

# Virtual Human Deformation: A Systematic Literature Mapping

Gabriel C. Silva

Mateus S. Tavares\*

André T. da Silva\*\*

Marcelo da S. Hounsell\*\*

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Departamento de Ciência da Computação (DCC), Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PPGCA), Laboratory for Research on Visual Applications (LARVA), Joinville (SC), Brasil

## Abstract

In computer graphics, deformations are used to change the appearance of an object, regardless if it is 2D or 3D. These deformations can be applied in many areas, such as games, entertainment, health, education, fashion, textile industry, and so on. This paper presents a literature mapping on 3D human whole body deformations. It aims to identify techniques and procedures applied in the deformation of Virtual Humans oriented by physiological aspects, such as growth or weight-gain that impact Body Image – the study on how a person sees his own body. The search was performed in ACM Digital Library, IEEE Xplore, Engineering Village and Scopus. Altogether, 7279 documents were obtained but only 11 papers met inclusion and exclusion criteria. Data show that few researches provide model deformation based on physiological laws and that available techniques are focused on mathematical issues or interactions.

**Palavras-chave:** Técnicas de deformação, Humanos Virtuais, Computação Gráfica.

## Informações para Contato:

[caixetasilva@hotmail.com](mailto:caixetasilva@hotmail.com)

\*[masetta.mateus@gmail.com](mailto:masetta.mateus@gmail.com)

\*\*[{andre.silva,marcelo.hounsell}@udesc.br](mailto:{andre.silva,marcelo.hounsell}@udesc.br)

## 1. Introdução

Nas últimas décadas houve um aumento em relação à preocupação com a Imagem Corporal, seja pelo aumento de obesidade ou até mesmo pela exaltação da magreza como ideal de aceitação provocado por diversos fatores como, por exemplo, desordem alimentar ou mudança de estilo de vida e hábitos [Côrtes et al. 2013].

Côrtes [2013] define Imagem Corporal como sendo uma figura mental que as pessoas têm em relação à forma e tamanho do corpo, além dos sentimentos, atitudes e experiências relacionadas a essas características. Na área da saúde, uma escala de silhuetas é normalmente utilizada para realizar a avaliação de Imagem Corporal [Matuso et al. 2007]. Nesta escala, as imagens geralmente variam de um sujeito muito magro até um com obesidade. Uma pessoa sob avaliação deve escolher qual figura define a imagem que melhor a representa atualmente e outra

que ela gostaria de se parecer. Assim, a insatisfação corporal é representada pela discrepância entre essas escolhas.

A avaliação da Imagem Corporal tem sido realizada com base em desenhos 2D e em preto e branco, conforme apresentado na Figura 1, e portanto, pode se beneficiar da área de computação gráfica denominada Humanos Virtuais. Humanos Virtuais são representações de formas e características humanas em meio digital [Hoffmann et al. 2007].

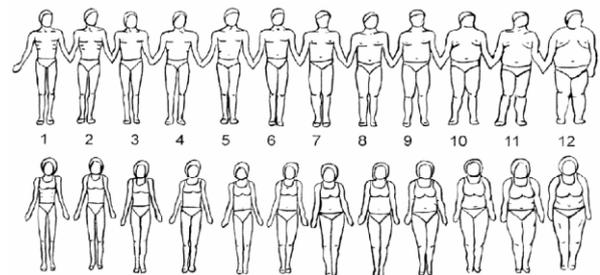


Figura13: Exemplo de imagens normalmente utilizadas na avaliação da Imagem Corporal.[Matuso et al. 2007]

Em computação gráfica, Humanos Virtuais têm sido utilizados em diversas áreas, por exemplo: na área de saúde, desde aplicações de treinamento quanto avaliação de pacientes; na indústria de jogos e filmes, com o intuito de produzir animações e geração de populações fictícias de figurantes com diferentes modelos 3D; na indústria têxtil e moda, para desenvolvimento de vestuários; dentre outras.

Então, surge a dúvida de quais recursos de deformação de modelos 3D de Humanos Virtuais existem que podem auxiliar no estudo da Imagem Corporal?

Desta forma, foi realizado um mapeamento bibliográfico sistemático para identificar as aplicações e técnicas utilizadas para a realização de alteração nas formas de objetos virtuais, com foco em alteração de silhuetas de humanos virtuais, a partir de um modelo 3D com esqueleto e textura, e que permita simular engorda ou emagrecimento.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2 é apresentado um trabalho relacionado; na seção 3 é apresentado o processo e aplicação do mapeamento sistemático; na seção 4 é mostrada a análise dos dados coletados; na seção 5 é realizada uma discussão dos dados, comparando-o com o trabalho

relacionado; e, por fim, na seção 6 é apresentada a conclusão.

## 2. Trabalho Relacionado

Wang et al. [2009] realizaram um estudo sobre modelagem de corpos humanos 3D parametrizados e técnicas de deformação geométrica. Esta revisão foi dividida em modelagem, reconstrução e deformação.

No contexto da modelagem, Wang et al. [2009] afirmam que uma aproximação do corpo de um Humano Virtual pode ser alcançada utilizando entidades geométricas simples (como cilindros e esferas) sendo a forma mais direta que se pode alcançar utilizando modelos sólidos. Estes possuem controles relativamente intuitivos, mas com um efeito pobre de renderização. Assim, Wang et al. [2009] destacam que malhas poligonais podem ser usados para melhorar a expressão da precisão da modelagem e ter uma renderização mais rica, visto que se pode estimar a maioria das topologias do modelo através de polígonos. Porém, como desvantagem desse método, ao utilizar malhas poligonais é necessário uma grande quantidade de vértices para expressar uma superfície suavizada, ao qual tem-se uma dificuldade de armazenamento e controle interativo.

Outra possibilidade descrita por Wang et al. [2009] é a utilização de superfícies paramétricas que podem alcançar um ajuste interativo mais fácil por vértices de controle. Sendo que alguns pesquisadores adotam esta forma de superfície para indicar o modelo do corpo humano. No entanto, é destacado que superfícies paramétricas não podem ser aceitos diretamente pelo hardware de processamento gráfico sem um processo de discretização de polígonos, o que aumenta a carga do sistema de renderização, e que, além disso, equações de grau mais elevado são necessários em cálculos de interpolação de geometria.

Wang et al. [2009] destacam que o modo tradicional de se obter a informação de um objeto é medir a sua superfície, porém esse método exige contato com o objeto medido e é demorado. Entretanto, dispositivos de escaneamento 3D estão surgindo para evitar este contato e podem ser divididos em duas categoria de trabalho:

- A primeira é o escâner passivo, que é baseado em fotogrametria e podem obter informações 3D da superfície através de uma simples imagem, múltiplas imagens, ou até mesmo de movimentos de vídeo para realizar a reconstrução;
- A segunda inclui escâner a laser que projetam feixes de laser no objeto escaneado, utilizando triangulações como princípio para medir distâncias e alcançar a reconstrução 3D, através da geração de imagens variadas.

Entretanto, ambos os casos podem produzir uma alta densidade de nuvens de pontos e necessitar de um processamento adicional, ao qual inclui a

reconstrução da superfície, bem como a transformação mútua entre as várias formas de superfície.

Desta forma, no contexto de reconstruções Wang et al. [2009] abordam que a geometria baseada em reconstrução utiliza informações de propriedades físicas medidas por equipamentos. E que estas informações envolvidas inclui uma variedade de canais de acesso, como fotos, vídeos, superfícies 3D escaneadas, entre outros, e que são utilizados para reconstruir um modelo 3D.

No contexto da deformação, Wang et al. [2009] destacam ainda que a simulação dos movimentos dos músculos e tecidos de gordura podem ser alcançados aplicando superfície implícitas às juntas do esqueleto do Humano Virtual, utilizando deformações correspondentes aos mecanismos de controle. E que, entretanto, a renderização e construção do modelo não é intuitivo para superfícies implícitas, o que é semelhantes às superfícies paramétricas. Sendo a deformação de simulação de movimentos e de tecidos de gordura, um dos tipos deformações aplicados em Humanos Virtuais.

Assim, no contexto das deformações Wang et al. [2009] apresentam as seguintes deformações geométricas espaciais:

- Deformações espaciais globais e locais;
- *Free Form Deformation (FFD)*;
- *Extende FFD (EFFD)*;
- *Rational FFD (RFFD)*;
- *NURBS-based FFD*;
- *Axial deformation*;
- *Simple Constraint Deformation (SCODEF)*;
- *Deformation control volumes*;

Apesar de apresentar os principais métodos envolvidos na área de deformação de Humanos Virtuais, iniciando com a criação (modelagem ou reconstrução) dos modelos 3D, Wang et al. [2009] não apresentaram um levantamento sobre as diversas publicações na área, técnicas, ferramentas e aplicações. Este é, então, o objetivo do presente artigo.

## 3. Mapeamento Sistemático

Para a realização do mapeamento definiu-se um protocolo com um roteiro a ser seguido. Baseado nos trabalhos primários já publicados e conhecidos, esse protocolo foi criado seguindo os conceitos abordados por Petersen et al.[2015] que definem o mapeamento sistemático como um processo que visa identificar e classificar as contribuições existentes na literatura da área a ser mapeada, dando uma visão geral e permitindo a definição de lacunas de pesquisa e também possíveis melhorias no que já existe. Este processo pode ser dividido em:

- Definição das questões de pesquisa;
- Realização da busca nas bases de dados;
- Seleção dos artigos através de critérios pré-definidos;

- A extração dos dados a serem coletados e a análise destes dados;

### 3.1. Questões de Pesquisa

As questões de pesquisa definidas foram:

- Quais são as técnicas e processos utilizados para a deformação de modelos de Humanos Virtuais?
- Quais dessas técnicas e processos são específicos para a alteração da forma em Humanos Virtuais 3D?

### 3.2. Busca dos Trabalhos

A partir de trabalhos conhecidos e relacionados às questões de pesquisa, foram identificadas as palavras-chave para formar a frase de busca com base em três categorias: local de aplicação, técnicas e objetivo. Como a temática é de amplo espectro e não se tem uma terminologia específica para a área, definiu-se um conjunto amplo e genérico de termos para iniciar as buscas.

Desta forma, os trabalhos encontrados deveriam atender à seguinte frase de busca em seu título, resumo ou palavras-chave:

**“(human OR silhouette OR body) AND (reconstruct\* OR morph\* OR deform\*) AND (fat OR weight OR skin\* OR fit\*)”**

A busca foi realizada em maio de 2016 e a frase foi adaptada para ser utilizada em alguns mecanismos de buscas de artigos científicos utilizados na área da computação que são: ACM Digital Library, IEEE Xplore, Engineering Village e Scopus. Estas bases foram definidas por serem algumas das principais bases que indexam artigos a nível internacional e estão disponíveis na web. Para essa busca foram definidos os Critérios Objetivos (CO) utilizados para filtrar os artigos de interesse:

- CO-01: Artigos publicados em revistas e eventos que estejam indexados a partir do ano de 2005;
- CO-02: Artigos publicados nos idiomas Inglês ou Português;
- CO-03: Artigos não duplicados;

Um total de 7279 artigos atenderam à frase de busca, com a aplicação do CO-01 e CO-02 junto às ferramentas de refinamento de pesquisas disponíveis nos mecanismos de busca.

### 3.3. Seleção de Trabalhos

Todos os artigos encontrados, com aplicação do CO-01 e CO-02, foram para uma triagem utilizando a leitura do título e resumo. Nesta triagem foram excluídos inicialmente os artigos duplicados retornados pelos mecanismos de busca ao aplicar o CO-03, restando

5525 artigos. Após esse procedimento aplicou-se 3 Critérios de Exclusão (CE) de artigos que são:

- CE-01: Trabalhos que não estejam relacionados com computação gráfica;
- CE-02: Trabalhos que abordem apenas imagens de face ou vídeo;
- CE-03: Trabalhos que não mencionem as técnicas e processos utilizados;

Após aplicar os Critérios de Exclusão restaram 842 artigos. Com os trabalhos que restaram aplicou-se 4 Critérios de Inclusão (CI) em modo cascata, ou seja, para que o artigo pudesse ser lido e coletado os dados eles necessitam ter os 5 critérios de inclusão que são:

- CI-01: Trabalhos que abordem técnicas e processos para deformação modelos 2D e 3D;
- CI-02: Sejam relacionados a forma dos Humanos Virtuais;
- CI-03: Trabalhos publicados e disponíveis gratuitamente para download;
- CI-04: Trabalhos que não abordem somente deformações da pele devido a movimentos;
- CI-05: Trabalhos que abordem somente deformação em Humanos Virtuais.

A Figura 2 demonstra os resultados obtidos durante o processo de análise dos Critérios de Inclusão e Exclusão.

Após, os artigos que passaram pelos critérios de inclusão foram lidos na íntegra e alguns dados foram coletados como:

- Título e ano de publicação;
- Veículo de publicação;
- Área de aplicação;
- Tipo de esqueleto utilizado;
- Técnica de deformação;
- Regra de deformação;
- Nível de automação;
- Domínio do resultado;
- Ambiente gráfico;
- Linguagem e bibliotecas utilizadas;
- Ferramenta.

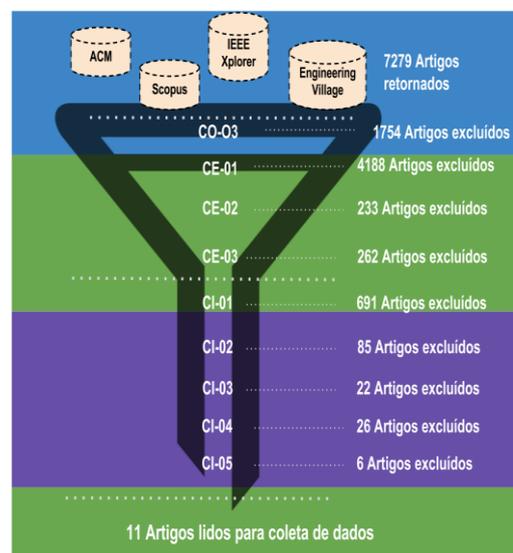


Figura 14: Processo de seleção dos artigos

#### 4. Análise dos Dados Coletados

Uma das análises realizadas foi a quantidade de artigos publicados ao longo do período pesquisado, é possível notar que as pesquisas em relação a técnicas e regras de deformação cresceu nos últimos anos, conforme mostra a reta pontilhada de regressão linear das publicações, Figura 3, com exceção dos anos de 2012 e 2013, onde não se detectou publicações.

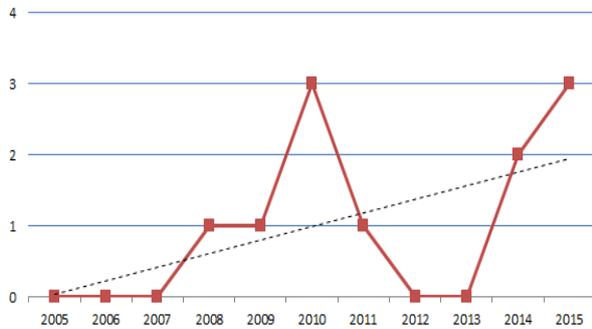


Figura 15: Publicações ao longo do período pesquisado

Também, identificou-se que 54,5% dos artigos lidos foram publicados em conferências contra 45,5% em revistas, conforme mostra a Figura 4. O que demonstra equilíbrio entre os tipos de veículos de publicação.

A área de aplicação dessas pesquisas se resumiu em quatro campos, sendo que a área de animação, com oito trabalhos, e de vestuário, com três trabalhos, foram as mais predominantes: A primeira, teve como objetivo predominante a geração de diversidade de humanos virtuais com formas distintas que pudessem receber algum tipo de animação; e a segunda, como geração de diversidade de manequins para experimentação de vestuário, conforme Figura 6.

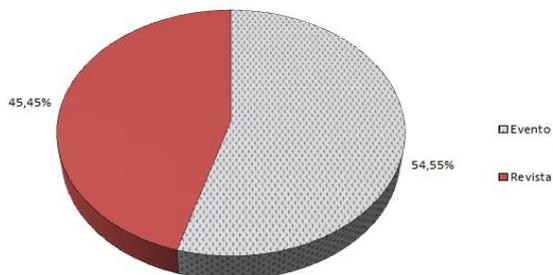


Figura 16: Veículos de Publicação (11 artigos)

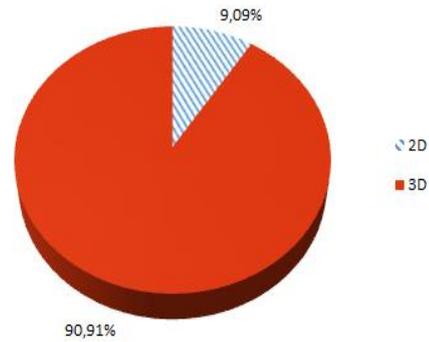


Figura 17: Domínio dos modelos (11 artigos)

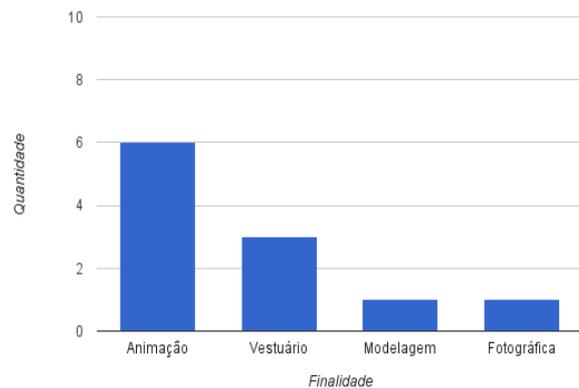


Figura 18: Áreas de aplicações detectadas (11 artigos)

Dentre os 11 trabalhos que deformam Humanos Virtuais, observam-se 4 origens para os modelos 3D utilizados:

- Base de dados padrão;
- Base de dados própria;
- Modelos capturados;
- Modelos criados.

Ao analisar as bases de dados utilizados pode-se defini-las como base de dados padrão e própria. A base de dados padrão consiste em um banco de modelos 3D desenvolvido por outros autores ou um banco de dados de medidas antropométricas. Foram identificadas três bases citadas nos trabalhos: SCAPE [Fenget al. 2015; Jiang et al. 2014; Zhou et al. 2010] e CAESAR [Kasap e Magnenat-Thalmann 2009] que são bases de modelos 3D, e ANSUR [Kasap e Magnenat-Thalmann 2009; 2010; 2011] que é uma base de medidas antropométricas de proporções do corpo.

Na base de dados própria, os autores criaram seus templates (modelos 3D) utilizando ferramentas comerciais de modelagem como: Zygote [Saito et al. 2015], Poser [Zhengdong e Shuyuan 2010] e 3DMax [Zhengdong e Shuyuan 2010]; ou até mesmo capturadas com procedimento de escaneamento utilizando o Kinect [Feng et al. 2015; Jun et al. 2015;

Jiang et al. 2014]. Assim, encontrou-se 4 trabalhos que utilizaram bases de dados padrão, 4 que desenvolveram suas próprias base de dados, e 3 que utilizaram base de dados padrão e própria, conforme mostra a Figura 7.

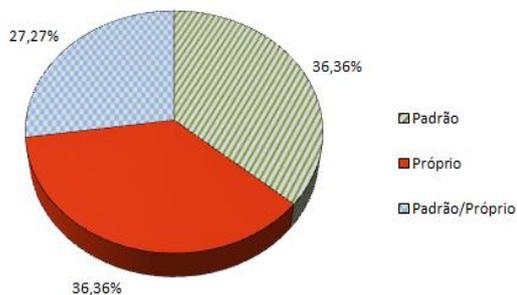


Figura 19: Tipos de base de dados (11 artigos)

Ao analisar o modo de obtenção dos modelos 3D pode-se dividi-los em duas categorias: capturado e criado. No modo capturado, os modelos 3D foram obtidos através de escâner ou gerados através de uma base de dados de medidas antropométricas. Nos trabalhos que utilizaram modelos escaneados detectou-se como dispositivo de escaneamento o *Kinect* da *Microsoft*.

Na categoria criados, os modelos foram gerados livremente pelos autores através das ferramentas já citadas. A Figura 8 mostra a proporção destas categorias. Um detalhe a ser observado é que Junet al [2015] utilizou tanto um modelo criado livremente através de uma ferramenta de modelagem, quanto modelos capturados via *Kinect*.

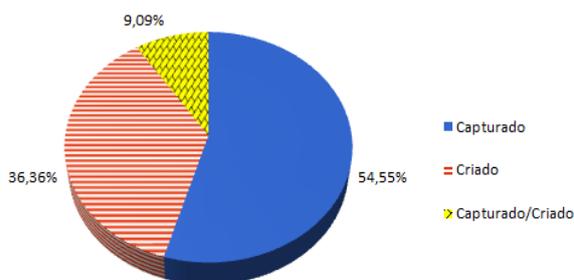


Figura 20: Modos de obtenção dos modelos (11 artigos)

No contexto da deformação de Humanos Virtuais, pode-se identificar, pelo menos, duas vertentes: deformação orientada a *fitting* e deformação livre.

- No primeiro caso usa-se um modelo A e aplica-se uma deformação até ele ficar ajustado (fit) em um modelo B.
- No segundo caso, tem-se um modelo qualquer e aplicam-se deformações a este sem um modelo 3D como referência.

Ao longo deste mapeamento encontrou-se 4 trabalhos voltados a *fitting* e 7 voltados a deformações livre, conforme mostra a Figura 9.

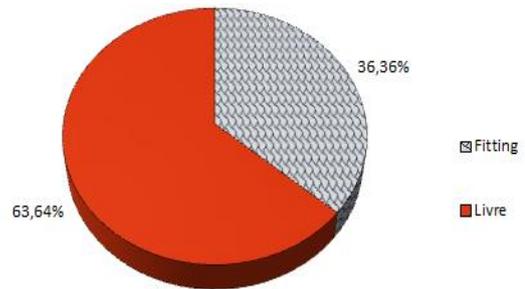


Figura 21: Estratégia de deformação (11 artigos)

No desenvolvimento de Humanos Virtuais também há a associação do esqueleto à malha do modelo poliédrico, sendo este, outro dado coletado neste mapeamento. A associação de um esqueleto à malha, cujo processo é denominado *rigging*, os vértices da malha são associados aos ossos do corpo o que fornece uma maior flexibilidade ao processo de deformação do modelo, principalmente, ao processo de animação do Humano Virtual.

Assim, quatro dos trabalhos não informaram que tipo de esqueleto foi utilizado nos modelos. Saito et al. [2015] utilizou um esqueleto baseado nos ossos humanos. Os outros três tipos de esqueletos foram: esqueleto hierárquico, que é um sistema hierárquico de objetos que representam os ossos e juntas; esqueleto cinemático, que possui um detalhamento maior das articulações; e esqueleto do *kinect* que possui apenas uma estrutura básica de juntas e ossos, sendo o tipo de esqueleto mais simples. Identificou-se dois trabalhos para cada um deles, conforme Figura 10.

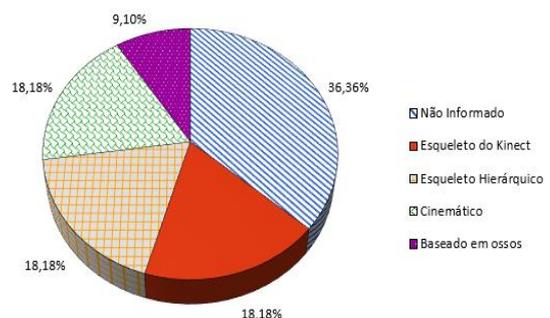


Figura 22: Tipo de esqueleto utilizado nos modelos 3D para deformação (11 artigos)

Outro item presente na coleta de dados é a automatização do processo das técnicas de deformação, conforme Figura 11. Para este item, identificou-se que 5 trabalhos não forneceram o nível de automação de suas técnicas. Zhouet al. [2010] afirma que seu processo é semi-automático, sendo que a parte automática consistem em encontrar o melhor modelo 3D de uma base de dados para realizar o *fitting* no modelo que será deformado.

#### 4.1. Trabalhos Encontrados

Nos outros 5 trabalhos, Feng et al. [2015] automatizou o processo de realização de transferência de *rigging* e o *fitting* de um modelo de uma base de dados padrão para um objeto escaneado. Kasap e Magnenat-Thalmann [2012; 2011; 2010] automatizaram a segmentação do corpo em regiões anatômicas e tamanhos com um padrão de médias antropométricas. E, por fim, Zhengdong e Shuyuan [2010] automatizaram a geração das modificações, controladas por um conjunto de parâmetros fornecidos a uma função.

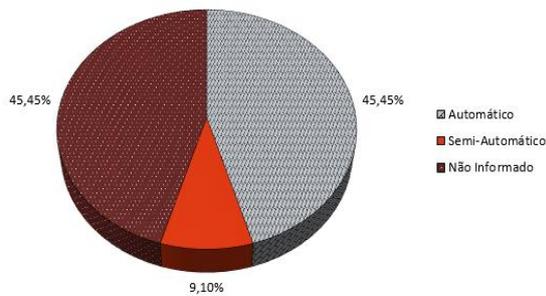


Figura 23: Automatização no processo de deformação (11 artigos)

Dentre os 11 trabalhos, observa-se um equilíbrio entre os artigos possuem modelos 3D baseados no tipo de modelagem paramétrica e poliédrica, com 5 trabalhos cada em um. A modelagem volumétrica foi identificada em 1 trabalho, conforme mostra a Figura 12.

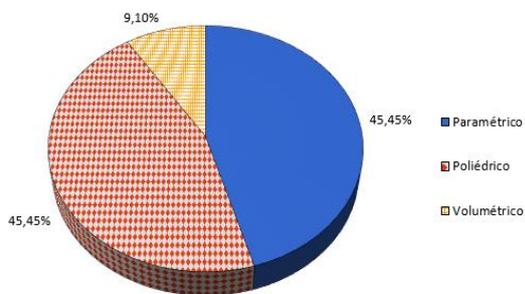


Figura 24: Tipo de modelagem dos modelos 3D utilizados (11 artigos)

Das técnicas mapeadas apenas Junet al. [2015] e Jiang et al. [2014] informaram a linguagem de programação utilizada que foi C++ nos dois casos. Com relação às Bibliotecas utilizadas Juang e Gao [2014] utilizaram OpenGL e Jiang et al [2014] fez uso do OpenNI 2.2 e NiTE 2.2 para a utilização do escâner do Kinect.

Com relação aos padrões de arquivos utilizados apenas Kasap e Magnenat-Thalmann [2009] informaram o padrão de arquivo de saída, sendo ele o Collada. Nenhum dos trabalhos relatou qual a resolução utilizada dos modelos utilizados ou gerados.

No contexto das técnicas e processos de deformação em humanos virtuais encontrou-se:

1. Junet al. [2015] descreve uma técnica para deformar um Humano Virtual escaneado via Kinect com roupa que consiste em um conjunto de equações para estimar um modelo sem roupa e assim poder utilizá-lo como manequim em uma ferramenta de experimentação de vestuário. Neste trabalho é descrita uma função de estimação de gordura, que é realizada utilizando o corpo escaneado interpolado com um modelo de uma base própria de *templates* de modelos de Humanos Virtuais. Para isso o corpo dos modelos são divididos em regiões como braços, pernas, busto, etc;
2. Jiang et al. [2014] propôs um método de deformação que utiliza *HiddenMarkovModel* (HMM) e *Laplaciandeformation*, com um conjunto de dados parametrizados, realizando uma deformação frontal de um modelo 3D. Neste estudo foi deformado o template de um Humano Virtual utilizando como parâmetro a forma uma pessoa capturada via dispositivo *Kinect*. O processo de deformação consiste em realizar uma retificação do esqueleto do modelo utilizado para seguir o padrão do esqueleto produzido pelo *Kinect* e os vértices ligados a ele são reajustados. Em seguida um método de correspondência de contorno, baseado no HMM é utilizado para estabelecer os pontos correspondentes entre o corpo do modelo capturado via *kinect* e o contorno da máscara do usuário. E por fim, um framework utilizando *LaplacianDeformation* para refinar o alinhamento limite com pontos correspondentes do contorno do modelo é utilizado;
3. A técnica *Body-AwareImageWarping* [Zhou et al. 2010] utiliza um modelo de uma base de dados 3D, para deformar imagens 2D. O processo de deformação consiste na geração de uma malha triangular na imagem 2D e realiza o reposicionamento dos pontos dessa malha a partir da forma de um modelo 3D com esqueleto;
4. Kasap e Magnenat-Thalmann [2012; 2011; 2010] utilizam uma técnica de segmentação do Humano Virtual 3D, para ser utilizado na deformação utilizando uma versão modificada do *SCODEF* que é uma variante do *FFD*. Para este processo de deformação foram utilizados dados antropométricos que a indústria define como padrão, seguindo a ISO

7250 (*Basic humanbodymeasurements for technological design*) e a EN13402 (*European standard for labelingclothesizes*). Com essas informações o esqueleto do modelo é adaptado para as posições das juntas, com correção da segmentação da malha e depois a modificação do tamanho do modelo. Este processo é independente da postura do modelo e pode ser aplicado em qualquer superfície para gerar variedades de modelos;

5. Fenget al. [2015] utiliza uma técnica de transferência de esqueleto de um modelo 3D de uma base de dados de modelos de Humanos Virtuais deformáveis para um modelo escaneado via Kinect. Após esta transferência, consegue-se através de parâmetros, deformar o Humano Virtual alterando sua altura, barriga, braços, pernas, bem como produzir animações com o mesmo.
6. *Computationalbodybuilding* [Saito et al. 2015] é o único trabalho que realiza um estudo da anatomia humana para realizar deformações em Humanos Virtuais. Esta técnica consiste, primeiramente, em inserir um esqueleto no modelo ajustando sua altura. Depois são aplicados os músculos baseados em física. Em seguida é realizado o crescimento de gordura, e finalmente é adicionado a gravidade para deixar o modelo com aparência mais realista;
7. *FreeFormDeformation* (FFD) foi estendido por Zhengdong e Shuyuan [2010] para realizar deformações em um Humano Virtual parametrizado. O corpo do modelo 3D é segmentado e são realizadas deformações em regiões de interesse como braços ou barriga, por exemplo. No processo descrito é realizado dois tipos de deformação por circunferência e por comprimento;
8. *Axial Deformation* [Liu et al. 2008] utiliza uma estratégia de deformação por segmentação do modelo utilizando controles de deformação por comprimento e circunferência, ajustando o modelo utilizando parâmetros de acordo com a abordagem antropométrica;
9. Huang e Gao [2014] realiza a segmentação de modelos 3D e cria regiões por circunferência. Cada circunferência recebe um valor de proporção para ser reduzido ou aumentado, assim pode-se modificar somente braço,

perna, busto, barriga, etc. Nesta técnica, primeiramente, são calculadas as informações de dimensão do modelo. Em seguida são indicados os parâmetros-chaves, como a estatura e circunferência, da figura de saída para a deformação global e fatores de características para a deformação local. Cada parte do corpo é deformado com base em interpolação não linear e então o dado da dimensão-chave é atualizado. Todo procedimento é realizado em uma repetição da detecção da estrutura. O que, segundo o autor, reduz o erro de excessivas deformações para gerar manequins mais precisos;

Apenas Zhengdong e Shuyuan [2010] utilizou de maneira explícita uma técnica de deformação clássica na literatura, apesar de fazer algumas extensões na mesma. Já os outros artigos propuseram equações e técnicas para deformações.

## 5. Discussão

Um ponto a ser observado é que este mapeamento detectou algumas técnicas descritas por Wang et al. [2009] que sofreram extensão, como por exemplo:

- *Free Form Deformation* foi estendido por Zhengdong e Shuyuan [2010];
- *SCODEF* foi estendido por Kasap e Magnenat-Thalmann [2012] [2011][2010];
- *Axial Deformation* utilizado por Liu et al. 2008];
- Deformações Globais e Locais encontrado em Huang e Gao [2014].

Kasap e Magnenat-Thalmann [2011; 2012] afirmam que os métodos de deformação podem ser classificados em duas grandes categorias: Baseados em física e baseados em geometria. Os métodos baseados em física consideram todas as camadas do modelo como uma estrutura física, já os métodos baseados em geometria geralmente possuem a superfície deformada com métodos LBS (*Linear Blend Skinning*).

Desta forma, Wang et al. [2009], não abordaram os métodos de deformação baseados em física. No presente mapeamento, apenas Saito et al. [2015] faz uso deste tipo de método; todos os outros trabalhos utilizaram os métodos baseados em geometria.

## 6. Conclusão

Este artigo realizou um mapeamento sistemático da literatura sobre deformações de modelos de Humanos Virtuais. De 7279 artigos, apenas 11 contemplaram os critérios estabelecidos. Constatou-se que o foco dos trabalhos tem sido a área de animação e, talvez por isso, pouca preocupação em um modelo com base na fisiologia para as deformações, mas estes já se concentram em modelos tridimensionais (poucos são os trabalhos focados em deformações de humanos em imagens 2D). Não existe muita publicação na área que

se aplique a deformação do corpo como um todo (Imagem Corporal) apesar de o volume de publicações vir crescendo e esta se dividir igualmente em eventos e revistas.

Os modelos são, em sua maioria, capturados de pessoas reais, mas não existem preferências identificadas quanto à forma de esqueleto, linguagem ou padrão de arquivos. Também não parece existir uma técnica de deformação preferencial.

Pode-se concluir que as técnicas de deformação que sejam orientadas a aspectos fisiológicos evidentes (como vigor físico, idade, massa de gordura, etc) têm sido pouco exploradas na literatura e se mostram uma oportunidade com benefícios para a computação gráfica (notadamente a animação) quanto para outras áreas (como a da saúde).

## Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos disponibilizada através do Programa de Demanda Social e também à FITEJ - Fundação Instituto Tecnológico de Joinville, pelo patrocínio parcial a este projeto.

## Referências

- CÔRTEZ, M. G., MEIRELES, A. L., FRICHE, A. A. de L., CAIAFFA, W. T. and Xavier, C. C. (2013). O uso de escalas de silhuetas na avaliação da satisfação corporal de adolescentes: Revisão sistemática da literatura. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 29, n. 3, p. 427–444.
- FENG, A., CASAS, D. and SHAPIRO, A. (2015). Avatar reshaping and automatic rigging using a deformable model. In *Proceedings of the 8th ACM SIGGRAPH Conference on Motion in Games - SA '15*, MIG '15. ACM.
- HOFFMANN, H., SCHIRRA, R., WESTNER, P., MEINKEN, K. and DANGELMAIER, M. (2007). iTeach: ergonomic evaluation using avatars in immersive environments. In *International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction*.
- HUANG, L. and GAO, C. (2014). Nonuniform Parametric Human Body Based on Model Reuse. In *2014 5th International Conference on Digital Home*.
- JIANG, B., ZHAO, F. and LIU, X. (2014). Observation-oriented silhouette-aware fast full body tracking with Kinect. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 33, n. 1, p. 209–217.
- JUN, L., MINGMIN, Z., ZHIGENG, P., SHENGBO, W. and Zheng, Y. (2015). Creating real body model of dressed human based on fat extent of body. *Multimedia Tools and Applications*, v. 74, n. 17, p. 6951–6966.
- KASAP, M. and MAGNENAT-THALMANN, N. (2011). Skeleton-aware size variations in digital mannequins. *Visual Computer*, v. 27, n. 4, p. 263–274.
- KASAP, M. and MAGNENAT-THALMANN, N. (2010). Customizing & populating animated digital mannequins for real-time application. In *Proceedings - 2010 International Conference on Cyberworlds, CW 2010*.
- KASAP, M. and MAGNENAT-THALMANN, N. (2009). Sizing Avatars from Skin Weights. In *Proc. of the 16th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST 2009)*, VRST '09. ACM.
- LIU, Y., SUN, S. and XU, A. (2008). Axial Deformation Technology for Parameterized Mannequin Modeling. In *Computer Science and Information Technology, 2008. ICCSIT '08. International Conference on*.
- MATSUO, R. F., VELARDI, M., BRANDÃO, M. R. F. and MIRANDA, M. L. de J. (2007). Imagem Corporal de Idosas e Atividade Física. *Revista Mackenzie de Educacao Física e Esporte*, v. 6, n. 1, p. 37–42.
- PETERSEN, K., VAKKALANKA, S. and KUZNIARZ, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, v. 64, p. 1–18.
- SAITO, S., ZHOU, Z.-Y. and KAVAN, L. (2015). Computational bodybuilding: Anatomically-based modeling of human bodies. *ACM Transactions on Graphics*, v. 34, n. 4, p. 1-12.
- ZHENG DONG, L. and SHUYUAN, S. (2010). Free-form deformation algorithm of human body model for garment. In *2010 International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCSM 2010)*.
- ZHOU, S., FU, H., LIU, L., COHEN-OR, D. and HAN, X. (2010). Parametric reshaping of human bodies in images. In *ACM Transactions on Graphics*, SIGGRAPH '10. ACM.
- WANG, H., SUN, S., SHU, T., SHI, F. and WU, J. (2009). Survey: Parameterized 3D human body modeling and geometric deformation technology. In *Computer-Aided Industrial Design Conceptual Design, 2009. CAID CD 2009. IEEE 10th International Conference on*.