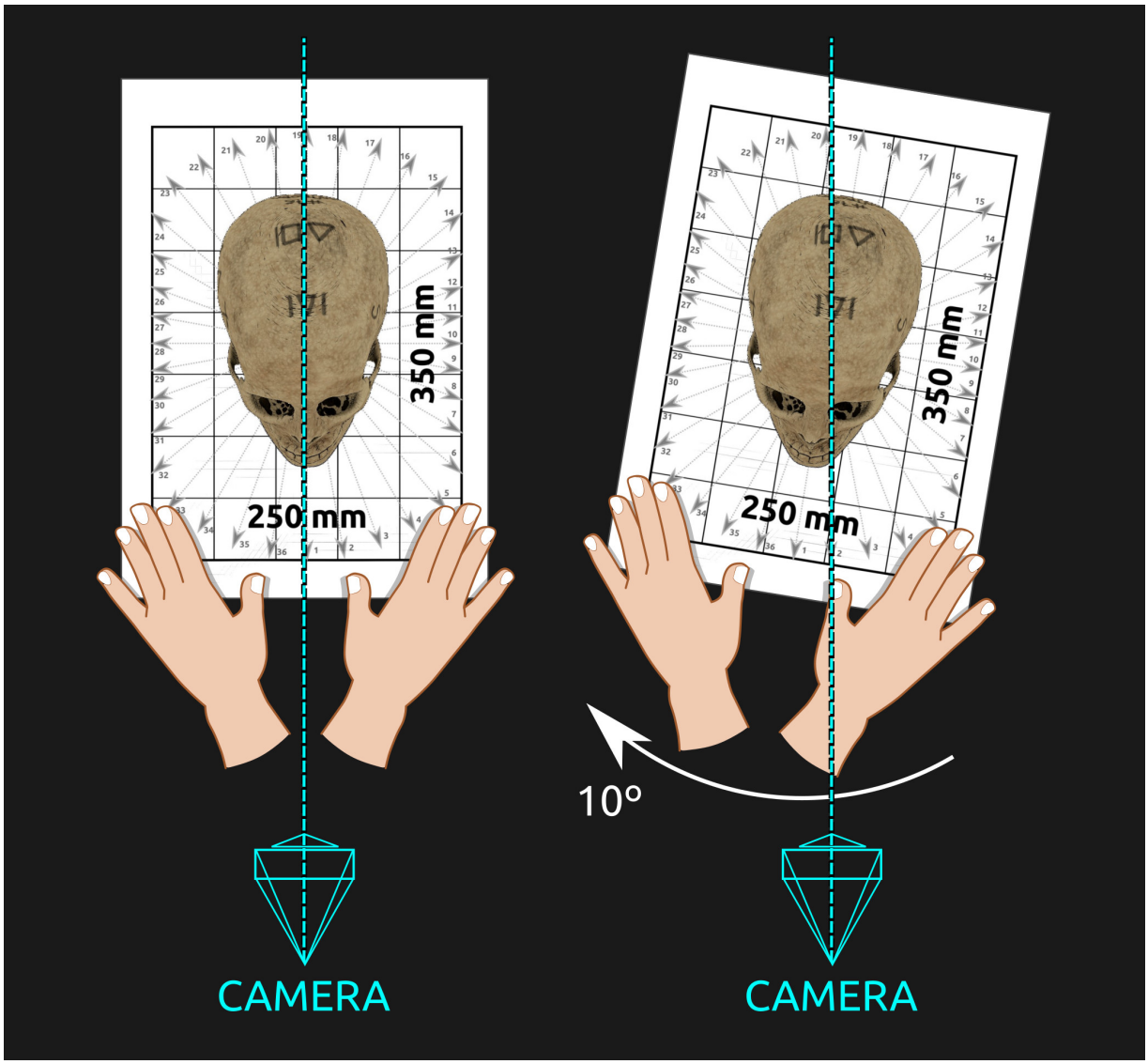


Fig. 6: Rotazione manuale del foglio tra una presa e l'altra.

Avvertimento: Fare molta attenzione quando si ruota il foglio! Il cranio non può spostarsi rispetto al foglio stesso, altrimenti l'algoritmo non genera un buon modello!

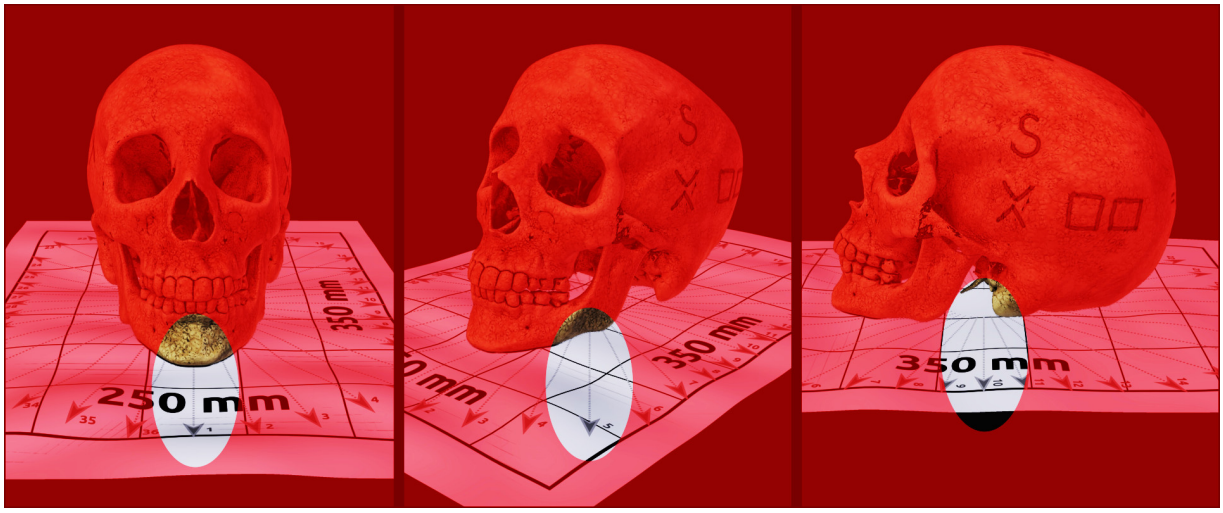


Fig. 7: Rappresentazione della linea con lo scatto corrente dal punto di vista della telecamera.

Naturalmente la freccia con il numero della foto sarà rivolta verso la fotocamera creando una linea retta dall'alto verso il basso, come nelle inquadrature mostrate in figura 7 (Fig. 7).

Gli scatti vengono effettuati (Fig. 8) e i file devono essere salvati in un'apposita directory.

7.2 Protocollo a doppio cerchio

Per garantire un buon risultato nell'ottenere il cranio si esegue un ulteriore cerchio di foto (Fig. 9).

Se nella presa precedente l'angolo era di 17°, ora dovrebbe essere di 45° (Fig. 10).

Le foto mostrano più ampiamente la parte superiore del cranio (Fig. 11).

Suggerimento: Se si desidera procedere con i test utilizzando le foto degli esempi di cui sopra, sono disponibili per il download al seguente link: https://goo.gl/jV2YTD

7.3 Letture consigliate

- New technique in facial reconstruction: the case of Giovanni Battista Morgagni
- Demonstration of protocol for computer-aided forensic facial reconstruction with free software and photogrammetry
- APPLICABILITY OF OPEN SOFTWARE PHOTOGRAMMETRY TO FORENSIC ANTHROPOLOGY

Fig. 8: Scatti fotografici.

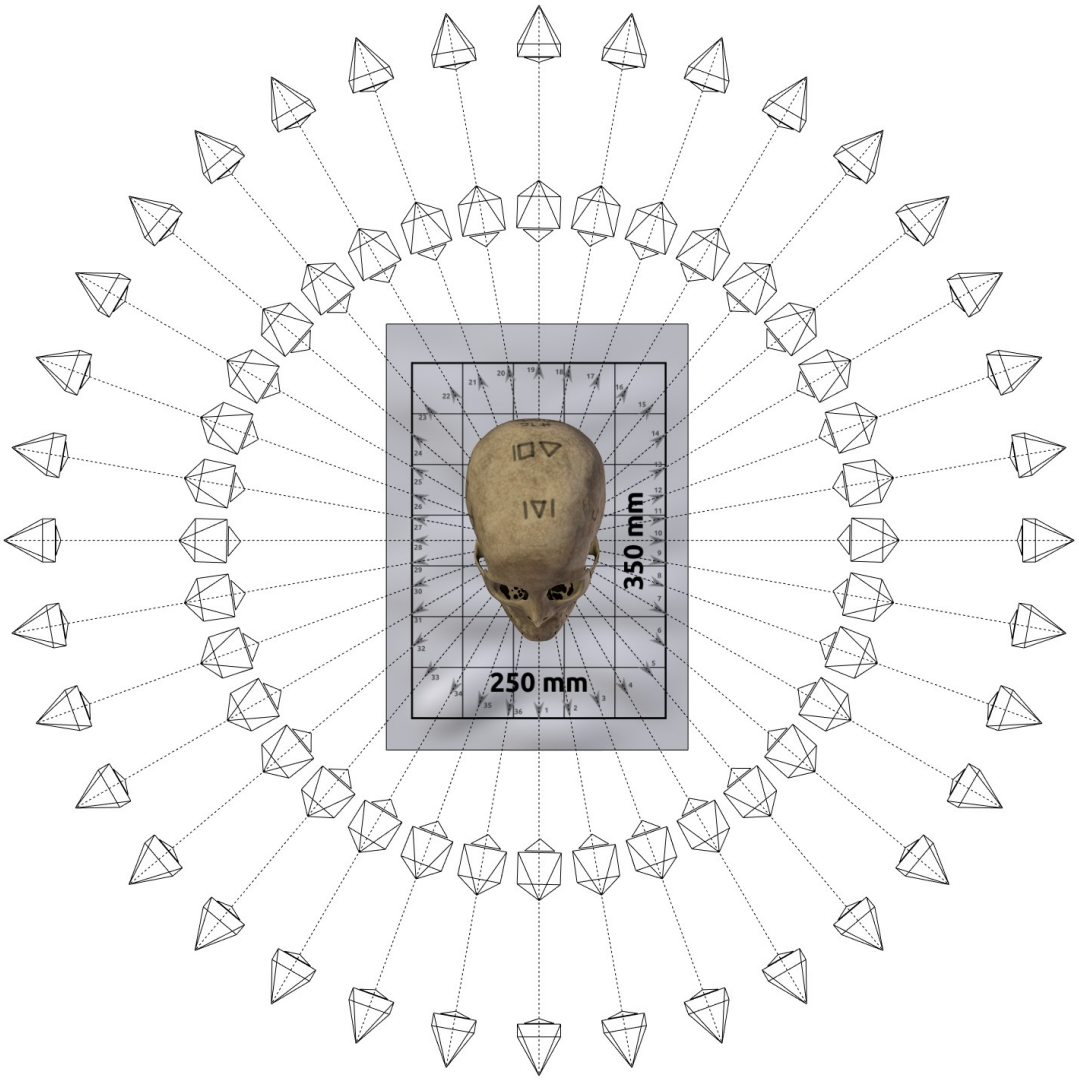


Fig. 9: Esempio di ripresa fotografica doppia.

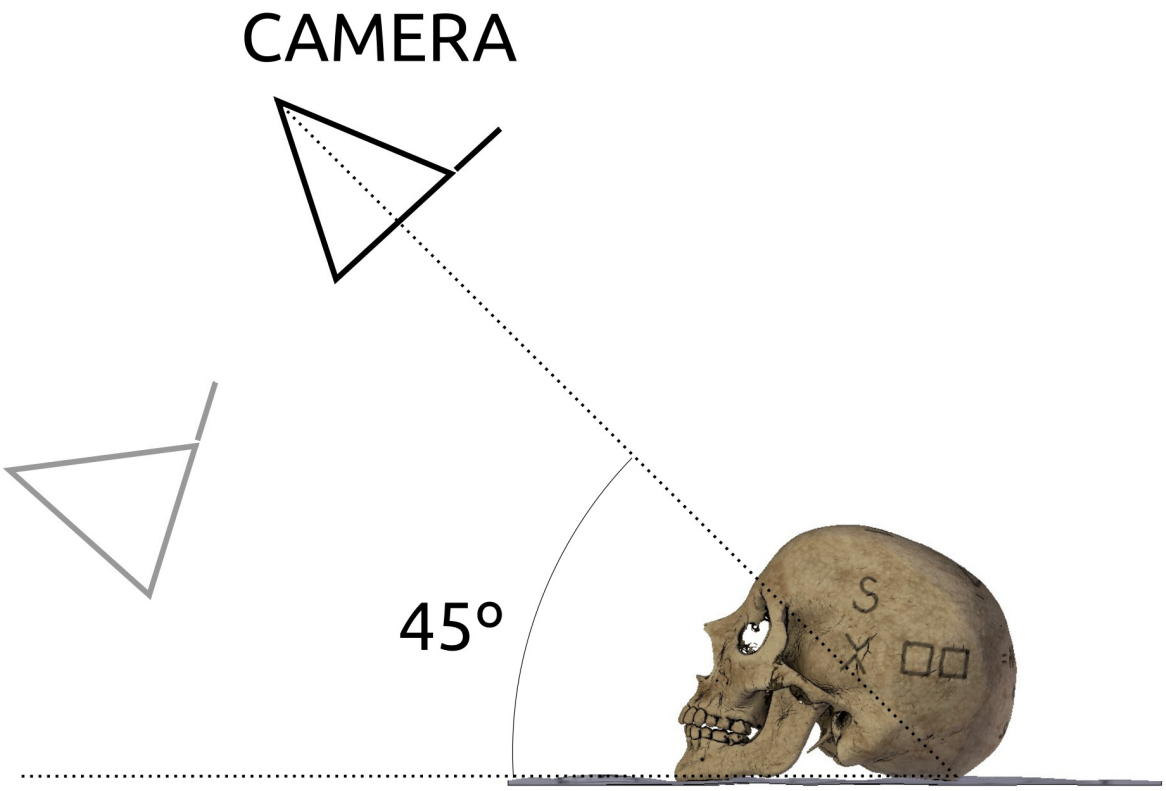


Fig. 10: Suggerimento di inclinazione per riprese fotografiche complementari.

Fig. 11: Sequenza complementare degli scatti.

CAPITOLO 8

Protocollo di tomografia per la pianificazione della chirurgia ortognatica

L'uso della tomografia computerizzata (TC) è essenziale per la pianificazione della chirurgia ortognatica e se lo specialista si prende particolarmente cura dei dati al momento della loro acquisizione, può avere meno lavoro e maggiore accuratezza nel processo successivo.

8.1 Denti uniti

In molte scansioni TC il paziente tocca o sfiora i denti e questo può essere un problema al momento della ricostruzione 3D.

In Figura 1 (Fig. 1) vediamo una mesh che presenta denti antagonisti «incollati», risultato dell'approccio utilizzato dall'algoritmo di ricostruzione 3D.

Un modo per evitare una tale situazione è quello di separare leggermente i denti al momento dell'acquisizione dei dati.

Il paziente può posizionare una struttura in cera tra i denti separandoli leggermente (Fig. 2).

La figura 3 (fig. 3) mostra una ricostruzione con l'oggetto in cera che separa i denti.

Questo permetterà ai denti s»uperiori e inferiori di non fondersi tra loro quando la tomografia viene convertita in una mesh 3D, facilitando così la segmentazione non solo dei denti ma anche della mandibola (Fig. 4).

8.2 Denti - Soluzioni per gli artefatti

Un'altro problema che di solito richiede molto lavoro per essere risolto è quello dei cosiddetti artefatti che deformano la regione in cui si trovano, causati dalla presenza di brackets, viti e dispositivi simili.

Un modo per risolvere il problema è la scansione della replica delle arcate in gesso. Nella figura 5 (Fig. 5) vediamo la differenza di risoluzione e l'assenza di artefatti nel secondo molare della replica a sinistra.

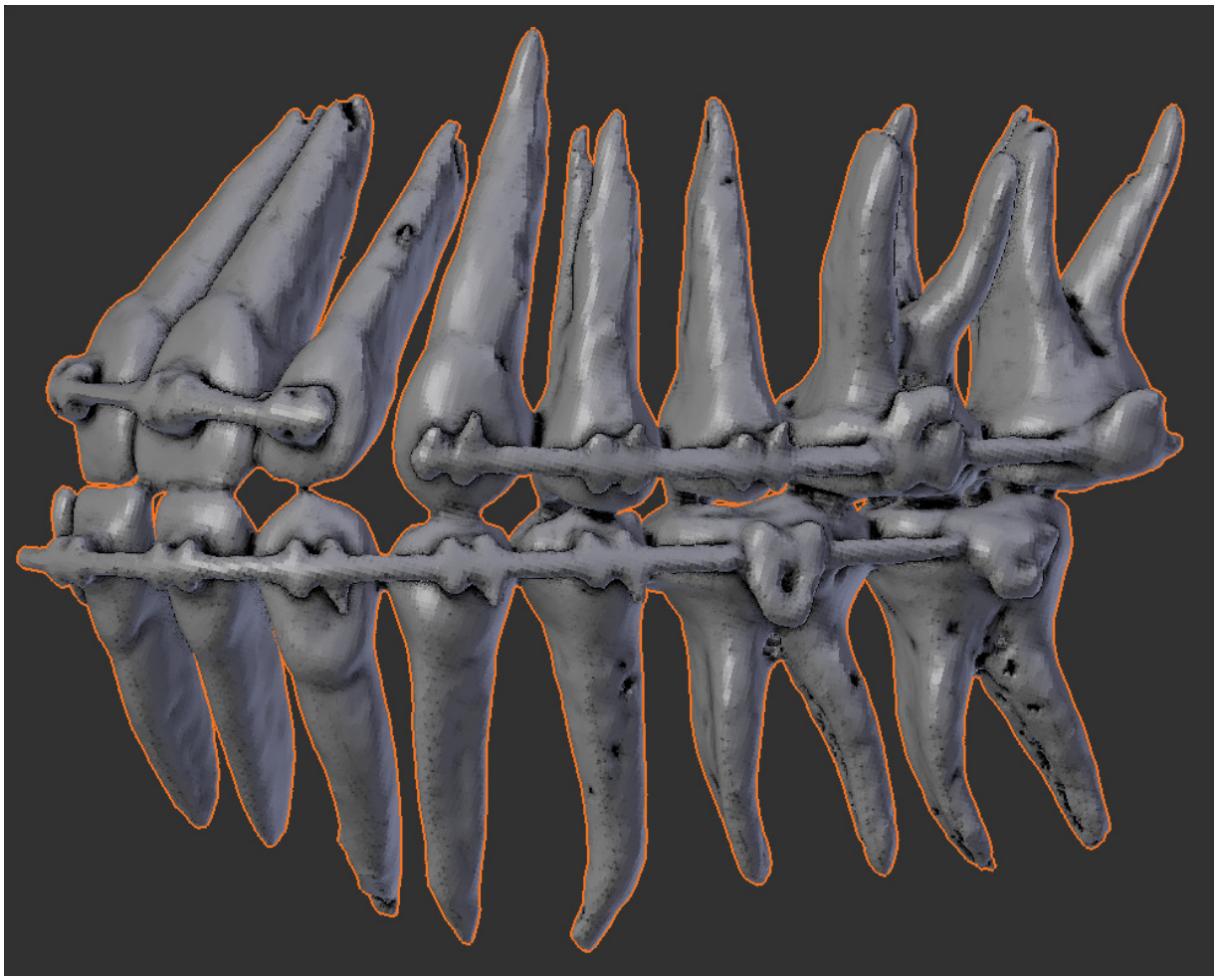


Fig. 1: Esempio di denti uniti nella ricostruzione 3D.

Fig. 2: Denti separati con struttura a bassa densità.

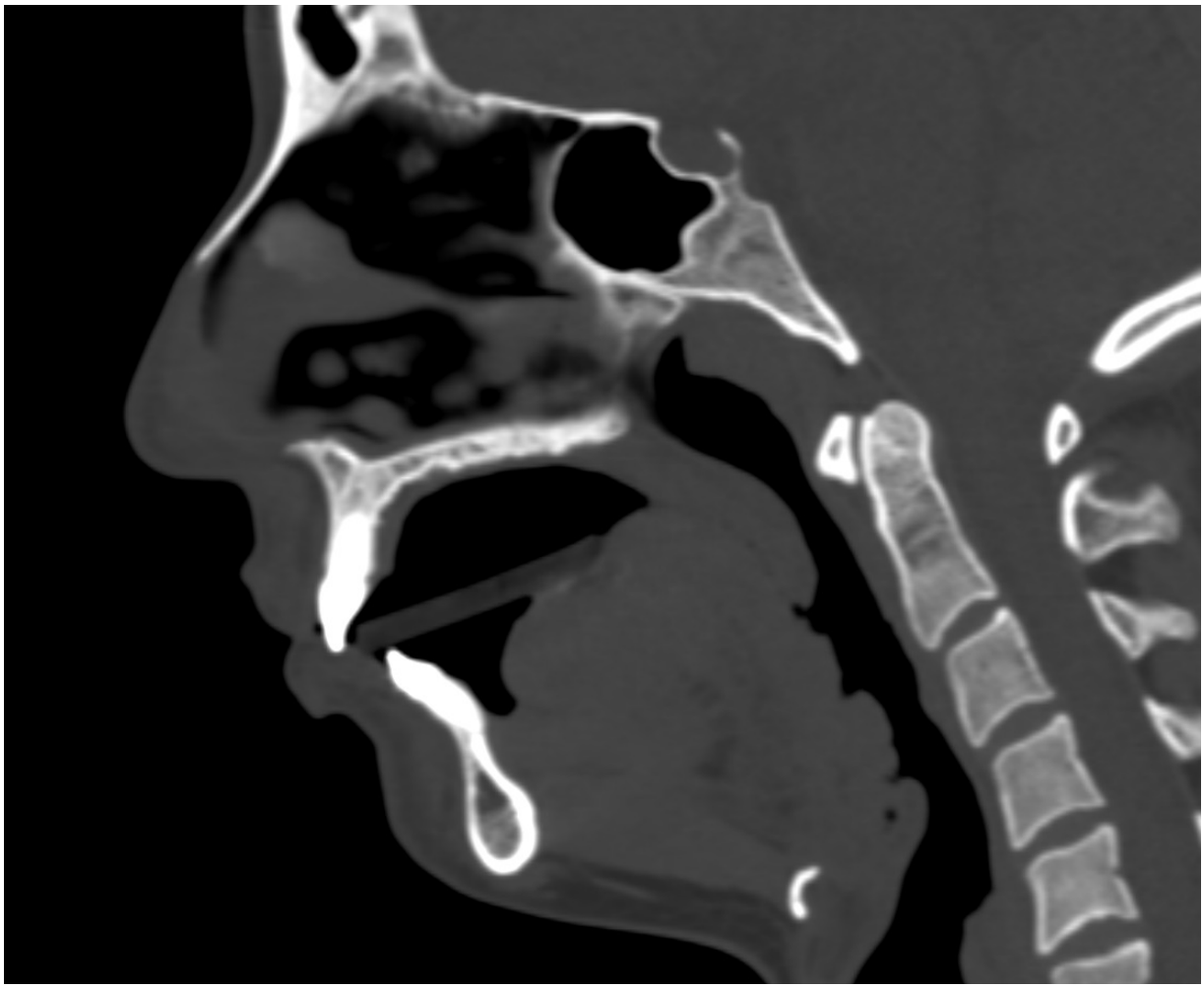


Fig. 3: Visualizzazione della struttura a bassa densità nella tomografia.

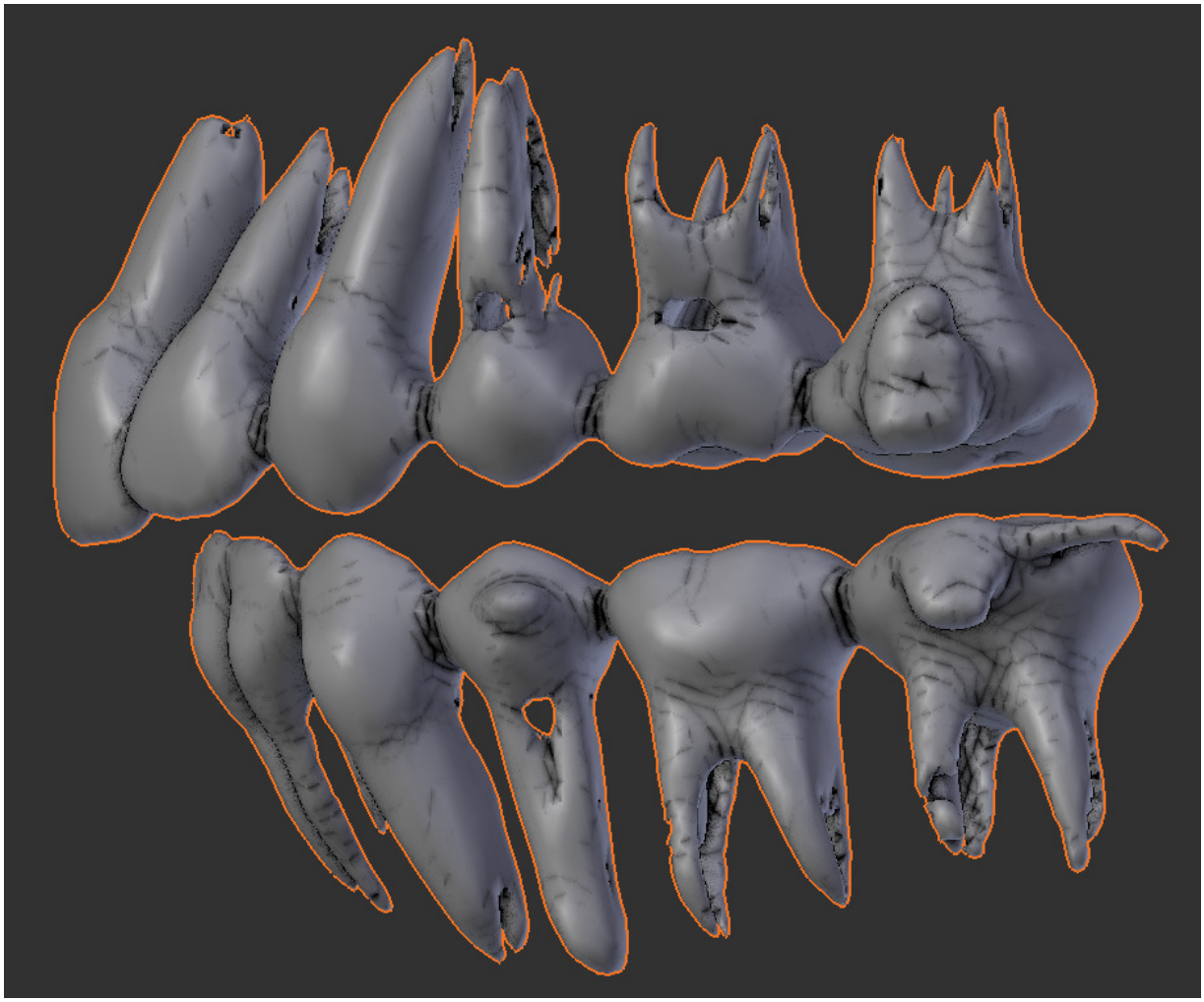


Fig. 4: Denti derivanti dalla ricostruzione mediante distanza di sicurezza realizzata con la struttura a bassa densità.

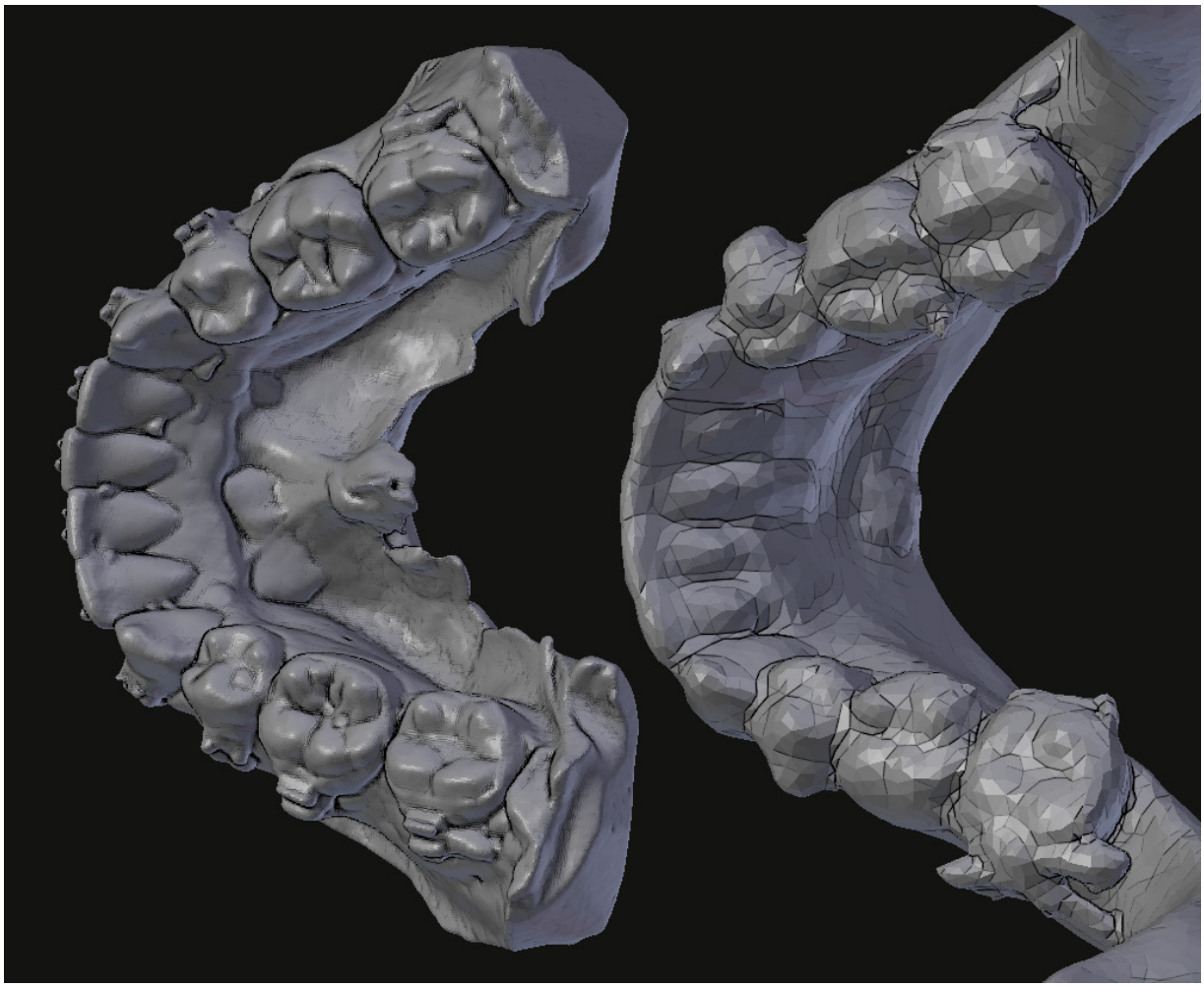


Fig. 5: Arcata proveniente da un modello (a sinistra) e un'altra ricostruita con la tomografia (a destra).

Tuttavia, mentre la replica in gesso facilita l'ottenimento di un modello pulito, richiede anche ulteriori fasi di lavoro, oltre alla capacità dell'esperto di evitare bolle d'aria che potrebbero compromettere la qualità superficiale del modello.

Fig. 6: Modelli in gesso e impronte.

Fortunatamente, possiamo usare direttamente l'impronta che è servita come base per la generazione del modello (in viola e arancione nell'immagine sopra) come mostrato in figura 6 (Fig. 6).

Una volta che le impronte sono state scansionate in tomografia, possiamo ricostruirle in 3D. Il risultato è una mesh che sembra un guscio d'uovo ma a forma di stampo. Per evidenziare i denti basta cancellare la parte che nasconde la struttura dell'arcata (Fig. 7).

Uno dei vantaggi di questo sistema si può vedere nella figura 8 (Fig. 8), dove una replica in gesso digitalizzata (più chiara in alto) è stata confrontata con una derivata da impronta.

È evidente che nella replica in gesso alcune bolle d'aria hanno compromesso la struttura degli incisivi, cosa che non è avvenuta nel modello appena sotto, dato che in questo l'intero dente appare integro.

Importante: Nel caso di repliche di arcate si consiglia l'uso della tomografia a fascio conico (CBCT).

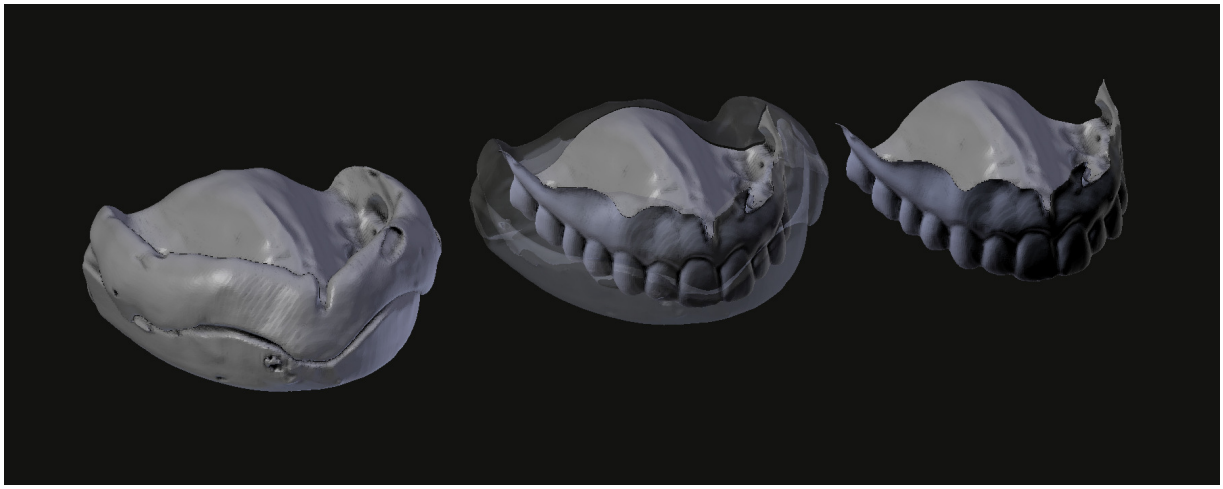


Fig. 7: Fasi del passaggio per la conversione da negativo a positivo.

Fig. 8: Modello ricostruito da gesso con piccole bolle d'aria (sopra) e modello ricostruito da un negativo senza le bolle (sotto).

8.3 Problemi di importazione della sequenza

OrtogOnBlender offre molte possibilità di importare le mesh da DICOM, ma il sistema non sempre funziona, come nel caso di sezioni contenute in un singolo DICOM. In questo caso l'utente potrebbe aver bisogno di aprire la tomografia in un editor esterno come Slicer, ad esempio.

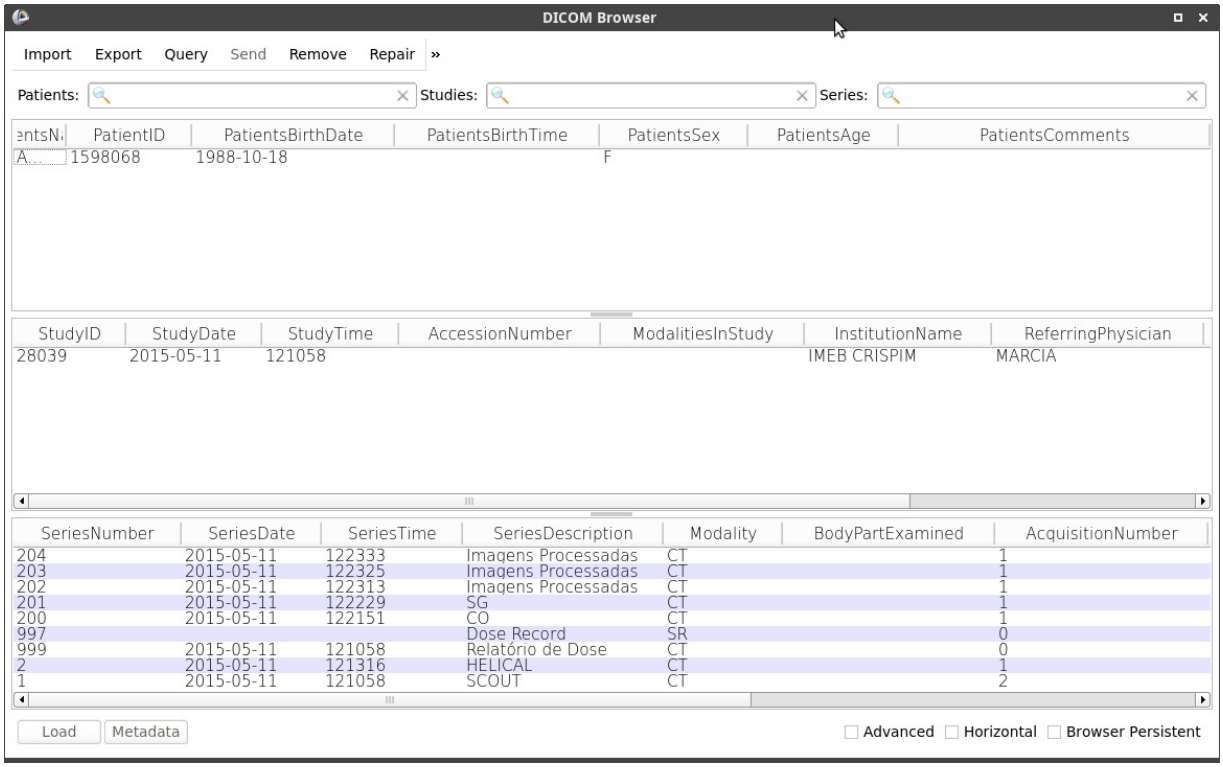


Fig. 9: DICOM Browser del software Slicer.

Nella Figura 9 (Fig. 9) abbiamo un esempio di tomografia che contiene 9 diverse serie all'interno della sua struttura, ma ne verrà utilizzata una sola.

Una volta aperta la sequenza desiderata, l'utente può esportarla in una nuova directory contenente solo le porzioni desiderate, semplicemente usando il comando ***Export to DICOM...*** (Fig. 10).

8.4 Importare file in OrtogOnBlender

Il processo è estremamente semplice e consiste solo nell'impostare la directory tomografica e nell'ordinare la ricostruzione.

In alto nella sezione **CT-Scan 3D Reconstruction**, in **CT-Scan Manual Reconstruction** l'utente:

1. Indica la directory dove si trovano i file DICOM (.dcm);
2. Clicca sul tipo di acquisizione, a seconda che si tratti di tomografia medica (CT-Scan) o di Cone Beam (CBCT);
3. Clicca su **"Convert DICOM to 3D"** (Fig. 11).

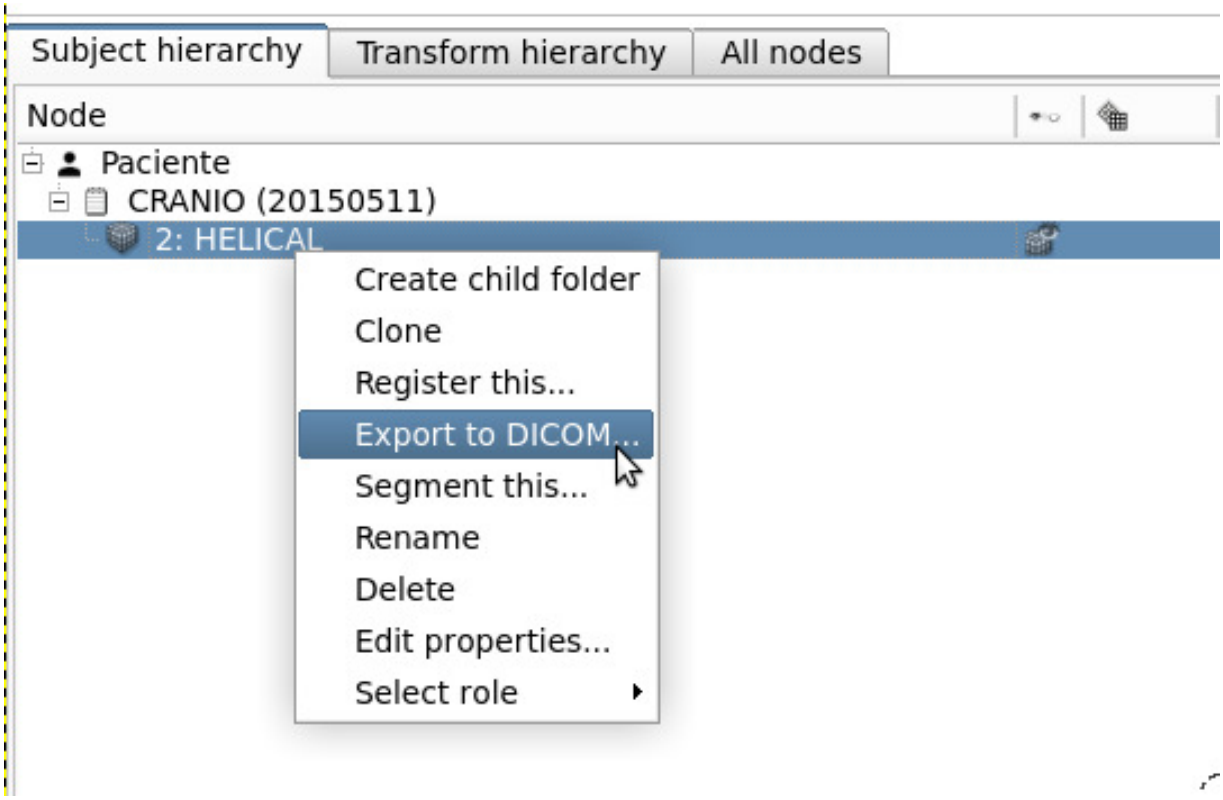


Fig. 10: Esportazione di una sequenza DICOM in Slicer.

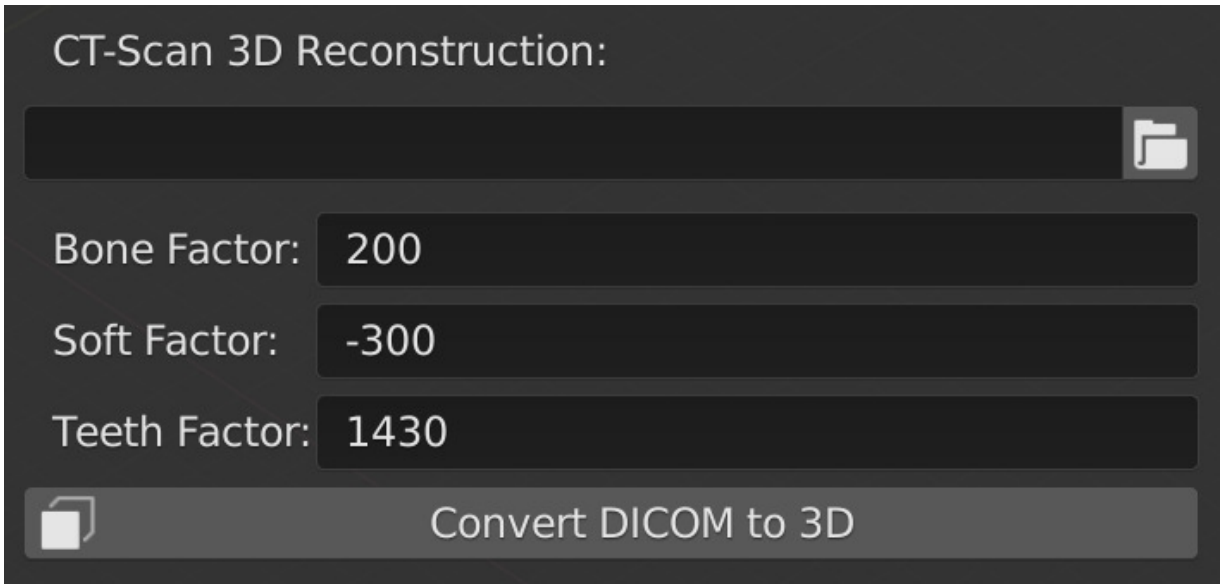


Fig. 11: Parametri di ricostruzione della tomografia DICOM.

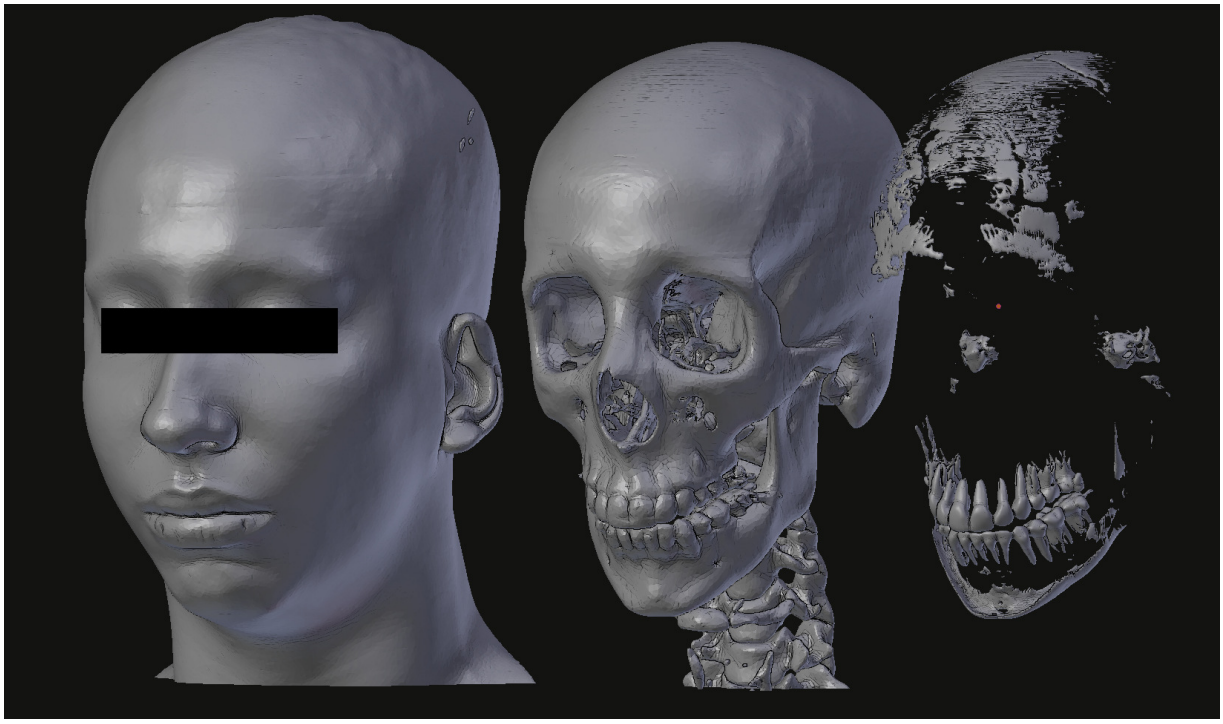


Fig. 12: Mesh ricostruite secondo i parametri indicati.

Se la procedura è corretta, OrtogOnBlender importerà tre mesh distinte: tessuti molli (pelle e vie aeree), ossa e denti.

Nella figura 12 (Fig. 12) le mesh sono state posizionate una accanto all'altra per evidenziare le differenze.

Come ogni altro software, il sistema non sempre funziona come previsto e può accadere che la ricostruzione non sia adeguata nelle aree desiderate.

Nella Figura 13 (Fig. 13), ad esempio, la ricostruzione del centro che corrisponderebbe alle ossa comprende parte dei tessuti molli.

Ciò accade spesso a causa della differenza tra le librerie software o il modello di scanner CT.

Fortunatamente, c'è un modo per sapere quale sarà il parametro di ricostruzione necessario. Basta utilizzare l'opzione **Threshold Range** dell'opzione Slicer **Editor**. Nell'esempio, il valore è **397** (Fig. 14).

In questo modo l'utente riporta il valore ottenuto in **«Bone Factor»** e genera il modello (Fig. 15).

Questo assicura la ricostruzione della sola area desiderata (Fig. 16). Il problema dell'artefatto sarà risolto con i modelli delle arcate digitalizzati separatamente.

8.5 L'importanza della fotogrammetria

Come discusso in precedenza, nel campo della radiologia ci sono un certo numero di apparecchiature e librerie utilizzate per la generazione di dati digitali. Questa eterogeneità può spesso produrre risultati non in linea con le esigenze dello specialista.

Nelle scansioni a Cone Beam abbiamo il caso di perdita di dati nella regione che corrisponde alla punta del naso (Fig. 17) o nella regione del condilo.

Fig. 13: Esempio di parametro incompatibile con la regione desiderata.

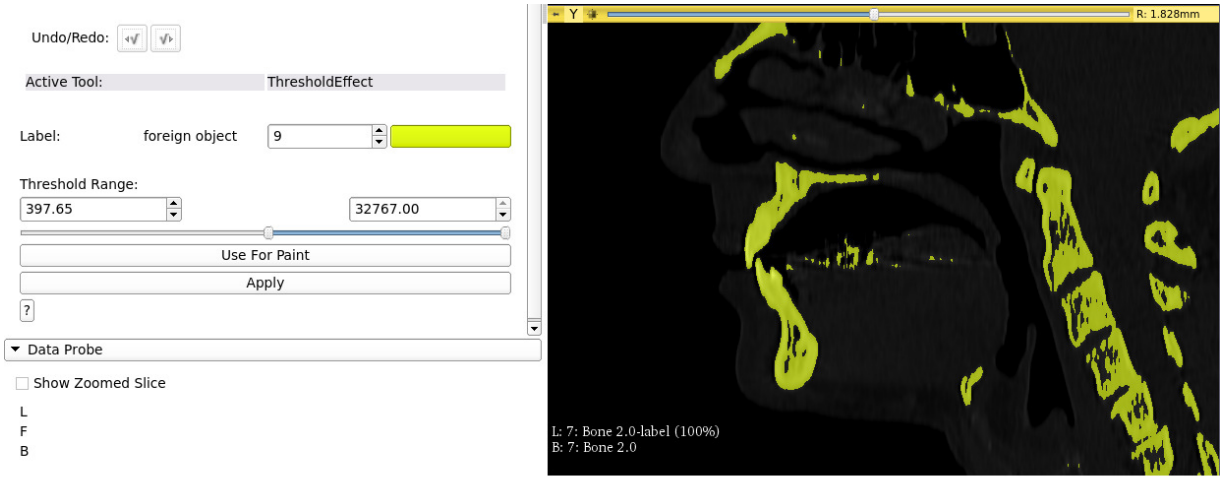


Fig. 14: Impostazione della soglia (Threshold Range) in Slicer per l'isolamento del volume previsto.

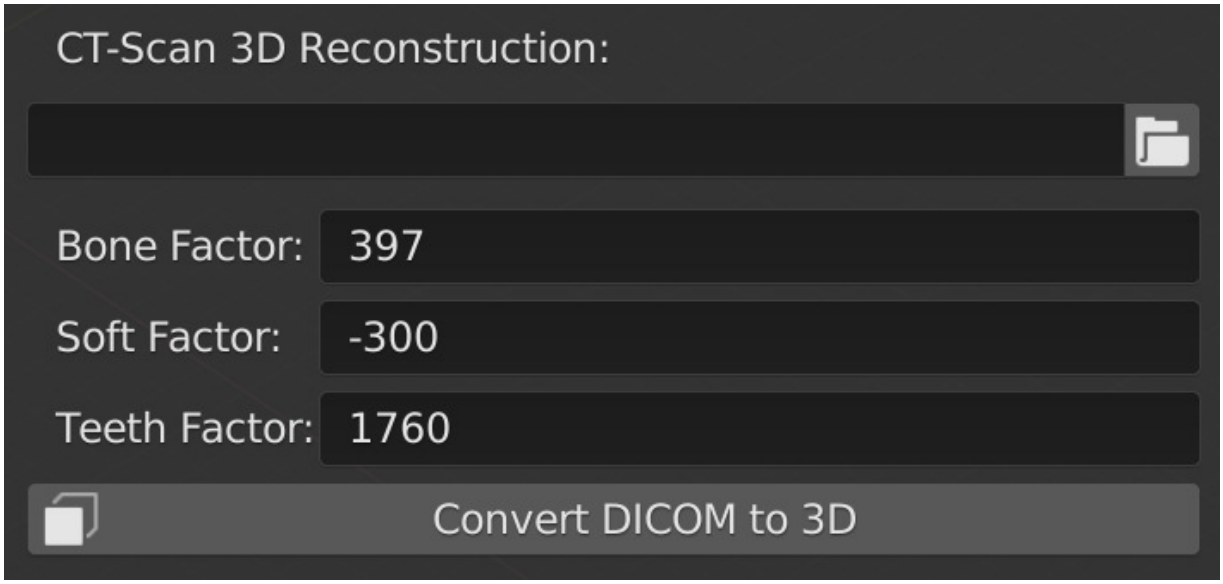


Fig. 15: Parametri corretti per regione di interesse.

Se lo specialista sceglie di lavorare sulla previsione della dinamica dei tessuti molli, incontrerà alcuni problemi legati alla mancanza di dati.

Alla fine il problema si verifica anche nella tomografia medica, come si può vedere nell'esempio di figura 18 (Fig. 18), con un po" di attenzione possiamo attestare che la punta del naso è stata tagliata dal campo di utenza della macchina.

Questo ha generato un piccolo foro nella parte anteriore del naso (Fig. 19) e in aggiunta a questo problema abbiamo una deformazione cutanea causata dalla presenza di artefatti nei denti, nonché un'altra deformazione causata dalla posizione del paziente (sdraiato) e dall'azione della gravità sui tessuti molli al momento dell'acquisizione dei dati.

Il modello generato dalla fotogrammetria risolve i problemi di superficie fornendo dati complementari come la tessitura cutanea e non subisce deformazioni gravitazionali in quanto il paziente viene fotografato in piedi (Fig. 20).

Per ulteriori informazioni sulla scansione dei volti, leggere attentamente: *Protocollo di fotogrammetria facciale*.

8.6 Ringraziamenti

Un ringraziamento particolare va al **Dr. Luciano Porto** che ha collaborato a questa pubblicazione, fornendo uno dei tomografi, la fotogrammetria facciale e le foto del procedimento, provenienti dai suoi studi con OrtogOnBlender.

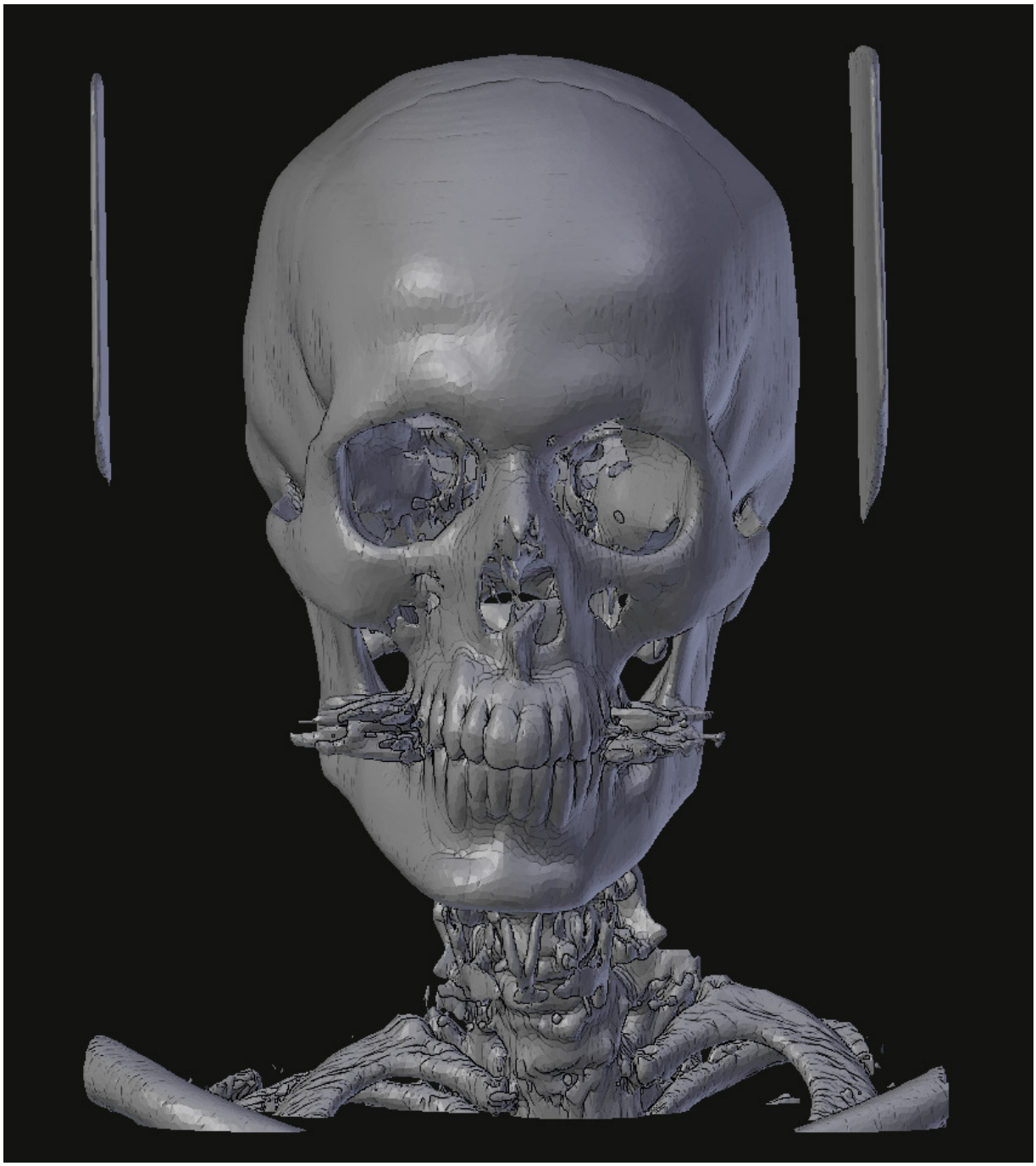


Fig. 16: Ricostruzione ossea di successo dopo la modifica manuale dei parametri.

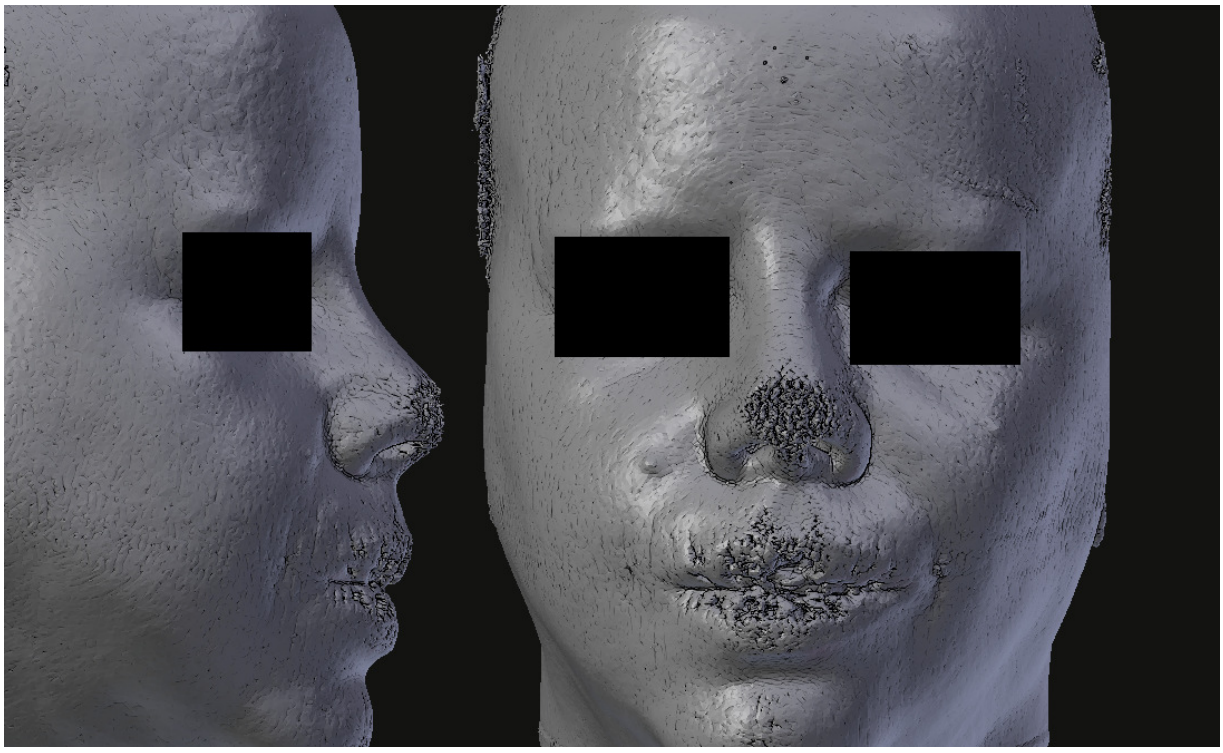


Fig. 17: Esempio di perdita volumetrica su una tomografia a fascio conico.

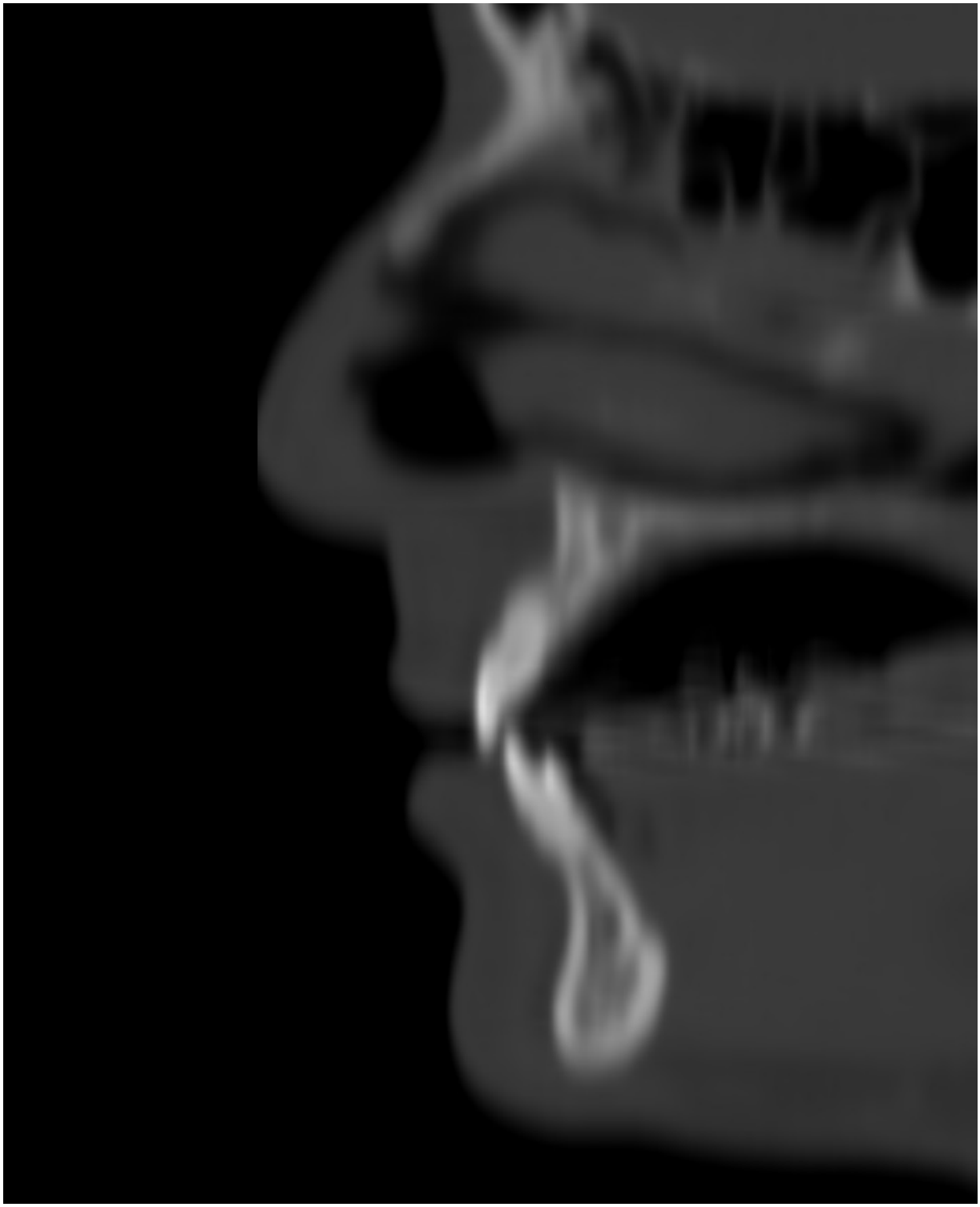


Fig. 18: Tomografia con leggera regione mancante sulla punta del naso.

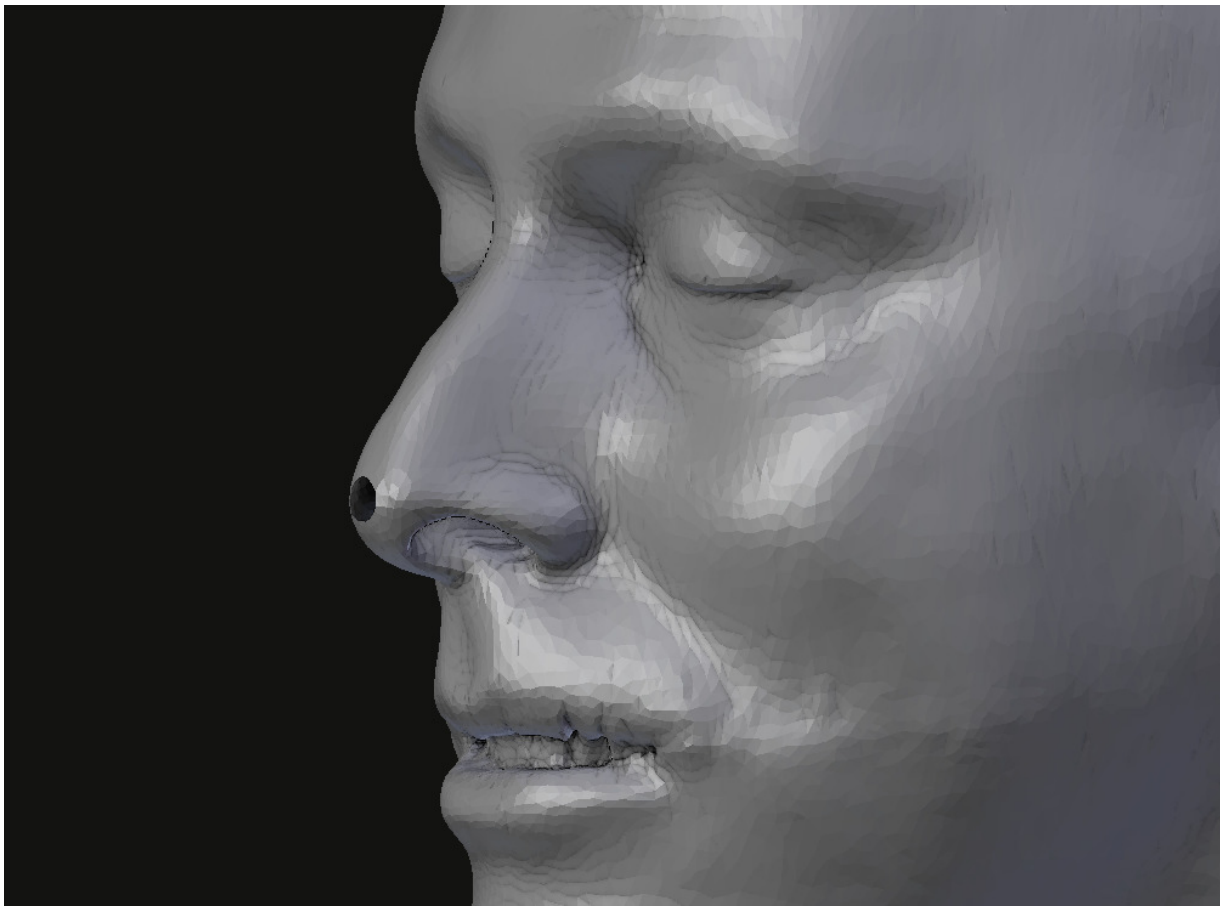


Fig. 19: Ricostruzione 3D con il foro sulla punta del naso.

Fig. 20: Confronto tra la fotogrammetria (a sinistra) e la ricostruzione tomografica (a destra).