



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS  
CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO  
DEPARTAMENTO DE GESTÃO, MÍDIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ANIMAÇÃO

Juliano Garcia Alves

**RETOPOLOGIA PARA ESCULTURA DIGITAL EM ANIMAÇÃO 3D**

Florianópolis

2024

Juliano Garcia Alves

## **RETOPOLOGIA PARA ESCULTURA DIGITAL EM ANIMAÇÃO 3D**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Animação do Centro de Comunicação e Expressão da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Animação

Orientador: Prof. Dr. Flávio Andaló

Florianópolis

2024

Alves, Juliano Garcia

RETOPOLOGIA PARA ESCULTURA DIGITAL EM ANIMAÇÃO 3D /  
Juliano Garcia Alves ; orientador, Flávio Andaló, 2024.  
33 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de  
Comunicação e Expressão, Graduação em Animação,  
Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Animação. 2. Retopologia. 3. Escultura Digital. 4.  
Animação 3D. I. Andaló, Flávio. II. Universidade Federal  
de Santa Catarina. Graduação em Animação. III. Título.

Juliano Garcia Alves

## **RETOPOLOGIA PARA ESCULTURA DIGITAL EM ANIMAÇÃO 3D**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Animação e aprovado em sua forma final pelo Curso de Animação da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 07 de agosto de 2024.

Prof. Flávio Andaló, Dr. Coordenador do Curso de Animação UFSC

### **Banca Examinadora:**

Flávio Andaló, Dr.

Gabriel de Souza Prim, Dr.

Nicholas Bruggner Grassi, Dr.

---

Orientador: Prof. Dr. Flávio Andaló  
Universidade Federal de Santa Catarina

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus companheiros de equipe, Isabella e Kimberly pela confiança em mim e pelo apoio e resiliência durante essa jornada, e aos meus pais, que confiaram em mim e apoiaram todas minhas decisões

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
1.1 Objetivo.....	10
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>11</b>
2.1 Pipeline.....	11
2.2 Polígonos.....	12
2.3 Modelagem.....	12
2.4 Topologia.....	14
2.5 Retopologia e animação.....	15
<b>3 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>17</b>
3.1 Preparo e escultura digital.....	17
3.2 Retopologia dos personagens de <i>Everdusk</i> .....	21
3.2.1 O processo manual.....	21
3.2.2 Retopologia automática.....	25
3.2.3 Pós-retopologia.....	27
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>28</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>30</b>

## **RESUMO**

A retopologia é um processo fundamental na preparação de modelos 3D altamente detalhados para a animação e renderização. Este trabalho explora a importância da retopologia, destacando como ela melhora a eficiência e o controle dos modelos durante um projeto de animação 3D. Utilizando personagens esculpidos no *software* ZBrush, o processo de retopologia deste trabalho foi realizado no 3DS Max, a fim de otimizar a malha tridimensional dos objetos e reduzir a sua contagem de polígonos. Este estudo aborda as vantagens e limitações das abordagens manuais e automáticas de retopologia, mostrando como uma topologia bem planejada é crucial para a garantia de uma boa qualidade final dos modelos 3D.

**Palavras-chave:** escultura digital; retopologia; animação.

## **ABSTRACT**

Retopology is a fundamental process in the preparation of highly detailed 3D models for animation and rendering. This work explores the relevance of retopology, highlighting how it improves the efficiency and control of models during a 3D animation project. Using characters sculpted in the *ZBrush software*, the retopology process in this work was done in 3DS Max, in order to improve their three-dimensional mesh and reduce their polygon count. This study addresses the advantages and limitations of manual and automatic approaches, showing how a well-planned topology is crucial for ensuring a good final quality of 3D models.

**Keywords:** digital sculpting, retopology, animation.

# 1 INTRODUÇÃO

A animação 3D tem, cada vez mais, ganhado espaço no meio audiovisual. Desde suas primeiras aparições no cinema, como “*Tron*”, de 1982, e “*Toy Story*”, de 1995, essa indústria se consolidou como uma das principais formas de entretenimento, não só do cinema, mas também da televisão, games e outras mídias digitais.

Para entender sua história, é necessário saber sua relação com o histórico da computação gráfica e seu rápido crescimento nas últimas décadas. Segundo Beane (2012), a indústria da computação gráfica é o que dita as capacidades dos computadores na produção de animações 3D. Considerando isso, é possível afirmar que, conforme a tecnologia computacional avança, as novas animações melhoram em qualidade e eficiência.

Um dos principais aspectos evolutivos da animação 3D foi a quantidade de detalhes que um modelo apresenta. Enquanto que no passado os personagens eram mais simples e geométricos, atualmente é comum observar até poros na pele, imperfeições e outros detalhes que compõem um realismo visual dessas peças.

No entanto, como consequência disso, esses novos modelos acabam sendo densos demais para serem animados ou modificados. Pensando nisso, desenvolveu-se um método que tornaria esses modelos mais simples para facilitar a animação, mas sem perder a clareza dos detalhes: a retopologia. Esse processo produz uma versão de baixa resolução de um modelo, mantendo a mesma forma do original, a fim de tornar a etapa de animação, texturização e renderização mais eficiente (BEANE, 2012).

Silva (2019), aponta que um dos problemas com os quais novos artistas se deparam na etapa de retopologia é que ela possui uma curva de aprendizado íngreme, já que não se encaixa no fluxo criativo tradicional. Isso ocorre pois é um processo muito técnico, que consome tempo e requer conhecimento dos conceitos fundamentais de modelagem 3D para otimizar o trabalho.

A escolha do tema retopologia se justifica pela sua importância na indústria da animação 3D, onde a eficiência e a qualidade dos modelos são cruciais para o sucesso de produções audiovisuais. Além disso, é notável a escassez de conteúdo acadêmico de pesquisas relacionadas a processos técnicos de arte 3D como esse.

Portanto, a fim de estudar a relevância do processo de retopologia e contribuir com a pesquisa da área, este trabalho abordará os conceitos desse processo, as diferentes maneiras de

efetuar sua aplicação e alguns dos processos do fluxo de produção de uma animação. Como referência para o estudo, foram disponibilizados materiais do projeto “*Everdusk*”, idealizado por um grupo de alunos de animação da Universidade Federal de Santa Catarina, que se trata de um jogo digital de drama e suspense. Para isso, foram coletadas artes de conceito dos personagens Anne e Mason, produzidas durante a pré-produção do projeto. Esse material foi usado na produção dos modelos 3D dos personagens por meio de escultura digital e, por fim, foram aplicadas a eles as técnicas estudadas para a realização do processo de retopologia.

### **1.1 OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho consiste em explorar e documentar o processo de retopologia de dois personagens para uma animação 3D, bem como apresentar os fundamentos, técnicas envolvidas nesse processo e possíveis alternativas.

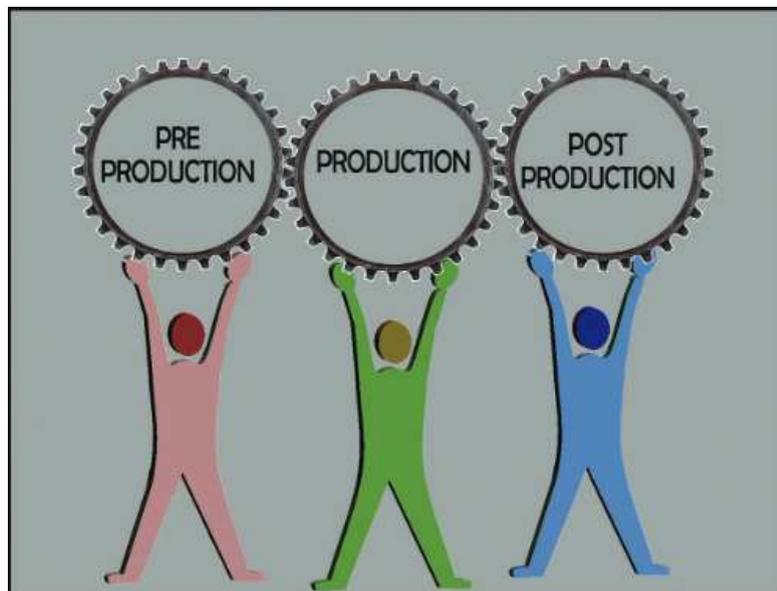
## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para embasar este trabalho, foi feita uma revisão de literatura abrangendo o fluxo de trabalho em produções de animação 3D, os processos de escultura digital de personagens e como a retopologia os torna aptos para animação e renderização.

### 2.1 PIPELINE

A pipeline de uma animação 3D geralmente segue um caminho padrão em fases: pré-produção, produção e pós-produção (Figura 1). No entanto, essa sequência pode variar de acordo com a indústria ou aplicação (CHANDRAMOULI, 2012). Na pré-produção, ocorre o planejamento e a organização de recursos, incluindo a criação de concept arts como referência para a modelagem. Na produção, os artistas 3D utilizam programas de computador para modelar, texturizar e animar os personagens. Por fim, na pós-produção, ocorre a composição de vídeo, adição de efeitos especiais e ajustes finais.

Figura 1: *pipeline* de uma animação 3D



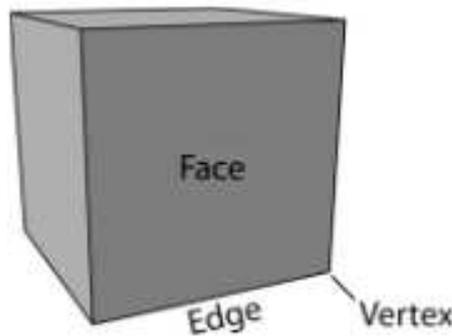
Fonte: Chandramouli (2012)

## 2.2 POLÍGONOS

Para compreender um objeto tridimensional, Chopine (2011) o decompõe em três elementos: vértices, arestas e polígonos (ou faces), como na figura 2. Um vértice é um elemento de dimensão zero, pois não possui comprimento, largura ou altura; uma aresta possui uma dimensão de comprimento e os polígonos possuem duas dimensões, comprimento e largura.

Os polígonos são as principais formas que compõem a superfície de um objeto 3D. Eles podem ser formados por pelo menos três lados, mas não se limitam a isso: quadriláteros e “n-gons” (polígonos com mais de quatro lados) também são tipos de polígonos.

**Figura 2: elementos em um objeto tridimensional**



Fonte: Chopine (2011)

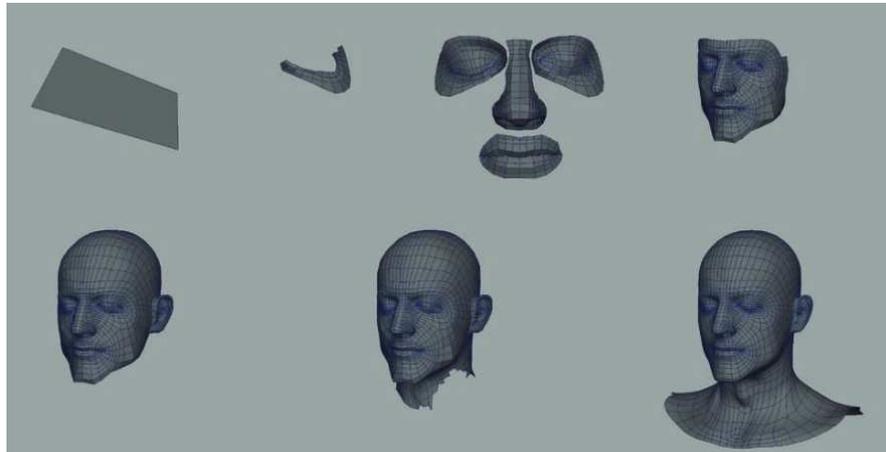
## 2.3 MODELAGEM

Chandramouli (2022) define a modelagem 3D como o processo de criar ou recriar a forma física de um objeto em um ambiente tridimensional por meio da junção de polígonos. Existem diversos métodos de modelagem, porém dois se destacam nos padrões da indústria: *poly modeling* e escultura digital.

O *poly modeling*, a primeira forma de modelagem, consiste em posicionar e desenhar cada polígono da malha 3D um por um até que o modelo esteja completo (BEANE, 2012). Esse método oferece um maior controle da malha, porém dificulta a adição de pequenos detalhes no modelo, já que cada polígono é construído individualmente ou em pequenos

conjuntos. Na figura 3, é possível observar as etapas de um processo de modelagem por *poly modeling*.

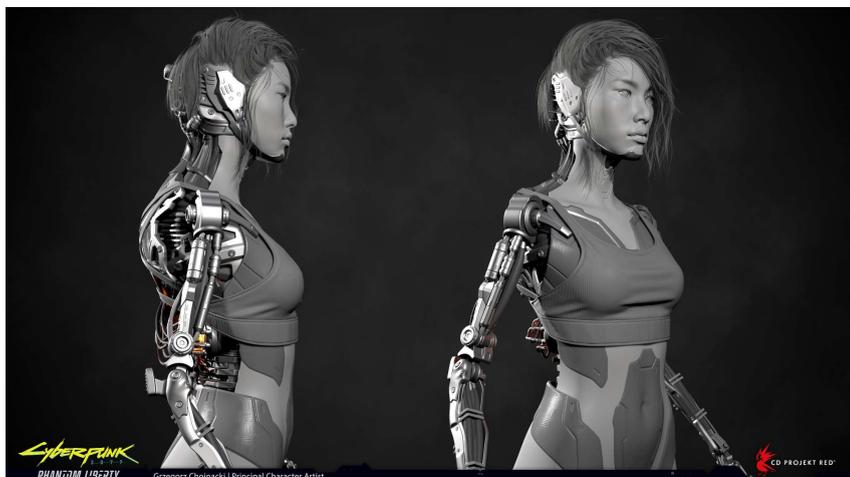
**Figura 3: passo a passo resumido de um modelo produzido por *poly modeling*.**



**Fonte: Beane (2012)**

A segunda opção, a escultura digital, é um processo de modelagem no qual o modelo se comporta como uma peça de argila. Nele, o artista pode pincelar, cortar, adicionar massa, semelhante ao processo tradicional de escultura feito à mão. Para Vernon (2011), diferentemente do *poly modeling*, o processo de escultura digital permite que o artista produza modelos 3D sem se preocupar com o número de polígonos da malha e, dessa forma, atinja níveis de detalhamento mais realistas, como pode ser observado na figura 4.

**Figura 4: modelo de personagem realizado através de escultura digital**



**Fonte: Grzegorz Chojnacki em Artstation<sup>1</sup>**

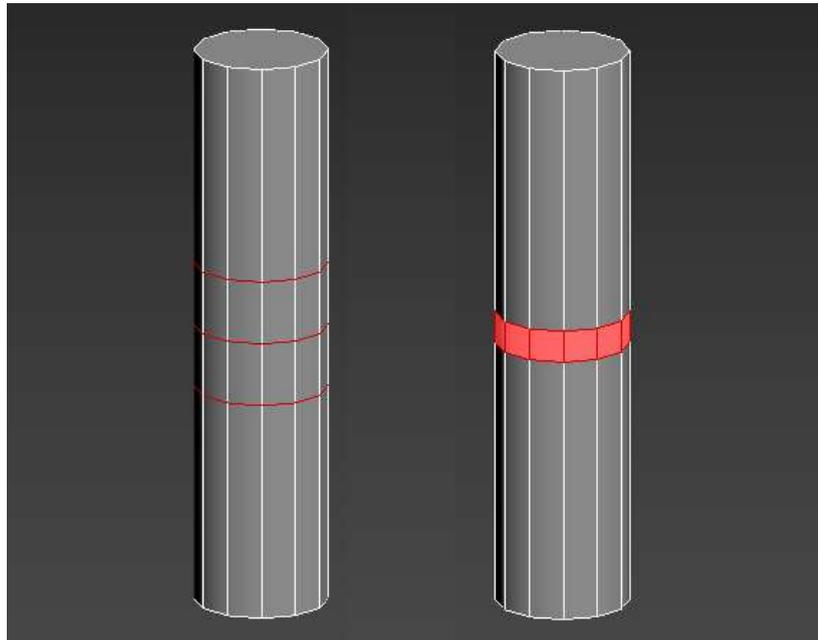
<sup>1</sup> Disponível em: <<https://www.artstation.com/artwork/m8dN4a>>. Acesso em 08 jun. 2024.

## 2.4 TOPOLOGIA

A topologia de uma malha tridimensional pode ser definida como a conectividade e a forma com que polígonos estão dispostos em sua superfície (SILVA, 2019).

Um dos conceitos essenciais para a compreensão da topologia de uma malha 3D é o de *edge loops* e *poly loops* (Figura 5). Os *edge loops* são uma sequência de arestas conectadas que formam um “anel” em torno da superfície do objeto. O mesmo se aplica aos *poly loops*, porém, em vez de arestas, eles consistem em uma sequência de polígonos. Além disso, é importante notar que a última aresta ou polígono deve se conectar novamente ao primeiro para que seja considerado um loop. A forma como esses anéis percorrem a superfície do modelo 3D determina a qualidade da topologia, pois influenciam diretamente como o modelo irá se deformar durante a animação (BEANE, 2012).

**Figura 5: exemplos de *edge loops* (à esquerda) e *poly loops* (à direita), destacados em vermelho**

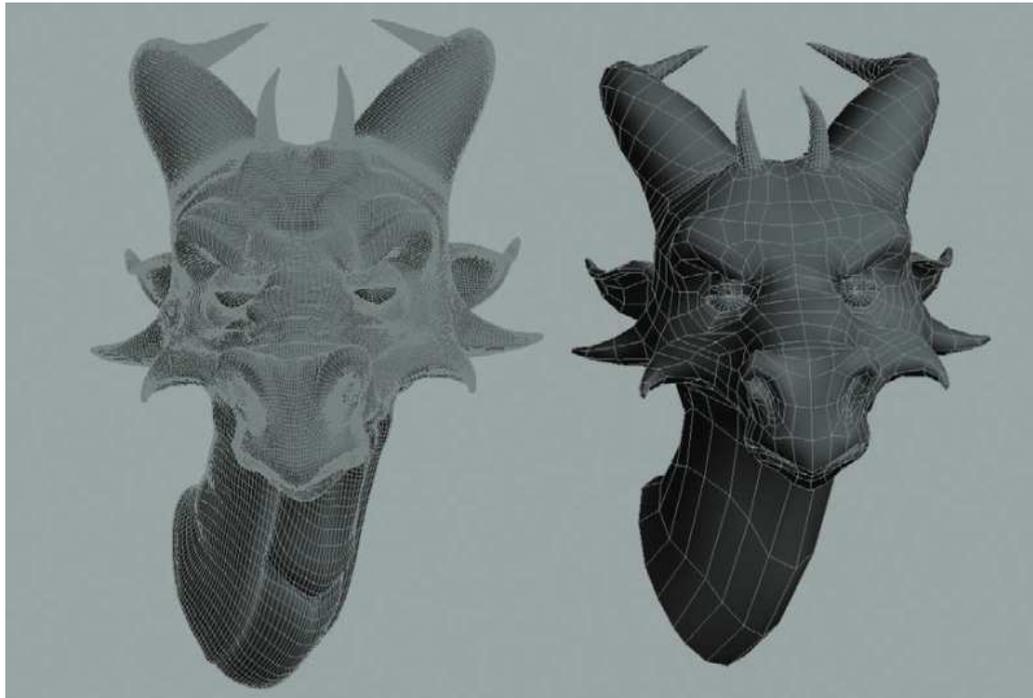


**Fonte: autor**

Devido à natureza da escultura digital, o modelo resultante desse processo não possui uma topologia adequada para animação. Nesse sentido, a preocupação com a topologia é frequentemente ignorada durante a realização desse tipo de modelagem, já que o principal objetivo é alcançar o nível desejado de detalhamento. Contudo, se a intenção for animar o

modelo, torna-se necessário resolver os problemas relacionados à sua estrutura topológica por meio da retopologia. Uma comparação de antes e depois da realização do processo de retopologia pode ser observado na figura 6.

**Figura 6: comparação entre densidade de polígonos antes e após retopologia de modelo esculpido**



**Fonte: Beane (2012)**

## **2.5 RETOPOLOGIA E ANIMAÇÃO**

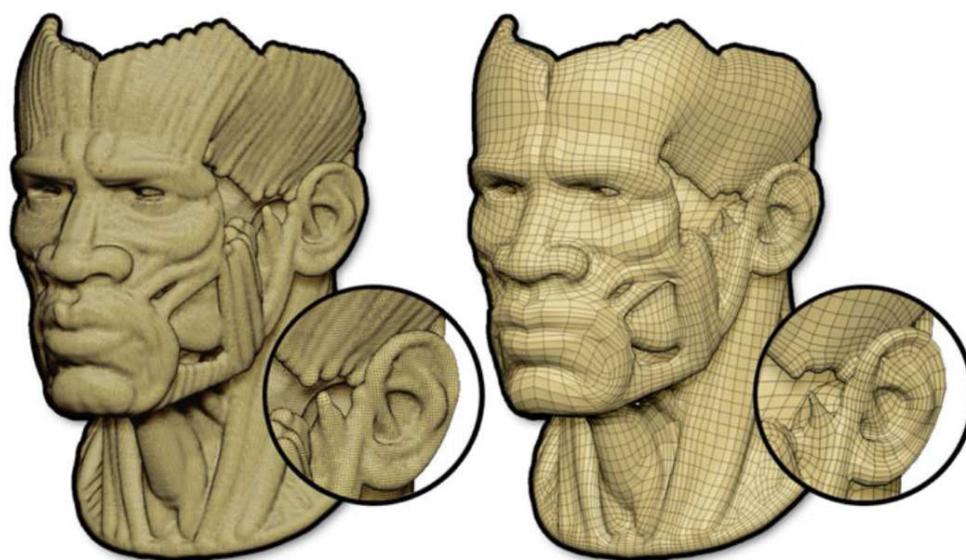
Um modelo esculpido com muitos detalhes pode resultar em uma malha com milhões de polígonos. Embora isso seja aceitável para gerar imagens estáticas, torna-se um problema significativo quando se trata de animá-los. Por isso, criar uma nova malha com uma topologia mais limpa não é apenas crucial para controlar a deformação da malha, mas também para reduzir drasticamente o número de polígonos. Esse processo é denominado retopologia (VAUGHAN, 2012).

Por se tratar de um projeto de jogo digital, na qual os personagens irão interagir entre si em um ambiente composto por diversos modelos tridimensionais, espera-se que o número de polígonos não ultrapasse 60 mil, número comum para personagens de games. Dessa forma, o peso que a cena completa terá durante o processo de animação e renderização será aliviado.

A retopologia pode ser efetuada manualmente ou automaticamente. Quando feita manualmente, a retopologia é um processo lento, uma vez que cada polígono deve ser posicionado individualmente pela superfície do modelo. Por outro lado, alguns *softwares* oferecem a opção da retopologia automática. O *software* de escultura digital ZBrush, por exemplo, possui uma ferramenta chamada ZRemesher, que realiza a retopologia do modelo em apenas um clique (Figura 7). Ainda que necessário, essa ferramenta oferece controle dos parâmetros desse processo, sendo possível escolher o número alvo de polígonos, preservar detalhes e até aplicá-lo somente em uma área desejada.

No entanto, as empresas de computação gráfica e animação ainda investem muito recursos na retopologia manual, devido ao maior controle sobre o trabalho (SILVA, 2019).

**Figura 7: retopologia de rosto realizada automaticamente**



**Fonte: Zbrush User Guide<sup>2</sup>**

Durante a etapa de animação, as decisões tomadas anteriormente, durante a retopologia, são cruciais para determinar o quão bem preparado o personagem está para ser colocado em movimento. Se a malha estiver irregular, podem surgir artefatos (defeitos) durante a deformação do movimento.

---

<sup>2</sup> Disponível em: <<https://help.maxon.net/zbr/en-us/#html/user-guide/3d-modeling/3d-modeling.html>> . Acesso em 09 jun. 2024.

### 3 DESENVOLVIMENTO

Com a finalidade de explorar soluções para uma maior eficiência e qualidade da malha tridimensional de modelos em uma animação 3D, este trabalho foi dividido nas etapas de escultura digital, retopologia e ajustes finais. Essas etapas se baseiam na *pipeline* apresentada anteriormente, mas com o recorte para os assuntos de foco do trabalho.

#### 3.1 ESCULTURA DIGITAL

A escolha da escultura digital como principal método de modelagem deste trabalho se dá não apenas pela maior liberdade criativa que o método oferece, mas também devido ao alto número de polígonos em que o modelo resulta, ideal para a efetivação da retopologia. Para a escultura de ambos, foi utilizado o *software* ZBrush, oferecido pela Maxon.

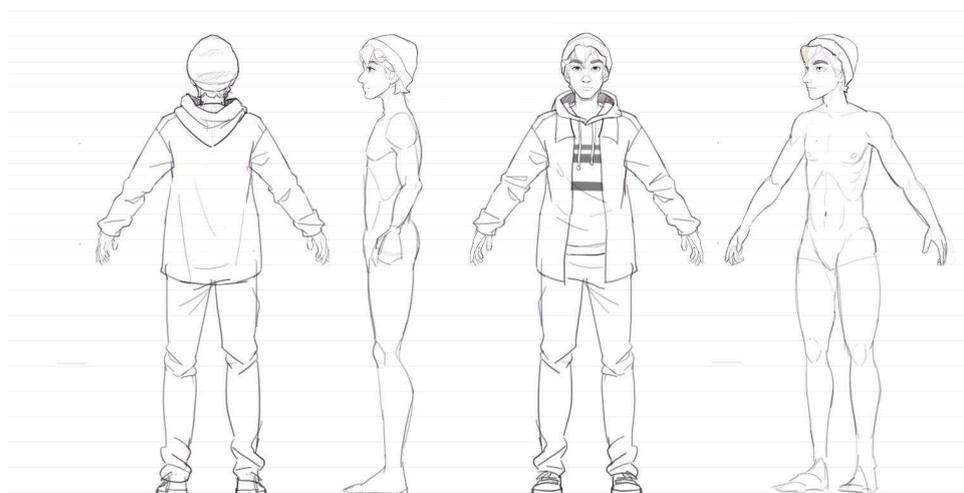
Antes do início da escultura, foram coletadas as *concept arts* dos personagens produzidas na fase de pré-produção (Figuras 8 e 9). Ambas serviram como apoio para capturar os detalhes, pensados pela direção do projeto para cada um dos personagens, durante a modelagem. Além disso, para estruturar os personagens anatomicamente, foram usados os guias presentes no livro *Anatomy for Sculptors* (ZARINS, KONDRATS; 2014).

**Figura 8: concept art de Anne por Isabella Nalin Fais**



**Fonte: autor**

**Figura 9: concept art de Mason por Isabella Nalin Fais**



**Fonte: autor**

No ZBrush, utilizam-se pincéis que simulam os efeitos das ferramentas de escultura tradicional na argila. Para os modelos desenvolvidos neste trabalho, os principais pincéis usados e suas respectivas funções foram:

- **Clay Buildup:** adiciona ou remove massa no modelo;
- **Move:** "puxa ou empurra" áreas do objeto;
- **Dam Standard:** cria vincos na superfície;
- **Smooth:** suaviza a superfície;
- **Trim Dynamic:** planifica áreas desejadas.

Essas ferramentas possibilitaram a manipulação do modelo, resultando nas esculturas usadas para o desenvolvimento do trabalho, garantindo detalhes e formas precisas conforme planejado nas concept arts.

Durante o processo de escultura, alguns desafios foram enfrentados, como garantir a precisão anatômica e manter a integridade dos detalhes ao longo de diferentes partes do modelo. O uso de *concept arts* como referência foi crucial para superar esses desafios e garantir que os modelos esculpidos fossem fiéis às visões originais dos personagens. Após finalizadas, a primeira das esculturas, Anne (Figura 10), soma aproximadamente 6,4 milhões de polígonos. Já Mason (Figura 11), 6,6 milhões de polígonos.

**Figura 10: escultura de Anne finalizada**



**Fonte: autor**

**Figura 11: escultura de Mason finalizada**



**Fonte: autor**

Como esperado, para que fosse possível transmitir todos os detalhes desejados, os modelos finais apresentaram uma grande quantidade de polígonos. Além disso, não há

nenhum fluxo de conexão entre eles, como pode ser observado no exemplo das figuras 12 e 13. Devido a isso e aos requisitos já abordados, o modelo ainda não se encontra apto para animação, sendo necessário a realização da retopologia.

**Figura 12: densidade de polígonos na face de Mason**



**Fonte: autor**

**Figura 13: densidade de polígonos na face de Anne**



**Fonte: autor**

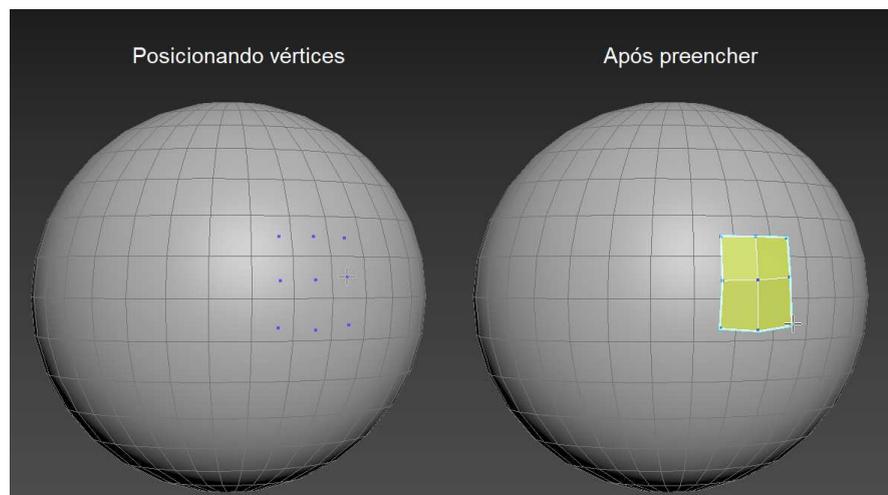
### 3.2 RETOPOLOGIA DOS PERSONAGENS DE *EVERDUSK*

Após a escultura, a etapa de retopologia é crucial para preparar os modelos para animação e renderização. Para Chopine (2011), sem uma topologia adequada, os modelos podem apresentar problemas significativos, como artefatos visuais e dificuldades na aplicação de texturas.

Para este trabalho, foram utilizados os *softwares* 3DS Max para executar a retopologia manual e o ZBrush, como opção de retopologia automática. Essa escolha é justificada em razão do objetivo final: criar um modelo de baixa resolução que mantenha a forma do original.

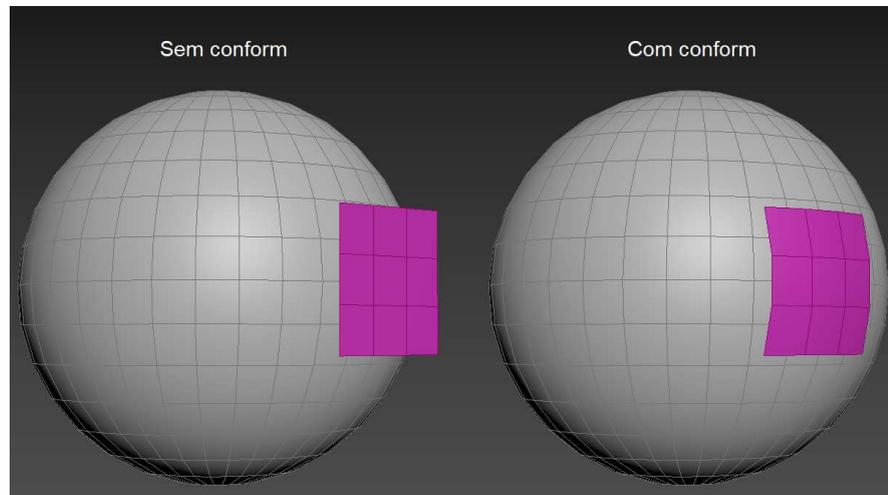
A ferramenta *PolyDraw* do 3DS Max se mostrou fundamental para a prática manual da retopologia de forma manual, sua opção *Step Build* (Figura 14), permite posicionar vértices livremente e conectá-los para formar polígonos. Outra opção, *Conform*, permite definir uma superfície delimitadora, na qual novos polígonos poderão se fixar (Figura 15). Em conjunto, essas duas ferramentas se mostraram ideais para a retopologia de objetos que necessitam maior controle topológico, como corpo e roupas, devido às suas características de desenho e sobreposição de modelos, possibilitando capturar a forma original em uma escala proporcional.

**Figura 14:** exemplo de funcionalidade do Step Build em uma esfera



**Fonte:** autor

**Figura 15: demonstração da opção Conform de um plano na superfície de uma esfera.**



**Fonte: autor**

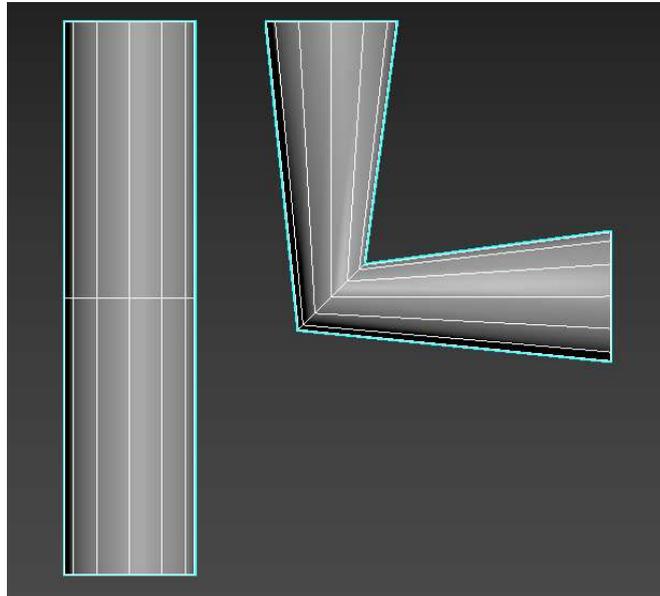
Para outros elementos mais complexos, mas que não dependem de um fluxo topológico preciso, como o cabelo, a ferramenta automática ZRemesher, do *software* Zbrush, demonstrou ser uma ótima alternativa, devido à sua eficácia e simplicidade de uso.

### **3.2.1 O processo manual**

Em todos os componentes dos personagens, exceto o cabelo, foi aplicado o processo manual de retopologia. Tal processo se baseia no uso de *poly loops* e outros conceitos do *poly modeling* para alterar a malha do modelo. O ideal é que os polígonos se mantenham em uma grade uniforme, evitando, assim, artefatos durante a deformação gerada pelo movimento da animação (Figura 16). Ademais, ao refazer a malha em áreas onde ocorrerão grandes dobras é recomendada a concentração de mais *edge loops*, que servem como suporte para a grande deformação sofrida nessas regiões.

Abaixo segue um exemplo de um fluxo topológico não ideal em um cilindro, no qual não há nenhuma lógica de continuidade aplicada ao *edge loop* que suporta a dobra.

**Figura 16: cilindro com topologia não ideal**

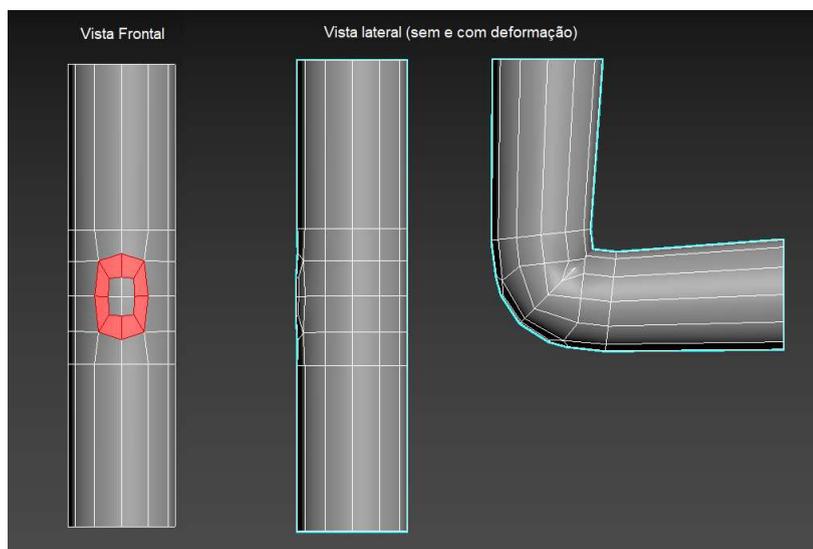


**Fonte: autor**

É possível observar que no ponto de dobra no meio do cilindro causou uma deformidade indesejada, devido à ausência de *edge loops* de suporte e por sua topologia irregular, que não suporta o movimento a ele aplicado.

Diferentemente do primeiro exemplo, o segundo cilindro (Figura 17) possui um fluxo topológico melhor, com mais *loops* que “seguram” sua malha e com um *poly loop* de suporte (destacado em vermelho) na superfície oposta à dobra.

**Figura 17: cilindro com *loops* de suporte**



**Fonte: autor**

Os mesmos conceitos demonstrados acima se aplicam em modelos mais complexos: áreas de grande deformação necessitam de uma densidade maior de *loops* que suportem o tipo de movimento que ela irá realizar.

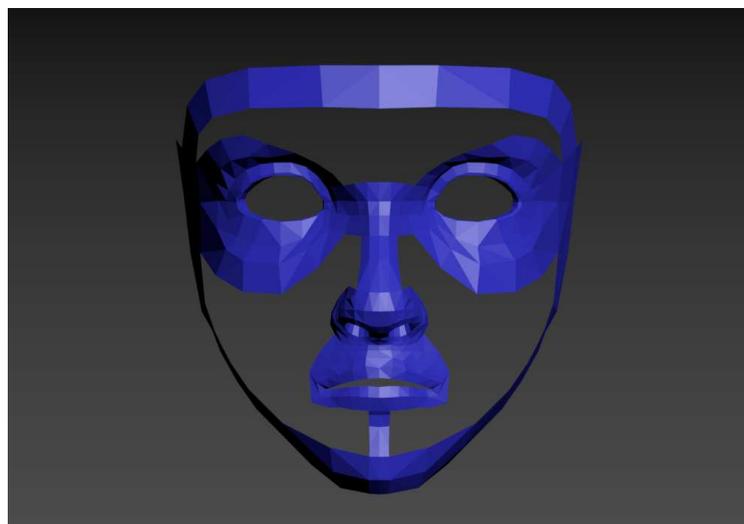
Tendo isso em vista, a retopologia inicia-se no rosto dos personagens, por ser uma área que comporta *loops* cruciais para a animação, principalmente devido às deformações causadas por expressões faciais. É importante que esses loops sejam a base da topologia do modelo, uma vez que eles irão ditar o fluxo dos demais polígonos. Sendo assim, eles são os primeiros polígonos a serem desenhados sobre a malha do modelo detalhado (Figuras 18 e 19).

**Figura 18: estrutura inicial da retopologia do rosto de Mason**



**Fonte: autor**

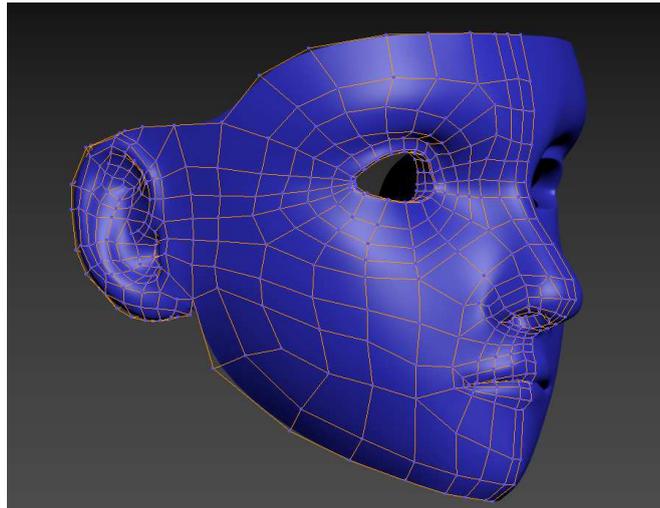
**Figura 19: estrutura inicial com mais conexões e sem sobreposição no modelo original**



**Fonte: autor**

Após a definição dos *loops* estruturais, os espaços vazios são preenchidos com mais polígonos para completar a nova malha do modelo tridimensional (Figura 20). Esses novos polígonos devem permanecer seguindo o fluxo estabelecido pela estrutura inicial.

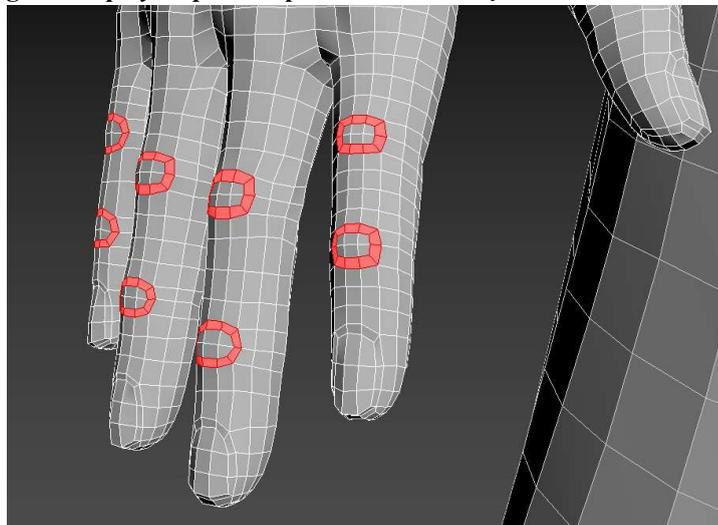
**Figura 20: rosto de Mason preenchido**



**Fonte: autor**

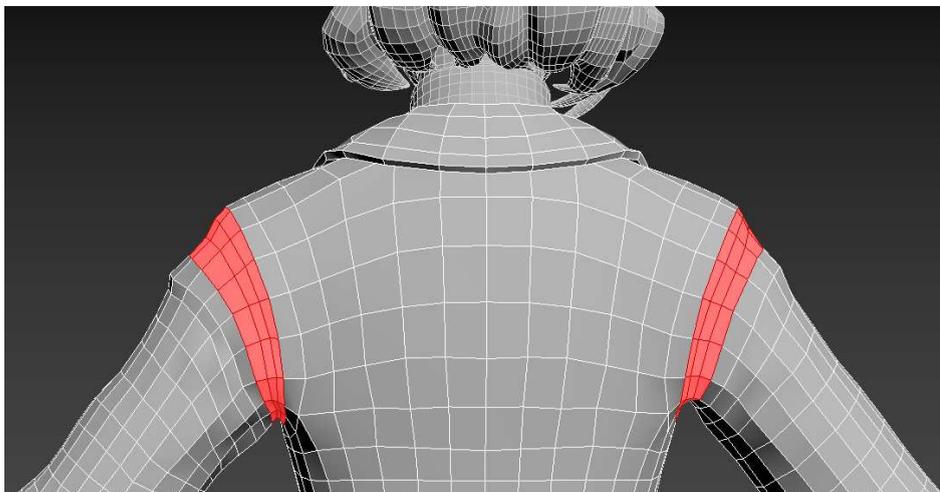
Esses fundamentos podem ser aplicados em diversas outras regiões dos personagens com deformações notáveis, como os dedos da mão, ombros, entre outros. É possível observar a aplicação desses conceitos nos modelos de Anne e Mason, destacados em vermelho nas figuras 21 e 22 a seguir.

**Figura 21: *poly loops* de suporte nas articulações dos dedos de Anne**



**Fonte: autor**

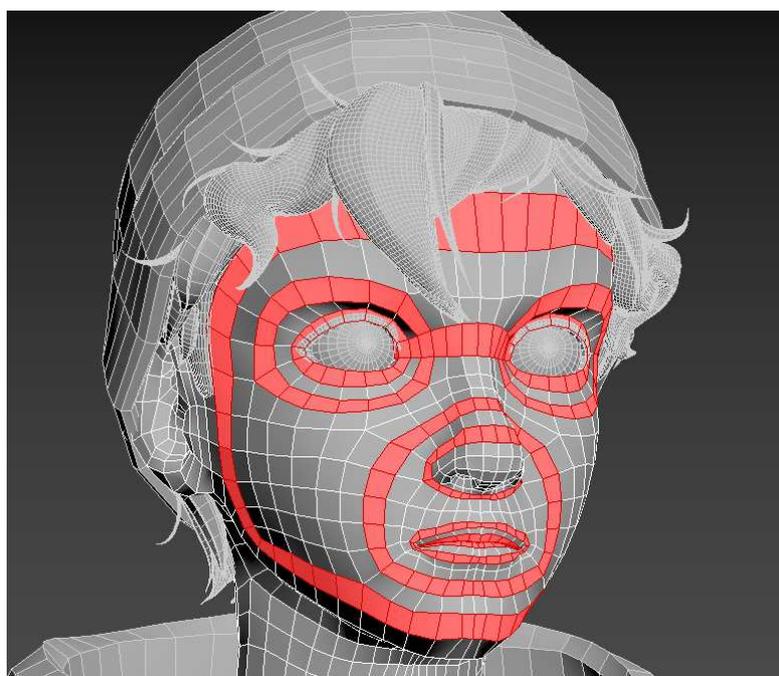
**Figura 22:** concentração de polígonos na região do ombro de Anne, em comparação com as costas



**Fonte:** autor

Da mesma forma, a topologia do rosto possui suas particularidades. No exemplo do modelo de Mason pós-retopologia (Figura 23), pode-se observar que, apesar de aparentar irregularidades, os *loops* do rosto na verdade seguem o contorno natural das feições, circundando a boca, os olhos e o nariz.

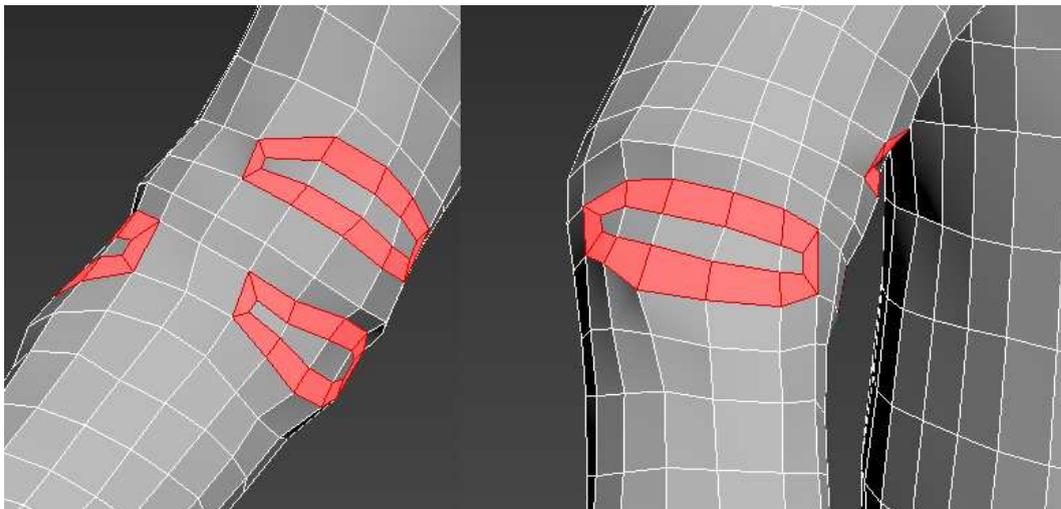
**Figura 23:** fluxo topológico do rosto de Mason



**Fonte:** autor

Esses padrões também se aplicam aos demais objetos que compõem o modelo completo, sempre seguindo o fluxo da superfície. Nas roupas, para preservar as dobras presentes no modelo original, é recomendado que a topologia as acompanhe (Figura 24). Isso previne defeitos indesejados durante o movimento na animação e facilita a aplicação de texturas ao modelo.

**Figura 24: *edge loops* de suporte nas mangas do casaco do personagem Mason**



**Fonte: autor**

### **3.2.2 Retopologia automática**

A retopologia automática oferece uma alternativa mais rápida à retopologia manual, permitindo reconstruir toda a malha de um modelo e reduzir seu número de polígonos com apenas um clique. Todavia, esse método muitas vezes falha em manter um bom fluxo de polígonos na superfície do modelo, exigindo ajustes posteriores para corrigir a topologia e garantir um fluxo lógico. Por isso, recomenda-se seu uso apenas para objetos menos significativos do personagem ou que não exigem muito movimento durante a animação.

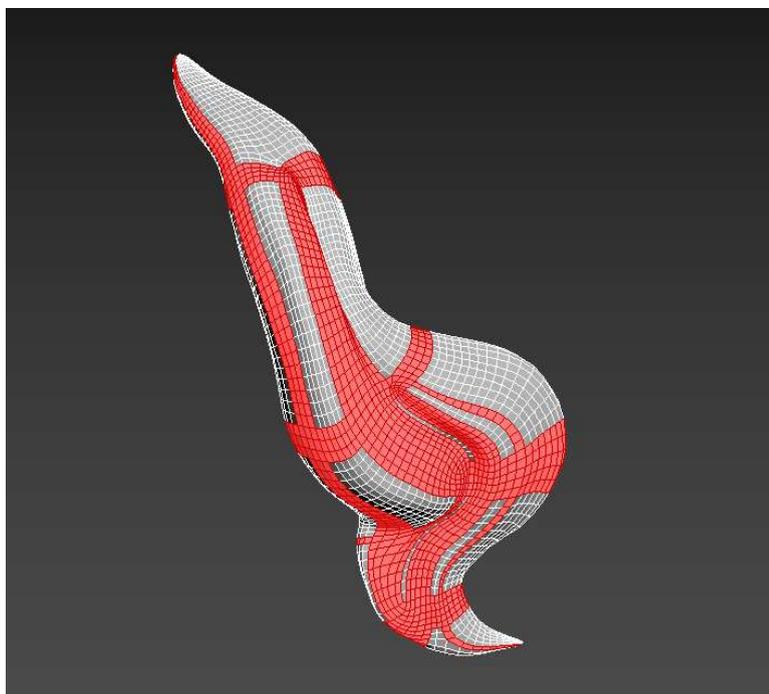
Nos personagens Mason e Anne, a retopologia automática foi aplicada somente em algumas partes do cabelo, conforme as figuras 25 e 26.

**Figura 25: parcela do cabelo de Anne com topologia automática**



**Fonte: autor**

**Figura 26: parcela do cabelo de Mason com topologia automática**



**Fonte: autor**

Embora o número de polígonos tenha sido reduzido em comparação com o modelo original, ele ainda permanece elevado em relação à versão retrabalhada manualmente. Nesse

caso, foi necessário manter um número relativamente maior de polígonos para evitar a perda de detalhes causada pelo algoritmo de retopologia automática.

Além disso, é possível notar que os *poly loops* não se conectam uniformemente pela malha, visto que os segmentos destacados em vermelho consistem em um único *poly loop*, em ambos os modelos, que percorre toda a superfície do objeto, ignorando fundamentos de uma boa topologia. Por casos como esse que a retopologia automática muitas vezes é seguida de um ajuste manual do artista 3D, para corrigir os defeitos indetectáveis pelo algoritmo do *software*.

### **3.2.3 Pós-retopologia**

Ao final desse processo, cada modelo 3D de personagem possui uma segunda versão de menor resolução e mais leve para ser trabalhada. Contudo, os detalhes adicionados durante a etapa de escultura são perdidos. Para que o modelo volte a ter o mesmo nível de detalhamento, os detalhes originais são transferidos para o modelo de baixa resolução através do processo de *texture baking*, processo no qual a informação dos detalhes é transmitida para um arquivo de imagem que, posteriormente, é mapeado no modelo de baixa resolução (LA FLOR; MONGEON, 2010).

Com isso, o modelo pós-retopologia terá uma performance significativamente mais leve, sem elevar o número de polígonos novamente, mas manterá todos os detalhes nele esculpido. Assim, o modelo agora se encontra apto para as etapas seguintes de animação e renderização.

## 4 RESULTADOS

Os resultados da realização do processo de retopologia em dois modelos produzidos em escultura digital podem ser observados nas figuras 27, 28, 29 e 30 a seguir.

**Figura 27: modelo detalhado de Mason**



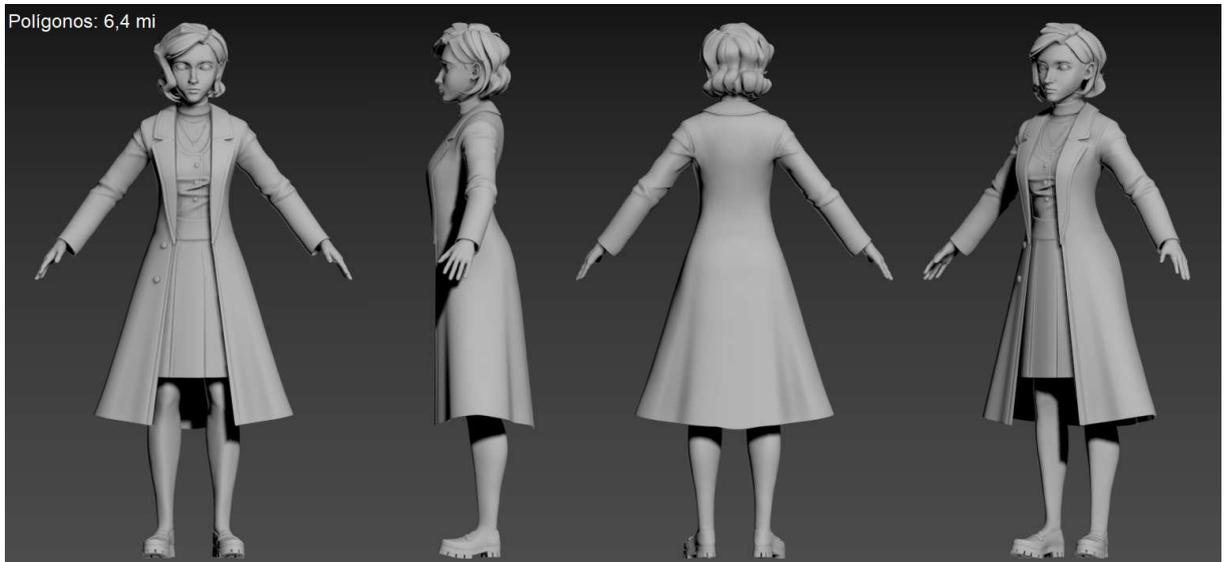
Fonte: autor

**Figura 28: modelo de baixa resolução de Mason**



Fonte: autor

**Figura 29: modelo detalhado de Anne**



**Fonte: autor**

**Figura 30: modelo de baixa resolução de Anne**



**Fonte: autor**

Por fins de comparação, o modelo original de Mason possui 6,6 milhões de polígonos, enquanto que sua versão pós-retopologia apresenta somente 50 mil. Anne, por sua vez, possui 6,4 milhões de polígonos em sua versão original, e apenas 58 mil polígonos na sua versão de baixa resolução.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi explorado o processo de retopologia em modelos 3D, destacando sua importância para a preparação especialmente de modelos esculpidos digitalmente para animação e renderização. Através da revisão teórica e da aplicação prática, ficou evidente que a retopologia é um passo crucial para garantir a eficiência e a qualidade desse tipo de produção.

Inicialmente, o estudo abordou o conceito de topologia e sua relevância na modelagem 3D, evidenciando como a disposição adequada dos polígonos influencia diretamente a deformação dos modelos durante a animação. Além disso, a comparação entre a retopologia manual e a automática revelou as vantagens e limitações de cada abordagem: enquanto a retopologia manual proporciona um maior controle e precisão, a retopologia automática oferece rapidez, mas frequentemente requer ajustes posteriores para garantir um bom fluxo dos polígonos.

Durante o desenvolvimento prático, os modelos dos personagens Mason e Anne foram esculpidos utilizando o *software* ZBrush e submetidos ao processo de retopologia no 3DS Max. As diferenças nas técnicas aplicadas às diversas partes dos modelos, como o uso de retopologia automática em áreas do cabelo, demonstraram a necessidade de um balanceamento entre detalhes e otimização de polígonos.

Ademais, uma das principais dificuldades encontradas foi a necessidade de equilibrar a redução do número de polígonos com a preservação dos detalhes essenciais, especialmente em áreas críticas para a animação, como o rosto e as articulações. Este desafio reforça a importância de um bom planejamento na etapa de retopologia, considerando as especificidades de cada modelo e as exigências da animação subsequente.

Sendo assim, as contribuições deste trabalho para o campo da arte digital e animação 3D incluem a sistematização de práticas recomendadas para a retopologia, bem como a demonstração prática das técnicas em personagens. Além disso, o estudo destaca a necessidade contínua de desenvolvimento de ferramentas que combinem a rapidez da retopologia automática com a precisão do ajuste manual.

Por fim, espera-se que essa pesquisa colabore positivamente para a área científica da animação e do audiovisual, tendo em vista a escassez de material sobre esse e outros assuntos técnicos, além das dificuldades que essa área enfrenta no meio acadêmico.

## REFERÊNCIAS

- AUTODESK (org.). **3DSMax Learning Center**. Disponível em: <https://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2022/ENU/>. Acesso em: 09 jun. 2024.
- BEANE, Andy. **3D Animation Essentials**. [S. L.]: John Wiley & Sons, 2012. 352 p.
- CHANDRAMOULI, Magesh. **3D Modeling & Animation: A primer**. Boca Raton: Crc Press, 2021. 368 p.
- CHOPINE, Ami. **3D Art Essentials: the fundamentals of 3d modeling, texturing, and animation**. [S. L.]: Routledge, 2011. 270 p.
- LAFLORE, Mike de; MONGEON, Bridgette. **Digital Sculpting with Mudbox: essential tools and techniques for artists**. [S. L.]: Routledge, 2010. 285 p.
- MAXON (org.). **ZBrush User Guide**. Disponível em: <https://help.maxon.net/zbr/en-us/>. Acesso em: 09 jun. 2024.
- SILVA, António Pedro Carvalho Machado da. **Retopology: a comprehensive study of current automation solutions from an artist's workflow perspective**. 2022. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência da Computação, Universidade do Minho, Braga, 2019.
- VAUGHAN, William. **Digital Modeling**. [S. L.]: New Riders Pub, 2012. 434 p.
- VERNON, Tim. Zbrush. **Journal Of Visual Communication In Medicine**. Doncaster, p. 31-35. 07 mar. 2011.
- ZARINS, Uldis; KONDRATS, Sandis. **Anatomy for Sculptors**. [S. L.]: Anatomy Next, Inc., 2014. 228 p.